State of the Art van het
Universitaire Onderwijs Natuurkunde en Sterrenkunde in Nederland 2014

Quality Assurance Netherlands Universities (QANU)
Catharijnesingel 56
Postbus 8035
3503 RA Utrecht
The Netherlands

Telefoon: 030 230 3100
Fax: 030 230 3129
E-mail: info@qanu.nl
Internet: www.qanu.nl

Projectnummer: Q0436

© 2015 QANU
Tekst en cijfermateriaal uit deze uitgave mogen, na toestemming van QANU en voorzien van bronvermelding, door middel van druk, fotokopie, of op welke andere wijze dan ook, worden overgenomen.

State of the Art van het Universitaire Onderwijs

Natuurkunde en Sterrenkunde

in Nederland 2014

Daan Lenstra en Jan Hoogenraad
Onderwijsvisitatie Natuur- en Sterrenkunde

Inhoud

i. Functie en Doelstelling van dit SOTA 7
ii. Samenvatting van de Conclusies en Aanbevelingen 9
iii. Uitgangspunten voor dit SOTA 12
iii.1 Model "Diep" 12
iii.2 Model "Breed" 13
iii.3 Duiding van de huidige opleidingen met de modellen "diep" en "breed" 15

1. Arbeidsmarkt en Afnemend Veld 17
2. Rendementen en Maatregelen 20
3. Profilering van de Opleidingen 21
4. Didactiek (opleiding) en didactische vaardigheden (docenten) 24
5. Borging Kwaliteit van Toetsing en Beoordeling 31

Bijlagen 33
Bijlage 1. Verwijzingen 35
Bijlage 2: Summary in English 37
Bijlage 3 Overzicht commissiesamenstelling en verantwoording State of the Art 39
Bijlage 4 Terugblik op het visitatieproces 41
Bijlage 5: Overzicht van gevisiteerde opleidingen 45

i. Functie en Doelstelling van dit SOTA

Gedurende het afgelopen jaar werden 28 Nederlandse universitaire natuur- en sterrenkundeopleidingen beoordeeld door een visitatiecommissie die eind 2013 namens de negen betrokken universiteiten werd ingesteld door de stichting Quality Assurance Netherlands Universities (QANU). De commissie heeft alle opleidingen positief beoordeeld en de NVAO geadviseerd tot heraccreditatie. De bevindingen van de commissie zijn voor iedere opleiding in een rapport [1] vastgelegd dat de opleidingen reeds is toegestuurd. Specifieke conclusies en aanbevelingen voor elke opleiding afzonderlijk kan men vinden in de opleidingsspecifieke visitatierapporten.

Daarnaast hebben de gezamenlijke opleidingen ook gevraagd naar een meer algemene beschouwing naar aanleiding van de bevindingen en indrukken die de commissie heeft opgedaan over de toestand van het Nederlandse universitaire onderwijs in natuurkunde en sterrenkunde in 2014. Dat heeft geresulteerd in het onderhavige rapport dat we in het vervolg zullen aanduiden als State of the Art of, afgekort, SOTA. Dit SOTA is dus niet een samenvatting van de bovengenoemde visitatierapporten, maar bevat alleen de aanvullende algemene beschouwingen over het volledige opleidingsveld. Waar de opleidingsrapporten behaalde resultaten beoordeelden en dus terugblikten, richt dit rapport de blik vooruit. Hoe zou het onderwijs de komende jaren verder versterkt kunnen worden?

Natuurkunde en Sterrenkunde zijn in Nederland springlevende disciplines. De internationaal erkende excellente kwaliteit van het wetenschappelijk onderzoek heeft een onmiskenbare invloed op de manier waarop het onderwijs in de bachelor- en masterfase is georganiseerd. Het bepaalt enerzijds het hoge niveau en de goede kwaliteit van afgestudeerden, maar leidt anderzijds, ondanks een waarschuwend instroomadvies (eindexamencijfer >7) in de bachelor, tot relatief hoge uitval van studenten in de eerste twee jaar. Alle onderzochte opleidingen leiden feitelijk op tot wetenschappelijk onderzoeker en bereiden studenten voor op de academische promotie (PhD). Dit heeft geleid tot een opleidingsklimaat waarin minder aandacht wordt besteed aan vaardigheden die niet essentieel zijn voor een onderzoeks-loopbaan; de uitstroom naar de bredere arbeidsmarkt is dan ook gering, zeker na de bacheloropleiding. Opleidingen hebben wel pogingen gedaan om hun uitstroomprofielen te verbreden, bijvoorbeeld door varianten in educatie, business en communicatie aan te bieden, maar die varianten trekken vooralsnog weinig studenten. Ook is er nauwelijks sprake van verschil in profilering van de opleidingen, zelfs niet van de algemene ten opzichte van de technische opleidingen of van de technische opleidingen ten opzichte van elkaar.

In de reflectiemogelijkheid die dit rapport biedt, zijn we tot een aantal suggesties gekomen die de diversiteit tussen en binnen opleidingen kunnen versterken. Al tijdens de visitaties heeft de commissie ook op een andere manier naar het maatschappelijk nut van de opleidingen willen kijken dan primair als voortraject voor promotieonderzoek. Deze alternatieve blik, die ook meer aansluit bij de bachelor-masterstructuur, gaat in tegen de wijd verbreide opvatting dat vwo eindexamencijfers voor exacte vakken lager dan een 7 onvoldoende zijn voor een succesvolle studie Natuur- en/of Sterrenkunde. In dit (door ons "breed" genoemde) denkmodel zorgt goed ontwikkeld vaardighedenonderwijs met brede instroom in de bachelor ervoor dat studenten op allerlei niveaus gefundeerde keuzes kunnen maken over hun loopbaanperspectief. Daardoor kan een groot, gebalanceerd potentieel ontstaan, zowel van toekomstige promovendi als van afgestudeerde bachelors en masters die voorzien in de maatschappelijk gewenste instroom op de bredere arbeidsmarkt. Ook opleidingsvarianten als Educatie, Business en Communicatie komen in dit model goed tot hun recht en bieden de

opleidingen meer mogelijkheden voor profilering ten opzichte van elkaar. We gebruiken dit denkmodel als tegenpool van het eerdergenoemde model dat wij "diep" noemen, en waarbij opleidingen vooral zijn gericht op toekomstige toponderzoekers.

Het SOTA dat nu voorligt, beoogt een toevoeging te zijn op de visitatierapporten op basis van wat de commissie tijdens de visitatie is opgevallen. Het heeft, in tegenstelling tot de visitatierapporten, die aan strenge vormeisen en kaders voldoen, een wat lossere stijl. We benadrukken positieve hoogtepunten, zodat deze beter bekend raken, maar schuwen het ook niet om verbeterpunten voor de toekomst te benoemen en daarbij suggesties en aanbevelingen te doen. Een aantal zaken die ons vooral zijn opgevallen hebben geleid tot de thema's die de hoofdstukken werden van dit rapport.

In de volgende sectie zetten we de algemene conclusies en aanbevelingen van de reeds verschenen visitatierapporten [1], waaraan die uit dit SOTA toegevoegd, beknopt op een rijtje. De daaropvolgende inleidende sectie, iii, beschrijft een aantal uitgangspunten voor dit SOTA, zodat in de volgende hoofdstukken hieraan gerefereerd kan worden. In die sectie worden de opleidingsmodellen "breed" en "diep" beschreven en met elkaar vergeleken.

De door ons bezochte opleidingen voldeden alle aan de kwaliteit die redelijkerwijs kan worden verwacht in een internationaal perspectief van een universitaire bachelor- en masteropleiding. Dat geen van de opleidingen kwalitatief in alle aspecten uitstak boven de andere verklaart dat er geen gradaties in de beoordelingen zijn toegekend en dus alle opleidingen als voldoende zijn beoordeeld. De commissie had grote waardering voor het door de bank genomen hoge niveau van de afgestudeerden bij alle gevisiteerde opleidingen.

Dit SOTA is geïnspireerd op kritische reflecties, visitatierapporten en de vele gesprekken die voor, tijdens en na de visitatie binnen de commissie plaatsvonden, maar draagt ook het stempel van haar beide auteurs. Ook bij het samenstellen van dit rapport hebben we dankbaar gebruik gemaakt van de kennis, ervaringen en adviezen van de hele visitatiecommissie, waarbij het duidelijk mag zijn dat binnen een zo brede commissie ook uiteenlopend gedacht wordt over de toekomst van het onderwijs. We bedanken QANU-medewerker Kees-Jan van Klaveren voor zijn uitstekende en toegewijde ondersteuning bij het maken van dit State of the Art rapport, en met hem zijn collega's Astrid van Vliet, Liza Koslowska, Barbara van Balen, Terry Verseput en Joke Corporaal voor hun voortreffelijke coördinaties van de visitaties.

Prof. dr. Daan Lenstra
Dr. Jan Hoogenraad

ii. Samenvatting van de Conclusies en Aanbevelingen

Een bijzondere eigenschap van de structuur van externe kwaliteitszorg van Nederlandse universiteiten is dat onderzoek en onderwijs in aparte visitaties worden beoordeeld. Voor een aantal academische disciplines met grote studentenaantallen ligt de onderwijspraktijk ver weg van het onderzoek. Dit is bij Natuur- en Sterrenkunde, met relatief kleine studentenaantallen, niet het geval. Onderwijs en onderzoek lopen hier, vooral in de masterfase, naadloos in elkaar over. Die verstrengeling van onderzoek en onderwijs bepaalde de dynamiek van de visitatie. Alle opleidingen zijn geworteld in sterk onderzoeksgedreven instituten die het onderwijs ook in dat kader stellen. Dat geldt voor allerlei aspecten: onderzoek wordt gezien als het belangrijkste arbeidsmarktperspectief; dieper graven in materie wordt meer benadrukt dan snel studeren; vakinhoud wordt belangrijker gevonden dan didactiek; "hard skills" worden meer ontwikkeld dan "soft skills"; borging van toetsing wordt als administratieve last gezien, en iedereen is uiteindelijk bovenal enthousiast voor het mooie vak Natuurkunde of Sterrenkunde. De commissie heeft heel mooie voorbeelden van vakinhoudelijk onderzoek gezien, maar haar opdracht was vooral om naar de kennisoverdracht en het proces daar omheen te kijken.

Heel in het kort zijn de algemene opmerkingen van de commissie:

(a) Natuurkunde en Sterrenkunde zijn in Nederland springlevend. Na de positieve uitkomsten van de onderzoeksvisitatie Natuurkunde en Sterrenkunde in 2012, oordeelt ook de onderwijsvisitatie Natuur- en Sterrenkunde positief over alle universitaire opleidingen. Voor elke opleiding is een rapport opgeleverd door de visitatiecommissie waarin deze beoordeling verder onderbouwd wordt. Met deze rapporten [1] hebben de opleidingen inmiddels heraccreditatie verkregen.

(b) De commissie constateert en juicht toe dat alle opleidingen nu werken met BKO-gecertificeerde docenten. Daarbij adviseert zij de profileringsmogelijkheden voor stafleden in het onderwijs veel hoger op de agenda van personeelsbeleid te zetten en verdere professionaliseringstrajecten voor docenten te bevorderen.

(c) De commissie is onder de indruk van het hoge inhoudelijke niveau van de bacheloropleidingen. Des te belangrijker wordt dan het didactisch concept waarmee opleidingen zich onderling kunnen onderscheiden. De commissie adviseert de opleidingen meer aandacht te besteden aan de didactiek van het onderwijs.

(d) In het verlengde hiervan wordt geadviseerd om in het domeinspecifieke referentiekader op te nemen dat opleidingen aansluiten bij resultaten van onderzoek naar didactiek in de (technische) natuurkunde en sterrenkunde.

(e) In alle onderzochte opleidingen functioneren de opleidingscommissies goed, met een constructieve rol van de studentleden als kwaliteitsbewakers. Ter onderstreping van hun onafhankelijke positie en open opstelling voor ongevraagd advies, adviseert de commissie dat vergaderingen van deze commissies (ook) zonder de opleidingsdirecteur gehouden worden.

(f) De complexiteit van de (wettelijke) taken van examencommissies en de daarbij behorende verantwoordelijkheden is thans zodanig groot dat een zekere mate van

professionalisering van deze commissies noodzakelijk is. Voor de hand ligt om standaard een ambtelijk secretaris toe te voegen.

(g) De commissie is van mening dat actief opsporingsbeleid moet worden gevoerd ten aanzien van fraude en plagiaat op alle opleidingen.

(h) De commissie adviseert opleidingen om meer aandacht te schenken aan "soft skills" voor alle studenten, gericht op generieke vaardigheden die in elk beroep kunnen worden toegepast. Hierbij kunnen ondernemerschap of een practicumleerlijn als goede kapstok dienen.

(i) Studenten moeten adequaat worden voorbereid op de arbeidsmarkt. De commissie adviseert opleidingen daarin de komende jaren actiever te worden en meer eigen verantwoordelijkheid te nemen.

(j) Het aandeel vrouwen bij studenten en docenten is klein. Dit was bij de vorige visitatie ook het geval, en is nauwelijks verbeterd.

Met het oog een bijdrage te leveren aan de discussie over de maatschappelijke rol van het universitaire onderwijs in de natuur- en sterrenkunde, voegen wij vanuit dit SOTA de hiernavolgende algemene opmerkingen en aanbevelingen toe:

(k) Bijna alle opleidingen ondergingen in de onderzochte periode structurele veranderingen. Deze veranderingen leidden tot grote werkdruk onder docenten die klaagden over onvoldoende ondersteuning bij de vertaling naar hun dagelijkse werkzaamheden. Het is van belang dat er nu rust komt op het reorganisatiefront. Mocht daarentegen – op termijn – toch gedacht worden aan veranderingen in de structuur van het universitaire natuur- en sterrenkundeonderwijs, dan bevelen wij aan om daarbij onderstaande opmerkingen te betrekken.

(l) Er is behoefte aan natuur- en sterrenkundeopleidingen die zich profileren door studiebegeleiding en/of nieuwe onderwijsvormen en/of aandacht voor fundamentele dan wel toegepaste natuurkunde. In plaats van het huidige systeem waarin alle academische opleidingen in hoofdzaak opleiden tot wetenschappelijk onderzoeker, pleiten wij voor een systeem met meer diversiteit, waarin ook echte onderzoekersopleidingen kunnen blijven bestaan, maar niet meer zozeer het hele veld domineren. Dit systeem kenmerkt zich door een zo breed mogelijke basis gevormd door een brede bachelorinstroom vanuit het vwo, met na de propedeuse een diversiteit aan echt profilerende bachelor-, master- en promotieopleidingen. Daartoe moet de instroom in het eerste jaar van de bachelor minder selectief zijn dan nu. Doorstroom naar specialistische opleidingen vindt wél plaats via selectie en na 3 en 5 jaar vindt uitstroom naar de arbeidsmarkt plaats met een bachelor- of masterdiploma.

