

DE ONDERWIJSVISITATIE

Fysica-Sterrenkunde

Een evaluatie van de kwaliteit van de Vlaamse academische bachelor- en masteropleidingen
Fysica en Sterrenkunde

www.vluhr.be/kwaliteitszorg Brussel – september 2014

vluhr

DE ONDERWIJSVISITATIE
FYSICA-STERRENKUNDE

Een gedrukte versie van dit rapport kan tegen betaling bekomen worden bij de Cel Kwaliteitszorg.

Ravensteingalerij 27
1000 Brussel
T +32 (0)2 792 55 00
F +32(0)2 211 41 99

Het rapport is elektronisch beschikbaar op www.vluhr.be/kwaliteitszorg

Wettelijk depot: D/2014/12.784/31

VOORWOORD VAN DE VOORZITTER VAN HET BESTUURSCOMITÉ KWALITEITSZORG

Voor u ligt het rapport van de visitatiecommissie Fysica-Sterrenkunde. Deze visitatiecommissie brengt met dit rapport verslag uit over haar evaluatie van de opleidingen Fysica en Sterrenkunde aan de Vlaamse universiteiten. Daarbij geeft zij toelichting bij de oordelen en aanbevelingen die resulteren uit het kwaliteitsonderzoek dat zij heeft verricht bij de bezochte opleidingen. Dit initiatief kadert in de opdracht van de Vlaamse Universiteiten en Hogescholen Raad (VLUHR) betreffende de externe kwaliteitszorg in het Vlaamse hoger onderwijs.

Het visitatierapport is in de eerste plaats bedoeld voor de betrokken opleidingen. Daarnaast wil het rapport aan de maatschappij objectieve informatie verschaffen over de kwaliteit van de geëvalueerde opleidingen. Daarom is het visitatierapport ook op de webstek van de VLUHR publiek gemaakt.

Dit visitatierapport geeft een momentopname weer van de betrokken opleidingen en vertegenwoordigt daarmee slechts één fase in het proces van blijvende zorg voor onderwijskwaliteit. Immers, al na korte tijd kunnen de opleidingen gewijzigd zijn, al dan niet als reactie op de oordelen en aanbevelingen van de visitatiecommissie.

Graag dank ik namens het Bestuurscomité Kwaliteitszorg van de VLUHR de voorzitter en de leden van de visitatiecommissie voor de bestede tijd alsook voor de deskundigheid waarmee zij hun opdracht hebben uitgevoerd. De visitatie was ook enkel mogelijk dankzij de inzet van velen die binnen de opleidingen betrokken waren. Ook hen willen wij daarvoor onze erkentelijkheid betuigen.

Hopelijk ervaren elk van de opleidingen dit rapport als een kritische weerspiegeling van hun inspanningen en als een bijkomende stimulans om de kwaliteit van het onderwijs in hun opleiding te verbeteren.

Nik Heerens

Voorzitter Bestuurscomité Kwaliteitszorg

VOORWOORD VAN DE VOORZITTER VAN DE VISITATIECOMMISSIE

Dit rapport bevat de bevindingen van de visitatiecommissie over de bachelor- en masteropleidingen fysica en sterrenkunde aan de Vlaamse universiteiten. Het rapport is gebaseerd op de zelfevaluatierapporten van de opleidingen, het bijhorend onderwijsmateriaal met name de afstudeerwerken en op uitvoerige gesprekken met de opleidingsverantwoordelijken, studiebegeleiders, docentes en docenten, studentes en studenten, en afgestudeerden. We baseerden ons oordeel op het Vlaamse domeinspecifieke referentiekader en op internationale, in het bijzonder Europese, maatstaven. De commissie kon vaststellen, dat alle bezochte opleidingen aan de kwaliteitswaarborgen voldoen, en deze in een groot aantal gevallen systematisch overtreffen. In het bijzonder hebben de afgestudeerden een gedegen opleiding gevolgd, zijn zij in contact gekomen met wetenschappelijk onderzoek van internationaal niveau, en zijn zij goed voorbereid op de internationale arbeidsmarkt en in staat, innovatieve bijdragen te leveren aan de Vlaamse economie en samenleving.

Het rapport omvat berichten over de afzonderlijke opleidingen en een vergelijkend en algemeen deel. Ook heeft de commissie een aantal aanbevelingen geformuleerd, die naar haar oordeel zouden kunnen bijdragen tot een verdere verbetering van de opleidingen. Deze aanbevelingen zijn in de eerste plaats gericht aan de individuele opleidingen, maar enkele vereisen ook de medewerking van de universiteitsleidingen en de Vlaamse overheid.

De commissie dankt de opleidingen voor de zeer informatieve zelfevaluaties, en haar gesprekspartners voor de aangename en constructieve atmosfeer, waarin de gesprekken plaatsvonden. Ook de terecht vermaarde Vlaamse gastvrijheid heeft er toe bijgedragen, de bezoeken tot een zeer aangename ervaring te maken.

Wij danken VLUHR voor de goede organisatie, en in het bijzonder onze projectbegeleider en secretaris, Andreas Smets, die onze bezoeken soepel organiseerde en het tot stand komen van dit rapport bekwaam coördineerde.

