

**MASTER**

**NLT voor de middelbare scholen, kijkend naar de wiskunde component**

van Roij, A.

*Award date:*  
2009

[Link to publication](#)

**Disclaimer**

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Onderzoek van Onderwijs

# NLT voor de middelbare scholen, kijkend naar de wiskunde component.

November 2009

Alphons van Roij



The crew was complete: it included a Boots -  
A maker of Bonnets and Hoods -  
A Barrister, brought to arrange their disputes -  
And a Broker, to value their goods.

~~~~~

A Billiard-marker, whose skill was immense,  
Might perhaps have more than his share -  
But a Banker, engaged at enormous expense,  
Had the whole of their cash in care.

# **NLT voor de middelbare scholen, kijkend naar de wiskunde component.**

Student: Ir. Ing. Alphons van Roij

Docenten: Ir. Elise Quant – steunpunt NLT (ESoE)

Dr. A.G. Van Asch – faculteit Wiskunde en Informatica

## **Samenvatting**

Vanuit het steunpunt NLT stelde Elise Quant aan mij, naar aanleiding van enkele analyses van Jenneke Krüger over de wiskunde in NLT de volgende vragen: *(A) Hoe krijgen we een helder beeld van de wiskunde in de verschillende NLT modules? en (B) Wat vinden docenten van de wiskunde in de diverse NLT-modules, en wat hebben docenten nodig om deze modules goed uit te voeren?*

Op basis van de eerste vraag heb ik een eenvoudige, gelaagde analysemethode voor NLT-modules ontwikkeld, bestaande uit: een doorlezend inventariseren van een module, het onderscheiden van de aanwezige wiskunde per module aan de hand van een lijst met delen van de middelbareschool wiskunde, het kwalitatief beschrijven van de verschillende gebieden en tenslotte het becijferen van diepgang en omvang per gebied van een module. Voor de kwalitatieve analyse is een uitvoerige lijst opgesteld met vragen die een overwegend open karakter hebben. Tenslotte is er in de kwantitatieve analyse een aantal criteria besproken voor de cijfermatige waardering van omvang en diepgang van gebieden. De analysemethode heeft als voordeel dat er zowel kwalitatieve als kwantitatieve informatie uit voortkomt. De zo verkregen informatie over de aanwezige wiskundeonderdelen en de diepgang ervan, kan opgenomen worden in de docentenhandleidingen ter ondersteuning van de NLT-coördinatoren op scholen.

Deze analysemethode is vervolgens getest op zes modules, waarbij telkens paarsgewijs een HAVO en een VWO module gekozen zijn die sterk op elkaar lijken. Door per paar modules telkens met doorlezend inventariseren van de HAVO module te beginnen alvorens met de VWO module verder te gaan, verliep het verwerken van informatie vrij snel.

Op basis van de tweede vraag is een reeks docenten 'uit het veld' geïnterviewd. Voor het interviewen van docenten is een lijstje met slechts vijf hoofdvragen (met optioneel enkele deelvragen opgesteld). Hierdoor is er door middel van een vrij open gesprek, een veelheid aan inzichten en meningen verkregen, die na sortering en analyse overwegend met elkaar overeenstemden. Hierdoor is er een ruime hoeveelheid aan inzichten en meningen verkregen, die na sortering en analyse overwegend met elkaar overeenstemden. Deze overeenstemmende inzichten zijn tenslotte verzameld in een lijst: ze bestrijken de opzet van een NLT-team, de toetsing van modules, de omgang met de verschillende achtergrondkennis van leerlingen, de behoefte aan extra ondersteuning, etc. De ondervraagden gaven aan dat een bijgevoegde analysemethode met enkele aanpassingen nuttig is bij de voorbereiding van NLT-modules.

Interpretatie bij de omslagillustratie van Roger Elliot: NLT en wiskunde zijn voor het bèta-onderwijs als de wind (motivator) en het water (drager) voor een zeilship. Coupletten van Lewis Carolls' *The Hunting of the Snark*: lesgeven is een gemeenschappelijk leerproces en verrijking van leerlingen is een verrijking voor de docent.

## Inhoudsopgave

Other maps are such shapes, with their Islands and capes!  
But we've got our brave Captain to thank  
(So the crew would protest) that he brought us the best -  
A perfect and absolute blank!

## Inhoudsopgave

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Inhoudsopgave.....                                                   | 3  |
| 1. Inleiding.....                                                    | 4  |
| 2. Literatuurstudie en materiaalselectie.....                        | 5  |
| 2.1. Inleiding.....                                                  | 5  |
| 2.2. Samenvatting van de presentaties over NLT en wiskunde D.....    | 5  |
| 2.3. Vragen bij de presentaties.....                                 | 6  |
| 2.4. Opmerkingen naar aanleiding van de presentaties.....            | 7  |
| 3. Analysemethode voor de wiskunde component van NLT.....            | 8  |
| 3.1. Inleiding.....                                                  | 8  |
| 3.2. Verifiërende analyse.....                                       | 8  |
| 3.3. Opzet van een aanvullende kwalitatieve analysemethode.....      | 9  |
| 3.4. Opzet van een aanvullende kwantitatieve analysemethode.....     | 10 |
| 3.5. Format voor een hybride analysemethode.....                     | 11 |
| 4. Hybride analyse van NLT-modules met veel wiskunde.....            | 12 |
| 4.1. Inleiding.....                                                  | 12 |
| 4.2. De modules Forensisch Onderzoek voor HAVO en VWO.....           | 12 |
| 4.3. De modules Dynamische Modellen voor HAVO en VWO.....            | 14 |
| 4.4. De modules over geluidsopnamen.....                             | 16 |
| 5. Interviews met NLT-docenten.....                                  | 19 |
| 5.1. Inleiding.....                                                  | 19 |
| 5.2. Doelstellingen voor het interview.....                          | 19 |
| 5.3. Voorbereiding van de interviews.....                            | 20 |
| 5.4. Regie en uitvoering van de interviews.....                      | 21 |
| 5.5. De gehanteerde werkwijze bij de interviews en resultaten.....   | 21 |
| 5.6. Evaluatie van de interviews en de resultaten.....               | 22 |
| 6. Conclusies en aanbevelingen.....                                  | 26 |
| Bijlage A - Verdeling van wiskunde in functionele gebieden.....      | 27 |
| Bijlage B - Uitgebreide lijst voor een kwalitatieve analyse.....     | 31 |
| Bijlage C - Doorlezen van de zes onderzochte modules.....            | 32 |
| Bijlage D - Mail aan docenten voor interview.....                    | 36 |
| Bijlage E - Opzet interview wiskunde component NLT-modules.....      | 38 |
| Bijlage F - Interview resultaten wiskunde component NLT-modules..... | 42 |
| Bijlage G - Bronnen.....                                             | 53 |

# 1. Inleiding

This was charming, no doubt, but they shortly found out  
That the captain they trusted so well  
Had only one motion for crossing the ocean,  
And that was to tingle the bell.

In dit verslag wordt onderzoek gedaan naar de wiskunde component van het vak Natuur, Leven en Technologie (NLT). Het is gebaseerd op literatuuronderzoek, de analyse van een zestal NLT modules en de ervaringen van wiskunde docenten met modules waarin wiskunde een belangrijke rol speelt.

Het onderzoek is gericht op de praktijkbeoefening van het vak NLT met betrekking tot de wiskundige component en met het oog op de docenten die dat gedeelte op scholen verzorgen. Richtinggevend element is het *ontwikkelen van een analysemethode die de bijdrage van wiskunde aan NLT-modules in kaart brengt*. Praktijkelement is een reeks vraaggesprekken met diverse NLT-docenten, waarbij inzichten worden verkregen over de praktijk met wiskundige NLT-modules en er feedback volgt voor de reeds ontworpen analysemethoden. De kernvraag voor deze vraaggesprekken is in het kort: *Wat vind u als docent van de wiskunde in de diverse NLT-modules, en wat heeft u als docent nodig om deze modules goed uit te voeren?*

Qua indeling volgt dit verslag de logische opbouw van het onderzoek. In hoofdstuk 2 wordt geschikt NLT-materiaal en relevante literatuur verzameld en bestudeert. Ook worden hierin voor het onderzoek geschikte NLT-modules gekozen en analysemethoden verkend. Hoofdstuk 3 richt zich op het uitwerken van een geschikte analysemethode voor de wiskunde component van NLT-modules. In hoofdstuk 4 worden de gekozen NLT-modules onderworpen aan onze eigen analysemethode om zo tot een beter inzicht te komen van zowel de modules als van de analysemethode. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 het interview met wiskundige NLT-docenten voorbereid. Hoofdstuk 5 bevat de uitwerking en de resultaten van de interviews. Tenslotte worden in hoofdstuk 6, terugkijkend, aanpassingsvoorstellen voor zowel de analysemethode als voor het vak NLT gedaan. Anderzijds worden aanbevelingen voor een eventueel vervolg gedaan.

## 2. Literatuurstudie en materiaalselectie

Just the Place for a Snark, the Bellman cried.  
As he landed his crew with care;  
Supporting each man on the top of the tide  
By a finger entwined in his hair.

### 2.1. Inleiding

In een viertal PowerPoint-presentaties geeft Jenneke Krüger haar beeld van de overeenkomsten en verschillen tussen de vakken wiskunde D en NLT. Deze paragraaf bevat een puntsgewijze samenvatting van de presentaties, waarin de punten zijn opgenomen die betrekking zouden kunnen hebben op de wiskunde component in NLT. In grote lijnen begint de samenvatting op het niveau van het lesmateriaal, en eindigt die op organisatorsch niveau.

In de paragraaf die volgt op de samenvatting, worden aan de hand van de presentaties van Jenneke Krüger een reeks vragen gesteld en opmerkingen gemaakt met betrekking tot ons onderzoek.

### 2.2. Samenvatting van de presentaties over NLT en wiskunde D

Enerzijds kan wiskunde in NLT als *nuttig gereedschap* zijn waarde bewijzen, bijvoorbeeld bij abstract modelleren van praktijkgevallen van andere vakken en het toepassen van gegeven formule-achtige of programmatische instructies. Anderzijds kan *wiskunde* juist in haar pure vorm worden ingezet om *middels* NLT aandacht te krijgen.

Wiskunde als nuttig gereedschap heeft veel modules in NLT, hoewel er ook enkele modules zijn die nauwelijks tot geen wiskundige kennis en vaardigheid vereisen. Wiskunde heeft gecombineerd met ICT aspecten, ook enkele 'zuivere' modules in NLT.

Er zijn van overheidswege verschillen opgelegd aan de modules voor HAVO en VWO: HAVO is iets minder diepgaand, heeft eenvoudiger woordgebruik en meer doe-opdrachten.

Het is zinvol om na te gaan welke NLT-leerlingen wiskunde A, B of D in hun pakket hebben.

Het functioneren van wiskunde docenten in een gemengd onderwijsteam is niet vanzelfsprekend: het aantal wiskunde- en aardrijkskundedocenten dat participeert in NLT-modules is (volgens een staafdiagram) in verhouding laag.

Exacte onderwerpen uit de buitenring van verschillende vakken, kunnen ook voorkomen bij NLT of wiskunde D. Beide vakken laten meer vrijheid voor invulling door school en docent, vanwege een *volledig schoolexamen*. NLT is wellicht aantrekkelijker voor scholen dan wiskunde D, omdat NLT doorgaans verzorgd wordt door eerstegraads docenten van verschillende disciplines terwijl wiskunde D vaak binnen één vakgroep door één docent met een examenprogramma volgens bestaande concepten aangeboden wordt voor een handvol leerlingen.

Vanwege efficiëntie is het raadzaam om de inspanningen van NLT en wiskunde D waar mogelijk te bundelen, bij het ontwikkelen van modules en het ondersteunen ervan. Verschillende bestaande modules wiskunde D passen in de vrije ruimte van NLT (*Beslissen-VWO*, *Complexe getallen-VWO*, *Cryptografie-VWO*). Omgekeerd passen NLT-modules in wiskunde D (*Dynamische modellen-HAVO* en VWO, *Statistiek en technologie-HAVO*, *Logisch aan het werk-HAVO*). Wiskunde D is interessant voor NLT, domein B.

Een aantal NLT modules met veel wiskunde (hoofdzakelijk wiskunde D) zijn<sup>1</sup> voor HAVO *Dynamische modellen* (H002), *Aerosolen en vuile lucht* (H003), *Plaatsbepaling en navigatie* (H009), *Beter door praktische logistiek* (H018), *Statistiek en technologie* (H019), en voor VWO: *Dynamische modelleren* (V102), *MP3 speler* (V104), *Medicijnen: van molecuul tot mens* (V107), *Meten aan melkwegstelsels* (V108), *Waterstofauto* (V112), *Robotica* (V116), *Holografie* (V119).

NLT is in de praktijk een uitdaging voor scholen. Qua vakinhoud rijzen er vragen als: *Welke modules gaan we ondersteunen? Welke docenten zetten we in? Hoe werken de docenten (uit verschillende vakgebieden) samen? Hoe gaan we om met verschillen in voorkennis van leerlingen?* Organisatorisch zijn er vragen en discussies over: *inroosting, toelating van leerlingen met verschillende achtergrondkennis, het PTA en het schoolexamen.*

NLT is een groot examenvak, dat alleen met het profiel NG en NT (dwz. met wiskunde A,B of D en tenminste natuurkunde of biologie), gevolgd kan worden. Voor HAVO staan 320u, en voor VWO 440u.

De doelen van NLT zijn om samenhang te laten zien in de bèta vakken en om leerlingen kennis te laten maken met een toekomstige studie of werk in de bèta richting.

De rol van wiskunde binnen NLT kan verdiepend zijn of die van gereedschap. Het uitgangspunt is dat NLT interdisciplinair is. Daarbij biedt wiskunde een abstracte, methodische basis. Ontwikkeling van NLT-modules kent een aantal fasen: ontwikkelen testversie, testen en evalueren (op onderwijsbaarheid, didactiek en inhoud - *waaronder wiskunde als vakgebied*), eindversie, certificering, eindredactie.

Docenten wiskunde zijn betrokken in 42 netwerken en 84 scholen (ook testscholen), waarbij de betrokkenheid van de docenten wiskunde als wisselend wordt bestempeld. Onderwijs in teams van minimaal 3 eerstegraads docenten uit de vakgebieden biologie, aardrijkskunde, natuurkunde, scheikunde en wiskunde, zomogelijk nog aangevuld met informatica.

Steunpunten NLT op enkele universiteiten en hogescholen, voor scholen bieden zij een (landelijk) netwerk, modules, ondersteuning, scholing.

### **2.3. Vragen bij de presentaties**

Onderstaande vragen zijn een opstapje naar het onderzoek van de wiskunde component in NLT-modules. Ze zijn niet compleet of kaderend, maar wel richtinggevend voor ons onderzoek. Voor de overzichtelijkheid en latere referentie zijn ze genummerd (met als prefix de letter P).

P1. Waarom zijn wiskunde docenten volgens het staafdiagram minder coöperatief?

P2. Wat onderscheidt wiskunde van een typisch ‘science-vak’ als NLT? In hoeverre zijn we bij NLT bezig zijn vakoverstijgende disciplines? In hoeverre gaan we op inhoud concurreren of samenwerken met (het vrije deel) van wiskunde D? Wat is domein B van NLT; bevat het delen van wiskunde D, zo ja welke?

P3. Is de omvang van NLT of van wiskunde D echt t $\grave{e}$  groot voor scholen om het op te nemen in het programma? Wat zijn dan de knelpuntsfactoren?

P4. Waar is de rol van wiskunde binnen NLT verdiepend en waar is de rol van wiskunde die van gereedschap?

P5. Hoe kunnen we onze analysemethode geschikt maken voor de bepaling van de wiskunde inhoud van NLT-modules?

P6. Waarom wordt de betrokkenheid van docenten op de testscholen als wisselend ervaren?

---

<sup>1</sup> Doelgroep HAVO of VWO is nu onderscheidbaar door de eerste letter van de vakcode: H of V.



P7. Het valt op dat wiskunde geen rode draad hoeft te hebben bij NLT. Hoe reëel is het dat NLT door een niet-wiskundig team wordt gedreven, met als gevolg ‘softe’ NLT modules zonder veel wis- en natuurkunde?

P8. Hoe kan een school de meest passende modules in hun aanbod opnemen? Welke basisstructuur is organisatorisch het beste voor NLT?

P9. Welke (aanvullende) criteria worden gebruikt we bij het toelaten van leerlingen, en waarom? Aan de hand van welke prestaties, en hoe, bepalen scholen het examencijfer?

## **2.4. Opmerkingen naar aanleiding van de presentaties**

Onderstaande opmerkingen zijn naar aanleiding van een voortgangsgesprek, volgend op de samenvatting van de presentatie van Jenneke Krüger, opgesteld. Ze verhelderen onze insteek bij het opzetten van een onderzoek.

*Van Asch: wiskunde is correct en kent als zodanig geen ‘kwaliteitsverschil’. Wel zijn didactische en onderwijskundige kwaliteitsverschillen mogelijk in de lessen.*

*Van Roij: Wiskunde is bij NLT geen doel maar een middel om, vanuit een praktijkprobleem via een abstract model, tot een geschikte modeloplossing en praktijkoplossing te komen. Wiskunde staat als modelmatige abstractie los van de toegepaste exacte vakken. Wiskunde kan juist wel als basismethodiek bij bèta wetenschappen gepresenteerd worden.*

*Van Roij: Docenten werken in het algemeen vrij autonoom, en daardoor gericht op hun eigen vak. Wiskundige docenten met een uitgebreide praktijkervaring of (affiniteit met) vakoverstijgende kennis zijn zeldzaam, mogelijk vanwege het abstracte, afwijkende karakter van wiskunde. Een vak als NLT kan alleen met behulp van vrijwilligheid en enthousiasme voor het voetlicht verschijnen.*

*Van Roij: Ook organisatorisch zijn er mogelijke verklaringen voor de bevinding dat wiskundedocenten minder coöperatief lijken. Zo worden wiskunde docenten niet noodzakelijk beschouwd voor het vak, in tegenstelling tot docenten natuurkunde, scheikunde en biologie.*



### 3. Analysemethode voor de wiskunde component van NLT

The result we proceed to divide, as you see,  
By Nine Hundred and Ninety and Two;  
Then subtract Seventeen, and the answer must be  
Exactly and perfectly true.

#### 3.1. Inleiding

Een analysemethode heeft als doel om met een relatief geringe inspanning tot een relatief betrouwbaar en representatief beeld te komen van het geanalyseerde onderwerp. Elke analysemethode heeft voor- en nadelen. Valkuilen zijn enerzijds, dat de analyse te uitvoerig of omslachtig is, anderzijds dat een te korte analyse een onbruikbaar of te eenzijdig antwoord geeft op de hoofdvraag. Daarnaast is er nog de ideële kwestie van meetbaarheid: is een indicatieve (cijfermatige) analyse vereist, of willen we vooral een kwalitatieve (beschouwende, samenvattende) analyse van de materie?

In ons geval willen we het vak NLT aan de hand van NLT-modules analyseren met het oog op de wiskundige inhoud. Daarbij zijn de vragen uit de PowerPoint presentaties van Jenneke Krüger in hoofdstuk 2 indicatief. Eerst gaan we in verschillende paragrafen in op verifiërende, kwalitatieve en kwantitatieve analysemethoden en hun toepasbaarheid voor onze onderzoeksdoelstelling. Een *verifiërende analyse* controleert de aanwezigheid en validiteit van aanwezig veronderstelde feiten of factoren. Een dergelijke analyse kan handig zijn als we de aanwezigheid van bepaalde ingrediënten voor een NLT-module willen toetsen. Een *kwalitatieve analyse* onderzoekt het onderwerp op basis van indrukken die niet in getallen uitgedrukt kunnen worden. Vaak gaat het dan om moeilijk definieerbare, éénmalige of situatie-gerelateerde observaties of waarderings. Hiervan is zeker ook sprake bij het analyseren van de elk op zichzelf staande NLT-modules. Bij een *kwantitatieve analyse* streeft men er naar, om een waarderingsmaatstaf te gebruiken waardoor de resultaten van verschillende analyses met elkaar vergeleken kunnen worden. Hier is zeker behoefte aan, omdat we de wiskunde component in de diverse NLT-modules willen waarden ter vergelijking van de NLT-modules. De drie methoden worden nu achtereenvolgens uitgelegd en grotendeels uitgewerkt.

Ten slotte smelten we deze drie methoden samen tot een hybride methode die enerzijds eenvoudig en vrij kort en overzichtelijk is, terwijl ze anderzijds ook ruimte laat voor persoonlijke inbreng en tenslotte nog als indicatieve maatstaf dient voor de wiskunde in NLT-modules.

#### 3.2. Verifiërende analyse

Het analyseren van de aanwezigheid van verschillende elementen of kenmerken kan aan de hand van een checklist gebeuren. Wij willen met name weten welke wiskundige onderwerpen allemaal de revue passeren in een NLT-module. Door een checklist van onderwerpen te maken, is het vervolgens mogelijk om bij elke NLT-module en per onderwerp aan te vinken of het onderwerp voorkomt. Omdat de aanwezigheid van een bepaald onderwerp arbitrair kan zijn, is het mogelijk om wat ruimte te laten voor een toelichting. Bij twijfelgevallen kan de analist argumenten geven voor de bevinding van aan- of afwezigheid van de stof.