(m) Er zouden eisen gesteld mogen worden aan de wijze waarop opleidingen omgaan met onderzoeksresultaten die hun kerncompetentie (onderwijs) rechtstreeks raken. Het zou goed zijn als de onderwijsmethoden van de universiteiten qua didactiek, methodologie en rendement vergeleken worden. Dit hoort overigens geen rol te zijn van een visitatiecommissie, maar zou een continue activiteit van de universiteiten kunnen zijn.

(n) Studenten moeten goed worden voorbereid op de arbeidsmarkt: een groot gedeelte van hen blijft niet in de wetenschap, ook niet als ze in eerste instantie wel promoveren. Het zou goed zijn als opleidingen meer eigen verantwoordelijkheid nemen voor arbeidsmarktoriëntatie. Dit is ook in het belang van de bètafaculteiten zelf: zij kunnen hierdoor meer dan tot nu toe belangenbehartigers kweken.

"Een andere observatie is dat wij, als leden van de visitatiecommissie, meegesleurd worden in de dynamiek van dit proces. Net als onze collega docenten, die bijna zonder uitzondering gemotiveerd en consciëntieus te werk gaan, nemen wij onze taak als controleurs net zo serieus en gaan wellicht wat verder in onze betrokkenheid als strikt noodzakelijk is. Bovendien zijn we creatief en kunnen we best nog wat extra punten vinden, die getest en gecontroleerd zouden kunnen worden. Zo wordt het regime al maar zwaarder"*

**: ik heb zo mijn eigen theorie die zegt, dat administratieve beslommeringen net zoiets zijn als entropie, en enkel toenemen. Alleen door energie in een systeem te stoppen, kun je orde op zaken stellen...*

Elias Brinks

iii. Uitgangspunten voor dit SOTA

Tijdens de visitaties en de evaluatie daarvan achteraf, hebben de leden van de commissie een aantal stevige discussies gehad, die voor dit SOTA zeer waardevol waren. Eén van de thema's die steeds terug kwamen, was de maatschappelijke doelstelling van een opleiding, en daarmee het uiteindelijke referentiekader van de beoordelingen. Afhankelijk van de opvatting hierover leidde eenzelfde observatie vaak tot verschillende analyses en conclusies. Aspecten van beide beelden zagen we tijdens de visitaties in meerdere of mindere mate terugkomen zowel bij de opleidingen als bij de commissieleden. Omdat beide gezichtspunten in belangrijke mate het referentiekader bepalen, bespreken we de twee beelden hieronder uitgebreider. Zij definiëren het denkkader voor onze analyse in de volgende hoofdstukken.

In de volgende subsecties geven we korte beschrijvingen van deze verschillende visies en hun consequenties, die we hier hebben uitgewerkt tot modellen. Deze modellen geven de verschillende opvattingen schematischer weer dan die in de praktijk zijn, maar zijn behulpzaam voor een scherpe analyse van de keuze waarvoor opleidingen zich gesteld zien. We maken hierbij gebruik van verwijzingen naar een aantal internationale studies. In met name de Verenigde Staten is al meer onderzoek naar deze fenomenen gedaan dan in Nederland. Tenslotte geven we in het laatste deel van deze subsectie een duiding van de huidige situatie met de modellen "diep" en "breed". Deze modellen geven ons ook handvatten om de SWOT analyse van het tertiaire onderwijs van de commissie Dijkgraaf [2] te duiden (zie iii.3).

iii.1 Model "Diep"

Het diepe model heeft een heel duidelijke focus: het Nederlandse natuur- en sterrenkundige onderzoek behoort tot de wereldtop; iedere universiteit heeft één of meer onderzoeksgroepen die tot de beste op hun vakgebied behoren. Dit is onder andere te zien in een output van hoge kwaliteit (zie bijv. [2,3]). Om dit hoge niveau te kunnen blijven handhaven, is het noodzakelijk dat de Nederlandse natuur- en sterrenkundeopleidingen masters en gepromoveerden afleveren van het hoogste niveau. Om dit hoge niveau te bereiken, moet de bacheloropleiding ook al van hoog niveau zijn, en moeten daarvoor de allerbeste vwo-leerlingen geselecteerd worden. De studenten worden vanaf het eerste semester stevig uitgedaagd, liefst op zodanig hoog niveau dat ze gedurende de studie al zelfstandig deelonderzoeken kunnen doen.

Voor het eerste jaar liggen de ingangseisen dus aanmerkelijk hoger dan alleen een vwo-diploma. Wie niet tenminste een 7 voor zowel wiskunde als natuurkunde haalde, heeft weinig kans om het eerste jaar te halen. Studenten die hier niet aan voldoen maar zich toch inschrijven, kunnen in meerderheid na het BSA (bindend studieadvies) niet verder met de opleiding. De opleiding zelf begeleidt deze afvallers meestal niet naar een andere baan of studie. Van diegenen die het BSA wél gehaald hebben, gaan de meesten door naar een onderzoeksmaster en daarna naar een promotietraject.

In het diepe model investeert de opleiding in de student in de wetenschap dat er met grote kans ook een goede onderzoeker opgeleid wordt. Er worden zoveel mogelijk top-onderzoekers ingezet als docent: op die manier went de student zo snel mogelijk aan het academische onderzoeksklimaat. Didactische vaardigheden van de docent zijn ondergeschikt

aan de inhoudelijke vakkennis, want in de uiteindelijke onderzoeksomgeving is een grote mate van zelfstandigheid van de student nodig. In een dergelijke opleiding wordt vooral op (vooraf) aanwezige vaardigheden (zoals kunnen presenteren, plannen etc.) geselecteerd, in plaats van ze expliciet aan te leren.

In dit diepe model is er nauwelijks ruimte om bachelors ook op te leiden voor de arbeidsmarkt. De traditionele werkgevers van afgestudeerde masters en gepromoveerden zijn nauwelijks geïnteresseerd in bachelorstudenten ([4], en feedback in de visitaties). Studenten met alleen een bachelordiploma zijn in dit model vooral studenten die het zware programma van de master niet gehaald hebben. Het diepe model besteedt vooral aandacht aan de toptalenten; wie dat niet zijn, horen niet thuis in de opleiding.

iii.2 Model "Breed"

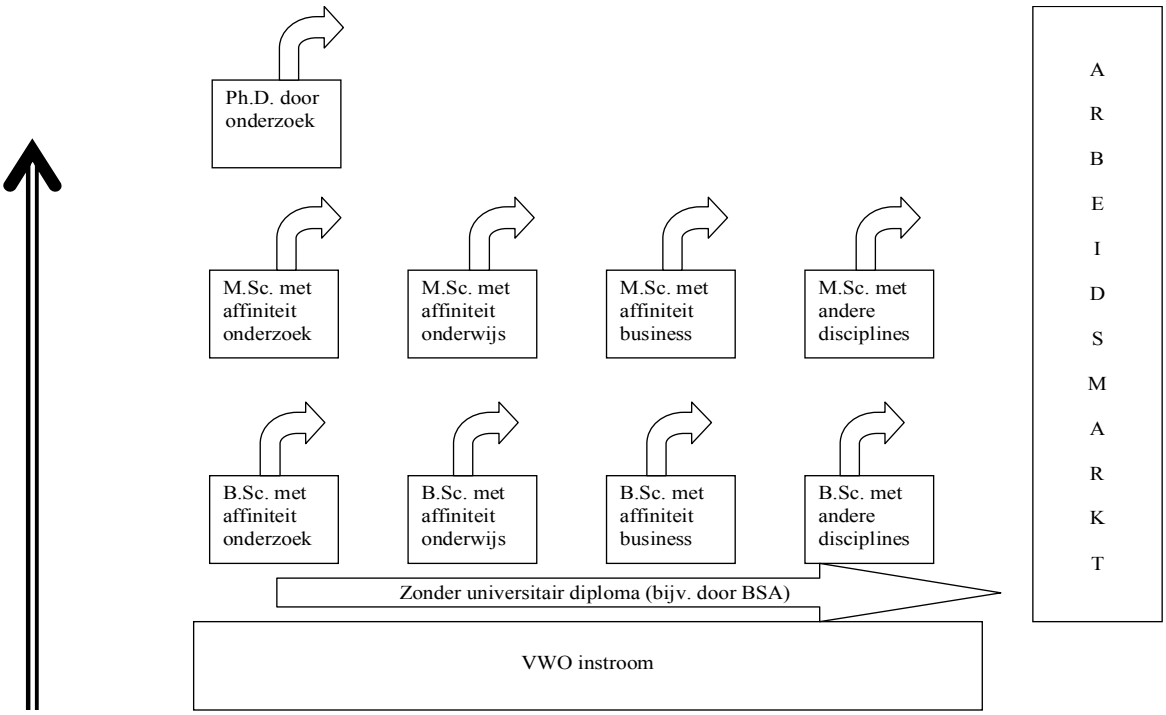
Een alternatief is het model "breed". In dit model staan aansluiting aan het vwo, maatschappelijke opbrengsten, en het zorgdragen voor een brede basispopulatie natuur- en sterrenkundigen centraal. Ook de toptalenten maken deel uit van de brede basispopulatie. In dit model stellen de opleidingen zich tot doel om juist veel studenten, toegerust met allerlei generieke vaardigheden, op alle niveaus (bachelor, master, promotietraject) voor te bereiden op de arbeidsmarkt. Hierdoor ontstaat een groot, uitgebalanceerd arbeidsmarktpotentieel van zowel op het vwo heel goed scorende studenten als van studenten die zessen haalden voor de exacte vakken. De vaardigheden van natuur- en sterrenkundigen geven op al deze niveaus veel mogelijkheden op de arbeidsmarkt (zie bijvoorbeeld introductie van [5]). Deze arbeidsmarkt beslaat dan alle functies die vervulbaar zijn met een bachelor- of masterdiploma in de Natuur- en/of Sterrenkunde (waaronder consultancy, ICT en andere niet-vakspecifieke beroepen.) In dit model wordt de bachelor een brede vooropleiding. Dit is in Amerika al gebruikelijk: slechts een derde van de bachelors stroomt door naar een master in de Natuur- of Sterrenkunde. Ook de master is in Amerika een echte tussenkwalificatie: ongeveer de helft van de afgestudeerde masters zal uiteindelijk promoveren (Bron: [5]).

In het brede model moeten de universiteiten aansluiten op het daadwerkelijke vwo-niveau (pakket met wis- en natuurkunde, zonder eisen aan cijfers). De meerderheid van de instromers met lagere cijfers zal dan niet doorstromen naar de master. Overigens merken we op dat de huidige opleidingen nauwelijks in staat zijn om vwo-leerlingen met zessen voor wis- en natuurkunde op te leiden tot bachelors. We zien daarom nu bij alle opleidingen een harde selectie aan het begin van de bachelor op het beginniveau (matchingsgesprekken, studiekeuzeadviezen, moeilijke vakken in het eerste jaar, en BSA). In het brede model echter zal gedurende het bachelortraject worden geselecteerd wie geschikt is voor welke specialistische master. In dat model zal echter wel een veel groter beroep gedaan worden op de didactische vaardigheden van docenten: binnen de bacheloropleiding zal er een veel groter niveau- en attitude-verschil tussen studenten zijn dan nu het geval is. De afgestudeerde bachelorstudenten die niet kiezen voor een vervolgopleiding, zullen op bachelor werkniveau goed gaan functioneren [6].

Een (gewenste) consequentie van het brede model is dat veel studenten na de bachelor een andere opleiding dan een masterstudie in de natuur of sterrenkunde of een baan gaan zoeken. Van de opleidingen wordt daarbij dan wel verwacht dat zij dit goed faciliteren en voorbereiden, zowel in vaardigheden als in begeleiding naar de vervolgstap. Het ligt voor de hand dat ook binnen het geheel van de masteropleidingen (en dus niet alleen in de didactische en business varianten) meer aandacht besteed zal worden aan voorbereiding op bedrijfsleven,

onderwijs en andere niet-academische carrièrepaden. Die breedte zou ook meer studenten kunnen trekken, zoals de vorige visitatiecommissies in 2002 en 2007 al opmerkten [7].

In analogie met topsport besteedt het brede model aandacht aan een competitie op alle niveaus, met aan de basis een grote "kweekvijver" waarin toekomstige "wereldkampioenen" gevonden kunnen worden. In de sub-top kunnen ook goede alternatieven ontstaan voor hen die (al dan niet tijdelijk, bijvoorbeeld voor zorgverlof, of het stichten van een gezin) andere prioriteiten stellen.



Figuur 1 - Stromen studenten in opleiding en afgeleverd aan arbeidsmarkt ter illustratie van de twee modellen "breed" en "diep". In model "diep" staat alleen de linkerstroom centraal: studenten worden vooral begeleid als ze zich richting PhD ontwikkelen. Met "met andere disciplines" worden de andere (vaak multi-disciplinaire) specialisaties aangeduid. Voorbeelden in de huidige opleidingen zijn energietechniek, milieufysica, meteorologie, geschiedenis en filosofie van natuurkunde en nanomaterialen. De uitstroom na de BSA is zonder universitair diploma. In model "breed" zijn alle stromen van toepassing en staan meer vaardigheden centraal.

In het "diepe" model verlaat in de bachelor (na het BSA) na 1 of 2 jaar een behoorlijk deel van de studenten de opleiding (Fig.1, linkerstroom). Dit is het moment waarop de grootste uitstroom tijdens de studie plaatsvindt. Voor de studenten die met een positief BSA doorgaan, ligt de focus op onderzoek en een groot deel van hen haalt het masterdiploma. In het "brede" model is er op bachelor- en masterniveau meer plaats voor natuurkundigen en sterrenkundigen die op die niveaus een verbreding gedaan hebben. De vaardigheden die in die stromen een absolute "must" zijn, kunnen ook makkelijker in afgeslankte vorm in het programma voor de onderzoekers worden opgenomen.