Ten slotte wil ik als voorzitter mijn medecommissieleden danken voor hun inzet, voor de zorgvuldige uitoefening van hun taken en voor de aangename en collegiale sfeer, waarin ons werk kon verlopen.

Wij hopen, dat dit rapport voor de ontwikkeling van het natuur- en sterrenkundig onderwijs van nut kan zijn.

Urbaan M. Titulaer
voorzitter

Voorwoord van de voorzitter van het Bestuurscomité	
Kwaliteitszorg	3
Voorwoord van de voorzitter van de visitatiecommissie	4

DEEL 1 ALGEMEEN DEEL

Hoofdstuk I	De onderwijsvisitatie	
	Fysica-Sterrenkunde	11
Hoofdstuk II	Algemene beschouwingen bij het visitatierapport	
	Fysica-Sterrenkunde	19
Hoofdstuk III	De opleidingen in vergelijkend perspectief	43
Hoofdstuk IV	Tabel met scores	51

DEEL 2 OPLEIDINGSRAPPORTEN EN SAMENVATTINGEN

Hoofdstuk I	Vrije Universiteit Brussel	39
	Bachelor of Science in de fysica en sterrenkunde	
	Master of Science in de fysica en sterrenkunde	
Hoofdstuk II	Katholieke Universiteit Leuven	67
	Bachelor of Science in de fysica	
	Master of Science in de fysica/physics	
	Master of Science in de sterrenkunde/astronomy and astrophysics	
	Master of Science in de medische stralingsfysica	
Hoofdstuk III	Universiteit Hasselt	135
	Bachelor of Science in de fysica	
Hoofdstuk IV	Universiteit Gent	157
	Bachelor of Science in de fysica en sterrenkunde	
	Master of Science in de fysica en sterrenkunde	
Hoofdstuk V	Universiteit Antwerpen	185
	Bachelor of Science in de fysica	
	Master of Science in de fysica/physics	

BIJLAGEN

Bijlage I	Personalia van de leden van de visitatiecommissie	213
------------------	---	-----

VERIFIEERBARE FEITEN¹

Algemeen

- I Bezoekschema's

Per opleiding

- II Lijst met de opleidingsspecifieke leerresultaten in relatie tot de gevalideerde domeinspecifieke leerresultaten opgesteld volgens de handleiding van de VLUHR
- III Schematisch programmaoverzicht met vermelding van het aantal studiepunten per opleidingsonderdeel
- IV Omvang van het ingezette personeel in VTE, ingedeeld naar categorie van aanstelling
- V Instroomgegevens, doorstroomgegevens en totaal aantal studenten
- VI De studieduur tot het behalen van het diploma per instromende cohorte en de gemiddelde studieduur per afstuderende cohorte
- VII Overzicht van de belangrijkste activiteiten van de opleiding met betrekking tot internationalisering conform de visie van de opleiding, met minimaal de mobiliteit op basis van internationaal aanvaarde definities

¹ De verifieerbare feiten voor de visitatie Fysica-Sterrenkunde zijn terug te vinden op www.vluhr.be/kwaliteitszorg

DEEL 1

Algemeen deel

HOOFDSTUK I

De onderwijsvisitatie Fysica-Sterrenkunde

1 INLEIDING

In dit rapport brengt de visitatiecommissie Fysica-Sterrenkunde verslag uit van haar bevindingen over de academische bachelor- en masteropleidingen Fysica-Sterrenkunde die zij in het najaar 2013, in opdracht van de Vlaamse Universiteiten en Hogescholen Raad (VLUHR), heeft bezocht.

Dit initiatief kadert, conform de decretale opdracht, in de werkzaamheden van de VLUHR met betrekking tot de organisatie en uitvoering van de externe beoordelingen van het onderwijs aan de Vlaamse universiteiten, hogescholen en andere ambtshalve geregistreerde instellingen.

2 DE BETROKKEN OPLEIDINGEN

Ingevolge haar opdracht heeft de commissie de volgende instellingen bezocht:

Van 28 tot en met 30 oktober 2013: Vrije Universiteit Brussel

- Bachelor of Science in de Fysica en sterrenkunde
- Master of Science in de Fysica en sterrenkunde

Van 4 tot en met 7 november 2013: Katholieke Universiteit Leuven

- Bachelor of Science in de Fysica
- Master of Science in de Fysica/Physics
- Master of Science in de Sterrenkunde/Astronomy and Astrophysics
- Master of Science in de Medische stralingsfysica

Van 25 tot en met 27 november 2013: Universiteit Hasselt

- Bachelor of Science in de Fysica

Van 5 tot en met 6 december 2013: Universiteit Gent

- Bachelor of Science in de Fysica en sterrenkunde
- Master of Science in de Fysica en sterrenkunde

Van 9 tot en met 10 december 2013: Universiteit Antwerpen

- Bachelor of Science in de Fysica
- Master of Science in de Fysica/Physics

3 DE VISITATIECOMMISSIE

3.1 Samenstelling

De samenstelling van de visitatiecommissie Fysica-Sterrenkunde werd bekrachtigd door de het Bestuurscomité Kwaliteitszorg van 14 december 2012, 28 februari 2013 en 23 april 2013. De samenstelling van de visitatiecommissie kreeg op 20 mei 2013 een positief advies van de NVAO. De commissie werd vervolgens door het Bestuurscomité Kwaliteitszorg van de VLUHR ingesteld bij besluit van 24 juni 2013.