Voor een dergelijke analysemethode stellen we voor om gebruik te maken van een indeling van de onderwerpen naar *hoofdgebieden* die sterke gelijkenis vertonen met het door de examencommissie gehanteerde begrip *domeinen* in de leerstof. Deze hoofdgebieden worden onderverdeeld in

*deelgebieden*. Ze vertonen veel overeenkomsten met het door de examencommissie gehanteerde begrip *subdomein*. De keuze om van de indeling in domeinen en subdomeinen af te wijken is om de bestaande lijst subdomeinen in te korten en overzichtelijker te maken. Daarnaast biedt de verdeling in deelgebieden nog expliciet de mogelijkheid om de leerstof uit te breiden met nieuwe onderwerpen. Tenslotte hebben we geconstateerd, dat de verschillende wiskundevakken geen eenduidige vakoverstijgende benaming voor de *domeinen* hebben: wiskunde A, B en D hebben voor zowel HAVO als VWO enigszins afwijkende definities van domeinen die op punten niet goed met elkaar overeenstemmen. Dat is een andere belangrijke reden waarom we bij onze NLT analyse er voor kiezen om een vervangende opdeling in zogenaamde *gebieden* te maken die wel eenduidig voor de gehele wiskunde van HAVO en VWO.

Op deze manier zijn de volgende hoofdgebieden ontstaan:

**Vaardigheden en veranderingen (VH)**

**Kansrekening en statistiek (KS)**

**Toegepaste analyse (TA)**

**Meetkunde (MK)**

**Dynamische modellen en rijen (DM)**

**Extra wiskunde onderwerpen (X)**

Voor een gedetailleerde lijst met een alle deelgebieden en een beschrijving per deelgebied, zie bijlage A. Een docent kan een NLT-module onderzoeken op de aanwezigheid van elk van deze wiskundige deelgebieden. Zonodig voegt hij er nog een nieuw gebied aan toe. Deze methode biedt in een oogopslag een globale indruk van de wiskunde-onderwerpen die in een NLT-module terug te vinden is. Met een tekstuele toelichting per deelgebied wordt de nauwkeurigheid van de analyse nog een stuk groter. Hier gaan we op door in de kwalitatieve analysemethode.

### **3.3. Opzet van een aanvullende kwalitatieve analysemethode**

Bij kwalitatieve analyses kunnen we denken aan analyses waarbij de resultaten op zichzelf waarde hebben. De resultaten zijn dus niet primair bedoeld om ze te vergelijken met resultaten van andere analyses.

De analyse van de NLT-module *Biosensoren* door Gerrit de Jong dient als inspiratie voor een kwalitatieve analyse van NLT-modules. De daarin voorkomende uitleg is niet vergelijkbaar in die zin dat er veel modulespecifieke bevindingen zijn opgenomen, zonder dat daarmee verschillende modules kunnen worden vergeleken. Hoewel deze analyseresultaten uniek en onvergelijkbaar zijn per NLT-module, is het nu juist wel mogelijk om een analyse te maken van modulespecifieke zaken die in onze verifiërende analyse niet zouden kunnen voorkomen. Niet alleen aan het eind van het ontwikkeltraject van een module, maar vooral ook ter verkenning van een module is het essentieel dat er zoveel mogelijk inzicht tot stand komt bij het doornemen van de NLT-module.

De meest voorkomende en relevante onderdelen zijn opgenomen in bijlage B. Voor uiteindelijk gebruik in onze analysemethode kiezen we de volgende vijf onderdelen die het grootste deel van de lijst overdekken<sup>2</sup>. Deze vijf onderdelen zijn elk met een of twee woorden getiteld en vervolgens kort toegelicht:

**Herkenbaarheid** - Herkenbaarheid van de wiskunde.

**Voorkennis en opbouw** - Vereiste voorkennis en steilheid nieuwe kennisopbouw.

---

<sup>2</sup> De zogenaamde 20/80-regel zegt dat ongeveer 20% van de vragen zorgt voor 80% van de dekking.

**Verdieping en verbreding** - Wiskundige zuiverheid/verdieping of juist verbreding/toepassing.

**Becijfering** - Beoordelingsmogelijkheden van leerlingen.

**Ondersteuning** - Mogelijke behoefte aan bijscholing/ondersteuning docent.

Aan de hand van deze vijf onderdelen kan een analist per aanwezig deelgebied (zie ook de checklist uit de verifiërende analyse) een kwalitatieve beschrijving maken van de bevindingen. Er hoeft dus alleen werk te worden verricht voor duidelijk aanwezige deelgebieden, zodat de inspanning gering is.

### **3.4. Opzet van een aanvullende kwantitatieve analysemethode**

Als vervolg op de kwalitatieve analyse zoeken we nu naar mogelijkheden om cijfermatige waarderungen te geven aan de deelgebieden die in onze verifiërende analyse zijn gevonden. Deze cijfermatige waardering wordt gebaseerd op de omvang en de diepgang van het betreffend deelgebied. Na enige testjes bleek, dat het juist bij een vak als NLT erg moeilijk te onderscheiden is bij welk specifiek deelgebied een zekere diepgang en omvang bereikt worden. Het is wel mogelijk om bij de kwalitatieve analyse allerhande kenmerken te noemen die leiden tot een indruk van diepgang en omvang op een bepaald hoofdgebied in de NLT-module.

Daarom kiezen we ervoor, om per hoofdgebied, *op basis van de onderkende deelgebieden en de daarbij genoemde kwalitatieve argumenten*, zowel een cijfer (0..9) te geven voor omvang van de aanwezige wiskunde als een cijfer (0..9) voor de diepgang van deze wiskunde. Met betrekking tot de diepgang waarderen we het gebruik van basisvaardigheden van wiskunde met een diepgang van 1 of 2, terwijl wiskunde die zo ver gaat als het huidige kennisniveau van de leerlingen met een 5 kan worden gewaardeerd. Wiskunde die nieuw is voor de leerlingen kan tot maximaal 9 scoren. Qua omvang is de hoeveelheid leerstof in tekst, formules en vragen richtinggevend. De zo verkregen producten van omvang en diepgang leveren, na sommatie over alle hoofdgebieden, het wiskundigheidsgehalte van de NLT-module. Als woordformule:

$$\text{Wiskundigheidsgehalte} = \sum_{\text{hoofdgebieden}} (\text{Diepgang} \times \text{Omvang})$$

Met behulp van de totale score zijn de verschillende NLT-modules enigszins met elkaar te vergelijken op basis van het wiskundegehalte van de module. Het aantal aanwezige hoofdgebieden, de diepgang en de hoeveelheid leerstof uit de onderhavige NLT-module is, met inachtneming van bovenstaande lijst kanttekeningen, bruikbaar als maat voor de omvang.

Bij deze kwantitatieve analysemethode horen echter enkele kanttekeningen:

1. Door de getrapte werkwijze: *module* → *checklist* → *kwalitatieve analyse* → *kwantitatieve analyse* → *cijfer*, is het goed mogelijk dat de kwantitatieve becijfering sterk afhankelijk is van de interpretatie van de eerste twee trappen.
2. Het is maar zeer de vraag hoe een onderzoeker diepgang en omvang interpreteert.
3. Het theoretisch maximale wiskundigheidsgehalte van een NLT-module is gelijk aan *aantal hoofdgebieden* x *maximale diepgang* x *maximale omvang* = 6 x 9 x 9 = 486. Dit maximum zou duiden op een module waarin alleen maar wiskunde wordt bedreven, en dan ook nog op een zuivere en deels vernieuwende wijze.
4. Het is *onwenselijk* dat een module hoger scoort dan zeg  $486/3 = 162$ , omdat een NLT-module juist meerdere vakgebieden moet bevatten<sup>3</sup>.
5. Als de deelgebieden van een NLT-module in één hoofdgebied vallen, is de score hooguit 81

---

<sup>3</sup> Uiteraard is ook deze bovengrens, waarmee we aangeven dat 1/3 van de stof wiskunde mag zijn, arbitrair. Het is echter een redelijk en verdedigbaar uitgangspunt voor interdisciplinaire of multidisciplinaire leerstof.

punten. Aangezien dit slechts de helft is van het maximaal aantal wenselijke punten, kan het verstandig zijn om de hoofdgebieden wat verder uit te splitsen.

### **3.5. Format voor een hybride analysemethode**

We gaan bovenstaande analysemethoden verwerken tot een standaard voor het onderzoeken en waarderen van het wiskundegehalte van een NLT-module. Hiertoe introduceren we allereerst een tupel met vijf velden: [ v1 || v2 || v3 || v4 || v5 ]

Dit tupel wordt per herkende hoofdgroep uitgewerkt. Op plaats v1 komt de naam van de herkende hoofdgroep te staan: VH, KS, TA, MK, DM of X. Er zijn momenteel dus maximaal zes tupels per module mogelijk. Per hoofdgroep komen vervolgens op de plaats van v2, alle gesignaleerde deelgroepen te staan. Als derde worden onder v3 de kwalitatieve onderdelen uit de 21 vragen in bijlage B beantwoord<sup>4</sup> met het oog op de onderkende deelgroepen. Dit hoeft niet uitputtend en daarnaast kunnen hier ook andere kwalitatieve vragen beantwoord worden. Tenslotte vinden we onder v4 en v5 een cijfer voor de diepgang en de omvang die bij de hoofdgroep hoort. Merk op dat deze waardering impliciet volgt uit de velden v2 en v3, maar dat ze desondanks zeer subjectief blijft.

#### **Voorbeeld:**

[ TA

|| Er worden veel grafieken getekend en geanalyseerd, en grafisch afgeleiden en integralen bepaald.

|| De wiskunde is door de afzonderlijke paragrafen goed herkenbaar. Diepgang is beperkt tot het nauwgezet uitvoeren van opdrachten die veel weg hebben van een recept, de algemene conclusies geven wel inzicht aan de leerlingen.

|| D = 3

|| O = 6 ]

Van dit hoofdgebied is de bijdrage aan de wiskundigheidsscore van deze NLT-module:  $3 \times 6 = 18$ .

---

4 Met de in paragraaf 3.3 genoemde vijf belangrijkste vragen komen we ook al vrij ver met de analyse.

## 4. Hybride analyse van NLT-modules met veel wiskunde

They sought it with thimbles, they sought it with care;  
They pursued it with forks and hope;  
They threatened its life with a railway-share;  
They charmed it with smiles and soap.

### 4.1. Inleiding

We hebben ervoor gekozen om dezelfde zes NLT-modules ook te onderwerpen aan de hybride analysemethode. We gaan telkens paarsgewijs een gelijkende NLT-module voor HAVO en VWO onderzoeken. Na afloop gebruiken we opgedane kennis om de enerzijds de module te vergelijken met andere wiskundige NLT-modules. Anderzijds leiden de analyses ook tot nieuwe inzichten over de analysemethode, met als gevolg adviezen voor aanpassingen.

We kiezen telkens twee gelijkende modules die elk zowel voor HAVO als voor VWO worden verzorgd. Hiertoe worden per module eerst de algemene kenmerken besproken. Bij de analyse wordt pas een onderscheid gemaakt naar opleidingsniveau (HAVO of VWO), niet door aangepaste waardering, maar juist door middel van waardering op VWO niveau. Hierdoor scoren de HAVO modules doorgaans lager dan de gelijknamige VWO modules. Het voordeel hiervan is dat een willekeurige inhoudelijk bekwame onderzoeker, zonder enige ervaring met HAVO en VWO, tot een vrij objectieve vergelijking kan komen voor het wiskundegehalte van modules. Na herijking zou voor HAVO een opgeschaalde score kunnen worden bepaald.

De analyse kent twee fases. De eerste fase bestaat uit het doorlezend inventariseren van de materie, daarmee bedoelen we: op basis van opeenvolgende paginanummering doorlopen van de NLT-module, zoekend naar herkenbare deelgebieden. Hierdoor kan geen stof ontsnappen aan de aandacht. Deze eerste fase is vooral belangrijk voor docenten die nog onbekend zijn met betreffende NLT-module<sup>5</sup>. De resultaten van deze eerste fase staan in bijlage C. De tweede fase is dan de werkelijke hybride analysemethode, die wordt afgesloten met een totale wiskundigheidsscore per NLT-module.

### 4.2. De modules Forensisch Onderzoek voor HAVO en VWO

#### 4.2.1. Inleiding in de modules Forensisch Onderzoek

De modules voor HAVO en VWO bestrijken allebei in grote lijnen dezelfde materie. Voornamelijk richt de module zich op sporenonderzoek zoals vingerafdrukken, bloedsporen en DNA-onderzoek. Ook is er een stukje simulatie in de vorm van ballistiek toegevoegd.

Bij HAVO worden al deze onderdelen stapsgewijs doorlopen: de module is geschreven als een handleiding en geeft zo regie over de te verrichten werkzaamheden. Daardoor is de module voor HAVO als werkboek ingericht, waardoor deze veel korter is dan bij VWO. De VWO'ers krijgen een dossier in handen, waaruit ze zelf informatie kunnen halen en min of meer aan de hand van eigen keuzes en uitgebreide informatie in de module beschrijving, verder onderzoek kunnen doen. Hierbij wordt het interpreteren van getuigenverslagen en het zelf benaderen van docenten voor extra onderzoeken en gegevens toegevoegd.

---

<sup>5</sup> Ervaren docenten zullen in het algemeen wat gemakkelijker de deelgebieden uit de opgestelde lijst herkennen zonder dat ze de NLT-module opnieuw hoeven door te werken.

## 4.2.2. Methodische analyse van de module voor HAVO

[VH || Objectiviteit, ordenen, basisrekenen, hypothesen, kritisch naar meetapparatuur,, begrippen en logica achter functie indeling bij forensisch onderzoek, begrip donor, met computer verwerken van vingerafdrukken in een database || Open vragen: wiskunde is als hulpmiddel verbreedend aanwezig, maar wordt niet expliciet of formeel geïntroduceert, de kennisopbouw is zaagtand-achtig: elke keer komen er andere aspecten in beeld, die tot op een praktisch toepasbaar level worden uitgewerkt, bij de computerwerkzaamheden is aansturing en beoordeling soms moeilijk, de docent zou mogelijk wat praktische ervaring moeten opdoen voor computerwerk en vingerafdrukken analyse || diepgang = 3 || omvang = 4 ]

[KS || Hypothesen opstellen en fouten 1e en 2e soort onderscheiden en bepalen, uniciteit vingerafdruk en herkenning dader, DNA onderzoek en loci-matching kansen, deskundigenoordeel en formele rechtsgang. || De kansrekening is goed herkenbaar aan het kader en de vraagstelling, kennisopbouw is beperkt vanwege de vooral toegepaste basiswiskunde, scholing en ervaring met hypothesen opstellen en statistische toetsen geeft de docent wat meer overzicht. || diepgang = 5 || omvang = 4 ]

[TA || bloedsporen onderzoek, basis goniometrie || eenvoudig zichtbaar, wiskundige feiten zonder veel opbouw, vermengd met natuurkunde, eenvoudige berekening en uitkomst makkelijk te controleren, geen wiskunde bijscholing nodig || D = 1 || O = 2 ]

[ MK || modelleren kogelbaan simuleren op computer || wiskunde als modelmatig rekenhulpmiddel zichtbaar, geringe toename steilheid door computersimulatie, makkelijk bij te sturen en te controleren || geen bijscholing nodig || D = 1 || O = 2 ]

[ X || geschiedenis van de vingerafdruk als uniek kenmerk, Bayes' theorema || duidelijk omschreven onderwerpen, vooral Bayes in formele notatie is zuivere wiskunde, makkelijk te beoordelen, voor geringe uitbreiding van Bayes theorema is al bijscholing van de leraar nodig || D = 8 || O = 2 ]

*Totale wiskundigheidsscore van deze module:  $3 \times 4 + 5 \times 4 + 1 \times 2 + 1 \times 2 + 8 \times 2 = 54$ . Dit is een hoge score, zeker omdat het een HAVO module betreft.*

## 4.2.3. Methodische analyse van de module voor VWO

[ VH || eenvoudige basisvaardigheden wiskunde, verzamelen, ordenen en vergelijken || zwak herkenbaar in dactyloscopie, geen voorkennis en geen steilheid, onzuivere toepassing, makkelijk te beoordelen || D = 1 || O = 2 ]

[ KS || kansrekening met DNA-matching, hypothese als uitgangspunt en zeer beperkt het begrip fouten 1e en 2e soort || goed herkenbaar, zeer beperkte ervaring in kansrekening nodig, geen wiskundige aanpak, eenvoudig te controleren || duidelijk herkenbaar || D = 3 || O = 3 ]

[ TA || ballistiek || direct herkenbaar als natuurkundige berekeningen, geen voorkennis en geen steilheid, onzuivere toepassing, makkelijk te beoordelen || D = 1 || O = 2 ]

[ X || logica in gerechtelijk onderzoek || || D = 1 || O = 1 ]

*Totale wiskundigheidsscore van deze module:  $1 \times 2 + 3 \times 3 + 1 \times 2 + 1 \times 1 = 14$ . Het zegt in ieder geval dat de wiskunde in deze VWO module, rekening houdend met het niveauverschil tussen HAVO en VWO bij de becijfering, veel minder wiskundig denken van een leerling vereist dan de HAVO module. De oorzaak zou kunnen liggen in de opzet van de module, want bij HAVO worden leerlingen door een stappenplan geloodst, terwijl VWO-ers min of meer zelfstandig aan de moeten slag gaan zonder een heldere leidraad.*



#### 4.2.4. Opmerkingen die buiten de analyse vallen

Bij HAVO wordt het meest wezenlijke maar moeilijke aan de kansrekening, Bayes' theorema met conditionele kansen, gebruikt. Bij de VWO-module is dit theorema helemaal niet terug te vinden, terwijl dit juist voor VWO nuttig en begrijpelijk zou kunnen zijn.

Het is hinderlijk dat een aantal referenties in mijn versie niet in orde waren: *reference not found error*.

### 4.3. De modules Dynamische Modellen voor HAVO en VWO

#### 4.3.1. Inleiding in de modules Dynamische Modellen

Bij Dynamische Modellen staat het modelleren van processen in de tijd centraal. Het uitgangspunt is als bij regeltechniek, waarbij de computer gebruikt wordt om in kleine tijdstapjes door middel van differentierekening het verloop van verschillende meetwaarden te tonen als gevolg van gekozen instellingen.

De opdrachten bestaan uit een basis met opgaven en daarnaast voor elk groepje twee uit vijf te kiezen opdrachten, die bij de module horen. Tenslotte zijn er nog extra keuzeopdrachten die feitelijk buiten het bestek van de module vallen. De vraag is hierbij of en hoe we deze extra keuzeopdrachten laten meetellen in een wiskundegewicht. Het is typerend voor interdisciplinaire modules, dat er grensgebieden worden verkend.

In de bijlage voor HAVO wordt relevante voorkennis aangereikt, met name op het gebied van wiskunde en natuurkunde. Bij VWO begint de opbouw vanuit de tekst zelf op een iets lager dan vereist instapniveau. Waarschijnlijk is dit gedaan om het probleem met gebrekkige voorkennis te ondervangen, hoewel er ook in de bijlage kort iets over beweging staat, en een verklarende woordenlijst is toegevoegd als ondersteuning.

#### 4.3.2. Methodische analyse van de module voor HAVO

[ VH || verwerken in Excel, definities, grootheden, eenheden, groeiproces, begrip van wiskundige modellen || vooral doe-werk, geen typische wiskundige werkwijze, ineens Excel is pittig, verbredend gebruik wiskunde, bewerkelijk beoordelen wegens simulaties en open vragen, de docent moet ervaring hebben met het simulatiepakket en meet- en regeltechniek || D = 3 || O = 4 ]

[ TA || interpretatie van (mogelijke) resultaten bij differentierekeningen, curve-fitting op parameters, functioneel verband || open vragen moeilijk te beoordelen, rustige opbouw, docent heeft ervaring met differentiaalrekening nodig || D = 4 || O = 4 ]

[ DM || tijdstappen in iteratief regelproces, grootte van  $\Delta t$  en parameters en timing, positieve en negatieve of geen terugkoppeling, concrete cases in modellen simuleren || vooral doe-werk, niet zozeer als wiskunde herkenbaar (invullen en uitproberen), verbredeing dmv cases, toegepast, zelf maken en aanpassen modellen, maar vooral reeds beschikbare modellen gebruiken, open vragen en simulatie moeilijk nakijken || D = 3 || O = 9 ]

[ X || Werken met de PowerSim-omgeving, simulaties, modelvorming, meet- en regeltechniek || meteen in het diepe, fouten bij leerlingen achteraf niet of moeilijk te controleren, open vragen, begeleidingsintensief, ondersteuning (TOA, INF-docent) of bijscholing voor PowerSim || D = 4 || O = 5 ]

*Totale wiskundigheidsscore van deze module:  $3 \times 4 + 4 \times 4 + 3 \times 9 + 4 \times 5 = 75$ . Deze score is in vergelijking met de andere HAVO-modules hoog. Dit komt onder andere doordat de wiskunde in de*



opdracht overal op de achtergrond een rol speelde en daardoor meewoog in de omvang van de materie.