In het model "breed" is het nodig dat veel studenten een masteropleiding instromen, want ook de andere stromen dan die gericht op onderzoek (educatie, business en diverse multidisciplinaire specialistische tracks zoals energie, meteorologie) kunnen grote aantallen studenten trekken. Om ook nog een uitstroom naar de arbeidsmarkt en andere studies op BSc niveau mogelijk te maken, moet een substantieel groter aantal studenten dan nu het BSc diploma halen. Om dit te bereiken, zijn twee maatregelen nodig: 1) betere aansluiting op vwo uitstroom met lage voldoendes voor wis- en natuurkunde, en 2) vermindering van de uitval als gevolg van het BSA. Het is in dit model hoe dan ook noodzakelijk om voor alle studenten

(dus ook zij die primair voor het onderzoek gaan) meer aan vaardighedenonderwijs te doen. Waar in "diep" door uitval geselecteerd wordt, zal in "breed" meer begeleiding nodig zijn.

iii.3 Duiding van de huidige opleidingen met de modellen "diep" en "breed"

We zien dat geen van de opleidingen eenduidig heeft gekozen voor "diep" of "breed". Soms lijkt het dat een opleiding kiest voor breedte, maar vaker lijkt de opleiding te kiezen voor diepte. Het 'diepe' model gaat ervan uit dat bachelor- en masteropleidingen vooral zorgen voor instroom in de promotietrajecten. De aantallen kunnen dan (dankzij ontmoedigingsbeleid vóór de start van de opleiding van heel goede vwo-ers) relatief klein blijven. Voor de rest van de arbeidsmarkt blijven er dan niet veel kandidaten meer over. In het 'brede' model zorgen de bachelor- en masteropleidingen voor zoveel afgestudeerden in de Natuur- en Sterrenkunde dat er een grote gebalanceerde arbeidsmarkt ontstaat voor zowel heel goede studenten als kandidaten die op het vwo zesjes haalden.

De algemene universiteiten hebben traditioneel de grootste affiniteit met het "diepe" model. Deze opleidingen hebben onder maatschappelijke druk (en vanwege financiering) wel iets aan verbreding gedaan, maar differentiatiemogelijkheden zijn er nog nauwelijks en de opleiding tot onderzoeker heeft vaak een meester-gezel vorm. Dat klinkt logisch, ware het niet dat Nederland een tekort kent aan algemeen geschoolde bèta's. Ook de technische universiteiten lijken vooral voor "diep" te kiezen: ook daar wordt vwo-scholieren met minder dan een 7 voor wiskunde en/of natuurkunde afgeraden om de opleiding te kiezen. Ook zien we (Tabel 2, Bijlage 4) dat – uitgaande van een gemiddelde studieduur van vier jaar voor de bacheloropleidingen – er bachelorcohorten technische natuurkunde zijn van 1140/4 = 285 studenten, en bijbehorende mastercohorten van 472 / 2 = 236[1]. Blijkbaar gaat per jaar meer dan 80% van studenten na de bacheloropleiding door naar de masteropleiding. Er is ook in de technische natuurkunde nauwelijks uitstroom naar de arbeidsmarkt met een bachelordiploma.

We zien dus in de praktijk een systeem waarin vooral opgeleid wordt richting onderzoek. Door de opleidingen en studenten wordt dit als belangrijkste stroom gezien. Omdat er een overschot aan promotieplaatsen is, wordt er tot op heden weinig behoefte gevoeld aan differentiatie tussen studenten op basis van "soft skills". Goede studenten worden vrijwel automatisch richting promotie doorgeleid (dit geldt eigenlijk als de enige serieuze optie voor goede studenten). De vorige visitatiecommissie merkte al op dat alle (master)opleidingen zich als opleiding voor toekomstig onderzoekers profileerden. Ook de commissie Dijkgraaf [2], in haar visiedocument "*Chemistry and Physics: fundamental for our future*", voert dit als zwakte van het tertiaire onderwijs op (zie kader SWOT-analyse).

[1] De instroom in de M.Sc. opleidingen uit HBO en buitenland is zeer beperkt, en heeft nauwelijks invloed op deze schatting.

De SWOT analyse van het tertiaire onderwijs van de commissie Dijkgraaf [2]

Strengths	**Weaknesses**
• High quality • Broad offer of disciplinary and multidisciplinary education • Increasing overall influx • All MSc courses in English • Education qualifications systems • Focus on study efficiency	• Programmes focusing mostly on research careers • Female/minority students underrepresented, especially in physics • High tuition fees for non-EU students with limited scholarship possibilities • BSc courses in Dutch (some universities) • High dropout rates (low motivation), low mobility • In an academic career research skills valued more than educational skills
Opportunities	**Threats**
• Exchange academia-industry; possibility for industrial lectures • Societal challenges could motivate more (female) students • Recruiting students in neighbouring andin Central-/East-European countries • Massive online open courses (MOOCs) • Economic crisis leading to increased interest in hard sciences • Increase appreciation for applied physics and chemistry by academic staff and management	• Demography; expected decline in future student numbers • Decreasing financial support from government for education. • Decreasing quality standards

De universiteiten zelf op hun beurt zien zich tegelijkertijd gesteld voor de uitdaging om voldoende promovendi binnen te halen, om zo 2e en 3e geldstroomonderzoek uit te kunnen voeren. Het binnenhalen van eigen afgestudeerde masters is vaak handiger dan het werven van (buitenlandse) kandidaten. Studenten worden ook vaak ingezet om aan het onderzoek van de promovendi mee te werken. Hiervoor wordt tijdens (werk)colleges en practica actief geworven onder bachelor en masterstudenten. Dit verschil in werving kan een deel van de tegenvallende instroomcijfers in educatieve masters/tracks en business-varianten verklaren.

De neiging richting het diepe model is vanuit de universiteiten gezien dus heel rationeel. De kosten van de bacheloropleidingen moeten volledig betaald worden uit de eerste geldstroom; voor de promovendi is er geld uit de tweede (NWO, EU) en derde (bedrijfsleven) geldstroom. Masterstudenten worden vaak al in de afstudeerfase ingezet op onderzoek dat uit de tweede en derde geldstroom gefinancierd wordt. Als het aandeel van de eerste geldstroom daalt, is het dus logisch om de trechter vanaf het begin van de bachelor naar het promotieonderzoek zo efficiënt (lees: smal) mogelijk te maken. Door de verschuiving van inkomsten voor de promotietrajecten van de eerste naar de tweede en derde geldstroom wordt het financieel echter moeilijk te verantwoorden om de andere maatschappelijke taak in te vullen: het opleiden van meer gediplomeerde bachelors en masters ten behoeve van de bredere arbeidsmarkt.

"Mijn analyse is dat de bacheloropleidingen noch diep noch breed zijn, maar wel een grote groep studenten voorbereiden op een onderzoeksmaster."

Martin Goedhart

1. Arbeidsmarkt en Afnemend Veld

Voor de studenten is hun opleiding de basis voor hun verdere carrière. Tijdens de startvergadering besloot de visitatiecommissie al om expliciet aandacht te besteden aan de voorbereiding op de arbeidsmarkt en daarbij ook de bacheloropleiding als eindopleiding te beschouwen. De visitatiecommissie heeft in het begin de eindtermen in het (door de opleidingen opgestelde) DSRK bekeken, en getoetst aan de vaardigheden die zij hiervoor van belang achtte. Ze vond ze op deze punten te mager en te weinig specifiek.

Allereerst merken we op dat afgestudeerde natuurkundigen en (in iets mindere mate) sterrenkundigen over het algemeen geen enkele moeite lijken te hebben om een passende baan te vinden. De meeste afgestudeerde bachelors stromen door naar de masteropleiding. De relatief kleine uitstroom uit de masteropleiding vindt goed zijn weg. Wij hebben ons echter de vraag gesteld of de huidige opzet wel het beste in de verschillende groepen studenten naar boven haalt, en daarmee het beste rendement voor de arbeidsmarkt, maatschappij en universiteiten biedt. Vanuit die optiek vinden wij dat er nog wel wat is aan te merken en te verbeteren.

We hebben tijdens de visitatierondes geen specifieke getallen gevonden over hoe studenten na de bachelor, master en promotie terecht komen. Geen van de opleidingen houdt dit kwantitatief in de gaten. Dit vinden we verbazingwekkend, omdat juist hiermee de Deming cirkel (bekend van de cyclus Plan-Do-Check-Act) in het onderwijs goed te sluiten is. Met zou verwachten dat de makkelijkste manier van verbeteren juist feedback zou zijn over hoe studenten na 10 jaar terecht zijn gekomen, en wat zij aan aanvullende opleidingen en ervaringen nodig gehad blijken te hebben. Eisen aan dit lerend vermogen van de opleidingen zijn buiten de scope van het huidige DSRK.

Onze opmerkingen en suggesties voor specifieke verbeteringen hangen sterk af van de fundamentele positie die de opleidingen kiezen met betrekking tot de breedte of diepte (sectie iii. Uitgangspunten voor dit SOTA). Voor opleidingen die zich vooral als doel stellen studenten voor te bereiden op een promotieonderzoek, zou gesteld kunnen worden dat de promotieopleiding (als laatste stap voor de arbeidsmarkt) de generieke vaardigheden kan aanleren. De promotietrajecten worden echter niet binnen deze visitatie beoordeeld. We horen wel dat in die opleidingen meer aandacht aan die vaardigheden wordt gegeven. De vraag is of het niet effectiever is om al eerder aandacht te besteden aan generieke vaardigheden. Veel van de bezochte bachelor- en masteropleidingen besteedden slechts beperkte of geen aandacht aan arbeidsmarktoriëntatie. Ook zag de commissie vaak dat opleidingen dergelijke activiteiten uitbesteden aan de studieverenigingen. De commissie heeft herhaaldelijk opleidingen opgeroepen om meer invulling te geven aan hun eigen eindverantwoordelijkheid op dit terrein. De kwaliteit van activiteiten door studieverenigingen kan per bestuursjaar wisselen; verder zijn hun activiteiten vaak mede gefinancierd door een paar grote bedrijven die graag werven onder deze studentenpopulatie. Daarmee kunnen thema's als ondernemerschap, oriëntatie op het midden- en kleinbedrijf, onderwijs op middelbare scholen en niet-specifiek natuurkundige carrières (IT, consultancy) op de achtergrond raken.

De opleidingen geven aan dat zij nauwelijks vraag zien vanuit deze andere richtingen dan de huidige grootafnemers van masters en gepromoveerden. Dat is gezien de huidige goede arbeidsmarkt in die sectoren, en de moeilijkere aanspreekbaarheid van een sector als MKB, ook niet zo verwonderlijk. Docenten hebben veelal geen ervaring in het bedrijfsleven (van

bedrijfsleven terug naar full-time werk aan een universiteit komt weinig voor) en daarmee beperkte affiniteit met de arbeidsmarkt buiten de universiteit. En de student Natuur- en/of Sterrenkunde is gewend dat hij met minimale inspanning toch wel een baan krijgt. Aan de andere kant zijn wij er stellig van overtuigd dat natuur- en sterrenkundigen maatschappelijk veel meer zouden kunnen betekenen dan alleen in de huidig veel voorkomende carrièrepaden. De vraag is echter of studenten genoeg toegerust zijn om bijvoorbeeld de stap te wagen als zelfstandig ondernemer, of om een overtuigende indruk te maken bij bedrijven die hoge eisen stellen aan presentatie- en samenwerkingsvaardigheden. Hierdoor komen studenten wellicht niet op het hoogste carrièreniveau terecht dat ze inherent aan zouden kunnen, maar op het lagere (maar toch vaak bevredigende) niveau waartoe ze qua vaardigheden in de opleiding zijn voorbereid.

Dit is een onderbenutting van menselijk kapitaal. Ook voor de universiteiten is dit jammer, want veel studenten hebben het volgens ons in zich (mits voldoende toegerust) om zich in een tweede of derde carrièrestap tot interessante belangenbehartiger van de natuurwetenschappelijke faculteiten te ontwikkelen. De Nederlandse samenleving vraagt om meer hooggeschoolde bèta's en technici, maar in veel mindere mate om puur academische onderzoekers. Voor diegenen die vóór het promotietraject tot de conclusie komen dat wetenschappelijk onderzoek niet hun carrièrepad is, wordt nu nog beperkt gezorgd. Dit gaat over zowel hen die dit al in het eerste jaar van hun studie doen, als over degenen die na afronding van de bachelor of de master een andere keuze maken. Deze studenten komen ook meestal wel goed terecht, maar voor hun begeleiding naar de arbeidsmarkt wordt door de opleidingen niet gezorgd. Dit geldt specifiek ook voor de bacheloropleiding: faculteiten lijken die in de praktijk nog niet serieus te zien als een eindopleiding die toegang moet bieden tot de arbeidsmarkt. Bacheloropleidingen zouden breder moeten zijn om goed op de arbeidsmarkt aan te sluiten.

De meeste studenten zullen op dit moment bij de start van de studie de ambitie hebben door te gaan naar master en eventueel een promotieonderzoek. Dit past bij het profiel "diep" (zie sectie iii. Uitgangspunten voor dit SOTA) waartoe de meeste opleidingen neigen. We zien dat de afvallers nu vooral in de bachelorfase zitten en dat die vervolgens zonder diploma de universiteit verlaten. Wellicht heeft de strenge selectie in de bachelorfase te maken met het feit dat vrijwel alle masteropleidingen in feite onderzoeksmasters zijn, maar zonder de selectiecriteria die in alfa- en gammaopleidingen wél gebruikelijk zijn. Voor bachelorstudenten die minder hoog scoren of andere ambities hebben dan academisch onderzoek, zou uitstroom naar de arbeidsmarkt of naar een aansluitende masteropleiding die zich minder sterk op onderzoek richt, een betere optie zijn. Bachelor- en masteropleidingen zouden zichzelf serieuzer kunnen nemen als eindopleiding door een breder uitstroomprofiel te ontwikkelen, bijvoorbeeld in minoren.

De vaardigheden die wij vanuit het arbeidsmarktperspectief het meeste missen, zijn ook nuttig voor hen die in de wetenschap doorgaan: ook voor die studenten zou het zinnig zijn om leren fondsen te werven en zichzelf goed te presenteren. De bezochte Natuur- en Sterrenkundeopleidingen voelden zich nauwelijks eigenaar van de maatschappij- en educatievarianten in de master. Deze varianten trekken slechts weinig studenten en leken vaak door zowel studenten als docenten als "troostprijs" gezien te worden.