De visitatiecommissie heeft de volgende samenstelling:

Tot voorzitter, tevens onderwijsdeskundig lid van de visitatiecommissie, wordt benoemd:

- **Prof. dr. em. Urbaan Titulaer**, hoogleraar theoretisch natuurkunde, Johannes Kepler Universität Linz

Tot leden van de commissie worden benoemd:

Domeindeskundige leden

- **Prof. dr. Petra Rudolf**, hoogleraar experimentele vaste stof fysica, Universiteit Groningen
- **Prof. dr. Gerard van der Steenhoven**, hoofddirecteur KNMI
- **Prof. dr. em. Jan Kuijpers**, hoogleraar Astronomy and Astroparticle Physics, Radboud Universiteit Nijmegen
- **Prof. dr. Dirk Verellen**, hoofd medische stralingsfysica, Universitair Ziekenhuis Brussel (ten behoeve van het bezoek aan en de beoordeling van de manama Medische stralingsfysica, KU Leuven)

Student-leden

- **Mevr. Sophie Viaene**, masterstudent fysica en sterrenkunde, Vrije Universiteit Brussel (ten behoeve van het bezoek aan de UGent en KU Leuven)
- **Mevr. Céline Moortgat**, masterstudent fysica en sterrenkunde, Universiteit Gent (ten behoeve van het bezoek aan de UA, VUB en UHasselt)

Dhr. Andreas Smets, stafmedewerker kwaliteitszorg verbonden aan de Cel Kwaliteitszorg van Vlaamse Universiteiten en Hogescholen Raad, trad op als projectbegeleider en secretaris van deze visitatie.

Voor korte curricula vitae van de commissieleden wordt verwezen naar bijlage 1.

3.2 Taakomschrijving

Van de visitatiecommissie wordt verwacht dat zij

- gemotiveerde en onderbouwde oordelen geeft over de opleiding aan de hand van het beoordelingskader.
- aanbevelingen formuleert om waar mogelijk te komen tot kwaliteitsverbetering, en
- wanneer van toepassing haar bevindingen over de verschillende opleidingen binnen eenzelfde cluster vergelijkenderwijs weergeeft.
- de bredere samenleving informeert over haar bevindingen.

3.3 Werkwijze

3.3.1 Voorbereiding

Ter voorbereiding van de visitatie werd aan de instelling gevraagd een zelfevaluatierapport op te stellen. De Cel Kwaliteitszorg van de VLUHR heeft hiervoor een visitatieprotocol ter beschikking gesteld, waarin de verwachtingen ten aanzien van de inhoud van het zelfevaluatierapport uitgebreid zijn beschreven. Het zelfevaluatierapport volgt de opbouw van het accreditatiekader.

De commissie ontving het zelfevaluatierapport enkele weken voor het eigenlijke bezoek, waardoor zij de gelegenheid kreeg dit document vooraf zorgvuldig te bestuderen en het bezoek grondig voor te bereiden. De commissieleden werden bovendien verzocht om elk een tweetal masterproeven grondig door te nemen vooraleer het bezoek plaatsvond.

De commissie hield haar installatievergadering op 24 september 2013. Tijdens deze vergadering werden de commissieleden verder ingelicht over het visitatieproces en hebben zij zich concreet voorbereid op de af te leggen bezoeken. Bijzondere aandacht is besteed aan een eenduidige toepassing van het beoordelingskader en het visitatieprotocol. Verder werd het programma van het bezoek opgesteld (*zie verifieerbare feiten*) en werd een eerste bespreking gewijd aan het zelfevaluatierapport.

3.3.2 Bezoek aan de instelling

Tijdens het in situ bezoek aan de instelling heeft de commissie gesprekken kunnen voeren met de verschillende betrokkenen bij de opleidingen. Het bezoekschema voorzag gesprekken met de opleidingsverantwoordelijken, de studenten, de docenten, de alumni en de opleidingsgebonden ondersteuners. De gesprekken die de commissie heeft gevoerd, waren openhartig en verhelderend en vormden een goede aanvulling bij de lectuur van het zelfevaluatierapport.

Daarnaast werd steeds een bezoek aan de faciliteiten (inclusief bibliotheek, leslokalen en computerfaciliteiten) ingepland. Ten slotte was er een spreekuur waarop de commissie bijkomend leden van de opleiding kon uitnodigen of waarop personen op een vertrouwelijke wijze door de commissie konden worden gehoord.