### 4.3.3. Methodische analyse van de module voor VWO

[ VH || Excel, (omgekeerde) evenredigheid, kwadratische en exponentiële verbanden, afgeleide, toepassingen in mechanica, grafieken maken en vooral aflezen, ordenen, zorgvuldig observeren en interpreteren || wiskunde hier duidelijker herkenbaar (in vergelijking met de HAVO module), voorkennisvereisten zijn met bijna alle VH-onderwerpen samen aanzienlijk, op veel plaatsen wordt wiskundig gewerkt, kennis van Excel en ervaring met regeltechniek is voor docent vereist || D = 4 || O = 7 ]

[ KS || voorspellingen en de invloed van parameterkeuze || terloops even aan de orde bij weermodel en griepmodel || D = 2 || O = 1 ]

[ TA || de achterliggende analyse-wiskunde (zoals helling, afgeleide, functioneel verloop, etc.) bij dynamische modelleren, differentie- en differentiaalvergelijkingen met notaties || herkenbaar door formele opzet en notatie, steile opbouw, door de formele opzet goed controleerbaar || D = 7 || O = 4 ]

[ DM || toestand en verandering, relatieve en absolute meetwaarden en terugkoppeling, gebruik van parameters, gebruik van een systeem-dynamische programmeertaal, black-box denken, cascade-geschakelde deel-systemen, positieve en negatieve terugkoppeling, differentiaal-denken, negatieve en positieve terugkoppeling met negatieve en exponentiële groei tot gevolg. || wiskunde herkenbaar door vrij formele opzet en notatie, kennisopbouw in een aantal fases steil, daarna ook een stukje vlak verloop bij soortgelijke voorbeelden, zowel verdiepend (modellen en DV's) als verbredend (toepassingen en cases), behalve de simulaties goed controleerbaar || D = 7 || O = 7 ]

[ X || e-machten, gebruik dynamische modelleeromgeving PowerSim, diverse cases || herkenbaar door formele opzet en notaties, steile opbouw, ervaring met PowerSim en ervaring met regeltechniek is voor docent (of TOA of INF collega) vereist, nakijken wiskunde onderdelen makkelijk maar moeilijk bij simulaties || D = 5 || O = 6 ]

*Totale wiskundigheidsscore van deze module:  $4 \times 7 + 2 \times 1 + 7 \times 7 + 5 \times 6 = 109$ . Deze module scoort zeer hoog. Redenen zijn, dat de hele module doorspekt is met relevante en vernieuwende wiskundige denk- en werkwijzen.*

### 4.3.4. Opmerkingen die buiten de analyse vallen

In de module voor VWO staan enkele ietwat achterhaalde opmerkingen, onder meer over de duurzaamheid van betrouwbare weersverwachtingen (p 9: door klimaatverandering wordt de betrouwbaarheid op termijn juist korter dan 7 dagen) en over de werking van antivirale middelen (p 11: inmiddels is er veel meer bekend en mogelijk). Verder wordt de term 'complexe formule' in pagina 45 gebruikt voor een 4e graads functie, en wordt het woord 'voorspellen' op meerdere niet-identieke manieren (ook voor het weer) gebruikt!

Het is kenmerkend voor interdisciplinaire modules, dat er grensgebieden worden verkend. Het lijkt erop dat deze grenzen soms dubbelzinnige en verwarrende terminologie opleveren, met als bijkomstig risico dat over enkele jaren zowel deze wetenschappelijke terminologie als grenzen anders kunnen liggen. In dit geval is het goed om af te wegen of het invoeren van terminologie nietodeloos ten koste gaat van de inhoud. Bij de opzet van nieuwe modules is het raadzaam om niet te stellig te veralgemeniseren vanuit de huidige stand van de wetenschap en techniek, of om vanuit een bepaald vakgebied interdisciplinaire uitspraken te doen.

Het valt op dat er naar exotische simulatie-software wordt gegrepen, terwijl de GR en ook Excel in essentie alle mogelijkheden hebben om het onderwerp inzichtelijk te maken en zelfs uit te diepen. Dit is vanuit een behoudend standpunt gezien een gemiste kans om de leerlingen met beperkte en vertrouwde middelen creatief te leren werken. De simulatie-software IP-Coach is anderzijds ook een leerzaam pakket voor het ontwerpen en testen regelsystemen, omdat het vooruitloopt op universitaire software met soortgelijke doelen.

Het is moeilijk voor te stellen dat voorkennis geen invloed zou hebben op de prestatie bij deze module. Het is typisch een onderwerp dat wiskunde B of D leerlingen aanspreekt.

De extra keuzeopdrachten tellen niet zwaar mee het wiskundegewicht van de module, omdat dit de moeilijkheid en inhoud van de echte module niet met zekerheid bepaald.

#### **4.4. De modules over geluidsoptnamen**

##### **4.4.1. Inleiding in de modules 'Wat zeg je?' en 'De mp3 speler'**

Deze modules gaan over geluid in de breedste zin van het woord. De HAVO module begint met de biologie achter de waarneming van geluid, en bouwt dit verder uit tot eenvoudige natuurkundige inzichten over het verschijnsel 'trilling' en muziekinstrument.

De VWO module gaat wezenlijk anders van start, met het digitaliseren van analoge signalen, digitale foutcorrectie en Fourier-analyse. Het is een module waarbij wiskunde en informatica duidelijk voor natuurkunde en biologie geplaatst zijn.

##### **4.4.2. Methodische analyse van de module 'Wat zeg je?' voor HAVO**

[ VH || grafisch informatie verwerken, ordenen || direct zichtbaar, informatie uit tekst ordenen, toepassingen, deze stappen worden gecombineerd met omvangrijkere opdrachten en zijn vanwege eenvoud niet afzonderlijk goed te beoordelen || D = 1 || O = 3 ]

[ TA || geluidsgolven, resonantie en trillingstijd, patronen, decibel rekening, massa-veer systeem als simulator, doppler-effect || door middel van tekeningen en (goniometrische) formules direct herkenbare toegepaste wiskunde, behoorlijk steile verwerking door met name de veelheid aan wiskunde gerelateerde onderwerpen, de wiskunde in deze module is duidelijk toegepast maar van een aardig niveau, toetsbaarheid moeilijk vanwege diverse onderwerpen als gonio-toepassingen, massa-veer, etc., wiskundedocenten moeten voldoende ervaring hebben met natuurkunde || D = 4 || O = 5 ]

[ X || boventonen, stembanden, trilholtes en signaalverwerking bij de mens || zichtbaar door middel van plaatjes en berekeningen, korte stijgende leercurve, toepassing, enige kennis van biologie met een mens-model gewenst || D = 2 || O = 2 ]

*Totale wiskundigheidsscore van deze module:  $1 \times 3 + 4 \times 5 + 2 \times 2 = 27$ .*

##### **4.4.3. Methodische analyse van de module 'De mp3 speler' voor VWO**

[ VH || schematiseren, ordenen, grafieken, basiswiskunde, logaritmen, audiogram || zichtbaar in tekst en vragen, er wordt duidelijk opbouw in vaardigheden en inzicht gevraagd, vrij heldere maar niet echt wiskundige aanpak, beoordeling van korte rekenvragen en zoekvragen veelal direct te geven || D = 2 || O = 2 ]

[ TA || Fourier analyse, sample criterium van Nyquist, geluidsdruk en decibel || goed herkenbaar als echte wiskunde met natuurkundige achtergrond, opbouw is steil en vrij uitvoerig, zuivere wiskunde,

wat moeilijker te beoordelen bij leerlingen die net buiten het kader werken || D = 8 || O = 5 ]

[ MK || discrete code-afstandsbegrip (Hamming) || zichtbaar, steile opbouw, wiskundig zuiver, makkelijk te controleren || D = 5 || O = 2 ]

[ X || foutenverbetering, datacompressie volgens Huffman, binaire algebra en logica, computerkunde, informatietheorie, coderingstheorie, geschiedenis digitale revolutie || leerstof doet mogelijk meer aan informatica denken, steile opbouw, zuiver van opzet, makkelijk te controleren of juist lastig als de leerling de opdracht niet goed begrijpt. || D = 8 || O = 7 ]

*Totale wiskundigheidsscore van deze module:  $2 \times 2 + 8 \times 5 + 5 \times 2 + 8 \times 7 = 110$ .* Hiermee is deze module in verhouding tot de overige modules zeer wiskundig van aard. De score is vooral hoog omdat er over een groot aantal gebieden veel vernieuwende wiskundige onderwerpen worden aangreikt.

#### **4.4.4. Opmerkingen die buiten de analyse vallen**

Voor HAVO wordt geen wiskunde voorkennis vereist, maar wel natuurkunde die in een aantal opzichten dicht tegen wiskunde B aan ligt. Voor VWO wordt juist wel wiskunde B als voorkennis gesteld en dat is terecht, want de module is exacter in opzet en in diepgang: veel onderwerpen komen uit de wiskunde en de informatietheorie. Helaas echter wordt in de inleiding te direct naar het ontwikkelen van een mp3 speler verwezen, want de module gebruikt deze speler slechts als opstapje naar allerlei inzichten in de muziek.

Bij HAVO begint de nummering na pagina 8 opnieuw bij 1 terwijl het ingezette artikel gewoon over pagina 8 en de volgende pagina met nummer 1 doorloopt.

### **4.5. Evaluatie van de analysemethode en de resultaten**

#### **4.5.1. Inhoudelijke conclusies**

We hebben de afgeslankte analysemethode toegepast op bovengenoemde zes modules. De verdeling van de hoofdgebieden bleek er toe te leiden, dat er op het terrein van de wiskunde overwegend algemene vaardigheden en basiskennis wordt gebruikt. En vaak staat deze wiskunde dan nog in dienst van de natuurkunde, scheikunde, biologie of aardrijkskunde. Daartegenover zijn er ook een aantal modules die juist een of twee *nieuwe* wiskundegebieden opbouwen en/of verdiepen, zoals het geval is bij *Dynamische modellen (HAVO en vooral VWO)* en *Wat zeg je? (VWO)*.

Typisch bij VWO is het gebruik van bijlages die naar eigen inzicht kunnen of moeten worden geraadpleegd. Er wordt bij VWO doorgaans een 'helicopterview' ontwikkeld over de samenkomende vakgebieden binnen de module. Kenmerkend voor VWO is ook het verdiepend gebruik van wiskunde. Een mogelijke verklaring is, dat deze leerlingen naast een hogere mentale leeftijd ook zowel meer basisvaardigheden als onderzoeksvaardigheid hebben ontwikkeld om zich met name in de wiskunde, het meest abstracte vak, verder te ontwikkelen.

Bij HAVO neemt de module de leerling doorgaans stapsgewijs door de leerstof. Het is bij HAVO-modules merkbaar dat de schrijvers vaak terughoudend zijn geweest met het abstract maken van de toepassingen en de nieuwe leerstof. Hierdoor is het niet mogelijk om zowel de stof te verkennen als ook nog nieuwe abstracte kennis toe te passen.

#### **4.5.2. Evaluatie van de analysemethode**

Het verdient aanbeveling om per module eerst een lijst met waarnemingen, gebaseerd op pagina-

nummering, samen te stellen. Ook is het handig om bij modules voor zowel HAVO als VWO, eerst de HAVO module te lezen vanwege de doorgaans betere toegankelijkheid, en daarna pas de VWO module. Het eerst bestuderen van de HAVO module zorgt er ook voor, dat de lezer nog voldoende oog heeft voor de ietwat eenvoudiger wiskunde die in de HAVO modules zit.

Bij de analyse van de modules zijn regelmatig twijfels gerezen over de waardering van een stukje wiskundige inhoud. Allereerst is er de verwarring tussen natuurkunde en wiskunde in enkele grensgevallen. Dit is wellicht te vermijden, door een extra hoofdgebied onder het kenmerk N toe te voegen en dat minder zwaar mee te tellen dan echte wiskunde kennis. Nu wordt deze natuurkundige wiskundige materie nog ietwat arbitrair over VH en enkele andere onderwerpen verdeeld.

De *kwalitatieve* analysemethode is op zich prima. Ze kan gewoon uit de lijst met open hoofdvragen van bijlage B blijven bestaan om per onderkend deelgebied een heldere en toch vrij universele interpretatie van de module te krijgen.

Het werken met een kwantificatie die voorkennis en nieuwe kennisopbouw in een cijfer uitdrukt is geen probleem. Wel moet duidelijk zijn hoe zwaar echt nieuwe stof wordt gewaardeerd: ik heb voor nieuwe wiskundige stof een diepgang van 5 en hoger gebruikt. Het is echter niet zo makkelijk om voor een hoofdgroep bestaande uit een samenraapsel van aanwezige deelgroepen een gemiddelde diepgang en een totale omvang te becijferen. De contributie van deelgroepen in afzonderlijke hoofdgroepen zou idealiter even hoog moeten uitkomen als de contributie van deze deelgroepen als ze onder één enkele hoofdgroep zouden vallen. In ieder geval moet de docent of onderzoeker er voor waken dat deze niet eenzelfde onderwerp bij twee hoofdgroepen gaat beoordelen. De becijfering heeft daarom -als de docent zich van bovenstaande voldoende bewust is- een zelf-corrigerende werking. Het kwantitatieve deel van de analysemethode geeft zodoende vrij snel een onderbouwde en redelijk stabiele beoordeling. Ter reductie van een arbitraire indeling in hoofdgroepen, is het mogelijk om alle deelgroepen te herverdelen in pakweg 20 hoofdgroepen zonder deelgroepen, met een deelgroep die bestaat uit de wiskundige natuurkunde.

Tijdens het uitvoeren van de eerste analyses werd steeds duidelijker wat waar thuis hoort, hoe bepaalde inzichten het beste verwoordt en becijferd kunnen worden en vooral ook wat ergens niet thuis hoort. Helaas is het, gezien de diversiteit van de modules en het geringe aantal unieke modules niet mogelijk om een waterdicht beoordelingssysteem te maken. De uitkomst zal onvermijdelijk nog voor een klein deel afhankelijk zijn van de docent en de module.

Er is wegens tijdgebrek geen onderscheid gemaakt naar wiskunde A,B of D per deelgroep in de modules. Dit kan echter interessante inzichten opleveren over de mate van voorkennis die een leerling heeft of nog van een ander vak krijgt ten behoeve van de NLT-module. Als algemene richtlijn zijn de basisvaardigheden van wiskunde al in wiskunde A vervat, en daarmee ook impliciet dus in B en D. De kansrekening is in A en D vervat, en de analyse in wiskunde B en D. Tenslotte is de algebra in B maar vooral D terug te vinden.

## 5. Interviews met NLT-docenten

The Witnesses proved, without error or flaw,  
That the sty was deserted when found:  
And the Judge kept explaining the state of the law  
In a soft under-current of sound.

### 5.1. Inleiding

Met het maken en evalueren van een analysemethode, is de eerste van de twee doelstellingen gerealiseerd. De tweede doelstelling is het uitvoeren van een veldonderzoek. Daarbij ondervragen we docenten met ervaring op het gebied van NLT. In het bijzonder worden docenten met een wiskundige en natuurkundige achtergrond ondervraagd op hun ervaring met NLT-modules met een hoog gehalte aan wiskunde.

De weg naar antwoorden op onze vragen van het steunpunt NLT en de presentaties van Jenneke Krüger in paragraaf 2.2, bestaat uit een aantal stappen. Allereerst formuleren we in de volgende paragraaf doelstellingen, waarna in een verdere paragraaf de interviews qua inhoud worden opgezet. Daarna gaan we in op de organisatie van de interviews. Zonder een goede regie bestaat het risico dat een interview uit de hand loopt of inhoudelijk niet de juiste onderzoeksvragen beantwoordt.

Daarna volgt een samenvatting van de resultaten van de interviews, en wordt het hoofdstuk afgesloten met een evaluatie van zowel het interview als de resultaten.

### 5.2. Doelstellingen voor het interview

De centrale vraag voor onderzoek 'in het veld', is: *Wat vind u als docent van de wiskunde in diverse NLT-modules en wat heeft u als docent nodig om deze modules goed uit te voeren?*

Om een helder antwoord op deze vraag te krijgen worden in het interview een aantal onderliggende deelvragen gesteld. Daarmee verkrijgen we een preciezer beeld van de wiskundige inhoud van NLT-modules, een beeld van het gevoelsmatige wiskundegehalte volgens docenten. Ook willen we weten welke ervaring de docenten met dergelijke NLT-modules hebben, hoe ze de uitwerkingen van leerlingen beoordelen en hoe het vak NLT zodanig opgezet kan worden dat wiskunde docenten zich thuisvoelen bij de werkgroepen die NLT verzorgen op school.

Deze doelstellingen kunnen enerzijds aan de hand van een open gesprek gevonden worden, maar dan is de kans groot dat het gesprek niet exact de antwoorden oplevert die wij nodig hebben. Bovendien is de beschikbare tijd van de meeste docenten vrij kort (orde-grootte van één tot anderhalf uur). Daarom kiezen we ervoor om de belangrijkste vragen als eerste te stellen, zodat we afhankelijk van de voortgang later in het gesprek ook minder belangrijke vragen kunnen bespreken. Bijkomstig voordeel is, dat zowel de ondervrager als de ondervraagde docent fris en alert zijn bij de belangrijkste vragen.

Het is echter nog taak, om er voor te zorgen dat deze belangrijkste vragen op een natuurlijke manier op elkaar volgen. Ook is het belangrijk dat het interview niet star en kunstmatig verloopt. Het afwerken van een vragenlijst werkt immers niet bevorderlijk voor een creatieve interactieve kennisoverdracht. Daarentegen moet het voor de interviewer wel nog duidelijk zijn welke informatie tijdens het gesprek in zijn vragenlijst thuis hoort, zodat alle informatie op de juiste manier wordt opgeschreven.



### 5.3. Voorbereiding van de interviews

Om aan de vereisten in voorgaande paragraaf tegemoet te komen, kiezen we ervoor om de vragen uit de uitgebreide vragenlijst (bijlage B) samen te vatten in vijf vragen. Dit zijn de enige vragen die hardop gesteld worden. Tijdens het bespreken van zo'n vraag, houdt de interviewer de overige deelvragen in de gaten, waarbij hij ook aantekeningen maakt bij de deelvragen als die zijdelings beantwoord worden. Enige sturing tijdens doorvragen is natuurlijk mogelijk, maar het is vooral de bedoeling dat de ondervraagde docent vrijuit kan spreken over de hoofdvragen. We gaan ervan uit dat door deze open structuur juist veel meer nuttige informatie bijeen wordt gebracht, juist omdat de docenten zelf de ins en outs van NLT beter kennen dan de ondervrager.

Nu volgt de lijst met de 5 hoofdvragen. De hoofdvragen zijn daarin dikgedrukt, gevolgd door aanverwante vragen die eventueel kunnen opdoemen tijdens de bespreking. Het is dus niet de bedoeling dat alle deelvragen expliciet beantwoord worden.

- 1. Wat vindt u van de wiskunde in de modules die u (uit het genoemde zestal) kent?** Gaat het bij deze module om de toepassing en het gebruik van wiskunde of juist om de zuivere wiskunde? Wat mist u aan de modules? Heeft u wel eens wiskunde gebieden gevonden die niet in een van de wiskundevakken voorkomt? Herkent u de verschillende wiskunde (en de domeinen) in NLT-modules? Wilt u iets zeggen over andere NLT-modules die veel wiskunde bevatten?
- 2. Kunt u zichzelf, met name als wiskundedocent, voldoende kwijt in de NLT-modules?** Steunt u op uw opleiding en/of voormalige beroep als wiskundige of natuurkundige (of anders)? Voelen u en uw collega's zich altijd even betrokken bij de modules, of zijn er ook fases, momenten, onderdelen of een hele module waarbij u uw best moet doen om erbij te blijven? Wie kan volgens u een zekere module het beste geven: een wiskundige of natuurkundige, en waarom? Ziet u nut in bijscholingsmogelijkheden voor NLT-specifieke wis- en natuurkundeonderdelen, en zou u er zelf ook gebruik van maken?
- 3. Vind u het wezenlijk om de wiskunde in NLT-modules makkelijk te kunnen overzien?** Zou u zelf iets kunnen of willen doen met de voorgestelde basisanalysemethode en de open analysemethode? Zou u of uw school nut hebben van de analyseresultaten als ze reeds van alle, ook nieuwe, NLT-modules beschikbaar zouden zijn?
- 4. (zomogelijk) Welke leerlingen raadt u een zekere module aan of juist af, en waarom?** Welke becijfering/beoordelingsmethode gebruikt u per module? Is daar afhankelijk van de module veel variatie in? Welke leerlingen doen het goed? Is er extra begeleiding voor leerlingen met ontbrekende voorkennis?
- 5. (optioneel) Welke organisatiestructuur is volgens u het beste voor NLT?** Is het voor u denkbaar dat NLT door een niet-wiskundig (of niet-natuurkundig) team wordt geleid, en leidt dit tot NLT-modules zonder veel wis- en natuurkunde?

Enkele kanttekeningen zijn hierbij op zijn plaats. Bij vraag 4 is het goed te weten, dat de meeste scholen een standaard pakket aanbieden dat door alle NLT-leerlingen wordt gemaakt. Vraag 5 tenslotte is veel minder belangrijk voor onze doelstellingen: ze wordt alleen behandeld als de tijd het toelaat.

Als nabeschouwing is het goed om met de ondervraagde terug te kijken op het interview als proces. Omdat een aantal docenten ook zelf betrokken is bij het ontwikkelen van NLT-modules is het waardevol om bij gelegenheid na te praten over het spanningsveld tussen het invoeren van enerzijds toegepaste en anderzijds zuivere wiskunde bij de ontwikkeling van NLT-modules. Dit kan wezenlijk bijdragen aan een dieper inzicht in de totstandkoming van NLT-modules met wiskunde.