Een andere vorm van oriëntatie op de arbeidsmarkt bestaat uit het volgen van externe stages. Sommige opleidingen stellen dit verplicht voor de bachelor. Bij de meeste opleidingen is een externe stage wel mogelijk in zowel bachelor als master, maar zijn studenten niet altijd goed geïnformeerd over de mogelijkheden. Hierbij maakt het minder uit of de stage nu industrieel

of op onderzoek georiënteerd is. Een aantekening hierbij is dat het in het begin wel moeilijk zal zijn om goede stageplaatsen te vinden, en dat zolang bij opleidingen de focus blijft liggen op opleiden richting promotie, studenten vooral zullen blijven kiezen voor onderzoeksstages.

Concluderend moeten studenten goed voorbereid worden op de arbeidsmarkt: een groot gedeelte van hen blijft niet in de wetenschap, ook niet als ze in eerste instantie wel promoveren. Het zou goed zijn als opleidingen meer eigen verantwoordelijkheid nemen voor arbeidsmarktoriëntatie. Dit is ook in het belang van de bètafaculteiten zelf: zij kunnen hierdoor meer dan tot nu toe belangenbehartigers kweken.

"Op de EAIE Conferentie (European Association for International Education [7]) hoorde ik van verschillende sprekers dat de werkgevers de vakkennis van kandidaat werknemers vanzelfsprekend vinden (als die van een goede universiteit komen), maar niet de soft skills waarop de selectie dan plaatsvindt."

Guido van Oost

2. Rendementen en Maatregelen

In dit hoofdstuk kijken we naar de rendementen van de opleiding: Welke fractie van de studenten die aan de studie begonnen, rondt deze ook in bijna-nominale tijd succesvol af? Dit was een punt van aandacht in alle vorige visitaties [7] en in het rapport van de commissie Dijkgraaf [2].

In de onderzochte periode zijn aan alle opleidingen maatregelen genomen om de studierendementen te verbeteren. Omdat de instroom zonder formele selectie plaatsvond (hoewel er wel gewaarschuwd wordt voor de zwaarte in een vrijwillig motivatiegesprek), bleven spectaculaire resultaten uit. Toch is onze indruk dat naast het bindend studieadvies (BSA) in de bacheloropleiding en de "harde knip" tussen bachelor en master, een meer "schoolse" benadering (meer contacturen) nu eindelijk het rendement gaat verhogen en de studieduur verkorten. Toch zijn de rendementen in de meeste bacheloropleidingen nog steeds zorgwekkend laag, met rendementspercentages van rond de 50% na 4 jaar, hoewel de dubbele bacheloropleidingen een gunstige uitzondering hierop vormen met 4-jaars rendementen dicht bij 100%. Over het algemeen vormen de rendementen van de masteropleidingen die wij onderzochten geen probleem en dit brengt ons tot de conclusie dat de bacheloropleiding de rol van preselectie voor de master goed vervult.

Bijna alle opleidingen ondergingen in de onderzochte periode structuurveranderingen die meestal van "boven" kwamen en vooral leken te worden ingezet om de rendementen te verbeteren. Deze veranderingen leidden tot grote werkdruk onder docenten die klaagden over onvoldoende ondersteuning bij de vertaling naar hun dagelijkse werkzaamheden. Het is naar onze stellige overtuiging van belang dat er nu rust komt op het reorganisatiefront zodat alle energie de komende periode gericht kan worden op de rendementen, didactische vaardigheden, onderwijsvormen, studiebegeleiding etc.

Mocht daarentegen – op termijn – toch weer gedacht worden aan veranderingen in de structuur van het universitaire natuur- en sterrenkundeonderwijs, dan pleiten wij voor profilerende brede bacheloropleidingen (zie Hoofdstuk 3) waarbij in latere jaren selecties plaatsvinden voor een spectrum aan vervolgopleidingen en niet één enkele opleiding tot wetenschappelijk toponderzoeker. In de huidige situatie leveren de opleidingen afgestudeerden af van een kwaliteit die weliswaar hoog is, maar vanwege het ontbreken van selecties na het propedeusejaar van de bachelor, voor toekomstige onderzoekers nog veel hoger zou kunnen zijn. In dit brede model worden dus twee vliegen in één klap geslagen: nog betere kwaliteit van de onderzoekers en meer beta's voor de arbeidsmarkt.

We hechten er overigens aan te vermelden dat alle opleidingen maatregelen hebben genomen om de rendementen te verbeteren en dat ze hieraan, geholpen door de leiding van de universiteiten, continue aandacht geven. Ze hebben daarbij duidelijke verbeteringen geboekt.

3. Profilering van de Opleidingen

Waar de visitaties zich richtten op de individuele opleidingen, hebben we voor dit SOTA ook aandacht besteed aan de verschillen tussen de opleidingen. In dit hoofdstuk kijken we vanuit het perspectief van de student die wil kiezen voor een bachelor- of masteropleiding Natuur- en/of Sterrenkunde. Het is dan opvallend hoe weinig wezenlijke verschillen tussen de opleidingen aan de verschillende instellingen werden aangetroffen. Deels is dit begrijpelijk vanuit het gegeven dat er volledige overeenstemming bestaat over welke basisvakken gegeven moeten worden in een universitaire Natuur- en/of Sterrenkundeopleiding. Dit zou echter niet moeten gelden voor de doelstellingen, instroomeisen, didactische modellen en onderwijsvormen. Ook daarin troffen wij echter geen grote verschillen aan. Door geen van de bezochte opleidingen wordt de bachelor gezien als eindopleiding. Kort door de bocht zou je kunnen zeggen dat alle bacheloropleidingen opleiden voor een masterstudie en alle masteropleidingen voor een promotietraject (zie sectie iii.1, Model "Diep"). Dat maakt de profileringsverschillen tussen de opleidingen Natuur- en Sterrenkunde klein, wat niet helpt in de beeldvorming naar vwo scholieren.

Alle opleidingen hebben een researchoriëntatie, met uitzondering van de Educatie, Communicatie en Business varianten, die overigens slechts weinig studenten trekken. Ook tussen algemene Natuurkunde en Technische Natuurkunde (TN) zagen wij weinig verschillen, hoewel het in 2012 opgerichte Bachelor College aan de TU/e met brede bachelor, ook voor de Technische Natuurkunde, veelbelovend is (zie kader). De eenduidige profilering geldt vooral voor de bacheloropleidingen, maar in mindere mate ook voor de masteropleidingen. Alle technische masteropleidingen kennen een verplichte externe stage; bij alle andere opleidingen is de externe stage wel mogelijk, maar wordt die niet actief ondersteund.

Het is ook verbazend dat, gegeven de geringe verschillen tussen de bacheloropleidingen zoveel meer eerstejaars kiezen voor Technische Natuurkunde. Dit heeft geleid tot een situatie waarin men zou kunnen concluderen dat er teveel algemene Natuurkundeopleidingen in Nederland zijn, die ook nog erg op elkaar lijken, ware het niet dat deze opleidingen zonder uitzondering gerelateerd zijn aan excellente onderzoeksinstituten van wereldfaam die dus bij uitstek geschikt zijn om excellente onderzoekers, de allerbeste op internationaal niveau, op te leiden. Wij willen nadrukkelijk niet concluderen dat er teveel algemene natuurkundeopleidingen zijn. Wel nodigt de huidige scheefgegroeide situatie uit om te filosoferen over een mogelijke oplossing. We noemen in dit verband ook het SNS-rapport [9] van de commissie Breimer, waarin met tevredenheid wordt vastgesteld dat de koppeling van het masteronderwijs aan de onderzoekzwaartepunten voortvarend ter hand is genomen. Het gaat ons hier vooral om de profilering van de bacheloropleidingen.

Good practice: Bachelor College TU/e

In 2012 is de TU/e gestart met de hervorming van haar onderwijs. Een belangrijke onderdeel daarvan is het Bachelor College, dat wordt gekenmerkt door een brede opzet voor alle bacheloropleidingen. Studenten krijgen veel ruimte om zelf op basis van hun interessegebieden en ambities hun studie samen te stellen, daarin bijgestaan door docenten en coaches. Naast een gemeenschappelijke basis, een major en vakken in een vrije keuzeruimte volgt iedere student voor 15 EC aan vakken die laten zien dat technologie altijd functioneert in een bredere context van gebruiker, samenleving en onderneming (User, Society, Enterprise).

Een interessante denklijn binnen de commissie komt vanuit onze observaties met betrekking tot de verbreding en verdieping van de opleidingen (inleiding iii) en de arbeidsmarkt en afnemend veld (hoofdstuk 1). Ten eerste merken we op dat er grote maatschappelijke vraag bestaat naar "allround" fysici die gewend zijn "out of the box" te denken, kunnen abstraheren en analyseren. Zij dienen geen specialist, maar vooral generalist te zijn, gecombineerd met goede sociale en communicatieve vaardigheden. Voor deze fysici is altijd plek op de arbeidsmarkt en zij zouden veel meer aanwezig moeten zijn op allerlei leidinggevende en sleutelposities in de maatschappij dan nu het geval is. Ook is er een schrikbarend tekort aan universitair opgeleide leraren en hogere technici. De vraag naar dit type fysici is groter dan het huidige aanbod.

Om al deze mensen te kunnen opleiden, pleiten wij er voor om – in plaats van het huidige systeem waarin alle academische opleidingen in hoofdzaak opleiden tot wetenschappelijk onderzoeker – vaker het "brede" model te hanteren, met een zo divers mogelijke basis gevormd door een brede bachelorinstroom vanuit het vwo, met na de propedeuse een keur aan echt profilerende bachelor-, master- en promotieopleidingen. Daartoe moet de selectiviteit van het eerste jaar van de bacheloropleiding wel minder hoog zijn dan nu. Doorstroom naar specialistische opleidingen kan dan plaatsvinden via selectie aan de poort en na 3 en 5 jaar vindt uitstroom naar de arbeidsmarkt plaats met een bachelor of een masterdiploma.

Dit vraagt om een aantal brede bacheloropleidingen met meerdere tracks waarin veel studenten instromen en waaruit in de latere jaren op natuurlijke wijze de kandidaten voor de diverse afstudeerrichtingen geselecteerd worden. Om een dergelijk model te doen slagen, is het essentieel dat deze opleidingen zich onderscheiden op grond van skills, studiebegeleidingssysteem, onderwijsmethode, etc. Pas dan krijgen ook de opleidingsvarianten zoals Educatie, Business en Communicatie echt een kans. Overigens is het niet nodig dat alle universiteiten dit brede profiel kiezen. Het zou best goed kunnen zijn als er een of twee (algemene) universiteiten met een meer "diep" profiel blijven werken: dat is dan meteen voor de vwo-scholieren een herkenbaar verschil. Er dient wel een cultuuromslag plaats te vinden bij zowel de opleidingen als bij de studenten waarin de richting van één van de bovengenoemde studievarianten niet als een makkelijke optie voor matige studenten wordt gezien.

Naast de opleiding tot onderzoeker is er behoefte aan natuur- en sterrenkundeopleidingen die zich profileren door studiebegeleiding en/of nieuwe onderwijsvormen en/of aandacht voor fundamentele dan wel toegepaste natuurkunde. Veel opleidingen proberen aankomende studenten een beter beeld te geven van wat de studie inhoudt. Dit zou kunnen met behulp van 1 of 2 dagen proefonderwijs. Instroom op basis van een matchingsgesprek en eventueel een onderwijscontract tussen student en opleiding in combinatie met gerichte selecties in latere jaren zou de gewenste verschillen in profilering tussen de verschillende opleidingen Sterrenkunde en algemene en Technische Natuurkunde kunnen bevorderen.

Good practice: de fexibele bèta bachelor

In Utrecht is er in de bachelor een flexibele bèta bachelor. Studenten die in Natuur- en Sterrenkunde begonnen zijn, maar zien dat ze liever een andere bètastudie volgen, hebben de gelegenheid te switchen. Ook na de bachelor wordt gefaciliteerd dat studenten uit belendende disciplines (aardwetenschappen, natuurkunde, wiskunde) een overstap maken van de ene bachelor naar de andere master, als ze in de bachelorfase gezien hebben dat dit beter past.

Concluderend zien we dat de verschillen tussen gelijksoortige opleidingen aan de verschillende universiteiten voor een aankomend student in het algemeen moeilijk te duiden zullen zijn.

4. Didactiek (opleiding) en didactische vaardigheden (docenten)

Beslissend voor de wijze waarop een opleiding kennis overbrengt, zijn het didactisch model dat ten grondslag ligt aan de inrichting van het onderwijsprogramma en de didactische vaardigheden die de medewerkers bezitten.

De bezochte opleidingen worden (gelukkig!) over het algemeen bezet door medewerkers die zeer gekwalificeerd zijn voor de inhoud van de vakken. Er ontstaat door verdergaande specialisatie van het onderzoek wel een steeds grotere kloof tussen onderzoek en het onderwijs in basisvakken. Sommige opleidingen signaleren dat als een probleem. Bovendien beschikken de meeste onderzoekers over het algemeen niet over de vaardigheden om "soft skills" te onderwijzen. Door de opleidingen moet daarom worden nagedacht over de didactiek (hoe krijg ik een vwo-scholier de kennis bijgebracht) en didactische vaardigheden (hoe rusten we het docentenkorps hierop toe). Alle universiteiten zijn hiermee bezig en hebben verbinding gezocht met een onderwijskundig instituut bij de eigen of een andere universiteit.

Aan de meetbare kant is er al het nodige gebeurd: De BKO-cursus[2] lijkt bij de meeste universiteiten grote belangstelling te genieten. Er bestaan wel verschillen in hoe universiteiten BKO vormgeven: sommige instellingen hebben een zwaarder traject, andere juist een relatief licht traject. De BKO kan ook op meerdere manieren worden ingezet. Het kan gebruikt worden om vaste staf te certificeren (en krijgen oudere docenten op basis van senioriteit al gelijk of zonder veel inspanning een BKO) en hiermee het minimaal gewenste niveau van de docenten aan te geven. De BKO opleiding kan echter ook worden ingezet om docenten een stevige onderwijsgerichte ontwikkeling door te laten maken. Een andere waarneming is dat (onderwijs)vernieuwing bij de meeste universiteiten vooral van de jonge garde moet komen. Die nemen BKO etc. serieus en moeten die ook volgen voor een tenure track.

Er zijn naast de BKO echter nog andere vormen denkbaar voor docentprofessionalisering. We noemen er een paar: Aan de Universiteit Utrecht kunnen docenten zich profileren als onderwijsspecialist door een Senior Kwalificatie Onderwijs (SKO) te verwerven. Verschillende andere universiteiten werken aan de invoering van een SKO-traject. Daarnaast kunnen docenten cursussen volgen in curriculumontwikkeling, de inzet van ICT in het onderwijs, etc. Aan de Rijksuniversiteit Groningen is een aparte onderzoeksgroep IDO (Instituut voor Didactiek en Onderwijsontwikkeling) die onderzoek verricht naar de didactiek van wiskunde en natuurwetenschappen in het vo en wo. Daarnaast bestaan er de Innovatiecentra Academisch Bètaonderwijs (ICAB) [11], die tot doel hebben de kwaliteit van het academisch onderwijs in beta en techniek te verbeteren.