Ook werd aan de instellingen gevraagd – als een derde bron van informatie – om een aantal documenten ter inzage te leggen ten behoeve van de commissie. Tijdens de bezoeken is voldoende tijd uitgetrokken om de commissie de gelegenheid te geven om deze documenten te bestuderen. De documenten die ter inzage van de commissie werden gelegd, waren: verslagen van overleg in relevante commissies/organen, een representatieve selectie van handboeken/studiemateriaal, indicaties van de competenties van het personeel, de toets- en evaluatieopgaven waarvan de commissie heeft aangegeven dat zij die tijdens het bezoek wenst in te kijken en een bijkomend aantal afstudeerwerken. Daar waar de commissie het noodzakelijk achtte heeft zij bijkomende informatie opgevraagd tijdens het bezoek om haar oordeel goed te kunnen onderbouwen.

Aan het einde van het bezoek werden, na intern beraad van de commissie, de voorlopige bevindingen mondeling aan de gevisiteerde opleiding(en) meegedeeld.

3.3.3 Rapportering

Als laatste stap in het visitatieproces heeft de visitatiecommissie per generieke kwaliteitswaarborg haar bevindingen, overwegingen, het oordeel en verbeteruggesties geformuleerd. Een overzicht van de verbeteruggesties die de commissie doet ten aanzien van de opleiding is achteraan bij het rapport opgenomen.

De opleidingsverantwoordelijken van de betrokken opleiding(en) werden in de gelegenheid gesteld om op het concept van het rapport te reageren alvorens de tekst ervan definitief werd vastgelegd.

HOOFDSTUK II

Algemene beschouwingen bij het visitatierapport Fysica-Sterrenkunde

Naast de bevindingen die de in de deelrapporten beschreven staan, wil de visitatiecommissie enkele algemene punten onder de aandacht brengen.

KWALITEIT VAN DE AFGESTUDEERDEN

De commissie is onder de indruk van het hoge wetenschappelijke niveau van de natuurkundigen en sterrenkundigen die hun opleiding ontvangen aan de Vlaamse universiteiten. Een sterk punt van de Belgische opleidingen is de nadruk in de studie op wiskundige abstractie. Deze mathematisch-fysische traditie heeft een aantal Belgische wetenschappers van internationale faam gevormd die gekenmerkt zijn door een combinatie van grote wiskundige vaardigheid en scherp experimenteel/observationaal inzicht zoals Georges Lemaître, Léon Rosenfeld, Léon van Hove, François Englert, allen ontvangers van de prestigieuze Francqui-prijs. Deze wiskundige benadering van de fysica kan een belangrijke aanzet vormen voor internationale profilering.

INTERNATIONALE KANSEN

De commissie constateert met voldoening dat alle universiteiten pogingen ondernemen om hun opleidingen op het gebied van de wetenschappen ook de internationale zichtbaarheid te geven die hen op grond van hun inhoud toekomt. Een opleiding met een sterk internationaal profiel en karakter versterkt het onderwijs voor toekomstige onderzoekers en professionals, maakt het mogelijk om buitenlandse masterstudenten aan te trekken en bevoor-

dert de Engelse taalvaardigheid van de eigen studenten. Wezenlijk deel van die inspanningen is het aanbieden van Engelstalige master-opleidingen. De commissie constateert evenwel tot haar grote zorg dat deze initiatieven ernstig gefrustreerd zijn door decretale regels op het gebied van de moedertaal die een internationale bloei voortijdig wegsnoeien. Zij dringt er daarom bij de decanen wetenschappen en rectoren van de Vlaamse universiteiten op aan een gezamenlijk overleg te starten met de minister zodat voornoemde initiatieven in een gunstig klimaat kunnen uitbotten.

NATIONAAL INITIATIEF

Tegelijk constateert de commissie dat er nationaal een grote nood aan fysici is in Vlaanderen. Het aantal fysici per hoofd van de bevolking ligt beduidend lager dan in de omringende landen. Intussen kampt het secundair onderwijs (SO) met een tekort aan bevoegde leraren natuurkunde en vraagt het bedrijfsleven om innovaties waar zoals elders juist natuurkundigen een belangrijke rol kunnen spelen. Door met een nationaal initiatief een juist beeld van 'de natuurkundige' neer te zetten voor brede lagen van de bevolking, zal de overheid de Vlaamse kenniseconomie zeker vooruit helpen.

In het bijzonder zijn vrouwen in de fysica ondervertegenwoordigd – overigens een Noord-Europees probleem – met minder dan 25% onder de studenten en minder dan 15% onder de hoogleraren. Een programma gericht op de carrière van vrouwelijke natuurkundigen en een prestigieus beuzenprogramma voor het uitnodigen van buitenlandse vooraanstaande vrouwelijke wetenschappers, zouden zeker onderdeel van zo'n initiatief moeten uitmaken.

Aanpalend adviseert de commissie dat de universiteiten hun outreach-programma's bundelen en structureel inzetten op concrete doelen. Met name gaat het hier om het opbouwen van duurzame relaties met leraren natuurkunde en wiskunde in de regio (voor bijscholing, lesontwikkeling, assistentie met moderne labo-opstellingen, inzetten van studentassistenten), aparte programma's voor de laatste graad van het secundair onderwijs, gerichte activiteiten uniek voor meisjes, en het vroegtijdig interesseren van de jeugd van 10-14 jaar voor natuurkunde en techniek. Universiteiten zouden bij elkaar en over de landsgrenzen heen te rade moeten gaan voor de uitwisseling van 'best practices'.