## **5.4. Regie en uitvoering van de interviews**

Interviews lijken eenvoudig: vragen, luisteren en opschrijven. In de praktijk loopt iets dergelijks echter zelden naar volledige voldoening. Een zorgvuldige voorbereiding is dus noodzakelijk om de resultaten te optimaliseren.

Vanaf het maken van afspraken met docenten tot en met het uitvoeren van de interviews hanteren we daarom een stappenplan. Dat ziet er als volgt uit:

1. Mij per email voorstellen aan de docenten, ze kort uitleggen waarmee ik als afstudeerder in opdracht van het NLT-steunpunt onder toezicht van Elise Quant bezig ben. Vragen of zij (ruim één uur, liefst twee uur) tijd voor mij beschikbaar willen stellen voor een vraaggesprek. De docenten ontvangen in deze mail ook informatie over de NLT-modules die ik onderzocht heb. Ter voorbereiding van de docent worden ook de hoofdvragen van het interview toegevoegd.
2. Data en tijden afspreken, zomogelijk met minimaal enkele dagen tot een week tijd tussen opeenvolgende interviews. Hierdoor is tussentijdse evaluatie een aanpassing nog mogelijk.
3. Per docent op de eigen school, in de vorm van een zo open mogelijk maar toch gestuurd vraaggesprek, een enquête voeren. Ook wordt de ontwikkelde en zelf toegepaste analysemethode toegelicht, zodat de docenten een beter beeld hebben van het onderzoek.
4. Voorafgaand aan het interview wordt een korte inleiding gegeven over de regie. Er wordt verteld dat de docent een voorlopige samenvatting ontvangt. Vervolgens wordt gevraagd of de docent het eindverslag wil ontvangen, of een geluidsopname van het interview mag worden gemaakt en of de naam de docent in het verslag mag worden gebruikt. Naast de geluidsopname wordt de essentie van het interview, voor de zekerheid en voor het juiste inzicht en de juiste wisselwerking, ook meteen opgeschreven.
5. Per hoofdvraag wordt de docent om een reactie gevraagd, waarbij niet meer dan 15 minuten per vraag wordt gebruikt. Tijdens het gesprek dat volgt probeert de ondervrager alle informatie onder te brengen bij de hoofdvraag en zomogelijk bij de deelvragen, zonder deze expliciet te stellen. Als het gesprek afdwaalt of de 15 minuten vol zijn, dan zal de interviewer het antwoord op de vraag samenvatten en eventueel nog enkele aanvullingen van de docent noteren, alvorens verder te gaan met een volgende hoofdvraag.
6. Van elk interview wordt een samenvatting gemaakt die ter verificatie aan de betreffende docent ter goedkeuring of aanpassing wordt overlegd.
7. De interviews worden geëvalueerd en verwerkt tot een (ge-anonimiseerde) samenvatting.
8. De docenten bedanken voor hun medewerking, en ze desgewenst het eindverslag sturen.

De lijst van benaderde docenten is opgenomen in bijlage G, de mailing om leraren voor interviews uit te nodigen staat in bijlage D. De complete opzet van de interviews vindt u in bijlage E.

## **5.5. De gehanteerde werkwijze bij de interviews en resultaten**

Na een redelijk rustige werkplek te vinden, heb ik een korte inleiding gegeven in het interview zoals het is opgesteld in bijlage E. Met name de procedure (elke hoofdvraag 15 minuten, niet expliciet de bedoeling om alle bijvragen in detail te beantwoorden, document ter controle of aanvulling toesturen, toestemming gebruik naam bij de inhoud) heb ik rustig uitgelegd. Tevens heb ik -ter voorkoming dat docenten moesten wachten of met mij gingen meelesen als ik een zojuist gegeven antwoord aan het opschrijven was- de docent een kopie van mijn interviewtekst gegeven. Hierdoor kon deze zich al voorbereiden op de volgende vragen terwijl ik nog iets moest opschreven.

Van geen van de docenten is een geluidsopname gemaakt. De indruk was, dat dat niet praktisch zou zijn. Al noterend, interpreterend, doorvragend en terugkoppelend vanuit de opgeschreven antwoorden was het makkelijker aansturen op de juiste onderwerpen en vragen.



De vijf hoofdvragen in die we in paragraaf 5.3 hebben opgesteld, zijn in bijlage E uitgevoerd met een kleine toevoeging. Na deze interviews is een samenvatting gemaakt per geïnterviewde docent. Vervolgens zijn de verschillende uitspraken van de docenten gesorteerd naar de vragen van het interview. In deze vertaalslag zijn kleine tekstuele aanpassingen gemaakt om de door docenten gedane uitspraken in de juiste context te kunnen plaatsen. In bijlage F zijn de verkregen resultaten gesorteerd naar de vragen zoals die in het interview gebruikt zijn. Vooraf worden de geïnterviewde docenten worden allereerst kort geïntroduceerd, om de diverse verkregen resultaten beter te kunnen duiden.

Om het verwerken van onjuiste gegevens te voorkomen, hebben alle docenten de gesorteerde en herschreven lijst met hun eigen opmerkingen en hun persoonlijke introductie ter controle ontvangen. Pas na een instemming van de geïnterviewde docenten, door een bevestiging van mijn notities of door het stilzwijgend laten verlopen van de gestelde reactietijd, zijn deze resultaten als definitief aangemerkt, geanalyseerd en verwerkt tot conclusies.

## **5.6. Evaluatie van de interviews en de resultaten**

### **5.6.1. Inleiding**

De resultaten van de interviews zijn in beginsel opsommingen van de reacties, opgenomen in bijlage F. Om tot bruikbare inzichten te komen worden in de nu volgende subparagraaf een aantal overeenstemmende opmerkingen verwerkt. De daaropvolgende paragraaf bevat vervolgens opmerkingen waarbij de meningen van de ondervraagde docenten juist verder uiteen liggen. Beide paragrafen gebruiken de nummering zoals die bij het interview, volgens het model van bijlage E, is toegepast.

### **5.6.2. Overeenkomsten tussen de geïnterviewde docenten**

Aan de hand van bijlage F komen we nu tot een systematische analyse van de overeenstemmende opvattingen van de geïnterviewde docenten. Het beoordelen van overeenstemming tussen de kwalitatieve uitspraken op basis van vrij open geformuleerde vragen is uiteraard geen exacte wetenschap. Daarom proberen we om te beoordelen of de strekking van de antwoorden van de verschillende docenten in elkaars verlengde liggen. Als de diverse antwoorden in dezelfde richting wijzen, en er geen tegenstrijdige reacties bij een vragen zijn geregistreerd, dan veronderstellen we dat er sprake is van een *consensus* op het betreffende onderdeel. Overigens kan het ook voorkomen, dat deze consensus-antwoorden pas bij nadere analyse zijn teruggevonden onder verschillende vragen.

Het is onze bedoeling om hier een zo volledig mogelijk beeld te geven van de resultaten van de interviews. Anderzijds is het nog niet de bedoeling om hieruit meteen vergaande conclusies te trekken, aangezien alle conclusies pas in het volgende hoofdstuk zullen volgen. De kern van alle consensus-antwoorden is voor de herkenbaarheid onderstreept, maar de overige tekst is vaak nog nodig voor de juiste interpretatie.

1a. De wiskunde in NLT zijn vooral toepassingen, vaak via natuurkunde onderwerpen geïntroduceerd. Wiskunde is nou eenmaal een dienend vak voor NLT. Helaas wordt wiskunde -zelfs bij voldoende gelegenheid- niet als zodanig zichtbaar gemaakt, maar als eenvoudige oefjes in de module verwerkt.

1b. Er is weinig zichtbare opbouw van natuurwetenschappelijke kennis in de modules, vooral als het om wiskunde en natuurkunde gaat. Dat komt omdat het moeilijk is om vakoverstijgend materiaal te maken waaruit wiskunde helder naar voren komt. Leerlingen, maar ook de ontwerpers

afkomstig uit de monovakken, denken in afzonderlijke vakgebieden: om dan zowel voldoende diepgang te bereiken is interdisciplinaire kennisontwikkeling te veeleisend.

1c. Er is volgens de docenten die bekend zijn met het wiskundeprogramma wel degelijk wiskunde in NLT die verder gaat dan de wiskunde programma's. Fourier-analyse (De MP3 speler, VWO), modelleren van differentiaalvergelijkingen (Dynamische Modellen) en tenslotte meetkunde, goniometrie en vectorrekening (Plaatsbepaling en navigatie, Holografie).

2a. Een universitair opgeleide natuurkundige, scheikundige of wiskundige heeft voldoende kennis voor het uitvoeren van een NLT-module, zeker in overleg met de andere vakspecialisten in een NLT-team. Doorgaans blijven universitair opgeleide  $\beta$ -docenten zichzelf in hun vakgebied verdiepen. Hiertoe zijn ze prima in staat om de leerlingen op niveau aan te spreken en te prikkelen.

2b. De NLT-docenten voelen zich duidelijk betrokken bij het vak. Hun betrokkenheid hangt wel af van hun eigen kennis, vakgebied en interesse van de leerstof en onderwerpen. Voor NLT past juist een  $\beta$ -docent met een brede interesse, omdat die doorgaans voldoende bekwaam is voor voorkomende wiskunde.

Pure wiskunde docenten houden meer van een heldere structuur in hun lessen dan voor het vak NLT wenselijk is. Dit is mogelijk de reden dat wiskundeleraars kunnen vervreemden van een minder overzichtelijk vak als NLT. Wiskundigen hebben daarnaast ook vaak meer aandacht voor wiskunde D.

2c. Een natuurkunde docent heeft de voorkeur boven een wiskunde docent, vanwege de relatief grote rol van het brede vak natuurkunde in NLT, en een overwegend dienende rol van de wiskunde.

2d. Bijscholing is niet nodig vanwege de voorhanden kennis en het NLT-team, het kennisbereik en zelflerend vermogen van de individuele  $\beta$ -docenten en de mogelijkheden tot het benaderen van de overige collega's op school.

3a. De voorgestelde analysemethode kan iets toevoegen aan het docentenmateriaal. Vooral als iets deze per vakgebied wordt toegevoegd, en in het bijzonder als per vakgebied de leerlijnen van een NLT-module worden onderscheiden.

3b. De analysemethode is vooral nuttig voor minder  $\beta$ -ervaren NLT-teamleiders of coördinatoren, om per module de taakverdeling voor vakdocenten te maken en om tijdig steun te vragen aan collega's in de andere vakken. De analysemethode zou hulp kunnen bieden bij de interne taakverdeling en steunvraag onder collega's.

3c. De bijeenkomsten georganiseerd ter facilitering van NLT vielen tegen: bij gebrek aan inhoudelijk deskundigen werd er inhoudelijk niets toegevoegd en zou men zelf als 'brenger of haler' op dergelijke bijeenkomst moeten fungeren.

4a. De diverse toetsmiddelen worden per school en vaak afhankelijk van de module, naar eigen inzicht ingezet en meegewogen. In grote lijnen zijn de onderdelen (1) werkstuk en presentatie, (2) vaardigheid en uitvoering, (3) logboek en verantwoording, (4) individuele toetsing. Alle scholen hanteren een soort van logboek voor de leerlingen. De leerlingen moeten tijdens de module enig zicht hebben op de opbouw en vooral ontwikkeling van hun cijfer.

4b. De voorkennis (pakketkeuze) van leerlingen is van invloed op hun mogelijkheden binnen NLT. Door hiermee rekening te houden bij de toekenning van opdrachten, of bij de samenstelling van werkgroepen, zijn er geen in het oog springende verschillen in eindresultaten voor leerlingen met specifieke pakketten. Merk op dat biologie en aardrijkskunde beschouwende wetenschappen zijn terwijl wiskunde en natuurkunde vooral verklarend zijn.

4c. Leerlingen die wiskunde B en natuurkunde missen, missen de benodigde en door de scholen gewenste onderzoeksvaardigheden. Veel scholen ontraden of ontmoedigen deze leerlingen om NLT

in het pakket te nemen. Als het vak ter aanvulling van het pakket wordt gekozen, bestaat het gevaar dat dit *schoolexamenvak* qua inhoud gaat inleveren. Bijspijkeren van leerlingen met enige kennisachterstand kan het beste aan de hand van goede informatie over leerlijnen in de module. Zwakke plekken bij individuele leerlingen worden bij scholen met gescheiden bovenbouw pas duidelijk nadat de leerlingen hun eerste modules gedaan hebben.

4d. De opdrachten van NLT zijn vaak een bron voor profielwerkstukken bij een  $\beta$ -vak. De vrije ruimte voor het schoolexamenvak NLT wordt door de scholen dankbaar gebruikt om zelf in te vullen, soms zelfs met eigen of experimenteel studiemateriaal ter specialisatie.

Wiskunde D is voortbouwend op wiskunde vakken, en daardoor theoretischer dan de toegepaste wiskunde bij NLT.

5a. Voor NLT is het prettig om een sterk team met technisch opgeleide eerstegraads docenten te hebben. Ideaal is een natuurkundige teamleider met een ruime scheikundige kennis. De vakken natuurkunde, scheikunde en biologie zijn essentieel, maar ook docenten wiskunde en (fysische) geografie moeten nauw betrokken worden bij dit team. Verder is een heldere inroostering en grote practicumruimte met de gelijktijdige aanwezigheid van minstens twee docenten vanuit verschillende vakgebieden en een veelzijdige TOA per 20 tot 40 leerlingen ideaal. Dit kan juist beter als de school precies een volle HAVO en VWO klas heeft, want HAVO en VWO tegelijk NLT geven zonder veel ervaring is, door de diverse voorbereiding en de behoefte van de leerlingen aan intensieve ondersteuning, erg moeilijk.

Het schoolbestuur moet veel ruimte en zelfstandigheid laten aan het NLT team, en niet meteen na een geslaagde opstartfase het aantal beschikbare uren voor de coördinatie en uitvoering terugbrengen. De groeps grootte voor het uitvoeren van de NLT opdrachten is meestal 2 tot 4 leerlingen.

5b. Het is wenselijk dat een natuurkunde of wiskunde docent een wiskundige module leidt, maar een  $\beta$ -docent met een brede belangstelling en coördinerende kwaliteiten is nog belangrijker. Een bioloog of aardrijkskundige daarentegen, is te beschouwend (in plaats van verklarend) ingesteld.

6a. Er was enige verwachting dat we dieper op modules en een analysemethode zouden in gaan; men had daartoe dan wel graag wat meer en eerder informatie ontvangen over dat deel van het interview.

Het vak NLT is nog zeer kwetsbaar en in opbouw, dus men verleent graag medewerking om ter versterking van NLT. De opzet, waarbij de interviewer tijdens wendingen al schrijvend de spreker volgde en pas achteraf controleerde of alle vragen grosso modo zijn afgedekt, werd als effectief ervaren.

6b. Het schrijven van NLT-modules geeft spanningen als het gaat om de hoeveelheid stof die in een module passen. Als ontwikkelaar moet je te lang wachten op duidelijke instructies om vervolgens onder tijdsdruk een module af te moeten maken.

De monovak-benadering zou wel eens een typisch probleem kunnen blijven bij NLT.

De brede  $\beta$ -achtergrond van de schrijvers verdiend de voorkeur, vooral ook omdat deze met hun interesse up-to-date blijven in de NLT-gebieden. Belangrijk is dat de docenten en de moduleschrijvers ook de goede leerlingen kunnen uitdagen op hun eigen niveau.

Het zijn vooral de kwalitatieve vragen over  $\beta$ -vakken waar de middelbare scholieren veel moeite mee hebben. Eenmaal in herkenbare wiskunde omgezet, komen de leerlingen in het algemeen vrij snel tot resultaten.

### 5.6.3. Uiteenlopende opvattingen van individuele docenten

Aan de hand van bijlage F komen we vervolgens tot een analyse van enkele verschillen tussen de geïnterviewde docenten. De genoemde verschillen maken duidelijk, dat er bij NLT juist ook vanwege de verschillen in achtergrond en uitgangspunten van docenten, verschillend naar vraagstukken rondom NLT gekeken wordt.

1d. Wiskunde is goed herkenbaar in de modules. Twee docenten vinden dit, terwijl twee anderen dit niet beamen.

2a. Is het vreemd dat er weinig aandacht is voor goed Nederlands, het gebruik van logisch redeneren en de engelse taal om NLT nog meer cachet te geven? Leerlingen en ouders klagen vrij vlug als er in een toets engels wordt gebruikt, maar waar ligt de grens van eisen die je aan een leerling kan stellen als je vooral een  $\beta$ -vak wil zijn?

3a. Voor HAVO is geen extra informatie nodig, want de vakdocenten staan zelf wel voldoende boven deze materie. Dit is niet in lijn met de behoefte aan leerlijnen in de docentenhandleiding voor HAVO waaruit de wiskunde in de docentenhandleiding naar voren komt.

4a. Sommige scholen willen minder individuele toetsing van NLT-leerlingen door middel van 'proefwerken', terwijl andere scholen juist structureel een individuele eindtoets willen waarbij elke leerling ook de opdrachten van andere groepjes per NLT-module moet kennen.

De weging van de diverse onderdelen verschilt sterk per module, maar vooral ook per school.

4d. Het verdient aanbeveling om 5 HAVO de statistische module 'Wat een verschil' te laten doen, omdat ze deze in studie en beroep nog vaak nodig hebben. Een aantal docenten vindt het niveau en de diepgang van de HAVO modules echter zeer beperkt.

5e. Sommige directies laten de keuze voor NLT of wiskunde D maken door de  $\beta$ -docenten. Dat levert ongewenste en oneigenlijke spanningen, temeer omdat het duidelijk andere vakken zijn.

## 6. Conclusies en aanbevelingen

I said it in Hebrew – I said it in Dutch –  
I said it in German and Greek  
But I wholly forgot (and it vexes me much)  
That English is what you speak!

Terugkijkend op de interviews kunnen we enkele antwoorden formuleren op vragen die gerezen zijn bij de presentaties van Jenneke Krüger in paragraaf 2.2: wiskunde docenten hechten mogelijk minder aan NLT omdat ze gehecht zijn aan een overzichtelijke structuur. De wiskunde is in NLT vooral toegepast, terwijl wiskunde D het vak verder verdiept. NLT vraagt vooral in de korte HAVO-bouwenbouw veel van leerlingen en docenten. Een analysemethode voegt iets toe aan de handleiding als ze de leerlijnen van verschillende vakgebieden onderscheidt en vergelijkbare resultaten geeft.

Er is bij docenten geen angst voor de juiste uitvoering van wiskunde in de modules, zolang er maar universitair opgeleide en breed geïnteresseerde natuurkunde (of scheikunde) docenten in vertegenwoordigd zijn. Als basisstructuur is een zelfstandig kernteam (nk, sk, bio) met nauw betrokken collega's wiskunde en (fysische) geografie wenselijk. Vooral voldoende beschikbare TOA's en practicumruimten zijn een 'must', zoals ook het tegelijk beschikbaar zijn van meerdere docenten bij bepaalde modules.

Leerlingen met een minimaal  $\beta$ -profiel kunnen door middel van minder exacte opdrachten uit de modules, eenzelfde cijfer scoren als de zeer exacte leerlingen die de veel exactere onderzoeksopdrachten maken. Het is nuttig om deze bijpassende voorkenniscompensatie in de docentenhandleiding op te nemen, met als doel om afhankelijk van de module te adviseren voor opdrachtdifferentiatie of homogeniseren van leerlingen met bijspijkerlessen.

Als tweede hebben we de analysemethode. Het is handig om eerst per pagina doorlezend een module te inventariseren, om vervolgens via de kwalitatieve analyse bij een kwantitatieve analyse uit te komen. Dat bleek doorgaans vrij effectief. Onze analysemethode zou kunnen worden toegevoegd aan de docentenhandleiding als omdat ze eenvoudig is. Daartoe is het wenselijk dat ze vergelijkbare waarderings oplevert voor de verschillende modules en dat ze voor alle vakgebieden inzicht geeft in de leerlijnen van wiskunde.

Voor de vergelijkbaarheid van de analysemethode is het aan te bevelen om alle wiskunde in pakweg 20 groepen te verdelen, met daarbij één groep X voor de bijzondere wiskunde en één groep N voor de wiskundige natuurkunde. Een uiteindelijke wiskundigheidsscore op een schaal van tien punten lijkt, gezien de kanttekeningen bij de beoordelingsmethode, voldoende significant. De wiskunde-inhoud van de NLT-module kan in de analysemethode verder onderscheiden worden naar voorkennis van wiskunde A, B of D, maar dat maakt de analyse weer complex. De definities van de domeinen voor wiskunde A, B en D zijn zowel binnen HAVO en VWO niet eenduidig.

'The rest of my speech' (he exclaimed to his men)  
'You shall hear when I've leisure to speak it.  
But the Snark is at hand, let me tell you again!  
'T is your glorious duty to seek it!

## Bijlage A - Verdeling van wiskunde in functionele gebieden

Aan de hand van de door de examencommissie gegeven domeinen is hier een praktisch indeling gemaakt. Samengevoegde subdomeinen beginnen met twee letters ter afkorting van hun *hoofdgebied*, gevolgd door een punt en de kernwoorden van het *deelgebied*. Deze aangepaste en eenduidige aanduiding wordt structureel in dit onderzoeksverslag gebruikt.