De basis van de huidige opleidingen Natuur- en Sterrenkunde is de vakinhoudelijke kracht van de docenten, hetgeen iets anders is dan een sterk didactische kracht. Deze vaardigheden kunnen samenkomen, maar er zit geen correlatie tussen. We hebben bij alle opleidingen nagevraagd of het mogelijk is om (ook qua inschaling en functiewaardering) carrière te maken op een specialisatie in didactische vermogens, en niet vakinhoud. Alleen in Utrecht (teaching fellow) kwam hier een volmondig ja op. In een aantal gevallen ging het zelfs niet verder dan dat er in beoordelingen ook wel naar onderwijsprestaties gekeken werd. We hebben op een aantal universiteiten evaluaties gezien door de studenten van docenten op hun didactische

[2] BKO = Basis Kwalificatie Onderwijs, SKO = Senior Kwalificatie Onderwijs

kwaliteiten. Dit geeft goede docenten wel mogelijkheden om erkend te worden in hun sterkte en biedt het management ook handvatten dit te ondersteunen.

…docenten in de klas om BKO te halen…
Bron: http://www.ru.nl/oo/

Good practice: onderwijsevaluaties in Groningen

In de bacheloropleidingen Natuur- en Sterrenkunde van de Rijksuniversiteit Groningen worden de vakken direct beoordeeld door studenten op onder andere de aansluiting met vorige vakken, literatuur, niveau en inhoud, uitvoering en begeleiding en aansluiting van het tentamen op de stof. Vervolgens bespreekt de Opleidingscommissie de resultaten met de adjunct-directeur en adviseert over het toekennen van A^+, A, B of C aan het vak en eventuele verbeterpunten. A^+ betekent dat een vak buitengewoon positief is ontvangen, A dat het vak van voldoende niveau was, B dat het vak de nodige verbeterpunten heeft C dat er met urgentie naar maatregelen dient te worden gekeken. Wanneer een vak een C heeft gekregen en een docent niet duidelijk kan aangeven hoe hij/zij het vak kan verbeteren, vindt er een gesprek plaats tussen de adjunct-opleidingsdirecteur en de docent waarbij zij een verbeterplan opstellen. Een sterk punt van het systeem is dat alles gedocumenteerd wordt, zodat vervolgdocenten leren van knelpunten in het verleden. Zo werd het cijfer in een brief gezet die de opleidingsdirecteur opstelde en naar de docent stuurde.

Het gebrek aan profileringsmogelijkheden in het onderwijs valt wellicht te verklaren door het feit dat er geen Nederlandse variant bestaat op de Amerikaanse Colleges, waar vaak academici terecht komen die zich minder op onderzoek willen richten en zich vervolgens verder kunnen ontwikkelen in academisch onderwijs. De Nederlandse hbo-instellingen zouden deze rol kunnen vervullen, maar op Eindhoven na zien we weinig kruisbestuiving tussen de hbo-opleidingen (Technische) Natuurkunde, en de daarin gebruikte didactiek, en de universitaire opleidingen. De hbo-opleidingen zijn nog kleiner dan de universitaire bacheloropleidingen, en hebben dus ook niet de schaalgrootte om deze rol op zich te nemen [12].

Aandacht voor onderwijs: onderwijsprijzen

Onderwijsprijzen zijn een mooi middel om de aandacht en waardering voor goed onderwijs aan universiteiten te vergroten. In 2012 sleepte prof. Van Heijst, verbonden aan de opleiding Technische Natuurkunde van de Technische Universiteit Eindhoven, de TU/e brede prijs van 'beste docent in de bachelorfase' in de wacht. Studenten waarderen zijn duidelijke uitleg met aansprekende voorbeelden en zijn stijl van doceren die rust uitstraalt. Van Heijst zet zijn toehoorders er toe aan om zeer kritisch te kijken naar wat gezegd of geschreven wordt en altijd zelf na te blijven denken. Zijn deur staat altijd open voor studenten met vragen en de responstijd op een e-mail is erg kort, aldus de studenten. Naast het geven van onderwijs is Van Heijst ook zeer nauw betrokken bij het verbeteren van het onderwijs en de invoering van het Bachelor College.

Bron: http://www.tue.nl/universiteit/faculteiten/technische-natuurkunde/nieuws/04-09-2012-prof-van-heijst-wint-tue-onderwijsprijs/

Nederlandse universiteiten stellen vooral goede onderzoekers aan. Gegeven hun incentives (bijv. 2e / 3e geldstroom) geven die onderzoekers weinig prioriteit aan meer didactische scholing, want ze willen vooral goed onderzoek doen. Wij vinden dat universiteiten een hogere prioriteit zouden moeten geven aan onderwijs in termen van waardering en beloning van docenten. Gelukkig doen bijna alle onderzoekers mee in het onderwijs (we hebben gehoord van een Nobelprijswinnaar die eerstejaars college geeft), want goed universitair onderwijs betekent bij het onderzoek betrokken zijn. Maar omdat schapen met vijf poten schaars zijn, lijkt het nuttig om voor een deel van de docenten niet primair op onderzoek, maar juist meer op didactiek te sturen.

De commissie adviseert om met name in het begin van de bachelor meer naar de didactische kant van het onderwijs te kijken. Vanwege de aansluiting op het middelbaar onderwijs is zelfs te overwegen middelbare schooldocenten in te zetten bij basisvakken op de universiteit (de UvA deed dat in het verleden bijvoorbeeld bij wiskunde en de RU doet dat nog steeds). Een ander aandachtspunt is of ál het onderwijsgevend personeel (inclusief promovendi en student-assistenten) voldoende didactische training krijgt.

Een andere zorg ontstaat doordat studenten in de masteropleiding in het algemeen maar twee onderdelen in hun studie kennen: theorieonderwijs en een onderzoekstage, waarin studenten meedraaien in een vakgroep. In het theorieonderwijs ("vakken") komen lang niet alle vaardigheden uit het DSRK gestructureerd aan bod. Wat betreft vaardigheden in de masteropleiding is de teneur meestal dat deze tijdens het afstudeeronderzoek wel zouden worden opgedaan, maar niet specifiek worden getraind of getoetst. Het resultaat van de onderzoekstage wordt vooral beoordeeld aan de hand van de eindscripties en de eindpresentaties. We hebben geen voorbeelden gezien waarin de opleidingen toetsen of ieder van de vakgroepen voldoende aandacht besteedt aan het op niveau brengen van deze vaardigheden. Dit is niet als vanzelf geborgd, omdat de primaire focus van de vakgroepen toch op hun eigen onderzoeksinhoud ligt.

De onderwijskundige kant van de Natuur- en Sterrenkunde is niet een speciaal Nederlands probleem. Wel is de schaal in Nederland natuurlijk niet zo groot, waardoor het voor instellingen als Innovatiecentra Academisch Bètaonderwijs (ICAB) [11] moeilijk is om grotere inspanningen te doen. Tijdens de visitaties is (hoewel we er actief naar gevraagd hebben) niet gebleken dat opleidingen actief de laatste nationale en internationale onderwijskundige inzichten volgen. Opleidingen kunnen gebruik maken van het netwerk van de APS (American Physical Society) die specifieke conferenties over natuurkunde onderwijs heeft [13]:

- *New faculty workshop: voer voor nieuw aangestelden*
- *Dept Chairs Conference: van elkaar leren op management niveau*
- *Physics Teacher Education Coalition Conference: van elkaar leren door docenten.*

Wat betreft het didactisch concept van opleidingen hadden we meer verwacht dan we aangetroffen hebben. Zo er al een didactische visie is, komt deze vaak niet van onderaf, maar wordt die van bovenaf door faculteits- of universiteitsbestuur opgelegd. Hiermee blijft deze visie relatief ver van de onderwijspraktijk af. Juist door verschillen in didactische concepten zouden de opleidingen zich richting vwo-scholieren kunnen differentiëren: er zou dan een selectiehulpmiddel ontwikkeld kunnen worden om te bepalen welke leermethode van welke opleiding het best past bij de leerstijl van de aankomende student.

In de opleidingen die wij bezochten, wordt wel geëxperimenteerd met diverse lesvormen, maar we hebben slechts op een paar locaties structurele effectevaluaties op die vormen aangetroffen. Een goed voorbeeld is de TUD (zie kader). In de kritische reflecties werd nauwelijks verwezen naar recente literatuur op het gebied van natuurkundeonderwijs. Een uitzondering hierop vonden we bij de RUG (zie kader). Ook zien we nauwelijks onderwijspublicaties van Nederlandse onderzoekers in bijvoorbeeld *Physical Review ST Physics Education Research* of het *American Journal of Physics*.

Good practice: effectevaluaties in Delft

Op lang niet alle faculteiten hebben we structurele effectevaluaties gevonden op experimenten die gedaan zijn met diverse lesvormen. De evaluatie die TUD liet uitvoeren door het ICLON op haar rendementsverhogende maatregelen is een goed voorbeeld van een dergelijke effectevaluatie. Ook de aangekondigde evaluatie van het octalensysteem geeft aan dat de TUD deze feedbacklus wel goed aan het sluiten is.

Good practice: effectieve onderwijsmethoden in de natuurkunde

Een vlot geschreven stuk over hoe effectiviteit van verschillende lesvormen te evalueren is te vinden op de website van Harvard [14]. Uit onderzoek van de natuurkunde professor Eric Mazur blijkt dat hoorcolleges een vrij ineffectieve vorm van onderwijs zijn. Zijn groep heeft een aantal alternatieven bekeken, als "peer instruction" of "interactive learning". De RUG heeft aangekondigd om 'peer instruction' van Mazur in haar bacheloropleidingen op te nemen. Overigens is de methode niet nieuw: ze bestaat al 15 jaar. Eerder werd deze methode op de VU al gebruikt; ook hebben we van individuele docenten op andere universiteiten gehoord dat ze deze methode gebruiken.

In het DSRK voor de volgende visitatieronde zou volgens de visitatiecommissie moeten worden opgenomen dat wordt aangesloten bij (recente) resultaten van onderzoek naar de didactiek in de natuurkunde. Wat ons betreft zouden er eisen mogen zijn aan de wijze waarop opleidingen omgaan met onderzoeksresultaten over didactiek, en in bijzonder de didactiek van de natuurkunde. Omdat er niet om gevraagd werd, zien we dat (recente) resultaten van onderzoek naar didactiek een te geringe rol spelen in de vormgeving van het onderwijs. In met name de Verenigde Staten is de afgelopen jaren veel kennis opgedaan over hoe natuurkunde goed kan worden overgedragen. Zo is aangetoond dat het rendement van vakken op basis van alleen hoorcolleges laag is. We zouden het goed vinden als de onderwijsmethoden van de universiteiten eens didactisch, methodologisch en qua rendement vergeleken zouden worden. Dit hoort overigens geen rol te zijn van een visitatiecommissie, maar zou een continue activiteit van de universiteiten kunnen zijn.

Het DSRK definieert een set van vaardigheden (competenties) waarover afgestudeerde natuur- en sterrenkundigen zouden moeten beschikken. We hebben gezien dat de aandacht voor specifieke natuur- en sterrenkundige vaardigheden (theorie, berekenen, experimenteren) prima op orde zijn. Onze zorg geldt in het algemeen meer de "soft skills". Deze vaardigheden worden wel genoemd in het DSRK, maar we hebben ze weinig aan bod zien komen in het onderwijs. Omdat de opleidingen niet vanzelfsprekend aansluiten bij een bepaald beroepenveld, zou er meer ingezet moeten worden op generieke vaardigheden die je in elk beroep kunt inzetten. Opleidingen hebben nu de neiging om die onder te brengen in educatie-, maatschappij- of businessvarianten, maar het zou beter zijn die voor alle studenten aan te bieden. Afgestudeerden vinden weliswaar snel een baan, waardoor het lijkt alsof verdere voorbereiding op de arbeidsmarkt door vaardighedenonderwijs overbodig is, maar het is sterk de vraag of ze de beste banen weten te krijgen als ze niet hebben geleerd zichzelf te presenteren of samen te werken in een multidisciplinair team. Dat geldt voor het bedrijfsleven, maar zeker ook voor wetenschappelijk onderzoek. Ook daar moet je je ideeën weten te presenteren als je fondsen wilt werven.

De opleidingen zouden hier meer bewust mee bezig kunnen zijn [15,16]. Vaak promoveren afgestudeerden ook aan de 'eigen' universiteit. Het is maar de vraag of ze op die manier uitgedaagd worden het beste uit zichzelf boven te halen. Studenten mogen in die zin meer aangemoedigd worden tot excellentie, bijvoorbeeld door zich te richten op promotieonderzoek aan een buitenlandse topuniversiteit.

Het middelbare schoolvak Engels is gericht op het opdoen van dagelijkse vaardigheden, en ook gericht op literatuur. Dit Engels is echter anders dan het vakinhoudelijke Engels dat in de natuurkunde als voornaamste taal gebruikt wordt. Op Amerikaanse universiteiten wordt juist voor scripties verdiepend taalonderwijs gegeven (bijvoorbeeld de beruchte Strunk & White "The Elements of Style" [17]).

Als Engelse vaardigheid in de bachelor moet worden opgebouwd (masteronderwijs is in het Engels), hoort hier ook begeleiding en toetsing bij. Als de bacheloropleiding de overgang van Nederlands (vwo) naar onderwijs in het Engels (MSc) is, moeten de docenten deze overgang ook actief faciliteren. Meer aandacht voor Engelse taalvaardigheid kan het niveau van het Engels in scripties verbeteren en helpt afgestudeerden die in een internationale omgeving gaan werken.

In het DSRK staat dat ethiek moet worden bijgebracht, maar in de praktijk is ethiek in lang niet alle opleidingen een zichtbaar thema. Generiek zien wij meer in integratie in bestaande vakken. Juist voor deze integratie zijn in Amerika al case studies ontwikkeld [18]. Aan de hand van aansprekende voorbeelden worden de dilemma's neergezet, en wordt studenten gewezen op de verantwoordelijkheden binnen het onderzoek en jegens de samenleving.