LERAREN FYSICA

De nood aan bevoegde leraren natuurkunde in het secundair onderwijs is groot en de universitaire lerarenopleidingen schieten kwantitatief ernstig tekort door een aantal factoren. De lerarenopleiding telt 60 studiepunten en wordt in de regel gevolgd na het behalen van het masterdiploma. Dit maakt dat de studenten pas na 6 jaar studeren toegang krijgen tot het leraarsberoep. Studenten kunnen wel terecht in een 'ingedaalde' lerarenopleiding natuurkunde aan de universiteit, maar deze duurt eveneens minimaal 5,5 jaar. Dit vormt een weinig aantrekkelijk perspectief waar een gewone masteropleiding wetenschap vijf jaar neemt. Het leraarsberoep wordt bijgevolg door weinig studenten als een aantrekkelijke carrière kans gezien. In zowel Duitsland als Nederland bestaat sinds jaren een vijfjarige volledig ingedaalde lerarenopleiding die niet alleen tot een masterdiploma in de natuurkunde (of andere wetenschappen) leidt maar ook tot een eerstegraads bevoegdheid in het SO.

Bovendien is er in Vlaanderen een tweede weg om de bekwaamheidsbewijzen van een leraar fysica te behalen. Deze loopt via de SLO, ingericht door een Centrum voor Volwassenenonderwijs (CVO). De universitaire lerarenopleiding in Vlaanderen ondervindt concurrentie van deze opleiding voor eerstegraads bevoegdheid wetenschappen, die een heel andere aanpak kent. Grootste verschil is dat de specifieke vakdidactieken voor wetenschappen aan deze Centra voor Volwassenenonderwijs een weinig onderzoekgerichte invulling en onderbouwing kennen. De opleidingen aan universiteiten daarentegen kenmerken zich onder meer door de aandacht voor vakdidactiek in de opleiding (functioneel geheel 'de leraar als vakinhoudelijk expert'). Deze is gestoeld op vakdidactisch onderzoek.

Ten slotte zijn de universitaire lerarenopleidingen niet alle voldoende ingebed in de universitaire onderzoeksinstellingen en/of voldoende activerend in hun onderwijs. De commissie pleit ervoor dat decanen/rectoren ook hier een gemeenschappelijk nationaal plan opstellen met de volgende kernelementen: een volledig ingedaalde vijfjarige master natuurkunde met eerstegraads leraarsbevoegdheid, een masterproef met didactische vraagstelling maar wel in een universitair onderzoeksinstituut en een verdere invulling van de opleiding in nauw overleg met het afnemend werkveld op het SO. Voorts doet zij de aanbeveling dat generiek in de bachelor natuurkunde een educatieve minor wordt ingevoerd met een lesstage die ook (beperkte) lesbevoegdheid geeft. Ten slotte geeft de commissie in overweging aan FWO om te stimuleren dat gedoctoreerde natuurkundigen alsnog het leraarsberoep kiezen door het vereiste extra scholingsjaar te financieren.

FYSICI IN HET BEDRIJFSLEVEN

Bij de meeste universiteiten sprak de commissie met een aantal succesvolle alumni uit het bedrijfsleven, hetzij als ondernemer, hetzij als werknemer. Deze alumni hebben zelf hun weg gevonden naar het bedrijfsleven, zij het vaak na enkele omwegen. Unaniem zijn zij van mening dat de universiteiten hier een grotere rol zouden moeten spelen door actiever contacten met het bedrijfsleven op te bouwen en daarnaast geschikte stageplaatsen aan te bieden. Ook is hun ervaring dat de werkgever aanvankelijk eerder gedacht had aan een burgerlijk ingenieur voor de betreffende vacature dan aan een natuurkundige maar juist positief verrast werd door de capaciteiten van de natuurkundige, vooral op analytisch en IT gebied. Enerzijds sluiten deze ervaringen aan op de bestaande behoefte het beroepsbeeld van de natuurkundige in bedrijf en maatschappij recht te zetten (zie het nationale initiatief hierboven). Anderzijds beveelt de commissie hier aan dat de universiteiten, vaker dan nu, geslaagde ondernemers en fysici uit het bedrijfsleven in deeltijd aanstellen. Dergelijke rolmodellen uit het bedrijfsleven zouden seminars/colleges kunnen geven, stageplekken verzorgen en masterproeven op het gebied van direct toepasbaar onderzoek binnenbrengen en mee begeleiden.