We behandelen alleen subdomeinen die voldoende onderscheidend zijn voor de wiskundige inhoud van NLT. Een aantal subdomeinen van verschillende vakken of van HAVO en VWO, die deels samenvallen, zijn samengevoegd tot één deelgebied met een ruimere omschrijving. In de beoordeling van de aanwezigheid van wiskunde in NLT modules, volgt onderscheid tussen HAVO en VWO uit de waarderingen voor de hoeveelheid wiskunde en de diepgang ervan per deelgebied.

Het aantal deelgebieden is meer dan het aantal domeinen, maar aanmerkelijk minder dan het aantal subdomeinen.

### Vaardigheden en veranderingen (VH)

VH.Technisch-instrumentele vaardigheden: De kandidaat kan bij raadplegen, verkennen en presenteren van wiskundige informatie en bij uitvoeren van wiskundige bewerkingen en redeneringen gebruik maken van toepassingen van ICT.

VH.Wiskundige en algebraïsche vaardigheden: de kandidaat beheerst de passende rekenkundige en algebraïsche vaardigheden, heeft inzicht in de formules, beheerst de vaktaal, notaties en conventies en is in staat om zelf een oplossingsstrategie te kiezen en de gevonden oplossingen te verifiëren. De kandidaat beheerst de bij het examenprogramma passende rekenkundige en algebraïsche vaardigheden en formules, heeft daar inzicht in en kan de bewerkingen uitvoeren met, maar ook zonder, gebruik van ICT-middelen zoals de grafische rekenmachine.

VH.Wetenschappelijke vaardigheden: De kandidaat kan een gegeven probleemsituatie inventariseren, vertalen in een wiskundig model, binnen dat model wiskundige oplostechnieken hanteren en de gevonden oplossingen betekenis geven in de context. De kandidaat kan reflecteren op zijn verrichtingen en motivatie, kunnen onderzoeken, ontwerpen en werken met modelvorming, kunnen redeneren, waarderen en beoordelen van werkzaamheden, resultaten en theorieën.

VH.Oriëntatie op studie en beroep: De kandidaat kan een verband leggen tussen zijn wiskundige kennis, vaardigheden en belangstelling en de rol van wiskunde in vervolgstudies en de praktijk van verschillende beroepen.

VH.Tabellen en grafieken: De kandidaat kan een tabel opstellen op basis van gegevens uit een tekst, een grafiek, een formule en andere tabellen en tabellen aflezen, interpreteren en in verband brengen met andere tabellen, grafieken, formules en tekst. De kandidaat kan een grafiek tekenen op basis van gegevens uit een tekst, een tabel, een formule of andere grafieken en grafieken aflezen, interpreteren en in verband brengen met andere grafieken, formules of tekst.

VH.Veranderingen: De kandidaat kan over een grafiek uitspraken doen over stijgen, dalen, maximum en minimum en is in staat veranderingen te beschrijven middels differenties, hellingen en toenamedigrammen. De kandidaat kan het veranderingsgedrag van een grafiek, tabel of functie onder meer door middel van toenamedigrammen en differentiequotiënten beschrijven en differentiequotiënten berekenen en interpreteren, ook vanuit een contextprobleem.

VH.Wiskunde in technologie en wetenschap: De onderwerpen worden door de school aan leerlingen aangeboden, komen voort uit aanbod van het hoger of universitair onderwijs en kunnen, indien de school daarvoor kiest, voor elke kandidaat verschillend zijn.



## **Kansrekening en statistiek (KS)**

KS.Combinatoriek en kansen: De kandidaat kan bij telproblemen de situatie visualiseren met een schema, diagram en rooster en problemen oplossen waarin permutaties en combinaties worden toegepast. De kandidaat kan in een tekst beschreven kansproblemen analyseren, visualiseren met een schema en diagram en kansen berekenen, door vertaling naar een vaasmodel kansen berekenen met somregel, complementregel en productregel en de verwachtingswaarde berekenen.

KS.Combinatorische kansrekening: De kandidaat kan toevalsexperimenten vertalen in een kansmodel, de begrippen onafhankelijke gebeurtenissen en voorwaardelijke kansen hanteren en kansen berekenen op basis van een kansexperiment en op basis van symmetrie en combinatoriek.

KS.Rekenen met kansen: De kandidaat kan bij discrete toevalsvariabelen het begrip onafhankelijkheid hanteren, kansen berekenen met behulp van somregel, complementregel en productregel en van een discrete toevalsvariabele de verwachtingswaarde berekenen.

KS.Ordenen, verwerken en samenvatten van statistische gegevens: De kandidaat kan, ook met behulp van ICT, waarnemingen verwerken in een geschikte tabel, visualiseren in een geschikt diagram, samenvatten met geschikte centrum- en spreidingsmaten en gegeven grafische representaties interpreteren.

KS.Binomiale en normale verdeling: De kandidaat kan geschikte kansexperimenten vertalen naar een binomiaal kansmodel en binnen het model berekeningen uitvoeren. De kandidaat kan het normale verdelingsmodel gebruiken voor het berekenen van kansen, relatieve frequenties, gemiddelde en standaardafwijking.

KS.Kansverdelingen: De kandidaat kan het binomiale en het (standaard-)normale verdelingsmodel gebruiken voor het berekenen van kansen, relatieve frequenties, grenswaarden, gemiddelden en standaardafwijkingen van discrete en continue verdelingen. De kandidaat kan vaststellen of een toevalsexperiment kan worden vertaald naar een uniforme discrete verdeling of een binomiale kansverdeling en binnen die verdelingen kansen en verwachtingen berekenen.

KS.Populatie, steekproef en hypothese toetsen: De kandidaat kan bij een gegeven probleemsituatie de populatie aangeven, een gegeven steekproef beoordelen op geschiktheid en een geschikte steekproef kiezen. De kandidaat kan nul- en alternatieve hypothesen en bijbehorende een- en tweezijdige toetsen formuleren en uitvoeren bij binomiaal- of normaal-verdeelde toevalsvariabelen.

## **Toegepaste analyse (TA)**

TA.Algebraïsche technieken: De kandidaat kan afgeleide functies bepalen met behulp van regels voor het differentieren en algebraïsche technieken hanteren.

TA.Lineaire en exponentiële verbanden: De kandidaat kan bij een lineair verband een formule opstellen en een grafiek tekenen, met lineaire verbanden berekeningen uitvoeren zoals interpolatie en extrapolatie, lineaire vergelijkingen en ongelijkheden oplossen en uitkomsten interpreteren. De kandidaat kan exponentiële processen herkennen, met formules beschrijven, in grafieken weergeven en er berekeningen aan uitvoeren.

TA.Functies en grafieken: De kandidaat kan standaardfuncties (machtsfuncties, exponentiële en logaritmische functies en goniometrische functies) hanteren, interpreteren binnen een context, de grafieken beschrijven en in een functievoorschrift vastleggen, eenvoudige vergelijkingen oplossen en werken met eenvoudige transformaties.

TA.Formules met twee of meer variabelen: De kandidaat kan door substitutie in een formule waarden berekenen en een formule opstellen of wijzigen op basis van gegeven informatie.

TA.Afgeleide functies: De kandidaat kan, ook in toepassingsituaties, van een functie met behulp van rekenregels voor machts-, som-, ketting-, product- en quotiëntfuncties de afgeleide bepalen, aan



de hand daarvan het veranderingsgedrag van de functie beschrijven, inclusief de extreme waarden en deze resultaten betekenis geven in de context. De kandidaat kan het differentiaalquotiënt en de eerste en tweede afgeleide gebruiken om een functie te onderzoeken en om een contextprobleem op te lossen.

TA.Integraalrekening: De kandidaat kan in geschikte toepassingen een bepaalde integraal opstellen en exact berekenen en met behulp van ICT benaderen.

TA.Vergelijkingen en ongelijkheden: De kandidaat kan eenvoudige vergelijkingen, ongelijkheden en stelsels van twee lineaire vergelijkingen oplossen met behulp van een algoritme, in voorkomende gevallen grafisch oplossen of numeriek benaderen en de oplossingen interpreteren in relatie met de context.

TA.Goniometrische functies: De kandidaat harmonische processen herkennen en beschrijven met goniometrische functies, ook samenstellingen tekenen en dergelijke grafieken interpreteren, vergelijkingen oplossen en de Stelling van Pythagoras voor lineaire combinaties gebruiken. Met differentiëren optimaliseringsproblemen oplossen, ook met ICT.

TA.Parametrisering: de kandidaat kan een parametrisering van een figuur gebruiken om eigenschappen ervan vast te stellen en kan in geschikte gevallen een parametrisering van een figuur opstellen.

## **Meetkunde (MK)**

MK.Werken met ruimtelijke tekeningen: De kandidaat kan van een ruimtelijk object aanzichten, uitslagen en vlakke doorsneden tekenen, interpreteren, er berekeningen aan uitvoeren en uit een serie parallelle doorsneden conclusies trekken over vorm en inhoud van zo'n object.

MK.Oppervlakte en inhoud: De kandidaat kan de oppervlakte van vlakke en ruimtelijke figuren berekenen, van ruimtelijke figuren de inhoud berekenen en schatten en het effect van schaalvergroting op zowel inhoud als oppervlakte beargumenteren.

MK.Onderlinge ligging van punten, lijnen, vlakken in concrete situaties: De kandidaat kan van punten, lijnen en vlakken in een rechthoekig coördinatenstelsel de incidentierelaties bepalen en van lijnen en vlakken de snijpunten bepalen.

MK.Afstanden en hoeken in concrete situaties: De kandidaat kan met behulp van goniometrische berekeningen, de stelling van Pythagoras en de cosinusregel afstanden en hoeken in de ruimte berekenen.

MK.Coördinaten, vectoren en ruimtefiguren: De kandidaat kan rekenen met coördinaten en vectoren in de ruimte, ook in een profielspecifieke context. De kandidaat kan de beschrijving van punten in de ruimte met drie coördinaten gebruiken, met name bij bollen en eenvoudige omwentlingsoppervlakken.

MK.constructies en bewijzen in de vlakke meetkunde: De kandidaat kan definities, vermoedens, stellingen en bewijzen onderscheiden, meetkundige situaties exploreren, een vermoeden of te bewijzen stelling formuleren en bewijzen of weerleggen. De kandidaat kan constructies uitvoeren en vanuit een meetkundige situatie een stelling poneren en het bewijs leveren.

MK.Oriëntatie op analytische en synthetische methoden: De kandidaat kan toepassingen van analytische meetkunde onderzoeken, ook met behulp van ICT. De kandidaat kan analytische en algebraïsche technieken toepassen op meetkundige problemen, ook bij bewijzen.

MK.Coördinaten, vergelijkingen en kegelsneden: De kandidaat kan vanuit vergelijkingen eigenschappen van aard en ligging van figuren zoals kegelsneden in een vlak onderzoeken, kan op verschillende manieren vergelijkingen van lijnen, cirkels en kegelsneden opstellen op grond van de ligging en eigenschappen van de bijbehorende figuren onderzoeken.

## **Dynamische modellen en rijen (DM)**

DM.Rijen en recurrente betrekkingen: De kandidaat kan rekenkundige en meetkundige rijen herkennen, beschrijven en er berekeningen mee uitvoeren en werken met recurrente betrekkingen.

DM.Discrete dynamische modellen: De kandidaat kan rijen relateren aan recurrente betrekkingen, iteraties, webgrafieken en contexten en kan het gedrag ervan beschrijven in termen van stationair, convergerend of divergerend. De kandidaat kan in differentiaalvergelijkingen van de vorm  $y = f(y, t)$  eigenschappen van  $f$  relateren aan eigenschappen van oplossingen, zoals het al dan niet stationair zijn, monotonie en asymptotisch gedrag en in eenvoudige gevallen een oplossing expliciet bepalen. De kandidaat kan bovengenoemde stof gebruiken in concrete toepassingen.

## **Extra wiskunde onderwerpen (X)**

X.Artificiële Intelligentie: De kandidaat kan databases gebruiken voor het invoeren en handig terugvinden van gegevens, schematiseren van strategie-spellen, doorrekenen van (spel)situaties.

X.Informatica: De kandidaat kan informatie ordenen en systematisch verwerken met behulp van een computer, terugzoeken van informatie met behulp van een computer, inzichtelijk en overzichtelijk maken van meetresultaten met behulp van een computer.

X.Informatietheorie: De kandidaat kan analoge en digitale gegevens efficiënt opslaan, gegevens comprimeren, beveiligen en robuust opslaan.

X.Digitale techniek: De kandidaat kan ...

X.Cryptografie: De kandidaat kan ...

X.Geschiedenis van de wiskunde: De kandidaat kan ...

X. Bayes theorema, gevorderde statistiek: De kandidaat kan ...

X. Differentie- en differentiaalrekening: De kandidaat kan een differentievergelijking opstellen, daarvan een differentiaalvergelijking maken en deze oplossen ...

## Bijlage B - Uitgebreide lijst voor een kwalitatieve analyse

1. **Zichtbaarheid:** Hoe zichtbaar zijn de (in de basisanalyse gevonden!) wiskunde onderdelen
2. **Voorkennis:** Welke voorkennis van wiskunde wordt vereist? (B)
3. **Advisering:** Met welk toegestaan pakket zou u leerlingen deze module aanraden en waarom? (B).  
Met welk toegestaan pakket zou u leerlingen deze module afraden en waarom? (B)
4. **Kennisopbouw:** Hoe ziet de wiskundige kennisopbouw eruit (per paragraaf)? Hoe steil is de leercurve met betrekking tot de wiskunde in de module?
5. **Zuiverheid:** Valt u iets op met betrekking tot wiskundige netheid, correctheid en volledigheid?
6. **Presentatie:** Zou de wiskunde in de NLT-module beter anders kunnen worden verwerkt? Hoe?
7. **Aanwezigheid:** Welke wiskunde-onderdelen komen, gezien het onderwerp, te weinig naar voren in de module?
8. **Originaliteit:** Komen er wiskunde onderdelen in voor die niet bij de wiskunde gebieden horen?
9. **Verdieping:** Waar heeft wiskunde een rol als gereedschap? Waar wordt de wiskunde juist verdiept.
10. **Extra:** Ziet u mogelijkheden om extra wiskunde in de module toe te voegen? Zijn er nieuwe wiskunde gebieden bij betrokken? Hoe zou u ze introduceren en in de module verwerken?
11. **Beoordeling:** Hoe geeft u voor deze module een cijfer, en hoe bepaald dat mede het examencijfer? Heeft u suggesties voor een andere of betere wijze van beoordelen?
12. **Prestaties:** Hoe is de module door leerlingen gemaakt? Hoe belastend is de module ervaren? Is er een verband zichtbaar met de wiskundige achtergrondkennis van leerlingen?
13. **Begeleiding:** Is de NLT-module makkelijk als wiskundige of natuurkundige alleen te runnen, of zijn er juist meerdere docenten bij nodig? Hoe ervaart u de participatie van wiskunde en natuurkunde docenten in de NLT groep?
14. **Intensiteit:** Is er behoefte aan een extra docent, eventueel met een andere achtergrond, of een TOA? Hoe alert en behulpzaam moet de docent zijn?
15. **Achtergrond:** Met welke kennisachtergrond bent u (ook) wiskunde docent geworden? Welke invloed heeft dat op uw verzorging van deze module, denkt u?
16. **Bijscholing:** Hoe goed kon u met de module inhoudelijk uit de voeten? Stond u op alle wiskunde gebieden ruim boven de leerling? Moest u collega's, boeken of begeleidend materiaal inschakelen? Is bijscholing van de docent gewenst voor deze module(s), zo ja op welke manier?
17. **Synergie:** In welke mate is deze module concurrerend met wiskunde D? Ziet u synergie mogelijkheden voor deze NLT-module en wiskunde D?
18. **Samenwerking:** Welk samenwerkingsverband met collega's en andere secties heeft u gebruikt? Ziet u mogelijkheden voor verbetering? Herkent u dat u of collega's minder spontaan of minder actief dan docenten van andere secties aan een interdisciplinair team deelnemen? Ervaart u de betrokkenheid van docenten bij de module als wisselend?
19. **Mening:** Wat is uw persoonlijke mening over deze module? Kunt u dat toelichten?
20. **Overige:** Heeft u nog aanvullende opmerkingen over de module? Heeft u nog vreemde of opvallende dingen bemerkt?
21. **Analysemethode:** Wat vindt u van de basisanalyse methode? Wat vindt u van de open analysemethode? Vindt u de methoden te uitvoerig of te beknopt? Wat zou u aanpassen, weglaten of toevoegen?

## Bijlage C - Doorlezen van de zes onderzochte modules

### C.1. De module Forensisch Onderzoek voor HAVO

Als voorbereiding op de toepassing van onze analysemethode, waardering van de verschillende modules,

We gebruiken het formaat 'pagina nummer: opmerkingen'

P2: centrale vraag (en tevens opdracht) = hoe maak je een televisieserie over forensisch onderzoek realistisch (en toch spannend)?

P3: groepsopdracht inventarisatie adhv een misdaadserie.

P4,5: forensisch onderzoek = natuurwetenschappelijk onderzoek, neutraal blijven betekent alles objectief bekijken en alle waarnemingen zorgvuldig meenemen in de eindanalyse.

P6,7: notie van hypothese opstellen, kritisch naar middelen als leugendetector kijken, kansrekening, hypothese toetsen en fouten van eerste en tweede soort (onterecht vrijgesproken respectievelijk onterecht veroordeeld).

P8,9: Toezicht door officier van justitie op objectieve en volledige samenstelling dossier door rechercheur, opdat die leidt tot objectief oordeel rechter. Voorkoming van teveel of doelgericht informatieverzameling is essentieel. De *donor* is degene die sporen achterlaat. Bij sporenonderzoek is het essentieel dat de onderzoeker alle verworven bewijsstukken volledig en hygienisch gescheiden van elkaar onderzoeken, dus ook dat de onderzoeker niet met dezelfde kleren aan sporen van dader en slachtoffer onderzoekt.

P11,12: vingerafdrukken zijn uniek, en dit onderzoek of dactyloscopie, geïntroduceerd in de 19e eeuw door Francis Galton, hoewel Babyloniers en Chinezen al ondertekenden met een vingerafdruk.

P13-18: vingerafdrukken eigenschappen, *zelfstandig* systematisch verwerken van typische vingerafdruk-informatie in een databank, computergebruik, sporen zichtbaar maken en dader terugvinden.

P19-23: haaronderzoek eigenschappen, *zelfstandig* gegevens verzamelen en het juiste haarspoor herleiden.

P24-30: bloedonderzoek, gebruik bloedsporen detectie, praktische eenvoudige berekeningen.

P31-40: DNA-onderzoek, redeneren en juiste gevolgtrekking uit sporen, praktische rekenvaardigheden, DNA-loci en betekenis, kansberekening en betekenis van een (toevallige!) DNA-multi-locus-match, kans op een fout van de tweede soort (onterecht veroordelen) en onderscheidend vermogen bij verschil in een enkele locus, betekenis van een sporen-match voor het onderzoek (dader of onschuldige donor).

P41-43: Deskundige-oordelen worden meegewogen in het oordeel van de rechter. Het theorema van Bayes is hiervoor zeer geschikt. De a priori kans dat iemand schuldig is moet worden meegewogen in de bepaling van de werkelijke kans dat iemand schuldig is. Dit kan door de kansverhouding  $P(\text{schuldig} | \text{match}) / P(\text{onschuldig} | \text{match}) = (P(\text{schuldig}) / P(\text{onschuldig})) * (P(\text{match} | \text{schuldig}) / P(\text{match} | \text{onschuldig}))$ . [(interpretatie: als er toch iemand schuldig moet worden bevonden, dan is het ook niet vreemd dat dat toevallig deze persoon is)]

P44-46: simulatie met computer, modelleren van en berekeningen aan de baan van een kogel.

P47-48: eindopdracht met het realistisch maken van een misdaadserie.

### C.2. De module Forensisch Onderzoek voor VWO

P6-11: introductie met een moordzaak die de beschreven leidraad is voor deze module, uitleg groepswerk voorkennis en vaardigheden (*geen* echte wiskunde kennis verondersteld maar alleen wat basisvaardigheden vereist), opbouw beschrijving (*wel* wiskunde kennis voor verzamelen en ordenen, kansrekening en hypothese toetsen en verantwoording), aanduiding multidisciplinaire karakter.

P12-53: het politiedossier met allerhande aspecten van verslag, tekening plaats delict (PD) en relevante omgeving, gevonden sporen, omgevingssporen zoals vingerafdrukken op voorwerpen en van omstanders,

voetsporen, kogels en hulzen, verklaringen van getuigen, familie, anderzijds betrokkenen en verdachten, DNA profielen, verslag patholoog-anatoom.

P55-62: vingersporenonderzoek, uniciteit afdruk, classificatie in identificatie, ordenen en verwerken in een database, kansrekening en verkenning van het begrip schuld-hypothese.

P63-68: technisch ontwerpen, inzicht product maken en ontwerpcyclus, ontwerpprobleem analyseren en beschrijven, deelontwerpen en uitwerkingen, testen van een ontworpen zoekprocedure.

P69-75: voetsporenonderzoek, natuurkunde, wiskunde voor berekeningen, ordenen, grafieken en rekenbasisvaardigheden, logisch redeneren, lineaire verbanden.

P76-83: stoffeïenschappen, scheikunde, ordenen en logisch redeneren met insluiting, uitsluiting en indifferente (neutrale) factoren.

P84-90: chromatografie, meten en rekenen, logica.

P91-97: ballistiek, rekenen, formules, ordenen.

P98-102: bloedonderzoek, scheikunde, praktisch rekenen.