Niet al deze vaardigheden vallen even makkelijk te leren en te oefenen. Voorbeelden zijn Engelse taalkennis, de vaardigheid om te communiceren en samen te werken met vertegenwoordigers van andere disciplines, entrepreneurship en ethisch gedrag. Onze indruk is dat het beter werkt als deze vaardigheden niet in aparte vakken worden ondergebracht, maar duidelijk verweven worden in de opleidingen zelf. Zo gaat vaardighedenonderwijs niet ten koste van inhoud (de vrees van veel opleidingen), maar ondersteunt het die inhoud. Oefenen met vaardigheden is echter pas werkelijk effectief als studenten ook op die vaardigheden worden voorbereid en op dat aspect van hun werk feedback ontvangen. Het onderwijzen van deze vaardigheden is een vak op zich.

Van een vakdocent kan niet verwacht worden dat hij het bijbrengen van deze vaardigheden er zo maar even bij doet. Docenten en studenten gaan er vaak nog te makkelijk van uit dat vaardigheden vanzelf aan bod komen zolang de inhoud van de opleiding maar van voldoende niveau is (als een bijeffect van het onderwijs en het praktisch oefenen met schrijven, Engels lezen etc.). Veel opleidingen hebben niet heel duidelijk in de eindtermen gedefinieerd welke vaardigheden ze hun studenten willen bijbrengen en waar getoetst wordt dat ook deze soft skills op het juiste niveau zijn.

Interdisciplinaire communicatie: propedeusesymposium, RUG

Het propedeusesymposium in Groningen is een mooi voorbeeld van een 'good practice' in de oefening met interdisciplinaire communicatie. Eerstejaars studenten uit vijf verschillende bacheloropleidingen binnen de Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen geven posterpresentaties over het eerste kleine onderzoeksproject dat ze uitgevoerd hebben. Ze worden daarbij bevraagd door docenten en studenten uit de verschillende opleidingen.

We hebben een aantal goede voorbeelden aangetroffen (zie kaders) waarin specifieke vaardigheden wel goed getraind werden. Een aantal andere universiteiten konden minder duidelijk aangeven op welk moment welke vaardigheden aangeleerd werden, hoe docenten daarvoor toegerust waren, en hoe de resultaten getoetst werden.

Juist de insteek van entrepreneurship kan een goede kapstok zijn om zowel de breedte van de benodigde vaardigheden vast te stellen, als ze in praktische zin te onderwijzen. Hier zijn in de VS ook mooie voorbeelden van [15], en de APS (American Physical Society) stimuleert deze richting van ontwikkeling van het natuurkundeonderwijs ook actief.

Interdisciplinaire samenwerking: Technology Management, TU Delft

Een 'good practice' op het terrein van interdisciplinaire samenwerking is het eerstejaars bachelorvak Technology Management aan de TU Delft. Het doel van het vak is studenten te laten ervaren dat innovatie in technologiegedreven bedrijven een gezamenlijke inspanning is van ingenieurs en managers. Het vak wordt aangeboden in samenwerking met de bacheloropleiding International Business Administration van de Rotterdam School of Management, Erasmus Universiteit Rotterdam. Studenten van beide opleidingen volgen het vak gezamenlijk en leren hoe zij hun kennis kunnen combineren om tot een gezamenlijk strategisch advies voor een bedrijf te komen.

Ook de practicumleerlijn verdient aandacht, studenten moeten een onderzoek kunnen opzetten, uitvoeren en daar verslag van kunnen doen. De VU geldt daarbij als 'good practice' (zie kader). Als extra vaardigheid zien we het omgaan met 'big data' opkomen, zowel in de sterrenkunde als in hoge-energie fysica. Van belang hierbij is het besef dat het niet om de hoeveelheid data gaat, maar om wat je ermee doet.

Good practice: practicumleerlijn VU

De VU geldt daarvoor als 'good practice': de leerlijn is vanuit een helder didactisch concept vormgegeven. Studenten krijgen een probleem voorgelegd en werken dat – onder begeleiding – zelf vanuit verschillende invalshoeken uit. De practica zijn telkens ingebed in een structuur waarin de verschillende stappen ondersteund worden door colleges en (na)besprekingen. In de loop van de leerlijn is bewust herhaling ingebouwd, terwijl anderzijds de complexiteit van de experimenten en de conceptuele diepgang van de analyses stapsgewijs toeneemt.

Het gemis aan vaardigheden wordt nu gemaskeerd doordat de opleidingen meer neigen naar "diep" dan naar "breed" (zie sectie iii.3). Omdat het aantal afgestudeerden ver onder de marktvraag ligt, vinden bijna alle natuur- en sterrenkundigen snel een baan. Voor velen van hen zullen de grootste deficiënties in vaardigheden tijdens de eerste baan door de werkgever glad worden getrokken. Echter: om het beste uit de studenten naar boven te krijgen, zou het beter zijn om met goed vaardighedenonderwijs te beginnen. Dit geeft daarnaast ook zwakkere studenten, die deze vaardigheden niet al bij het begin van de studie hadden, een goede kans.

Good practice: portfolio van academische vaardigheden, Radboud Universiteit

"Een bijzondere rol speelt het portfolio waarin de student gedurende de bacheloropleiding informatie over zijn ontwikkeling van academische vaardigheden verzamelt en een perspectief op zijn verdere loopbaan ontwikkelt. In het eerste jaar ligt het zwaartepunt op het reflecteren op het eigen gedrag om bewuste en goed onderbouwde keuzes te maken en zo een realistische planning en doorstroming in de bacheloropleiding te bevorderen. In het tweede en derde jaar dienen de studenten aan tien beroepsoriënterende activiteiten van verschillende soorten (beroepenavonden, excursies naar bedrijven, symposia etc.) deel te nemen en hierover verslag te doen. Verder moet iedere student in het derde studiejaar een masterplan schrijven waarin de keuze voor het vervolg van de bacheloropleiding beredeneerd wordt in het kader van het kiezen van een track en een variant."

In dit hoofdstuk hebben we gekeken naar het didactisch model, en met name hoe dat samenhangt met het vaardighedenonderwijs. We hebben een aantal mooie voorbeelden gezien. In den brede misten we meer samenhang tussen het didactisch model en de aangeleerde vaardigheden. Didactische vaardigheden van medewerkers vertonen een stijgende lijn sinds de laatste visitatie en het is van belang deze lijn door te zetten.

5. Borging Kwaliteit van Toetsing en Beoordeling

Iedere goede opleiding dient een logisch, intern consistent, reproduceerbaar en transparant systeem van toetsen en beoordelen te bezitten dat stevig verankerd is in de organisatie. Een dergelijk systeem brengt een groot aantal formele handelingen met zich mee die veelal administratief van aard zijn. Er wordt daarbij erg veel inspanning verwacht van het wetenschappelijk personeel, terwijl veel formele zaken ook door administratieve krachten kunnen worden gedaan. Er wordt duidelijk teveel verwacht van de wetenschappelijke staf, waardoor die minder toekomt aan de primaire taak van onderwijs en onderzoek.

De borging van toetsing en beoordeling liet bij veel opleidingen te wensen over. In een aantal gevallen kwamen wij tot de conclusie dat procedures nog niet volledig waren ingevoerd, waardoor de examencommissie niet alle wettelijke taken vervulde. In deze gevallen was het gelukkig mogelijk om naar aanleiding van onze bevindingen alsnog verbeteringen aan te brengen. Gezien het toenemende belang dat gehecht wordt aan toetsing en beoordeling, alsmede de borging daarvan, lijkt het ons een goede zaak als opleidingen gerichte aandacht gaan besteden aan de 'professionalisering' van examencommissies. Te denken valt aan BKE/SKE professionalisering voor leden van de examencommissie en het toevoegen van een ambtelijk secretaris. Actief opsporingsbeleid ten aanzien van fraude en plagiaat is naar onze mening een absolute vereiste.

We troffen tijdens onze bezoeken ook goede voorbeelden aan, zoals bij de VU: daar ressorteren deelexamencommissies onder één facultaire examencommissie, waardoor ze expertise en kennis delen. Ook gaven enkele examencommissies (waaronder de VU) aan de borging van toetsing gemandateerd te hebben aan een speciale toetscommissie.

De beoordelingsprocedure voor scripties, afstudeeronderzoek e.d. was niet altijd even transparant. Bij alle opleidingen waren wel beoordelingsformulieren aanwezig, maar deze werden in lang niet alle gevallen door examinatoren goed en consequent toegepast. Op deze formulieren was geen speciale aandacht voor de mate van hulp die de student bij het maken van de scriptie vanuit de vakgroep of van andere studenten gekregen had. Dit maakt het moeilijk om te beoordelen in hoeverre het niveau van de scriptie gehaald was dankzij die begeleiding of door zelfstandig werk. Verder bleek niet overal een tweede lezer aangesteld en waar dat wel zo was, bleek deze niet altijd echt onafhankelijk. De hoogte van de cijfers was bij ieder bezoek onderwerp van gesprek, hoewel de visitatiecommissie in het algemeen niet tot stelselmatig andere becijfering kwam. Wel vonden we in veel gevallen het percentage toegekende 'cum laudes' (tot wel 40%) erg hoog. De commissie kan zich niet aan de indruk onttrekken dat een cum laude in veel gevallen iets is waar je bewust en berekenend naar toe kunt werken door bijvoorbeeld langer dan de nominale tijd door te werken aan de scriptie. Wij zijn van mening dat de criteria voor dit judicium bij veel opleidingen toe zijn aan een aanzienlijke aanscherping.

Over het geheel genomen was de commissie enthousiast over de wijze en het niveau waarop de opleidingscommissies functioneerden. Met name de rol van de studentvertegenwoordigers in deze commissie vonden wij zeer constructief en effectief als kwaliteitsbewaker van de opleiding. Het viel ons daarbij wel op dat bij veel opleidingscommissies de opleidingsdirecteur in elke vergadering aanwezig is. Nu is dit begrijpelijk, omdat daarmee de lijnen kort gehouden worden en de studentleden er desgevraagd geen problemen mee hadden. Desondanks zijn wij van mening dat de onafhankelijkheid van de opleidingscommissie versterkt wordt als zij (ook) zonder opleidingsdirecteur vergadert en adviezen voorbereidt. Wij juichen toe dat steeds meer

opleidingen inmiddels werken met toetsmatrijzen en leerdoelen per vak die gekoppeld worden aan de eindtermen.

Wij hebben ook enkele interessante voorbeelden van actieve kwaliteitszorg gezien aan de hand van evaluaties. We noemen het Semester Response Systeem van de UvA en de cijfermatige beoordeling door studentleden van de onderwijscommissie van vakken en docenten in Groningen.

Concluderend zien we dat een nog betere borging en toetsing noodzakelijk is om goed functioneren van de opleidingen te blijven garanderen. Vanwege efficiëntie, en om draagvlak te houden binnen de opleidingen, is van belang deze verbetering te realiseren terwijl de inspanning van de medewerkers hierbij verminderd wordt.

"Ik wil graag een lans breken voor onze vrienden docenten op de verschillende (technische) natuur- en sterrenkundige instituten. Ik begrijp, dat een zekere mate van overzicht op het doen en laten van vooral de examencommissies, nuttig en nodig is, ook vanuit politiek oogpunt. Ik ben er echter niet van overtuigd, dat de mate waarin dit gebeurt een evenredige verbetering van het onderricht inhoudt. Sterker nog, het 6-jarige "circus" kost een heleboel mensen erg veel tijd, maakt faculteitsbestuurders zenuwachtig, die dan als reactie alvast maar gaan reorganiseren, en heeft op de studie zelf nauwelijks invloed."

Elias Brinks

Bijlagen

Bijlage 1. Verwijzingen

[1] Alle rapportages per universiteit (zullen) zijn te vinden in de NVAO-database: http://search.nvao.net.

[2] visiedocument Chemistry & Physics: fundamental for our future (Commissie Dijkgraaf, 2013).
http://www.nwo.nl/binaries/content/assets/nwo/documents/cw/chemistryandphysics.pdf

[3] A Two-Dimensional Approach to Evaluate the Scientific Production of Countries (Case Study: The Basic Sciences), Ammar Nejati, Seyyed Mehdi Hosseini Jenab, Scientometrics, vol. 84, iss. 2 (2010): pp. 357-364, DOI: 10.1007/s11192-009-0103-1, arXiv:1304.2698 [physics.soc-ph]

[4] Der Bachelorabschluss in Physik in der Wirtschaft - Ergebnisse einer Umfrage, Deutsche Physikalische Gesellschaft, maart 2011. http://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/broschueren/studien.html

[5] Physics as Ideal Discipline for Innovation Format , Randall Tagg, in: Reinventing the Physicist: Innovation and Entrepreneurship Education for the 21st Century, June 5 - 6, 2014, http://www.aps.org/programs/education/conferences/innovation.cfm

[6] Careers in Physics, Crystal Bailey in: Reinventing the Physicist: Innovation and Entrepreneurship Education for the 21st Century, June 5 - 6, 2014, http://www.aps.org/programs/education/conferences/innovation.cfm.

[7] Hoofdstuk 3 van de visitatie Natuur-en Sterrenkunde in 2007, Hoofdstuk 2 van de visitatie Natuur- en Sterrenkunde 2002 en 'Physics education in the Netherlands gets good marks, advice', Toni Feder, Physics Today Online 56 , 2 , 27 (2003) ; http://dx.doi.org/10.1063/1.1564340

[8] Stepping into a new era, The 26th Annual EAIE Conference, 16–19 September 2014, Praag, http://www.eaie.org/home/conference/prague/programme

[9] SNS-rapport van de commissie Breimer: Tweede Tussenrapportage Commissie Breimer inzake IMPLEMENTATIE SECTORPLAN NATUUR- EN SCHEIKUNDE, aan mevrouw dr. M. Bussemaker, minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, en de heer drs. S. Dekker, staatssecretaris van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, 30 juni 2014

[10] Strategic Programs for Innovations in Undergraduate Physics (SPIN-UP)
http://www.aps.org/programs/education/undergrad/faculty/spinup/spinup-report.cfm

[11] De Innovatiecentra Academisch Bètaonderwijs (ICAB: www.icab.nl) hebben als doel de kwaliteit van het academisch onderwijs in bèta en techniek te verhogen.