TWEESTROMENLAND

Zoals gezegd is de abstract wiskundige benadering een sterk punt van de natuurkunde aan de Belgische universiteiten en het is belangrijk deze insteek te blijven koesteren. Dit betekent echter niet dat deze graad van abstractie onmisbaar zou zijn voor een goede natuurkunde-opleiding. Juist indien men de instroom natuurkunde met succes wil vergroten, zal men ook, naast het abstracte programma voor de Concrete Bèta's (onderzoeker), varianten moeten aanbieden die zijn toegespitst op de Bèta's die een andere invulling willen geven aan hun studie en na hun studie een andere weg willen uitgaan. In dit kader definieerde het Nederlandse Platform Bèta en Techniek (PBT), een agentschap van het Nederlandse ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap twee andere groepen Bèta's: een groep Mensgerichte Generalisten (maatschappelijke relevantie) en een groep Carrière Bèta's (consultant, ondernemer).¹ Het is aannemelijk dat ook deze groepen Bèta's worden aangesproken door een opleiding met meer aandacht voor toepassingen in de maatschappij en smaakmakers in het eerste jaar in de vorm van moderne fysica en astrofysica. Tegelijk

¹ <http://www.betamentality.nl/>.

dient structurele aandacht te worden gegeven aan activerende lesvormen over de hele linie. In dit kader mag men zijn docenten afrekenen op onderwijsinnovaties en daarnaast stimuleren met in te stellen onderwijsprijzen.

CIJFERMATERIAAL

Valide cijfers omtrent studierendement en drop-out vormen een onmisbare grondslag voor monitoring en verbetering van de opleidingen. Het aangeleverde cijfermateriaal was voor de commissie tijdens de verschillende bezoeken zeer moeilijk te interpreteren. Enerzijds hanteren de opleidingen de door DHO aangeleverde cijfers, anderzijds reiken sommige instellingen eigen cijfermateriaal aan, omdat ze de DHO-cijfers niet betrouwbaar achten. Dit vormde voor de commissie een moeilijk uitgangspunt in de zoektocht naar betrouwbare cijfers waarmee ze een kwantitatieve vergelijking kon maken tussen de opleidingen van de vijf bezochte instellingen. Te meer omdat de definities van het eigen aangeleverde materiaal verschillen tussen de instellingen. Over het algemeen vond de commissie de aangeleverde cijfers aan alle bezochte instellingen zeer ondoorzichtig. Wel konden tijdens de visitaties de geleverde aanvullende cijfers een beter beeld van de situatie geven. De commissie raadt de instellingen aan om gezamenlijk in overleg te treden en afspraken te maken over de gehanteerde definities van het eigen cijfermateriaal, opdat de kwantitatieve vergelijkbaarheid van opleidingen wordt gefaciliteerd.

HOOFDSTUK III

De opleidingen fysica en sterrenkunde in vergelijkend perspectief

In dit hoofdstuk geeft de commissie in vergelijkend perspectief een overzicht van haar bevindingen over de academische opleidingen fysica en sterrenkunde in Vlaanderen. Zij besteedt hierbij voornamelijk aandacht aan elementen die haar het meest in het oog zijn gesprongen of die zij belangrijk acht, en aan opvallende overeenkomsten dan wel verschillen tussen de instellingen. Per generieke kwaliteitswaarborg geeft de visitatiecommissie haar bevindingen weer en verwijst hierbij naar de toestand binnen de verschillende opleidingen. De wijze van voorstellen geeft de opleidingen de mogelijkheid zich, althans voor wat betreft de aangehaalde punten, ten opzichte van elkaar te positioneren. Het is geenszins de bedoeling van de commissie om de individuele rapporten van de opleidingen aan de verschillende instellingen in detail te herhalen, al zullen bepaalde delen uit dit rapport wel terugkomen in de opleidingsrapporten. Voor een volledige onderbouwing van de oordelen en de scores van de commissie, verwijst de commissie naar de opleidingsrapporten.

Alle hier betrokken opleidingen worden aangeboden door de Vrije Universiteit Brussel, de Katholieke Universiteit Leuven, de Universiteit Antwerpen, de Universiteit Gent en de Universiteit Hasselt.

De bacheloropleidingen fysica (en sterrenkunde) omvatten allemaal 180 studiepunten. De KU Leuven biedt de bacheloropleiding aan op twee locaties: Leuven en Kortrijk (KULAK). De UHasselt biedt uitsluitend een bacheloropleiding aan. De masteropleidingen omvatten 120 studiepunten.

De masteropleiding aan alle instellingen bestaan uit drie trajecten: onderzoek, onderwijs en economie.¹ De masteropleidingen in Leuven en Antwerpen kennen bovendien een Engelstalige variant. De masteropleidingen van Brussel en Gent werken samen voor de organisatie en de invulling van het onderzoekstraject.

Naast de bachelor en master fysica, biedt de KU Leuven de master sterrenkunde aan. Deze master bestaat uit 120 studiepunten en drie trajecten: onderzoek, onderwijs en economie. Van deze opleiding bestaat ook een Engelstalige variant.

De KU Leuven biedt bovendien de master-na-master medische stralingsfysica aan. Omwille van het verschillende karakter van deze opleiding wordt de master-na-master niet meegenomen in het vergelijkend deel.

GENERIEKE KWALITEITSWAARBORG 1 - BEOOGD EINDNIVEAU

De commissie beoordeelt het beoogd eindniveau van de bacheloropleidingen aan de UAntwerpen, de KU Leuven (locatie Leuven) en de UHasselt als goed. De bacheloropleidingen aan de VUB, de UGent en de KULAK, net zoals alle masteropleidingen worden als voldoende beoordeeld.