P103-120:forensisch DNA onderzoek, modelleren DNA, techniek van polymeren-ketting-reactie voor vermeerdering loci (PCR), ordenen, logisch redeneren, kansrekening en hypothesen, interpretatie van match-kans.

P121,122: Ordenen, informatie verwerken, logisch redeneren, kansrekenen.

### ***C.3. De module Dynamische Modellen voor HAVO***

P5-6: Wat is dynamisch modelleren, beschrijving werkzaamheden voor module, leerdoelen, beoordeling.

P7-12: voorkennis en inleiding, benoeming voorkennis (ak, nk, wk, bl) verwijzing naar bijlagen in hfdstk 4 voor achtergrondkennis, uitleg en beschrijving dyn mod zijn om te kunnen rekenen aan veranderingsprocessen, grootte, eenheid, variabele, parameter, diagram, grafiek, gevolg en (on)afhankelijkheid, voorbeeld groeiproces.

P13-28: Lekkende emmer, lineair verband, negatief exponentieel verband, differentie tabellen met in- en uitstroom, beginsel differentierekening met een computersimulatie, fine tuning en uitbreidbaarheid model

P29-41: bevolkingsgroei, iteratie als sequentieel proces, functioneel verband, verschillende groeifuncties, curve-fitting op parameters bij een bevolkingsgroei-proces, lineair model, iteratieve sturingsvariabelen, differentievergelijking, regeltechniek/signaaltheorie, positieve (versterkende) terugkoppeling (albedo-effect), negatieve remmende terugkoppeling, ordenen, computer-simuleren, differentierekening d.m.v. terugkoppeling in opeenvolgende velden met bijpassende formule in Excel, terugblik en verdieping.

P42-52: Grieppepidemie, modellering, regelproces, griepverspreiding, negatief exponentieel verband, vergelijking met echte griepgolf, uitbreiding met besmetting en genezing, keuze parameters voor besmetting en genezing per tijdseenheid.

P53-57: Waterbalans in je lichaam, regelsysteem, afscheiding is relatieve hoeveelheid.

P58-65: Vallende kogel, versnelling per tijdseenheid leidt tot snelheid en valafstand, zonder en met luchtweerstand,

P66-73: Evaluatie van de diverse eenvoudige dynamische processen, verdieping begrip en modelvorming, verloop als gevolg van de tijd, complexiteit van processen zoals het weer en verwachtingsmarges.

P74-83: Aanpassing en uitbreidingen van waterstromen, nauwkeuriger en realistischer model.

P84-89: Bevolkingssamenstelling van een gemeente, (waarom wel ingewikkelde simulaties maar geen overgangsmatrix per tijdsspanne  $\Delta t$ ?),

P90-100: grieppepidemie, realistische modellen, (waarom geen logistische kromme?),

P101-114: water in je lichaam: diverse regelsystemen bij sporters, gedetailleerd simulatiemodel.

P115-120: Vallende kogel en modellering luchtweerstand ( $F_w$ ), risico van vreugdeschoten, zelfstandig uitwerken model met een zware en een lichte vallende kogel in lucht.

P121-131: Aanvullende opdrachten, overstroming, bevolkingssamenstelling, griepepidemie, marathon en vochtverlies uitgebreid, valbewegingen.

P132-150: Bijlagen met wat technische details.

#### **C.4. de module *Dynamische Modellen voor VWO***

P3-6: Leerdoel is het leren beschrijven van een realistisch/natuurwetenschappelijk verschijnsel met behulp van een reken- en computermodel. Voorkennisvereisten voor met name wiskunde zijn verbanden en (omgekeerde) evenredigheid, kwadratische en exponentiele verbanden, afgeleide bepalen en de betekenis van de afgeleide als veranderingsgetal, enige vertrouwdheid met Excel, basiskennis van mechanica (voor de keuzeopdrachten). De module is als volgt opgezet: een kennismaking met als voorbeeld de griepepidemie, principes van toestand en verandering zichtbaar maken dmv grafieken, van waterstromen naar een dynamische modelleertaal, de achterliggende wiskunde (tijdstep, helling, afgeleide, voorspellingen, DV's opstellen en oplossen, toepassingen in studie en beroep met onder meer een algemeen model voor beweging en keuzeopdrachten, bevolkingsgroei en biologische modellering).

P7-32: kennismaking met modellen, schaalmodel, natuurwetenschappelijk model, dynamisch model, verloop van een proces, ordenen inzicht en gevolgen van factoren zoals stapgrootte voor een model, het model voor griepverspreiding met gebruik van Excel, het verbeteren van het model d.m.v. extra parameters voor besmetting, immuniteit, genezing en rekening houdend met de niet-immuune groep, computersimulatie met interactievere en makkelijkere opzet (dan Excel) in PowerSim, vergelijking model met echte griepgolf.

P33-50: Toestand en verandering, hoe 'rekent' het model door middel van recursie met behulp van afgeleide en integraal ofwel differentie- en integratie stappen. Voorbeelden van toestand verandering en tijdstep door middel van analogieën met griepgolfsimulatie, herhaalde berekeningen volgens recept stappen zetten, grafieken van toestand en verandering maken, interpretatie: een procesvariabele relatief of absoluut weergeven, vanuit een startpositie met stappen van  $\Delta t$  vooruit in de tijd simuleren (maar waarom ter verificatie niet ook in de tijd terug simuleren?).

P50-65: Modellen bouwen in een systeemdynamische programmeertaal, door middel van abstractie wordt nu het wiskundige model boven het natuurkundige en biologische aspect uit getild, verbanden zoals lineair en wortelfunctie worden toegelicht en gesimuleerd, ingewikkelde en samengestelde systemen met in-cascade waterstromen, het black-box denken zoals in systeemtheorie, regeltechniek, positieve terugkoppeling veroorzaakt explosieve groei (zou ik exponentieel noemen), negatieve terugkoppeling veroorzaakt een evenwichtssituatie, differentiaal gedachte ook bij kwadratisch verband, validiteit bij verschillende stapgroottes  $\Delta t$  en parameters.

P66-98: De wiskunde in een model (tijdstep helling en oppervlakte), bestudering van allerlei stuurinvloeden zoals instroomsnelheid op evenwicht, de invloed van de verandering op de toestand, differentiaal combineren met  $\Delta t$  in vergelijkingen, differentiaalvergelijking beginselen in afgeleide notatie vorm, het gedrag van een model wiskundig analyseren en afleiden, integratie van  $T'(t)$  in een sauna-model, differentiaal- en differentievergelijkingen van eenzelfde proces. Vaste terugkoppelfactor en exponentiele groei, echte eenvoudige differentiaalvergelijkingen vanuit de praktijk opstellen, differentiaalvergelijkingen oplossen, inzicht in de invariantie van e-machten als functies, limietprocessen bij groeiprocessen en limiet-naar-nul-stapgrootte, algemene e-macht oplossingen (extra onderdeel), geavanceerde DV's.

P99-153: Modelleren tijdens studie en beroep, een beweging onderzoeken (het gevaar van vreugdeschoten), een algemeen model voor bewegingen, keuzeopdrachten die als een Praktische Opdracht gebruikt kunnen worden zoals 'bewegingen' met veel natuurkundige toepassingen, of biologisch modelleren van populaties met roofdier-prooi golfpatronen en evenwichten.

#### **C.5. De module *'Wat zeg je?' voor HAVO***

p'1'-4': voorkennis bio en nat (geen wiskunde) zie ook instaptoets bijlage 7 p73



p'5'-2: oriëntatie, wat is het om slechthorend te zijn, vroege diagnosemethoden

p3-12: gevoeligheid L- en R-oor, directe vs indirecte overbrenging en demping, frequentie en timbre (klankkleur), melodie is perceptie van notenvolgorde, volume in dB =  $10 \cdot \log(P_1 / P_0)$ , zuivere toonhoogte-sinusoïde, zwevingen t.g.v. frequentieverschillen  $f_{zw} = |f_1 - f_2|$ .

P13-19: werking van het oor biologisch

p20-25: natuurkunde van resonantie, trillingstijd.

P26-44: transport van de 'geluid'-signalen van oor naar hersenen.

P35-44: stem en stembanden, snaren, boventonen, trilholtjes, staande golven, longitudinaal vs transversaal.

P45-82: keuze opdrachten, audiogram, model voor de cochlea (gekoppeld massa-veer systeem) met enige wiskunde, dopplereffect radar met enige wiskunde.

## **C.6. De module 'De mp3 speler' voor VWO**

P6-7: voorkennis is wiskunde B en natuurkunde, toetsing is vastgelegd door presentatie (10%), ontwerpopdracht (30%) en schriftelijke toets (60%).

P8-9: schematiseren, principe van analoge audio-sigitaaltransmissie en analoge audio-opslagmethoden

P10-20: digitale revolutie met CD en USB-memory en extreem snelle ontwikkelingen, inventarisatie van pro's en contra's bij mp3-spelers.

P21-41: een goed geheugen, over flash-geheugen met defect-tolerante opbouw, geheugencellen, hard-disks, binaire getallen, fouten verbeterende codes, Hamming codes, Reed-Solomon codes met algebraïsche multiplicatieve inverse en het idee van een cyclische groep, een zeer pittig stukje met meerdere vergelijkingen in enkele rekenvoorbeelden en vragen.

P42-52: in duizend stukken, natuurkundig model met sinusoïde, superpositie, boventonen, modulatie en verschilfrequentie, samplecriterium van Nyquist, digitaliseren van samples.

P53-65: als muziek in de oren, de biologie van het oor, geluidsdruk en intensiteit met demping over boloppervlak rond bron, geluidsterkte in dB met formules en audiologische rekenvoorbeelden en audiogram, veel vragen

P66-83: Het complete geluid-coderingsschema (geluidsgolven, fourieranalyse, bandsplitsing, perceptie-filter (gevoeligheidsdrempels), psychoakoestiek, verlies- of verliesvrije compressie), het harmonische superpositieprincipe van Fourier, even en oneven functies (sinus en cosinusreeksen), frequentiespectrum (complexe coëfficiënten fourierreeks wordt vermeden), eenvoudige sommetjes met fouriercoëfficiënten, dynamische codering met bitrate adjustment, differentiële codes en Huffman codering via Huffman boom, decoderingsschema,

P84-87: het oor en risico op gehoorschade

P88-103: het vormgeven van een speler, aspecten als 'traditioneel' versus 'anders' enerzijds en 'basis' versus 'vernieuwend' anderzijds.



## **Bijlage D - Mail aan docenten voor interview**

Titel : Onderzoek naar NLT voor wiskunde docenten

Geachte heer ... / mevrouw ... ,

Voor mijn afstudeerproject bij de lerarenopleiding op de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e), onderzoek ik in opdracht van Elise Quant (steunpunt NLT) en onder toezicht van Bram van Asch (Lerarenopleiding Wiskunde), het wiskundegehalte van NLT-modules. Ik heb uw email adres van Elise Quant gekregen omdat u ervaring heeft met NLT-modules met een relatief hoog gehalte aan wiskundige inhoud.

Gedurende mijn onderzoeksproject heb ik mij reeds verdiept in een zestal NLT-modules die een vrij hoog gehalte aan wiskunde bevatten. Daarnaast heb ik gezocht naar manieren om zowel zorgvuldig als tijd-efficient tot een analyse te komen van het wiskundegehalte in een NLT-module en de bewerkelijkheid van de module voor een wiskundedocent. Een en ander vindt u kort samengevat in het bijvoegsel van deze mail. Om mijn onderzoek af te kunnen ronden, heb ik enige terugkoppeling van docenten 'uit het veld' nodig over NLT-modules met wiskunde. Graag zou ik u middels een gesprek willen interviewen over uw ervaring met dergelijke modules.

Hiertoe zou ik op ...(3 of 4 mogelijkheden zetten)... naar uw school zou kunnen komen. Met veel belangstelling verneem ik uw reactie.

Vriendelijke groet,  
Fons (Alphons) van Roij

---

### **Bijlage: NLT voor de middelbare scholen, kijkend naar de wiskunde component**

**Lijst met vragen die ik onder andere aan de hand van een gesprek zou willen uitwerken tot verdere inzichten en conclusies.**

1. Wat vindt u van de wiskunde in de modules, en in het bijzonder van die welke u uit het genoemde zestal kent?
2. Kunt u zichzelf, met name als wiskundedocent, voldoende kwijt in de NLT-modules?
3. Vindt u het wezenlijk om de wiskunde in NLT-modules makkelijk te kunnen overzien?
4. (zomogelijk) Welke leerlingen raadt u een zekere module aan of juist af, en waarom?
5. (optioneel) Welke organisatiestructuur is volgens u het beste voor NLT?

**Lijst met modules die ik bestudeerd heb: ik ben overigens ook graag bereid om over andere modules met een wiskunde component te praten.**

*Merk op dat het in hoofdzaak om 3 modules gaat die in hun uitvoering verschillen voor HAVO en VWO.*

- A. Forensisch Onderzoek voor HAVO
- B. Forensisch Onderzoek voor VWO
- C. 'Wat zeg je?' voor HAVO
- D. De mp3-speler voor VWO
- E. Dynamische modellen voor HAVO
- F. Dynamische modellen voor VWO

**Schets van mijn huidige werkwijze bij het onderkennen en waarderen van de wiskunde in de modules.**

De NLT-analyse die ik nu gebruik bestaat uit de herkenning van wiskundestof uit naar een samengestelde lijst van hoofdgroepen. Deze hoofdgroepen zijn onder andere: Vaardigheden, Kanrekening en Statistiek, Toegepaste Analyse, Meetkunde, Dynamische Modellen, Nieuwe Stof. Per hoofdgroep wordt de stof in subgroepen opgedeeld en aan de hand van open evaluatievragen uitgewerkt. Tenslotte volgt daaruit een -nog ietwat arbitrair- cijfer voor de diepgang en de omvang van de wiskundige inhoud. Op deze manier is een totaalscore te geven voor de wiskunde in een NLT-module, waardoor het enigszins mogelijk wordt om een vergelijking te maken tussen de wiskunde in de modules. Het formaat is per module een lijst met analyses van de vorm: [ Hoofdgroep van wiskunde-onderwerpen || subgroepen van onderwerpen uit de hoofdgroep || open evaluatievragen over deze subgroepen || diepgang = ...(cijfer) || omvang = ...(cijfer) ].

## **Bijlage E - Opzet interview wiskunde component NLT-modules**

*[(Dit interview formulier is in deze vorm gebruikt voor het veldonderzoek. Het formulier is in deze bijlage ingekort door de open schrijfruimte te verkleinen en de reeds in dit verslag voorhanden informatie te vervangen door een verwijzing. Merk op dat de deelvragen in deze versie voorafgegaan worden door dikgedrukte steekwoorden. Deze maken de herkenning tijdens het interview makkelijker.)]*

### **Uitleg over het interview gesprek**

Het interview is om inzicht te verkrijgen in de wijze waarop wiskunde deel uitmaakt van de modules. Vooral de ervaring van wiskund(ig)e docenten met de modules is daarbij belangrijk. Voordat de interviews verwerkt worden in het verslag, stuur ik u een samenvatting van uw interview, ter correctie en/of aanvulling.

Om systematisch inzicht te krijgen in deze materie zijn een vijftal kernvragen opgesteld. Deze vragen geven gelegenheid om daarmee samenhangende aspecten te behandelen, maar ze kanaliseren vooral de weg naar concrete antwoorden die in het verslag verwerkt kunnen worden.

Voor elke van de vijf kernvragen nemen we hooguit 15 minuten de tijd. Als deze tijd verstrijkt of als we het onderwerp voldoende besproken hebben dan geef ik een korte samenvatting en noteer ik eventuele aanvullingen die u als geïnterviewde te binnen schieten.

Eventuele extra tijd gebruiken we voor terugkoppeling op de wijze van interviewen en -indien van toepassing- de wijze waarop wiskunde wordt geïntroduceerd bij de ontwikkeling van NLT-modules.

### **Informatie voor de geïnterviewde:**

Lijst met de zes voorbereide NLT-modules

- |                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| A. Forensisch Onderzoek voor HAVO | [code 0-5-4] |
| B. Forensisch Onderzoek voor VWO  | [code 0-1-4] |
| C. 'Wat zeg je?' voor HAVO        | [code 0-2-7] |
| D. De mp3-speler voor VWO         | [code 1-1-0] |
| E. Dynamische modellen voor HAVO  | [code 0-7-5] |
| F. Dynamische modellen voor VWO   | [code 1-0-9] |

### **Lijst met beknopte weergave van de analysemethode met zes voorbeelden**

*Voor elk wiskundegebied is onderstaande analyse op een module toe te passen:*

[ Wiskundegebied || Herkenbare en onderscheidbare onderdelen || Toelichting (zomogelijk per onderdeel) over de uitvoering, kwaliteit, omvang, herkenbaarheid, etc. || Diepgang (0...9) || Omvang (0...9). ]

De wiskundigheidsscore is dan  $\Sigma$  (Diepgang x Omvang) over alle wiskundegebieden.

*Voorbeeld:* [ TA ( toegepaste analyse)

|| Er worden veel grafieken getekend en geanalyseerd, en grafisch afgeleiden en integralen bepaald.  
|| De diepgang is beperkt tot het nauwgezet uitvoeren van opdrachten die veel weg hebben van een recept, de algemene conclusies geven wel inzicht aan de leerlingen.

|| D = 3

|| O = 6 ]

Bijdrage van dit wiskundegebied (TA) aan de wiskundigheidsscore is  $3 \times 6 = 18$  punten.

## Lijst met makkelijk onderscheidbare wiskundegebieden (volgens A. van Roij)

*[(Hier staat de lijst met de namen van de hoofdgebieden en de deelgebieden zoals uitgewerkt in bijlage A)]*

### De geïnterviewde

Naam: \_\_\_\_\_

Toestemming vermelding met **naam in onderzoeksverslag** ('nee' = anoniem verwerken): \_\_\_\_\_

**Titels, voorletters** (voor vermelding in verslag): \_\_\_\_\_

**School / instituut:** \_\_\_\_\_

Toestemming **geluidsopname** interview voor verdere uitwerking interview: \_\_\_\_\_

Als u het uiteindelijke verslag wilt ontvangen. **Digitaal of uitgeprint** naar postadres : \_\_\_\_\_

**Uw verbinding met NLT:** \_\_\_\_\_

Bijzondere en relevante informatie m.b.t. NLT over **uw werk of uw werkgever:** \_\_\_\_\_

*[(Hier staan de analyses van de zes NLT-modules: zowel het doorlezen als het methodisch analyseren als het bepalen van een wiskundigheidsscore)]*

### De kernvragen voor het vraaggesprek

De kernvragen zijn dikgedrukt, gevolgd door aanverwante vragen die eventueel kunnen opdoemen tijdens de bespreking. Het is dus niet de bedoeling dat alle deelvragen expliciet beantwoord worden.

#### 1. Wat vindt u van de wiskunde in (de zes genoemde) NLT-modules?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**a. Toepassing of zuivere wiskunde?** Gaat het bij de modules die u kent om de toepassing en het gebruik van wiskunde of juist om de zuivere wiskunde?

**b. Wat ontbreekt er?** Wat mist u aan de betreffende modules?

**c. Nieuwe wiskunde tegengekomen?** Heeft u wel eens wiskunde gevonden die niet in een van de standaard wiskundevakken voorkomt?

**d. Herkenning wiskunde leerstof.** Herkent u de verschillende wiskunde (en de domeinen) in NLT-modules?

**e. Andere NLT-modules.** Wilt u iets zeggen over andere NLT-modules die veel wiskunde bevatten?

\_\_\_\_\_

## 2. Kunt u zichzelf, met name als wiskundedocent, voldoende kwijt in de NLT-modules?

---

*a. Gebruik kennis en ervaring. Steunt u op uw opleiding en/of voormalige beroep als wiskundige of natuurkundige (of anders)?*

---

*b. Betrokkenheid. Voelen u en uw collega's zich altijd even betrokken bij de modules, of zijn er ook fases, momenten, onderdelen of een hele modules waarbij u uw best moet doen om erbij te blijven?*

---

*c. Wis- of natuurkunde docent? Wie kan volgens u een zekere modules het beste geven: een wiskundige of natuurkundige, en waarom?*

---

*d. Bijscholing. Ziet u nut in bijscholingsmogelijkheden voor NLT-specifieke wis- en natuurkundeonderdelen, en zou u er zelf ook gebruik van maken?*

## 3. Vind u het wezenlijk om de wiskunde in NLT-modules makkelijk te kunnen overzien?

---

*a. Nut analysemethode voor docenten. Zou u zelf iets kunnen of willen doen met de voorgestelde analysemethode?*

---

*b. Strategisch nut analysemethode voor scholen. Zou uw school nut hebben van de analysesresultaten als ze reeds van alle NLT-modules beschikbaar zouden zijn?*

---

*c. Bijscholing. Zou u onze analysemethode ook gebruiken om uw (behoefte aan) bijscholing te overwegen?*

## 4. (zomogelijk) Welke leerlingen raadt u een zekere module aan of af, en waarom?

---

*a. Beoordeling. Welke becijfering/beoordelingsmethode gebruikt u per module?*

---

*b. Cijfers voorspelbaar? Is de score afhankelijk van voorkennis? Welke leerlingen doen het beter?*

---

*c. Voorkennis aanvulling. Is er extra begeleiding voor leerlingen met ontbrekende voorkennis?*

## 5. (optioneel) Welke organisatiestructuur is volgens u het beste voor NLT?

**a. Algemeen**

---

---

**b. NLT door niet wis- en natuurkundigen geleid.** *Is het voor u denkbaar dat NLT door een niet-wiskundig (of niet-natuurkundig) team wordt geleid, en leidt dit tot NLT-modules zonder veel wis- en natuurkunde?*

---

**c. Overige relevante opmerkingen**

---

**Nabespreking**

**Evaluatie interview.** *Hoe heeft u mijn interview ervaren?*

---

---

**Ontwerpen modules met veel wiskunde.** *Hebt u spanningen ervaren tussen zuivere formele wiskunde enerzijds en wiskundige toepassingen anderzijds bij het schrijven van een NLT-module? Zo ja, hoe bent u daarmee omgegaan?* \_\_\_\_\_

---



## **Bijlage F - Interview resultaten wiskunde component NLT-modules**

### **Achtergronden van de geïnterviewden**

*Marianne Lambriex* is begonnen als natuurkunde docent. Ze is inmiddels sinds lange tijd wiskunde docent, en heeft voor beide vakken de lesbevoegdheid. Marianne komt uit een familie met veel  $\beta$ -affiniteit. Ze heeft in haar loopbaan reeds veel gedaan op het gebied van wiskunde. Ze is redacteur van Euclides en ze is van overheidswege lid van de Syllabuscommissie Wiskunde voor het examenprogramma (CEVO ism. CITO), waardoor ze automatisch in domeinen denkt als het om wiskunde vakken gaat. Op haar school, Stedelijk College Eindhoven, heeft tweederde van de leerlingen een  $\beta$ -pakket.