[12] Visitaties HBO technische natuurkunde 2013 : Saxion, Haagse Hogeschool, en Fontys

[13] Mooie conferenties zijn o.a. te vinden op:
http://www.aps.org/programs/education/conferences/index.cfm

[14] Mazur Wins Minerva Prize, http://harvardmagazine.com/2014/05/mazur-minerva-prize, Twilight of the Lecture, http://harvardmagazine.com/2012/03/twilight-of-the-lecture, Physical Review ST Physics Education Research, http://journals.aps.org/prstper/issues

[15] Thinking like a scientist, Eugenia Etkina and Gorazd Planinšic, Physics World 27(3), 42 (2014);

[16] Things your adviser never told you: Entrepreneurship's role in physics education, Douglas N. Arion, Physics Today 66(8), 42 (2013); doi: 10.1063/PT.3.2083

[17] Strunk, William; E.B. White (1999) [1959]. The Elements of Style (4th ed.).

[18] APS Ethics Case Studies, http://www.aps.org/programs/education/ethics/index.cfm

[x] Conference Report Graduate Education Conference 2013, January 31 – February 2, 2013, http://www.aps.org/programs/education/graduate/conf2013/report.cfm

Bijlage 2: Summary in English

This report is written as the concluding document of the education assessment Physics and Astronomy at Dutch universities. It aims to stimulate the further improvement of the re-accredited bachelor's and master's programmes. The committee found that the programmes it assessed are of high academic quality; all programmes are firmly rooted in strongly research driven departments. The focus on research within the programmes is reflected in a variety of aspects. Continuing studies in a PhD counts as the predominant outflow for the master's programmes; students are challenged to excel in quality of work rather than pushed to respect deadlines; content is valued above didactics, hard skills above soft skills; safeguarding the assessment system is seen as an administrative burden. Above all, staff and students are enthusiastic about the academic disciplines Physics and Astronomy. The assessment committee has seen inspiring cases of research (projects). Yet its primary task was to evaluate the process of knowledge transfer.

In short, the committee has come to the following observations:

(a) Physics and Astronomy are vibrant disciplines in The Netherlands. In line with the positive external research assessment in 2012, the committee found that all of the bachelor's and master's programmes Physics and Astronomy live up to the quality standards. For each programme, a separate report has been drafted with a detailed assessment. All programmes have been re-accredited, the reports can be found in the NVAO database.

(b) The committee is pleased to note that all programmes require their staff to hold a University Teaching Qualification ('BKO'). It advises universities to continue those efforts by making further teaching professionalisation a key element of staff policy and to encourage and reward those staff members who wish to specialize in education.

(c) The committee is impressed with the high academic level of all bachelor's programmes. This increases the emphasis on didactic concept as a way to create a distinct profile for individual programmes. The committee advises those programmes to pay more attention to didactics.

(d) In line with observation (c), the committee advises to expand the the domain specific framework of reference with the requirement that programmes apply recent findings on didactics of (applied) physics and astronomy.

(e) All programmes can rely on well functioning programme committees, with a constructive role for the student members in guarding the quality of the programmes. In order to improve their independent position and to allow for unsolicited advise, the assessment committee advises programme committees to (also) hold meetings in which the programme director is not present.

(f) The complexity of the legal tasks and responsibilities for the Boards of Examiners has risen to a level that requires a certain level of professionalisation. A solution might be to add an Official Secretary.

(g) The committee holds the opinion that all programmes should develop an active policy on combatting fraud and plagiarism.

(h) The committee advises programmes to pay more attention to soft skills for all students, focusing on generic skills which can be applied in any future profession. Entrepeneurship training or the practicals learning line might serve as a good starting point.

(i) Students should be adequately prepared for the labor market. The committee advises programmes to take a more active and responsible role in this respect.

(j) The participation of women among students and faculty is low. This has hardly improved since the previous assessment round.

In order to stir debate on the societal role of the academic programmes Physics and Astronomy, we add the following general observations and recommendations

(k) Almost all programs have experienced larger reorganisations in the preceding years. This resulted in an additional workload for the staff who felt insufficiently supported in the translation of the goals into their daily work. It is important that this translation can now be made in relative tranquillity. If, however – in due time– changes are considered in the structure of the Physics and Astronomy programmes, we recommend as formulated in the next item.

(l) Society is in need of bachelor's and master's programmes Physics and Astronomy with a strong profile in student counselling, new didactics, and/or specific attention for fundamental or applied physics. Instead of the current unilateral focus on academic programmes which mainly prepare students for scientific research, we advocate a 'broad model': bachelor's programmes which provide a general propaedeutic introduction into the field suitable for the full breadth of inflow holding a 'vwo-diploma', followed up by a diversity of strongly profiled bachelor's and master's programmes and PhD's. This model would require the bachelor's first-year curricula to be less selective than in the current situation. Selection does play an important role after 3 and 5 years, when parts of the student population enter the labor market holding a bachelor's or master's degree.

(m) Programmes might be expected to adequately inform themselves about and deal with research results which directly address education in physics and/or astronomy. It is advisable to compare the outcomes of different teaching and learning methods at different universities, particularly with regard to didactics, methodology and output. This comparison can not be a task of external assessment committees, but should be part of the internal quality assurance of universities.

(n) Students should be adequately prepared for entering the labour market: a majority of graduates will not pursue an academic career. Even a majority of PhD's will not continue their career in academia. It is in the students' interest if programmes would take a more responsible role in preparing them for the labour market. Conversely, science faculties will also benefit from those efforts, as a greater diversity of graduates and industry will support their interests.

Bijlage 3 Overzicht commissiesamenstelling en verantwoording State of the Art

De commissie Natuur- en Sterrenkunde is samengesteld uit totaal zeventien commissieleden. In het rapport van iedere visitatie staat welke leden bij welke opleidingen deelnamen. Hieronder volgt een kort overzicht van de commissieleden, inclusief de functie die zij tijdens de visitatie hadden en/of studie die ze destijds volgden:

- Prof. dr. Daan Lenstra, emeritus hoogleraar Elektrotechniek aan de Technische Universiteit Delft, thans deeltijdhoogleraar Technische Universiteit Eindhoven (voorzitter);
- Prof. dr. Wim de Boer, Professor of Physics, Karlsruhe Institute of Technology, Duitsland;
- Prof. dr. Elias Brinks, Full Professor aan de University of Hertfordshire, Groot-Brittannië;
- Prof. dr. Tom Theuns, Reader aan het Institute for Computational Cosmology, Durham University, Groot-Brittannië;
- Prof. dr. Gustaaf Borghs, Professor emeritus aan het Department of Physics and Astronomy, Leuven University, België;
- Dr. ir. Jaap Flokstra, gepensioneerd universitair hoofddocent, Universiteit Twente;
- Prof. dr. ir. Guido van Oost, Full Professor Plasma Physics, Department of Applied Physics van de Universiteit Gent, België;
- Prof. dr. ir. Prof. dr. Friso van der Veen, professor of Experimental Physics aan de ETH Zürich;
- Dr. Henk Blok, gepensioneerd universitair hoofddocent, Faculteit der Exacte Wetenschappen, Vrije Universiteit Amsterdam;
- Prof. dr. Martin Goedhart, hoogleraar didactiek van de Wiskunde en Natuurwetenschappen, Rijksuniversiteit Groningen;
- Christianne Vink MSc, didactisch coach, onderwijskundig adviseur/trainer en partner van Academic Factory;
- Dr. Jan Hoogenraad, eigenaar Spoorgloren voor verandermanagement en kwantitatieve dienstverlening voor het openbaar vervoer;
- Dr. ir. Harald Tepper, Chief Strategy Officer bij het Nederlands Forensisch Instituut;
- Sander Breur MSc, promovendus op het Nikhef, Universiteit van Amsterdam;
- Lisanne Coenen BSc, student masteropleiding Technische Natuurkunde, Technische Universiteit Delft;
- Carmen van Schoubroeck, student Wiskunde bachelor en de Natuur- en Sterrenkunde bachelor, Radboud Universiteit in Nijmegen;
- Jelmer Wagenaar MSc, promovendus in de natuurkunde, Universiteit Leiden.

Voor de bezoeken aan Utrecht en Twente schakelde de commissie externe experts in.
Voor het bezoek aan Utrecht waren dat:

- Prof. dr J. Pietrzak, professor in Physical Oceanography aan de TU Delft;
- prof. dr. Theodore Porter, professor in the History of Science aan de University of California and Los Angeles (UCLA) (Verenigde Staten);

- Prof. dr. ir. H.A. Rijken, professor of Corporate Finance, aan de Vrije Universiteit Amsterdam;
- Prof.dr. H.C. Moll, professor Natural Resources for Sustainable Production and Consumption aan het Centre for Energy and Environmental Sciences (IVEM) van de Rijksuniversiteit Groningen.

Voor het bezoek aan Twente was dat:

- Prof. dr. Ernst Sudhölter, professor Nano-Organic Chemistry aan de Technische Universiteit Delft.

Voor het State of the Art rapport lag de regie bij de voorzitter van de commissie, prof. dr. Daan Lenstra, en commissielid dr. Jan Hoogenraad. Zij werden daarbij ondersteund door Kees-Jan van Klaveren MA, namens QANU coördinator van de onderwijsvisitatie Natuur- en Sterrenkunde.

Als afsluiting van de onderwijsvisitatie en aftrap voor het State of the Art rapport belegde de commissie op maandag 16 juni 2014 haar slotvergadering in Naarden. Bij de vergadering waren alle commissieleden aanwezig die binnen het cluster twee of meer bezoeken hebben afgelegd, op dr. Harald Tepper na. Op 3 juli volgde daarom nog een overleg tussen de regievoerders en Tepper bij het NFI.

Vervolgens schreven de regievoerders een concept van het rapport, dat zij aan de overige commissieleden hebben voorgelegd. Na deze afstemming heeft de coördinator het conceptrapport voor feitelijke correcties voorgelegd aan de negen betrokken universiteiten. Het commentaar van de opleidingen werd vervolgens besproken met de regievoerders. Tenslotte is het rapport definitief vastgesteld.

Bijlage 4 Terugblik op het visitatieproces

In deze visitatieronde hebben we 28 universitaire natuur- en sterrenkundeopleidingen aan 9 universiteiten beoordeeld (zie tabel 1 voor een overzicht en Bijlage 6 voor een korte beschrijving van de opleidingen). De bezoeken strekten zich uit over de periode november 2013 t/m april 2014. Elk afgelegd bezoek vond plaats gedurende twee tot drie opeenvolgende dagen en werd altijd afgesloten met een mondelinge (voorlopige) rapportage van onze bevindingen.

De visitaties betroffen een "beperkte" opleidingsbeoordeling, omdat de instellingen reeds beschikten over een positief oordeel over de instellingstoets kwaliteitszorg. De afbakening tussen die twee was echter onduidelijk, waardoor wellicht minder verlichting van onze taak optrad dan beoogd.

Aan elk bezoek ging veel werk vooraf, vooral bij de opleidingen. Elke opleiding bereidt een zogenoemde Kritische Reflectie (KR) voor, waarin volgens een door de NVAO voorgeschreven formaat allerlei gegevens over de opleiding worden genoemd, inclusief sterktes, zwaktes en verbeterpunten. Deze KRs werden door de leden van de visitatiecommissie meestal zo'n twee weken vóór het bezoek gelezen. De indeling van een KR is langs de lijn van de drie "Standaarden":

Standaard 1: Beoogde eindkwalificaties
Standaard 2: Onderwijsleeromgeving
Standaard 3: Toetsing en gerealiseerde eindkwalificaties.

De taak van de visitatiecommissie is per opleiding elke standaard gemotiveerd te beoordelen op een vierpunts-schaal: onvoldoende, voldoende, goed of excellent.

Een kenmerk van alle KR's was dat ze veel plannen beschreven, met relatief weinig reflectie op de afgelopen zes jaar (de beoordelingsperiode), terwijl het oordeel nu juist vooral over die afgelopen periode gaat en niet gebaseerd kan zijn op de toekomst. Ook wij als visitatiecommissie moesten ons daar goed van bewust zijn om het aantal adviezen beperkt te houden. De primaire taak van de visitatiecommissie is immers om te oordelen over bewezen kwaliteit.

Tabel 1 Schema van de universiteiten, met de bezochte opleidingen; meer details in Bijlage 5

Universiteit	Bacheloropleiding	Masteropleiding	Opmerking
Radboud Universiteit Nijmegen (RU)	Natuur- en Sterrenkunde	Physics and Astronomy	Gecombineerde master natuur- en sterrenkunde uniek in Nederland
Universiteit Utrecht (UU)	Natuur- en Sterrenkunde	1. Physics and Climate Science 2. History and Philosophy of Science (HPS) 3. Science and Business Management	Opleiding HPS is uniek in Nederland
Universiteit Leiden (UL)	1. Natuurkunde 2. Sterrenkunde	1. Physics 2. Astronomy	Opleiding Natuurkunde in samenwerking met BSc Technische Natuurkunde TU Delft
Technische Universiteit Eindhoven (TU/e)	Technische Natuurkunde (TN)	Applied Physics (AP)	Opleiding TN is onderdeel van het Bachelor College TU/e
Technische Universiteit Delft (TUD)	Technische Natuurkunde (TN)	Applied Physics (AP)	Opleiding TN in samenwerking met opleiding Natuurkunde UL; opleiding AP heeft track in samenwerking met UL.
Rijksuniversiteit Groningen (RUG)	1. Natuurkunde 2. Technische Natuurkunde 3. Sterrenkunde	1. Physics 2. Applied Physics 3. Astronomy	Alle BSc opleidingen m.i.v. academisch jaar 2013/2014 Engelstalig
Universiteit Twente (UT)	Technische Natuurkunde	1. Applied Physics 2. Nanotechnology (NT)	NT opleiding is interdisciplinair op snijvlak Natuurkunde, Scheikunde en Elektrotechniek
Universiteit van Amsterdam (UvA)	Natuur- en Sterrenkunde	1. Astronomy and Astrophysics 2. Physics	De MSc opleiding Physics wordt samen met de VU aangeboden; de BSc opleiding wordt m.i.v. 1-9-2014 samen met de VU aangeboden
Vrije Universiteit Amsterdam (VU)	Natuur- en Sterrenkunde	Physics	De MSc opleiding Physics wordt samen met de UvA aangeboden; de BSc opleiding wordt m.i.v. 1-9-2014 samen met de UvA aangeboden

Een belangrijke rol in het visitatieproces spelen de z.g. Domein Specifieke Referentiekaders (DSRK) voor bachelor- en masteropleidingen (technische) natuurkunde en sterrenkunde. Dit zijn door de opleidingen zelf in landelijk overleg overeengekomen doelstellingen t.a.v. competenties en programma's die daarmee de minimumeisen vastleggen waaraan elke opleiding in dit veld dient te voldoen. Wij hadden moeite met het ontbreken van een generieke competentie "voorbereiding op de arbeidsmarkt" in de doelstellingen voor de bacheloropleidingen en het ontbreken van "ability to carry out original research" in de disciplinegerelateerde cognitieve competentie voor de masteropleidingen. Om te voorkomen dat de schijn ontstaat dat opleidingen zelf de beoordelingscriteria vaststellen, is de

visitatiecommissie van mening dat de minimumeisen net als in het verleden door de commissie moeten worden vastgesteld, niet door de opleidingen zelf.