De commissie stelde vast dat alle bezochte opleidingen hun opleidings-specifieke leerresultaten netjes hebben uitgeschreven. Alle opleidingen voldoen qua niveau en oriëntatie aan het **Vlaams Kwalificatieraamwerk** en de leerresultaten zijn overal in overeenstemming met de **domeinspecifieke leerresultaten**.

Bij het opstellen van de leerresultaten hebben alle opleidingen **het werkveld en het vakgebied** geraadpleegd. Eveneens werden de resultaten van externe projecten (TUNING) of criteria meegenomen in deze oefening. Positief vindt de commissie dat de Brusselse opleidingen een **advisory board** hebben die helpt met het opstellen van de leerresultaten (en breder met het programma) en dat de Antwerpse bacheloropleiding, na de vorige visitatie, uitgaande van een aantal maatschappelijke vaststellingen een grondige hervorming van de leerresultaten heeft doorgevoerd.

De verschillende opleidingen hebben ook een **eigen profilering**. De Antwerpse opleidingen zijn sterk in experimentele vaardigheden, de opleidingen in Gent tonen veel aandacht voor het niet-academische werkveld en zijn sterk

¹ Afhankelijk van de instelling kan de naamgeving van de trajecten verschillen.

in numerieke vaardigheden. Bovendien kent de Gentse opleiding een sterke sterrenkundige component, net zoals de opleiding te Brussel overigens. Deze laatste opleiding wordt trouwens ook gekenmerkt door haar kleinschaligheid en intense studentenbegeleiding. De opleiding in Hasselt is breed en wil voorbereiden op verschillende vervolgoopleidingen. Ook de opleiding in Leuven is breed en laat de studenten toe om in contact te komen met andere wetenschapsdomeinen. De master sterrenkunde (Leuven) is de enige specifieke opleiding op dit domein in Vlaanderen. Aan andere instellingen wordt de sterrenkunde als een component van de reguliere natuurkunde-opleiding behandeld. Deze master is bovendien zeer onderzoeksgericht.

Doorslaggevend voor de commissie bij het toekennen van de scores was dat de leerresultaten van de opleiding gekoppeld worden aan een onderwijskundige visie. In Hasselt en Leuven heeft de commissie een sterke **onderwijskundige visie**, gekoppeld aan een specifiek onderwijsconcept, binnen de bacheloropleiding aangetroffen. Ook de Antwerpse bacheloropleiding berust op een sterke visie op onderwijs, die tot stand kwam in het kader van de hervisitatie uit 2011. In Kortrijk, Brussel en Gent ontbreekt een uitgewerkte onderwijskundige visie. Ook binnen de verschillende beoordeelde masteropleidingen ontbreekt dit.

GENERIEKE KWALITEITSWAARBORG 2 - ONDERWIJSPROCES

De commissie beoordeelt het onderwijsproces voor de Antwerpse opleidingen als goed. De master sterrenkunde scoort excellent. De andere opleidingen scoren voldoende.

De leerinhouden van de verschillende opleidingen sluiten allemaal aan bij de vooropgestelde leerresultaten. Alle bezochte opleidingen bestaan bovendien uit enkele leerlijnen. Deze leerlijnen vatten aan in de bachelor en worden doorgetrokken naar de masteropleidingen. Een eerste leerlijn in de bacheloropleidingen behandelt de **algemene natuurkunde**, waarbij gradueel het vereiste abstractieniveau toeneemt. Deze leerlijn is aan alle opleidingen zeer sterk ontwikkeld.

Alle opleidingen hechten veel belang aan een **sterke wiskundige basis** in het begin van de bacheloropleiding. De leerlijn wiskunde is aan alle instellingen zeer diepgaand uitgebouwd, maar de studeerbaarheid van deze opleidingsonderdelen wordt door een merendeel van de studenten als zwaar ervaren. Naar het oordeel van de commissie is de leerlijn wiskunde één van de grootste oorzaken van de grote drop-out in het eerste jaar. Door de grote

nadruk op wiskunde in het eerste jaar is er bovendien in alle opleidingen weinig ruimte om **moderne fysieke concepten en toepassingen** aan het begin van de bachelor te integreren. De commissie vindt dit vooral een gemis in Leuven, Gent en Brussel. Ze meent dat moderne (astro-)fysica in het begin van de bachelor als smaakmaker kan fungeren, om de motivatie bij de studenten en de aantrekkelijkheid van het programma te verhogen. Met het oog op de instroom en de doorstroom acht de commissie het zinvol deze piste te onderzoeken. De opleiding in Antwerpen doet het op dit vlak goed.