Ze alle zes de modules, en merkt op dat wat haar betreft de module '*Wat een verschil*' veel meer wiskunde (statistiek) is dan een aantal van de zes genoemde modules. Ze heeft zelf meegewerkt aan de module 'De MP3-speler'.

*Jaap Hubregtse* heeft zijn ingenieurstitel natuurkunde op de Universiteit Groningen behaald. Hij is docent geweest op het Strabrecht College in Geldrop, en sinds september 2009 met prepensioen.

NLT-modules uit mijn lijst, die Jaap goed bekend zijn: Forensisch onderzoek voor HAVO en Forensisch onderzoek voor VWO, 'Wat zeg je?' voor HAVO en tenslotte ook Dynamische modellen voor HAVO. Hij heeft twee jaar met de HAVO klas NLT gedraaid, en met het VWO 1 jaar. Dus met HAVO zowel introductie- als gevorderde modules.

*Piet van den Hurk* is van oorsprong universitair opgeleid scheikundige, met naast een eerstegraads bevoegdheid voor scheikunde en ANW ook een tweedegraads bevoegdheid voor Natuurkunde. Zijn school, het Pius X college in Bladel, valt onder de koepel van Orion scholen en draagt ook het vaandel van Universum school.

NLT-modules uit het genoemde 6-tal, die Piet goed bekend zijn: Forensisch onderzoek voor HAVO en Forensisch onderzoek voor VWO, 'Wat zeg je?' voor HAVO.

*Albert Jacobs* heeft een ingenieurstitel in de wiskunde. Hij is ruim 30 jaar geleden begonnen als wiskunde docent, maar geeft sinds meerdere jaren enkel natuurkunde aan de bovenbouw van het Jan van Brabant College in Helmond, waar hij de invoering van profielwerkstukken voor natuurkunde heeft meegemaakt. Albert heeft geen ervaring met wiskunde D. Op school is hij lid van de taakgroep onderwijskunde. Vanaf de introductie van NLT op zijn school is hij 5 tot 10 uur per week met NLT bezig geweest.

Vanuit zijn algemene en interdisciplinaire  $\beta$ - interesse, heeft hij het initiatief genomen voor de invoering van NLT op zijn school. NLT heeft op deze school 4 deelnemende vakken: wiskunde, natuurkunde, biologie en scheikunde.

Albert heeft intensief meegewerkt aan de module Holografie, en zijn interesse voor NLT is gewekt tijdens een bijeenkomst waar hij de module 'Wat zeg je?' voor HAVO zag. NLT-modules uit het genoemde 6-tal die Albert kent, zijn: Forensisch onderzoek voor HAVO en Forensisch onderzoek voor VWO.

### **1. Wat vindt u van de wiskunde in (de zes genoemde) NLT-modules?**

#### **a. Toepassing of zuivere wiskunde?**

**ML** De wiskunde in de NLT-modules zijn vooral toepassingen. Theorie wordt vaak maar oppervlakkig geraakt en op een zodanige manier opgezet dat ook minder bekwame leerlingen (met bijvoorbeeld alleen wiskunde A, maar zonder natuurkunde) toch iets met wiskunde kunnen doen. De stappen tussen de verschillende onderwerpen of toepassingen zijn te groot en daardoor wordt het

wiskundig gezien een kwestie van de juiste oefjes uitvoeren om de vragen te kunnen beantwoorden. Het is moeilijk om wiskunde zuiver te introduceren, vanwege de beperkte tijd die beschikbaar is. Het introduceren van nieuwe, zuivere wiskunde hoort thuis bij wiskunde D.

**JH** De meeste wiskunde zit als toepassing in de natuurkundige onderwerpen verwerkt. Alleen Forensisch Onderzoek bevat kansrekening. Dit is niet-natuurkundige wiskunde, waardoor het lastig te verzorgen is zonder een wiskunde docent.

**JH** De kogelbaan bij Forensisch onderzoek is niet meer dan een invuloefening, en is geforceerd in de modules erbij gehaald. Met zo'n onderwerp zou meer moeten gebeuren in deze module, anders is de toegevoegde waarde gering.

**PH** In de modules wordt wiskunde niet ontwikkeld, maar vooral toegepast.

**AJ** Als *toepassing*, lukt het aardig om wiskunde als *dienend vak* tevoorschijn te krijgen uit een multidisciplinaire  $\beta$ -context, maar dan is het niveau van de wiskunde niet hoog. Wiskunde sec helder naar voren brengen uit een multidisciplinaire context is bijna onmogelijk (en waarschijnlijk zelfs onwenselijk, red.). Zie maar eens het algebraïsch rekenen of de goniometrie.

### ***b. Wat ontbreekt er?***

**ML** De modules bouwen niet mooi op qua diepgang en toepassing in de natuurwetenschappelijke zin.

**JH** De vakken lopen in bij een NLT-module helaas ook niet vloeiend in elkaar over: deze -ook voor leerlingen- merkbare scheiding bij de overgang van het ene vakgebied naar het andere is echter moeilijk te verminderen als je inhoudelijk met de materie bezig wilt gaan op het niveau van de leerling. Leerlingen moeten nog wennen aan het idee dat  $\beta$ -vakken niet gescheiden eenheden zijn.

**PH** Hij mist de zichtbaarheid van de functie van de wiskunde in de andere disciplines. De relatie tussen biologie, natuurkunde en scheikunde is overigens wel aanwezig.

**AJ** Het is moeilijk om vakoverstijgend onderzoeksmateriaal in een middelbaar onderwijsprogramma te verwerken. Met scheikunde lukte dat nog aardig, maar met echte wiskunde is dat via de voor de hand liggende weg van met name de natuurkunde moeilijk te bereiken. Nog sterker geldt dat voor het onder de aandacht brengen van natuurkunde en wiskunde via biologie: biologie is beschrijvend, terwijl de andere twee vakken vooral verklarend zijn.

**AJ** Proeven, ook in de mono-vakken, blijven essentieel voor de beleving van de leerlingen. Leerlingen zelf iets laten doen is nodig voor een goede leerweg. Dat wordt wel eens vergeten bij de ontwikkeling van lesmateriaal.

### ***c. Nieuwe wiskunde tegengekomen?***

**ML** Nieuwe wiskunde in NLT-modules komt voor in de zin van met name Fourier-analyse en foutencorrectie. Voor leerlingen met wiskunde B zijn statistiek en recurrente betrekkingen ook nieuw.

**JH** Modelleren van differentiaalvergelijkingen is natuurkunde maar in zekere zin tegelijk ook wiskunde. Bij de HAVO werd een dergelijk onderdeel vooral grafisch gemodelleerd, dus zonder vergaande berekeningen of inzichten in het onderliggende regelsysteem.

**PH** Is niet bekend met de wiskunde programma's, maar voor zover bekend ziet hij geen wiskunde die nieuw is voor de middelbare scholieren. Leerlingen krijgen bepaalde wiskunde wel eens eerst als toepassing bij een ander mono-vak, voordat ze de echte wiskundige benadering leren: dat is een afstemmingsprobleem in de  $\beta$ -vakken. Deze afstemming moet ook tussen wiskunde en NLT goed bekeken worden. De klankbordgroep op school had bij de herkenning van de wiskunde-onderdelen en wiskundevakken binnen NLT een rol kunnen spelen, maar deze is niet zo actief betrokken

geraakt bij het voorbereiden van NLT.

**AJ** De module *Plaatsbepaling* gaat vooral voor HAVO leerlingen in onderdelen erg ver met wiskunde. Holografie is ook een voorbeeld van een intellectueel uitdagende module met een redelijk pittig stukje wiskunde.

#### **d. Herkenning wiskunde leerstof?**

**ML** De werking van wiskunde wordt wel voor alle leerlingen duidelijk, vooral bij de wiskundige opdrachten. De wiskunde is goed herkenbaar in de modules, en dat heeft twee oorzaken: enerzijds de opzet in de module, maar anderzijds ook het voorkomen van realistische, context georiënteerde, wiskunde in het huidige wiskunde curriculum.

**JH** De -meestal- natuurkundig toegepaste wiskunde is net als alle andere vakken nog herkenbaar in de NLT-modules, met name omdat anders niet de gewenste diepgang kan worden bereikt.

**PH** Wiskunde is als zodanig niet herkenbaar voor de kinderen. Dat is een gemis omdat de leerlingen wiskunde (vooral op het HAVO) als droog vak zien terwijl dat niet zo is. De herkenbaarheid van de wiskunde in de modules had door de eigen klankbordgroep (met daarin wiskunde, informatica en aardrijkskunde) kunnen worden vergroot.

**PH** Voor HAVO doen ze 8 modules die redelijk overzichtelijk zijn voor de diverse docenten. Het is volgens Piet nodig dat de HAVO modules explicieter de leerstof zouden kunnen benoemen/tonen, vooral als het om wiskunde gaat: als wiskunde teveel verborgen is dan worden de modules als moeilijk ervaren, zoals bij de modules Sportprestaties. Met name kan er benadrukt worden dat het maken van een grafiek geen natuurkunde maar wiskunde is, en dus ook met de nodige exactheid en precisie moet worden uitgevoerd.

**AJ** Leerlingen struikelen over de *kwalitatieve* vragen in de modules, maar nooit op de wiskunde erachter als die eenmaal zichtbaar is.

**AJ** Kan de wiskunde domeinen in de NLT-modules niet meer onderscheiden vanwege zijn reeds jarenlange functie als natuurkundeleraar.

#### **e. Andere NLT-modules?**

**JH** ziet alleen *Plaatsbepaling en navigatie* als een echte wiskunde module, daarbij refererend aan de meetkunde die erin verwerkt is.

**AJ** Zie de inleidende module 'Het beste Ei' voor HAVO: alles zit erin, maar daardoor is het een zoutloos geheel geworden. Vakoverstijgend zijn van de stof is een middel (om de leerling te laten ervaren hoe rijk de schakering aan disciplines kan zijn in de beta wereld, red.), maar het kan nooit een doel zijn in het onderwijs.

**AJ** Uit ervaring met de behandelde stof over kernfysica en mechanica blijkt duidelijk dat de  $\beta$ -leerlingen iets willen *snappen*, en niet domweg iets *leren*. Ook bij de module *Plaatsbepaling* zochten leerlingen zelfstandig een oplossing voor een lastig probleem. Holografie is ook een voorbeeld van een intellectueel uitdagende module, mede zo geschreven onder regie van de TU als promotie- en selectie materiaal voor de beta studies.

#### **f. Overige relevante opmerkingen?**

**JH** De verschillende vakgebieden lopen bij NLT in elkaar over, maar zijn nog goed herkenbaar. Deze scheiding is overigens moeilijk te verminderen als je voldoende diepgang wil bereiken. Het idee dat  $\beta$ -vakken niet gescheiden bestaan moet nog groeien.

## **2. Kunt u zichzelf, met name als wiskundedocent, voldoende kwijt in de NLT-modules?**

### ***a. Gebruik kennis en ervaring.***

**ML** Kan zichzelf als wiskunde docent voldoende kwijt in de NLT-modules. Ze heeft in het verleden veel verder boven de stof gestaan als opleidster van leraren. Daarnaast komt ze uit een zeer technische familie.

**JH** steunt op zijn kennis als natuurkundige. Er zit weinig opbouw in de modules, hoewel de moeilijkheid van verrichtingen wel enigszins toeneemt gedurende de module. Als eerste wordt een gemakkelijke introductiemodule (zoals HAVO - Het beste Ei) gekozen, waarna het niveau wordt opgevoerd naar de laatste module (zoals HAVO Dynamische Modellen) toe.

**PH** De docent steunt op zijn universitaire Scheikunde opleiding, met daarnaast een natuurkunde- en ANW-lesbevoegdheid. Hij kan zich bij het VWO redelijk kwijt in de wiskundige inhoud: de leerlingen zijn er goed in staat om de wiskunde zelf terug te halen uit de toepassing. Voor HAVO is wiskunde vooral als een gereedschap, waarbij het duiden van de wiskunde door de docent vaak nodig is. ANW is op HAVO is afgeschaft omdat HAVO leerlingen nogal in hokjes denken. Volgens hem zou het juist een verworvenheid van de exacte vakken moeten zijn dat diverse disciplines samen komen (zoals een toets in de engelse taal, die nu nog verontwaardiging oproept).

**AJ** Als wis- en natuurkundig ingenieur blijf je in ontwikkeling. Dat stelt je als leraar in staat om de leerlingen op niveau aan te spreken en te prikkelen, en willen ze graag!

**AJ** Vakken als nederlands en logisch denken zouden meer ontwikkeld moeten worden in het  $\beta$ -onderwijs.

### ***b. Betrokkenheid.***

**ML** De NLT collega's voelen zich betrokken. Daarentegen hebben echte wiskundeleraren duidelijk meer aandacht voor wiskunde D dan voor NLT.

**JH** Betrokkenheid van docenten bij de NLT-modules hangt merkbaar af van de eigen kennis en de te behandelen onderwerpen.

**AJ** Albert haakt bij de scheikundige onderdelen van NLT af: dat is te ver buiten zijn vakgebieden wis- en natuurkunde. In de bovenbouw en met name 5 en 6 VWO is een uitvoerige kennis van het eigen vak erg belangrijk bij een goede uitvoering van NLT-modules.

**AJ** Wiskunde docenten zijn veel meer gestructureerd dan de andere beta docenten (ze doen alles stapsgewijs, overzichtelijk en komen vanwege de vrij stricte ordehandhaving wel eens over als politiemann). NLT daarentegen is een vak met veel krachten (practica, groepjes leerlingen, overleg met collega's zijn allemaal indicatie voor een minder gestructureerd verloop, red.). Mogelijk is dit een van de redenen dat wiskunde docenten zich minder bij een NLT-team betrokken voelt.

### ***c. Wis- of natuurkunde docent?***

**ML** Een collega met kennis van ICT en economie kan bijvoorbeeld prima een statistische module verzorgen.

**ML** NLT-modules zijn meer gebaat bij een natuurkundige dan bij een wiskundige als docent: het zijn in het algemeen toepassingen vanuit de natuurkunde (waarbij wiskunde een ondergeschikte rol speelt). Voor een pure wiskundedocent zijn de NLT-modules doorgaans te moeilijk om te overzien.

**JH** Een natuurkundige is in het algemeen het meest geschikt om NLT-modules te geven.

**PH** Een natuurkundige (en eventueel ook een scheikundige of bioloog) is het beste toegerust voor het geven van NLT-modules.

**AJ** Natuurkundedocent: de breedste discipline!

### ***d. Bijscholing?***

**ML** Gezien de eigen veelzijdige achtergrond en het samenwerkingsverband met collega's in de NLT-werkruimte niet nodig.

**JH** Ondersteuning nodig bij zuivere wiskunde onderwerpen zoals kansrekening bij Forensisch Onderzoek, vooral in de zin van achtergrond informatie uit een handleiding of een wiskunde collega bij de NLT werkgroep.

### **3. Vind u het wezenlijk om de wiskunde in NLT-modules makkelijk te kunnen overzien?**

#### **a. Nut analysemethode voor docenten.**

**ML** Voor de eerste keer een module verzorgen kost erg veel tijd: welke stof, voorzien van problemen die leerlingen kunnen tegenkomen, onduidelijke vragen omdat de modules zijn niet altijd voldoende uitgekristaliseerd zijn. Vanwege de tijdplanning doet de leraar het voorbereiden van de modules meestal zelf. Het steunpunt NLT wordt hier weinig gebruikt. De modules zijn voorzien van voldoende bijlages en bijscholingsmogelijkheden. De modulehandleiding bevat een onderscheiding van de leerstof naar verschillende vakgebieden.

**ML** merkt over de analysemethode op, dat de wiskundigheidsscores van een NLT-module liefst vergelijkbaar zouden moeten worden gemaakt. Ze had liever de reeds gedane analyses op de 6 modules al voor het interview ontvangen.

**JH** Voor het overzien van HAVO modules is geen extra informatie nodig: ze zijn eenvoudig genoeg om zo te overzien. Met VWO heeft hij nog onvoldoende ervaring. Het lijkt hem voor sommige modules wel handig om te weten welke onderwerpen met welke diepgang je in een NLT-module kan verwachten.

**PH** In de docentenhandleiding mag de wiskunde in de modules explicieter tevoorschijn komen. Het is wezenlijk om de wiskunde in NLT-modules makkelijk te kunnen overzien, met name voor HAVO in combinatie door middel van naar elk monovak uitgewerkte leerlijnen.

**PH** De door interviewer voorgestelde analysemethode voor gebruik zou belangrijk kunnen zijn als het iets toevoegd aan het inzicht dat docenten krijgen op de leerlijnen met een niveau-aanduiding van -in dit geval- de wiskunde. Het nut hiervan is pas echt groot als deze analyse met leerlijnen voor alle monovakken worden toegevoegd. De voorgestelde analysemethode zou moeten resulteren in resultaten die zich vertalen naar leerlingen.

**PH** De analysemethode heeft invloed op de keuze voor modules a.d.h.v. het examenprogramma: de leerlingen moeten alle bepaalde vaardigheden, kennis en inzichten hebben geleerd gedurende de modulesreeks.

**AJ** Het overzien van de wiskunde zit vooral in het kunnen inschatten van de wiskunde als hulpmiddel. De docentenhandleiding is formeel opgesteld, met een *te gedetailleerde studiewijzer* die daardoor als belerend wordt ervaren voor de docent. Het vak NLT wordt gegeven door vakbekwame mensen. Het is min of meer hun hobby: hierdoor zijn ze zeer zelfstandig bij het uitvoeren van (hun vakgebieden in) de modules.

#### **b. Strategisch nut analysemethode voor scholen.**

**ML** Voor een niet-wiskunde docent is het handig om de voorkennis van de leerlingen wiskunde A en wiskunde B te kennen, want die wordt niet in de modulehandleiding onderscheiden.

**ML** Omdat de voorgestelde analysemethode dieper gaat dan de handleiding, zou het vooral voor niet-technisch of beta-wetenschappelijk opgeleiden, samen met de handleiding een belangrijke toevoeging kunnen zijn.

**AJ** Er zijn wel voordelen aan een analysemethode zoals de interviewer ze voorsteld als voor alle



vakgebieden een dergelijke analyse beschikbaar zou zijn of tenminste voor natuurkunde en scheikunde. Dan zou bij de samenstelling van het NLT-team per module en betere taakverdeling en planning op voorhand te maken zijn. Op het moment dat een beschreven onderwerp aan de orde komt, is het makkelijker om een docent in te schakelen. Een ondersteuningsaanvraag bij collega's kan zowel gaan over voorbereiding als over de uitvoering. Er is voor de NLT-modules een TOA beschikbaar.

### **c. Bijscholing.**

**JH** Als die behoefte uit de analyse volgt, dan zou hij eerst een wiskundige collega, zomogelijk nog binnen het eigen NLT team benaderen, want de bijeenkomsten waren niet verhelderend.

**JH** Bijwonen van bijscholing was geen succes: bij de bijeenkomst voor Dynamisch Modelleren was er geen deskundige om uitleg te geven: men had het er over netwerken en ontmoetingen van 'halers en brengers'. Ook bij de bijeenkomst op de Fontys Hogeschool over de modules *Wat zeg je* en *De mp3 speler* werden geen inhoudelijke voorbeelden besproken, waardoor deze bijeenkomst weinig toevoegt.

**PH** Vanwege de beperkte beschikbaarheid van voorzieningen is het moeilijk om je in de diverse onderdelen van een module in te werken. Bij de 8 HAVO modules zijn de diverse onderdelen nog wel te overzien voor een  $\beta$ -docent. Bij de 11 VWO modules (nu vaak 9 vanwege 25% eigen invulling zoals kernfusie of testmodule CO<sub>2</sub>-opslag) is het niet meer zo makkelijk om je als vakdocent in de diverse onderdelen te verdiepen.