Wij constateerden in het geval van Engelstalige opleidingen dat de KR's in het Engels geschreven waren. Ook de panelgesprekken tijdens de visitatie werden dan vaak in het Engels gevoerd. Tenslotte hanteert QANU de regel dat als de KR in het Engels is, ook het visitatierapport in de Engelse taal wordt opgesteld. De kwaliteit van met name de paneldiscussies had veel te lijden onder het Engels als voertaal. De visitaties zijn deel van een verantwoording aan de Nederlandse samenleving. Alle rapporten en ook de KR's richten zich op Nederlandstalige lezers. Ook omdat buitenlandse stafleden aan Nederlandse universiteiten binnen korte tijd geacht worden het Nederlands te beheersen, adviseren wij om alle rapporten, ook die betrekking hebben op Engelstalige opleidingen, in het Nederlands te schrijven. Ook adviseren wij om alle panelgesprekken in het Nederlands te voeren behalve bij gesprekken waarbij internationale studenten aanwezig zijn.

Bij een aantal bezoeken stond een opleidingsspecifieke rondleiding niet op het programma, en bij een aantal opleidingen wel. Dit heeft ons in staat gesteld de waarde hiervan te vergelijken. Wij vinden dit onderdeel goed bijdragen aan een correcte beeldvorming van zowel de bacheloropleidingen (practica) als de masteropleidingen (experimentele faciliteiten). Daarom bevelen we aan die altijd in het programma op te nemen.

Alle commissieleden vonden dat de opleidingen grote inspanningen hadden gedaan voor de visitaties. Er waren veel stukken voorbereid, en ook de mensen die wij gesproken hebben moesten hiervoor vrijgemaakt worden. Formeel ging het echter alleen over het krijgen van een "voldoende" of "onvoldoende". De visitatiecommissie moest zowel de procedurele kant als de inhoudelijke kant beoordelen: de afbakening ten opzichte van de instellingstoets was niet zo helder dat duidelijk was tot waar de opleidingstoets precies moest lopen om witte plekken tussen beide toetsen de vermijden.

Ten aanzien van het NVAO-protocol doen we graag de suggestie een lichtere vorm van visitatie te hanteren, meer gericht op "good practices" en nuttige opmerkingen over het onderwijsproces, met nadruk op toetsing van de echt kritische onderdelen daarvan. Een andere suggestie is om meer schriftelijke voorbereiding op basis van de KRs te doen waarbij vragen vanuit de visitatiecommissie door de opleiding schriftelijk worden beantwoord, alvorens de commissie het bezoek aan de instelling aflegt. Ook de vorige visitatierapporten zouden, meer dan nu het geval was, in dit proces een rol moeten spelen.

Wij merkten in de praktijk dat het moeilijk was om tot een andere dan binaire beoordeling te komen op de standaarden en het algehele oordeel (onvoldoende/ voldoende). Onze suggestie is dan ook om in de toekomst de standaarden slechts binair te beoordelen en alleen op specifieke, vooraf gedefinieerde, deelaspecten de meerpunts-schaal te hanteren. Overigens juichen wij toe dat vanaf eind 2014 door de NVAO een nieuw accreditatiekader is ingevoerd, waarin de huidige derde standaard, 'toetsing en gerealiseerde eindkwalificaties' gesplitst wordt in een standaard 'systeem van toetsing en beoordeling' en een standaard 'gerealiseerd eindniveau'.

Tabel 2 Opleidingen van de universiteiten met de studentenaantallen op 1-10-2012. Bron: eigen KRs, tenzij anders vermeld.

Universiteit	Opleiding	Aantal ingeschreven studenten op 1-10-2012
Radboud Universiteit Nijmegen (RU)	B: Natuur- en Sterrenkunde M: Physics and Astronomy	217[1)] 43[1)]
Universiteit Utrecht (UU)	B: Natuur- en Sterrenkunde M: Physics and Climate Science M: History and Philosophy of Science M: Science and Business Management	379 134 27 86
Universiteit Leiden (UL)	B: Natuurkunde B: Sterrenkunde M: Physics M: Astronomy	174 106 53 34
Technische Universiteit Eindhoven (TU/e)	B: Technische Natuurkunde M: Applied Physics	263[2)] 153[2)]
Technische Universiteit Delft (TUD)	B: Technische Natuurkunde M: Applied Physics	607[2)] 193[2)]
Rijksuniversiteit Groningen (RUG)	B: Natuurkunde B: Technische Natuurkunde B: Sterrenkunde. M: Physics M: Applied Physics M: Astronomy	167 107 47 32 25 10
Universiteit Twente (UT)	B: Technische Natuurkunde M: Applied Physics M: Nanotechnology	175 88 24
Universiteit van Amsterdam (UvA)	B: Natuur- en Sterrenkunde M: Astronomy and Astrophysics M: Physics	249 14 120[3)]
Vrije Universiteit Amsterdam (VU)	B: Natuur- en Sterrenkunde M: Physics	121 120[3)]

[1)] geschatte aantallen
[2)] bron: VSNU, volgens opgave TU/e
[3)] gezamenlijke opleiding van UvA en VU

Bijlage 5: Overzicht van gevisiteerde opleidingen

De 28 opleidingen verdeeld over negen universiteiten die deelnamen aan de clustervisitatie Natuur- en Sterrenkunde staan vermeld in Tabel 1. Acht van deze opleidingen hebben een technisch natuurkundig profiel, zes opleidingen hebben een zuiver natuurkundig profiel en vijf opleidingen richten zich specifiek op de sterrenkunde. Vier opleidingen richten zich op zowel natuur- als sterrenkunde, één opleiding op natuurkunde, meteorologie en fysische oceanografie. De vier resterende opleidingen richten zich specifiek op nanotechnologie, natuurwetenschappen en het bedrijfsleven en geschiedenis en filosofie van de natuurwetenschappen.

Alle masteropleidingen zijn Engelstalig en bestaan uit 120 EC verdeeld over twee jaar. De meeste masteropleidingen kennen één of meer onderzoekspecialisaties. Bij een deel van de bezochte universiteiten kennen masteropleidingen ook een business-variant, een educatie/communicatievariant en/of een maatschappelijke variant. Andere universiteiten hebben ervoor gekozen dit type specialisaties onder te brengen in zelfstandige, veelal faculteitsbrede masteropleidingen.

De eerste universiteit die de commissie bezocht heeft, is de **Radboud Universiteit Nijmegen (RU)**. Deze universiteit biedt twee opleidingen in de natuur- en sterrenkunde aan: de bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde en de masteropleiding Physics and Astronomy. De masteropleiding is de enige in Nederland die natuur- en sterrenkunde in één opleiding combineert en kent drie afstudeerrichtingen: Physics of Molecules and Materials, Particle- and Astrophysics en Neuroscience/Neurophysics. Elk van de tracks wordt door studenten gecombineerd met één van vier varianten: Onderzoek, Educatie, Communicatie of Management en Technologie.

De **Universiteit Utrecht (UU)** biedt vier opleidingen aan binnen dit cluster. Naast een brede bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde zijn dat drie masteropleidingen: Physics and Climate Science, History and Philosophy of Science en Science and Business Management. De masteropleiding Physics and Climate Science is een natuurkundemaster met als extra aandachtsgebied de meteorologie en fysische oceanografie. De opleiding onderscheidt vier afstudeerrichtingen: Theoretical Physics; Particle Physics; Meteorology, Physical Oceanography and Climate; en Nanomaterials: Chemistry and Physics (laatstgenoemde richting maakte geen onderdeel uit van de beoordeling). De beide andere masteropleidingen kennen geen subspecialisaties. De masteropleiding History and Philosophy of Science is de enige in zijn soort in Nederland en valt ook buiten het domeinspecifieke referentiekader van de natuur- en sterrenkundeopleidingen.

De **Universiteit Leiden (UL)** biedt eveneens vier opleidingen aan: de bacheloropleidingen Natuurkunde en Sterrenkunde en de masteropleidingen Physics en Astronomy. Voor de bacheloropleiding Natuurkunde heeft Leiden een samenwerkingsverband met de bacheloropleiding Technische Natuurkunde van de TU Delft. De bacheloropleiding Sterrenkunde is één van de twee zelfstandige bacheloropleidingen op dit vakgebied in Nederland. De masteropleiding Physics onderscheidt vier onderzoeksspecialisaties: Experimental Physics, Theoretical Physics, Cosmology en het Casimir pre-PhD programma. Dat laatste programma deelt de UL met de TU Delft. De masteropleiding Astronomy kent drie onderzoeksspecialisaties: Research in Astronomy, Cosmology en Astronomy and Instrumentation. De specialisatie Cosmology is dus gedeeld met de masteropleiding Physics.

Beide opleidingen delen ook de drie 'dubbele specialisaties' Science Based Business, Science Communication and Society en Science and Education.

De **Technische Universiteit Eindhoven (TU/e)** biedt twee opleidingen in de toegepaste natuurkunde aan, de bacheloropleiding Technische Natuurkunde en de masteropleiding Applied Physics. De bacheloropleiding is per 1 september 2012 opnieuw ingericht volgens het vraaggestuurde onderwijsprincipe van het universiteitsbrede Bachelor College. De masteropleiding kent vier afstudeerrichtingen: Functional (Nano) Materials / Nano Science and Technology, Plasma Physics and Radiation Technology, Physics of Transport in Fluids, en Science and Technology of Nuclear Fusion.

De **Technische Universiteit Delft (TUD)** telt ook twee opleidingen in de toegepaste natuurkunde, de bacheloropleiding Technische Natuurkunde en de masteropleiding Applied Physics. De bacheloropleiding is per 1 september 2012 begonnen met de invoering van het onderwijsintensieve 'octaalsysteem'. De masteropleiding kent vijf afstudeerrichtingen: Bionanoscience; Fluid Flow and Transport Phenomena; Imaging Physics; Quantum Nanoscience
en Radiation Science and Technology. Daarnaast kunnen studenten kiezen voor het Erasmus Mundusprogramma Optics and Science and Technology of het Casimir pre-PhD programma, dat in samenwerking met de Universiteit Leiden wordt aangeboden.

De **Rijksuniversiteit Groningen (RUG)** biedt zes opleidingen aan: de bacheloropleidingen Natuurkunde, Technische Natuurkunde en Sterrenkunde en de masteropleidingen Physics, Applied Physics en Astronomy. De drie bacheloropleidingen beginnen breed en eindigen specifiek; op die manier krijgen studenten de kans om zonder tijdsverlies van studie te wisselen. De RUG is de enige universiteit die zowel opleidingen in zuivere als in toegepaste natuurkunde aanbiedt, en één van de twee universiteiten waar sterrenkunde al in de bachelorfase een zelfstandige opleiding is. Met ingang van collegejaar 2013/2014 zijn de bacheloropleidingen Engelstalig. De masteropleiding Physics kende vóór 2013 vier specialisaties: Experimental Physics, Theoretical Physics, Instrumentation and Informatics en Science, Business and Policy. De masteropleiding Applied Physics bood vóór 2013 naast een specialisatie Applied Physics eveneens de specialisatie Instrumentation and Informatics aan. Met ingang van collegejaar 2013/2014 heeft de master Physics de 2 specialisaties Advanced Materials en Quantum Universe terwijl Applied Physics alleen een masteropleiding Applied Physics heeft; beide hebben daarnaast ook de variant Science, Business and Policy. In de masteropleiding Astronomy bestaan drie specialisaties: naast Theoretical and Observational Astronomy kunnen studenten zich ook hier specialiseren in Instrumentation and Informatics. Verder kunnen studenten net als in de masteropleiding Physics kiezen voor de specialisatie Science, Business and Policy.

De **Universiteit Twente (UT)** biedt binnen het cluster natuur- en sterrenkunde drie opleidingen aan: de bacheloropleiding Technische Natuurkunde en de masteropleidingen Applied Physics en Nanotechnology. De bacheloropleiding Technische Natuurkunde is met ingang van collegejaar 2013/2014 ingericht in modules, volgens de principes van het universiteitsbrede Twents Onderwijs Model (TOM). De masteropleiding Applied Physics telt drie afstudeerrichtingen: Fluid Physics, Materials Physics en Optics & Biophysics. De masteropleiding Nanotechnology is een interdisciplinaire opleiding die zich bevindt op het snijvlak van natuurkunde, scheikunde en elektrotechniek.

De **Universiteit van Amsterdam (UvA)** heeft drie opleidingen op het gebied van natuur- en sterrenkunde: de bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde en de masteropleidingen Physics en Astronomy and Astrophysics. Met ingang van 1 september 2014 zal de bacheloropleiding samen met de VU worden aangeboden, in die zin dat de opleiding een gemeenschappelijk docententeam heeft en studenten van beide universiteiten samen hetzelfde onderwijsprogramma doorlopen. Dat was al langer het geval binnen de masteropleiding Physics. Die masteropleiding kent vier opleidingsspecifieke afstudeerrichtingen: Advanced Matter and Energy Physics, Particle and Astroparticle Physics, Physics of Life and Health en Theoretical Physics. Verder kent de masteropleiding Physics drie tracks die gedeeld worden met andere opleidingen (Gravitation Astroparticle Physics Amsterdam (GRAPPA), Science for Energy and Sustainability en Science, Business and Innovation. Ten slotte biedt de opleiding het Erasmus Mundus programma Atomic Scale Modeling of Chemical, Physical and Biological Systems aan. De masteropleiding Astronomy and Astrophysics biedt ook de GRAPPA-track aan, naast de afstudeerrichting Astronomy and Astrophysics. Verder kiezen studenten voor een major in Research, Science Communication, Science and Software Engineering of Education.

De **Vrije Universiteit Amsterdam (VU)** biedt twee opleidingen aan: de bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde en de masteropleiding Physics. Omdat binnen de masteropleiding Physics al langer met de UvA wordt samengewerkt en vanaf 1 september 2014 ook de bacheloropleiding in samenwerking met de UvA wordt aangeboden, hebben beide opleidingen hetzelfde programma en dezelfde, hierboven beschreven afstudeerrichtingen.