**PH** Voor 1e graads docenten is vakinhoudelijk geen bijscholing nodig. Er is wel behoefte aan uitgewerkte leerlijnen per NLT-module, waarbij van elk vakgebied de kennisontwikkeling en kennisopbouw voor de leerlingen gegeven wordt.

**AJ** Vorig jaar naar informatiebijeenkomsten voor NLT-docenten geweest. Deze middagen verzandden helaas vaak in discussies. De kennisuitwisseling is er maar matig: het neigt allemaal naar hobbyisme van docenten. Hij heeft een veel hogere verwachting van de *Black Belt* dagen op de TU/e.

**AJ** Er is geen interesse om op basis van een analysemethode per module bijscholing te volgen: scheikunde bijvoorbeeld is niet het interessegebied van Albert (maar het zou wel een overweging waard zijn als er een module over automotive, in casu brandstoffen voor verbrandingsmotoren zou komen, red.).

## **4. (zomogelijk) Welke leerlingen raadt u een zekere module aan of af, en waarom?**

### **a. Beoordeling.**

**ML** Voor de beoordeling wordt vaak gebruik gemaakt van een eigen methode: inleveropdrachten met een tussentijdse cijfer-indicatie, zodat de leerlingen het cijfer zien groeien. Een enkel eindverslag voor cijfer geeft veel onzekerheid. Bij een verkeerd begrepen opdracht volgt een uitleg met herkansing. Iets te laat ingeleverde opdrachten leiden tot 1 punt mindering, of bij verre overschreiding van de termijn een niet herkansbare 1. De toets wordt, behalve bij biologische modules, steeds minder gebruikt.

**JH** Voor de beoordeling wordt in grote lijnen volgens de handleiding gewerkt, maar met hier en daar een variatie: (1) Eindtest, (2) werkstukken (PowerPoint- of posterpresentatie, of een sextant maken bij de module *Plaatsbepaling*), (3) een proef uitvoeren, (4) het logboek voor aanvullende beoordeling.

**PH** Het is een verlichting dat de school 25 % van het schoolexamen zelf mag invullen. De beoordeling van elke module vindt plaats aan de hand van alle drie de punten (1) Een individuele



theoretische toets, (2) Vaardigheden onderzoek en verslag, poster- of powerpointpresentatie, literatuurstudie, en tenslotte (3) Het proces: (taakbeoordeling per leerling), groepsproces, logboek, experimenten.

**AJ** Voor de beoordeling wordt per module onderscheid gemaakt. Het kan met een verslag en een presentatie (bijvoorbeeld bij Plaatsbepaling). Ook kan een toets en een presentatie (Het beste Ei). Overigens bestaat een toets dan uit twee delen: een deel over de algemene stof van de module, en een deel over alle presentaties van de diverse specialisatieopdrachten van alle leerlingen zodat alle leerlingen de hele theorie leren. Een logboek is verplicht: het telt mee naar inzicht van de docent, maar is nog vooral belangrijk als voortgangscontrole voor de leerlingen zelf.

### ***b. Cijfers voorspelbaar?***

**ML** Door in de opdrachten rekening te houden met de voorkennis van leerlingen is de invloed hiervan gering.

**JH** De cijfers van de leerlingen zijn vrij goed voorspelbaar: de leerlingen die op biologie gericht zijn scoren lager bij scheikunde en natuurkunde onderdelen.

**JH** Leerlingen met zwaktes in hun beta-voorkennis richten zich bijvoorbeeld meer op de verzorging van het verslag en het practicum: dat kan omdat veel in groepjes wordt uitgevoerd.

**AJ** Hij heeft weinig zicht op de voorspelbaarheid van de scores van leerlingen, omdat het merendeel een N&T profiel heeft. De groepen van elk 2 tot 4 leerlingen werken plezierig samen. Mochten er leerlingen zijn mer bijvoorbeeld alleen wiskunde A, dan is de rest van de groep met wiskunde B in staat om die tekorten te compenseren. Ook tussen de groepen is er veel overleg.

### ***c. Voorkennis aanvulling.***

**ML** Er is een groot verschil tussen leerlingen met wiskunde A en leerlingen met wiskunde B. Vooral de leerlingen met wiskunde A zonder natuurkunde missen de benodigde onderzoeksvaardigheden ook voor de wiskunde onderdelen in de NLT-modules. Wiskunde B leerlingen gaan bijvoorbeeld zelf met PowerSim spelen en discussies aan zoals over de dodelijkheid van een vallende kogel.

**ML** Wiskunde A leerlingen zonder Natuurkunde wordt NLT afgeraden. Voor NLT zijn N&T leerlingen doorgaans beter toegerust dan N&G leerlingen.

**ML** Leerlingen met alleen Wiskunde A en Biologie wordt NLT ontraden, maar vooral bij HAVO komt deze combinatie voor om het pakket vol te maken. In dat geval wordt de situatie goed met de leerling doorgesproken en kiest deze een minder technische eindopdracht per module. Bijvoorbeeld bij *De mp3-speler* maken wiskunde A leerlingen een design van de speler, terwijl de wiskunde B leerlingen de onderliggende techniek uitwerken.

**JH** Vooral leerlingen met wiskunde A maar zonder natuurkunde krijgen moeite met de NLT-modules. Het knelpunt waren leerlingen die NLT kiezen zonder natuurkunde of wiskunde B. De combinatie van wiskunde B zonder natuurkunde kwam op het Strabrechtcollege niet voor bij de NLT-leerlingen. Het Strabrechtcollege stelde -behalve dat er minimaal scheikunde en verder natuurkunde of biologie in het pakket moest zitten- geen extra eisen voor deelname aan NLT.

**JH** Natuurkunde wordt als het lastigste onderdeel van de NLT-modules ervaren. Modelleren van differentiaalvergelijkingen is natuurkunde maar in zekere zin tegelijk ook wiskunde. Bij de HAVO werd een dergelijk onderdeel vooral grafisch gemodelleerd (red: dus zonder diepgaande berekening of inzicht in het onderliggende regelsysteem en de differentie- of differentiaalcalculus).

**JH** NLT wordt niet centraal getoetst: het is een schoolexamenvak. Het gevaar is aanwezig, dat het niveau daalt als je alle officieel toelaatbare leerlingen NLT wil aanbieden.

**PH** Leerlingen hebben allen een profiel N&G (wisA/B, Scheikunde, Bio en optioneel natuurkunde)

of N&T (wis B, natuurkunde, scheikunde en optioneel biologie). Wiskunde A komt weinig voor. Te weinig kennis van alle modules om te praten over aan- of afraden van modules aan specifieke leerlingen. Bijspijkeren van leerlingen aan de hand van leerlijnen per monovak kan immers wel, maar bij de NLT-handleidingen ontbreken leerlijnen van de leerlingen voor met name de wiskunde.

**PH** Het niveau van vaardigheden wordt in de vervolg modules, zeker na het eerste jaar, verder uitgebouwd. Het onderscheiden van zwakkere plekken bij leerlingen kan pas nadat ze enkele modules gedaan hebben. De strikte scheiding van onderbouw en bovenbouw docenten naar opleidingsniveau (2e en 1e graad) op de school leidt er helaas toe dat de NLT-docenten een leerling bij het kiezen van NLT nog niet kennen.

**AJ** Slechts af en toe is het nodig dat een docent een groepje naar een collega doorverwijst.

#### **d. Overige relevante opmerkingen?**

**ML** NLT en wiskunde D hebben overeenkomsten (zie Jenneke Krüger), het door de docent zelf onderscheiden van deze verschillen is bewerkelijk maar wel zeer wenselijk voor de wiskunde D leerlingen die in het NLT-vak geen herhaling van wiskunde D willen. In het algemeen wordt wiskunde D meer gekozen door begaafde leerlingen.

**ML** Binnen het Stedelijk College komt er een lijst modules als capita selecta (voordeel van een schoolexamenvak). Daarin zullen een hoofdzakelijk wiskunde en scheikunde module uit eigen hand worden toegevoegd.

**ML** Het verdient aanbeveling om voor 5 HAVO de statistische module '*Wat een verschil*' te doen, omdat ze deze in beroep en studie nog vaak nodig hebben.

**AJ** Een grote fout bij het populariseren van de  $\beta$  vakken is, dat het dan altijd makkelijker wordt gemaakt: leerlingen met een echte  $\beta$  interesse *willen* juist op hun niveau aangesproken en *over* de grenzen van hun kennis heen uitgedaagd worden.

**AJ** NLT is ook een bron voor profielwerkstukken van de monovakken.

### **5. (optioneel) Welke organisatiestructuur is volgens u het beste voor NLT?**

#### **a. Algemeen**

**ML** Als organisatiestructuur voor het vak NLT is een sterke technische bovenbouw gewenst. Het is belangrijk om de vijf disciplines (wiskunde, natuurkunde, biologie, scheikunde en aardrijkskunde) in het oog te houden: bij het Stedelijk College is er een scheikunde-docent (met een natuurkundige achtergrond) als  $\beta$ -coördinator die met iemand uit het bestuur het NLT vak in goede banen leidt. Dit werkt goed, hoewel er meer interdisciplinaire groepen bijeen geroepen zouden mogen worden door de  $\beta$ -coördinator.

**ML** Voor NLT beschikt het Stedelijk College over een *Science Floor*, waar NLT op maandag blok 7,8,9 en dinsdag blok 4 en 5 wordt verzorgd. Een goede TOA is daarbij een belangrijke vereiste voor een goede uitvoering van de NLT-modules. Dan lopen er docenten van verschillende disciplines rond die afwisselend groepjes van HAVO of VWO ondersteunen met vragen over hun vakgebied. Het begeleiden van NLT-modules is moeilijk, want de groepjes zijn doorgaans bezig aan verschillende onderdelen van de module. Uitleggen aan elk groepje afzonderlijk is erg bewerkelijk. Als er al iets is dat klassikaal toelichting vereist, dan is het daardoor ook heel moeilijk om klassikaal aandacht voor uitleg te vragen.

**JH** vind het logisch dat NLT op zijn school werd geleid door vier personen uit de vakgebieden natuurkunde, scheikunde en biologie, omdat veel van de onderdelen in de modules onder natuurkunde vallen.

**JH** Op het Strabrecht College draaiden ze twee klassen parallel: een HAVO klas met 16 leerlingen

en een VWO klas met 7 leerlingen. De leraren, met verschillende achtergrond, liepen samen rond om dan eens een HAVO groep en dan weer een VWO groep waar nodig te ondersteunen. De beschikbaarheid van de docenten is bij zo'n werkplaats-constructie cruciaal. Afhankelijk van onderwerp en beschikbaarheid werden docenten ingezet die met betrekking tot het behandelde onderdeel deskundig waren.

**JH** Het was in het begin gemakkelijk om met NLT op school te beginnen: er waren extra uren (die later werden afgebouwd), en met een enkele HAVO 4 klas werken is overzichtelijk. Toen er een jaar later meerdere klassen gecombineerd werden, was het combineren van de roosters voor klassen en 2 begeleidende docenten niet meer altijd mogelijk. Daarvoor werden aparte contactmomenten voor de ontbrekende docent ingesteld. Door leerlingen met verschillende achtergrond bijeen te zetten werd voorkomen dat leerlingen vaak gebruik moesten maken van deze extra beschikbare contactmomenten. De tijd die nodig is voor organisatie gaat dan ten koste van de inhoudelijke ondersteuning.

**JH** Het zou goed zijn om de modules te onderscheiden naar modules voor HAVO 4 en modules voor HAVO 5 op basis van voorkennis. Helaas is met name daarover onvoldoende nagedacht: de handleidingen zijn onzorgvuldig uitgewerkt en vooral onvoldoende uitgetest, omdat het ontwikkeltraject zeer weinig tijd hiervoor liet.

**PH** Merkt op dat de programma's van de  $\beta$ -vakken, waaronder NLT, niet altijd goed op elkaar afgestemd zijn. Hierdoor krijgen leerlingen bepaalde wiskunde eerst als toepassing bij een ander vak, voordat ze de echte wiskundige benadering leren. Hun NLT-klankbordgroep (wiskunde, informatica en aardrijkskunde) had actiever betrokken kunnen worden om onder andere de herkenbaarheid van wiskunde te vergroten.

**PH** Het NLT-kernteam functioneert bij ons als één geheel. Voor elke NLT-klas is een docententeam met daarin een natuurkundige, scheikundige en bioloog samengesteld. TOA's zijn vanuit de monovakken beschikbaar, en moeten ook ingezet worden bij de voor hun vak typische onderdelen. De op zich zeer nuttige klankbordgroep (met daarin wiskunde, informatica en aardrijkskunde) is opgeheven: ze kwam niet uit de verf, mogelijk door gebrek aan coördinatie en initiatief van beide kanten.

**PH** Elke NLT-klas krijgt in totaal 3 u/w ondersteuning, gelijk verdeeld over scheikunde, biologie en natuurkunde. De HAVO en VWO klassen werken elk apart, vanwege voldoende aanmelding (beide klassen 20 tot 24 leerlingen). Deze scheiding is wenselijk gezien het vrij grote verschil tussen HAVO en VWO modules en leerlingen.

Het initiatief van een 1e jaars N&T klas heeft laten zien dat veel afstemming wiskunde en natuurkunde bepalend is voor het al dan niet slagen van de opzet. Juist de bovenbouw mist een dergelijke overeenstemming.

**AJ** Leerlingen doen in groepjes van 10 tot 12 allemaal dezelfde modules. Het pakket van modules wordt echter wel in overleg samengesteld. Bij grotere groepen wordt de keuzeruimte voor modules mogelijk verruimd. HAVO is met 8 modules voor 7 perioden organisatorisch een probleem. Hij begrijpt niet waarom daar nog niets aan gedaan is. Voor VWO zijn 11 modules wel te doen. Holografie kan volgend jaar pas in 6 VWO getest worden.

**AJ** Als organisatiestructuur is de hoop en droomwens dat er een onafhankelijk team NLT-team ontstaat dat is losgemaakt uit de rest van de schoolstructuur. Daarin zouden minimaal een wis- en natuurkundige, een scheikundige en een bioloog in vertegenwoordigd zijn, waarvan ieder in goed overleg zijn/haar stukje van een module verzorgd. Er is in elk geval voldoende enthousiasme onder de teamleden. Tot nu toe is dat nog niet gelukt: iedere eerstegraads docent in het team is overigens voldoende bekwaam om een module te leiden, waardoor de uitbesteding aan een collega niet altijd nodig is.

### ***b. NLT door niet wis- en natuurkundigen geleid.***

**ML** Voor het gehalte aan wiskunde en natuurkunde is het nodig dat de betrokken docent een wiskundige of natuurkundige is. Naast de scheikunde-docent (met een natuurkundige achtergrond) als  $\beta$ -coördinator, is er nog een ANW docent betrokken die economie als achtergrond heeft. Dat geeft zowel gewicht als reikwijdte in de disciplines voor NLT.

**JH** Het is ondenkbaar dat NLT georganiseerd wordt door een team zonder een natuurkunde docent. De samenstelling van een bioloog een natuurkundige en een scheikundige werkt goed, een wiskundige is niet noodzakelijk maar wel wenselijk. Een fysisch geograaf kan nuttig zijn.

**AJ** Het is niet primair een voorwaarde dat een wis- of natuurkundige het NLT-team leidt, maar een brede belangstelling is essentieel. Ook is een coördinerende kwaliteit onontbeerlijk. Een natuurkundige zou overigens wel het meest voor de hand liggen. Een techniek docent of een bioloog (waarnemend denken) met een techniekbevoegdheid (verklarend denken) zou ook kunnen.

### ***c. Overige relevante opmerkingen.***

**PH** Door beperkte voorzieningen is het vooral bij de 11 VWO modules (of 9 vanwege 25% eigen invulling) is er te weinig tijd om je als vakdocent in de diverse onderdelen in te werken.

**AJ** NLT en wiskunde D zijn ander vakken: NLT is nieuw qua inhoud, en wiskunde D bouwt in het algemeen voort op eerder verworven wiskunde onderwerpen of voegt er nog nieuwe gebieden. Op sommige scholen laat het management de leraren bij de invoering van nieuwe vakken kiezen tussen NLT en wiskunde D, waardoor er een oneigenlijke concurrentiestrijd ontstaat tussen deze vakken.

**AJ** In het oktobernummer van NVOX wordt teruggekeken op welke dingen een leraar in de vakken van N&G of N&T, terugkijkend op zijn eigen schooltijd, aan een leraar belangrijk zou vinden.

## **Nabespreking**

### ***a. Evaluatie interview.***

**ML** had graag de analysemethode met de volledige resultaten voor het interview reeds ingezien. Het is nu belangrijk dat er een vervolg komt op het onderzoek, met name voor wat betreft de ingezette analysemethode, om een genormaliseerde wiskundigheidsscore te kunnen geven.

**JH** had aanvankelijk de indruk dat we dieper op de modules in zouden gaan, maar kon zich ook vinden in deze vorm.

**PH** De vorm van een min of meer open gesprek waarin alle vragen in willekeurige volgorde werden doorlopen, werd als prettig ervaren. NLT staat nog in de kinderschoenen, dus interviews en onderzoeken als deze zijn een nuttig middel om tot verdere ontwikkeling hiervan te komen.

**AJ** Het interview is nuttig, want NLT is zelfs internationaal een heel nieuw vak. NLT komt nu goed van de grond, maar het is nog een kasplantje.

### ***b. Ontwerpen modules met veel wiskunde.***

**ML** heeft als schrijfster van lesmateriaal al veel ervaring. Daarom heeft ze geen bijzondere spanningen ervaren tussen de behoefte aan extra of zuivere wiskunde tegen andere onderwerpen of toepassingen. Wel ervoer ze spanningen tussen de hoeveelheid stof en de tijd die leerlingen in het programma hebben.

**ML** Vanuit de wiskunde D kerngroep bezien is zuivere wiskunde leuk, maar is het voor NLT belangrijk om juist de toepassingen te zoeken.

**JH** Opzet van het vak NLT van overheidswege te weinig professioneel: als ontwikkelaar moet je eerst lang wachten op instructies, en dan moet het ineens snel (naast een baan als leraar).

Meegewerkt aan 'Het beste ei' – een intromodule voor het HAVO gecertificeerd.

**PH** Heeft zich hiervoor nooit beschikbaar gesteld voor de ontwikkeling van deze modules. Het valt hem op dat de hem bekende modules vooral vanuit de monovakken biologie, natuurkunde en scheikunde worden geschreven, en dat wiskunde ook daardoor niet expliciet wordt gemaakt. De monovak benadering van NLT ziet hij als een typisch probleem voor de ontwikkeling van dit vak.

**AJ** Bij het schrijven van de module Holografie heeft hij veel baat gehad bij zijn vooropleidingen als wis- en natuurkundige. *Als ingenieur blijf je in ontwikkeling, heb je oog voor nieuwe ontwikkelingen in je vakgebied.* Bij het uitvoeren van de wis- en natuurkundig uitdagende modules ben je daardoor als leraar in staat om de leerlingen op niveau aan te spreken en te prikkelen: dat is wat ze ook graag willen!

**AJ** Als ontwerper vond Albert het een uitdaging om wiskunde zuiver, dus niet als toepassing te brengen. Er is altijd het spanningsveld tussen enerzijds de haalbaarheid voor de leerling en anderzijds het niveau van wiskunde van leerlingen dat je wil halen. Het schrijven van het *kwalitatieve* verhaal over *wat holografie is* was voor hem het moeilijkste stuk uit de gelijknamige module. Dat zegt weer iets over het belang van een kwalitatieve benadering van de leerstof bij de onderwerpen.

## Bijlage G - Bronnen

### 1. Boeken, verslagen en presentaties

[1] Een reeks van 4 PowerPoint presentaties [a-d] van *Jenneke Krüger* over NLT (en wiskunde D).

[1a] Math-in-ASMaTicme2008

[1b] Raakpunten van NLT en Wiskunde D

[1c] Wiskunde in de praktijk

[1d] Wiskunde in NLT: wordt dat wat?

[2] Evaluatie NLT-module Biosensoren, *Gerrit de Jong*, 11-2-2009.

[3] Multidisciplinaire  $\beta$ -projecten voor het Luzac Lyceum, *Martine Wehrens, Richard Jeurissen, Ronald van Dokkum en Alphons van Roij* (Coördinator en co-auteur).

### 2. Geïnterviewde NLT-docenten

[4] Marianne Lambriex (wiskunde), Stedelijk College, Eindhoven.

[5] Jaap Hubregtse (natuurkunde), Strabrecht College, Geldrop.

[6] Piet v.d. Hurk (scheikunde, ANW), Pius X College, Bladel.

[7] Albert Jacobs (natuurkunde, wiskunde), Jan van Brabant College, Helmond.

### 3. Internet

[8] Examenprogramma's voor HAVO en VWO: <http://www.tweedefase-loket.nl/examenprogramma/index.php>, of via <http://www.digischool.nl/wi/wiscom/>

[9] De website van Roger Elliot voor vrij beschikbare tekeningen van schepen (onder zijn credo 'Imitation is the sincerest form of flattery'): <http://www.angelfire.com/ar/rogerart/>

[10] Website van steunpunt NLT: [https://www.surfgroepen.nl/sites/steunpunt\\_nlt\\_zuid/default.aspx](https://www.surfgroepen.nl/sites/steunpunt_nlt_zuid/default.aspx)