De opleidingen tonen voldoende aandacht voor **experimenteervaardigheden** en kunnen hiervoor een beroep doen op voldoende en degelijk uitgebouwde faciliteiten. De gebruikte faciliteiten omvatten zowel didactische opstellingen als zeer geavanceerde apparatuur in de onderzoeksgroepen. Qua omvang en invulling van de experimenteeroefeningen scoren de Antwerpse en Hasseltse opleiding hier de beste punten. Er wordt veel geëxperimenteerd en de oefeningen zijn modern en zeer activerend. Ook in Kortrijk wordt er degelijk geëxperimenteerd. Vooral de geïntegreerde proeven hier zijn een positief punt. Aan de VUB werden recent de practica qua opzet en invulling grondig vernieuwd, al moet er verder gegaan worden op de ingeslagen weg. In Leuven zou er dan meer geëxperimenteerd moeten worden en dienen de experimenteeroefeningen moderner te worden ingevuld. Maar ook de experimenteeroefeningen in Gent worden te 'kookboekachtig' ingevuld met daarbij weinig aandacht voor het eigen initiatief van de student. De commissie vindt het belangrijk om vanaf het eerste semester van de bachelor de studenten al zelfstandiger te laten experimenteren. Onderwijskundige professionalisering van de docenten en assistenten, als ook investeringen in de didactische labo's voor het eerste en tweede jaar, zowel op het vlak van infrastructuur als van inhoud, zijn noodzakelijk.

Ook **numerieke en computationele vaardigheden** komen in alle programma's aan bod. De opleidingen aan de UGent scoren hiervoor het best. Over de aandacht voor communicatievaardigheden is de commissie bij alle bezochte opleidingen positief. De Leuvense bachelor- en masteropleidingen scoren op dit vlak sterk.

Alle opleidingen streven naar **verbreding**. De bacheloropleiding in Hasselt is breed opgebouwd om doorstroom naar verschillende masters mogelijk te maken. Aan de andere opleidingen worden andere wetenschapsdoelstellingen geïntegreerd in het programma en kunnen de studenten keuzeopleidingsonderdelen opnemen. De opleiding in Kortrijk biedt een doorstroomoptie naar de ingenieurswetenschappen.

Alle bezochte opleidingen zijn **sterk onderzoeksgericht**. Reeds in de bachelor leren de studenten wetenschappelijke onderzoeksvaardigheden aan. De studenten komen al snel in het programma in aanraking met actueel onderzoek, bijvoorbeeld door het deelnemen aan colloquia en het bezoeken van onderzoeksinstellingen. Deze onderzoeksgerichtheid komt verder tot uiting tijdens de master en het schrijven van de masterproef. In Kortrijk ziet de commissie de ruimte om binnen enkele opleidingsonderdelen het academische niveau te verhogen, om de studenten zo meer vertrouwd te maken met het kritisch en academisch denken binnen een onderzoekscontext. Zeer sterk op dit punt was de master sterrenkunde. In deze opleiding worden de onderzoeksvaardigheden van de studenten bijgebracht aan de hand van verschillende onderzoeksprojecten. Een door de studenten zeer gewaardeerd onderzoeksproject is 'onderzoeksschool observatieve sterrenkunde', waar de studenten eigen waarnemingen aanvragen in professioneel format, vervolgens het eigen onderzoek uitvoeren met de Mercatortelescoop op La Palma, en ten slotte de resultaten verwerken tot een proefartikel in een professioneel tijdschrift.

De programma's leggen allemaal een grote nadruk op onderzoek en een aanzienlijk deel van de afgestudeerden gaan hierin verder. Maar ook het **niet-academische beroepenveld** heeft nood aan goed opgeleide fysici. Daarom biedt de bacheloropleiding van de KU Leuven een minor business and innovation aan (in Kortrijk heet deze minor 'economie'). Ook positief is de mogelijkheid tot het volgen van een stage in de bachelor te Kortrijk. Ook de programma's aan de UGent en de UAntwerpen scoren op dit vlak redelijk. Aan de UHasselt werd recent aangevat met een project om de employability skills van de studenten te trainen, maar dit project moet nog worden versterkt. Toch zou de aandacht voor het niet-academische beroepenveld (onderwijs, consultancy, bank en financiën...) in alle opleidingen moeten toenemen. De studenten moeten inzien dat er voor een fysicus meer carrièremogelijkheden zijn dan enkel (academisch) onderzoeker. Onder andere het zichtbaar maken van het leraarsberoep, het regelmatig organiseren van excursies naar bedrijven en het uitnodigen van gastdocenten zullen dit aspect versterken.

Alle instellingen bieden in de masteropleiding een traject aan dat gericht is op economie en bedrijfskunde. Deze trajecten omvatten inleidende opleidingsonderdelen over o.a. micro- en macro-economie, financiën en projectmanagement. Toch moet de invulling van deze trajecten attractiever. De Antwerpse opleiding is hiermee mooi aan de slag gegaan door een traject aan te bieden dat gericht is op ondernemen en technologie. Ook de master sterrenkunde overweegt een dergelijk traject in te bouwen.

Ook de aandacht voor het **leraarsberoep** zou meer aan het licht moeten komen in de opleidingen. Aan de KU Leuven kunnen studenten reeds in de bachelor een deel van de lerarenopleiding opnemen. Verder kunnen de studenten in aanraking komen met het leraarsberoep door een onderwijstraject in de master te volgen. Slechts weinig studenten volgen dit traject. In Antwerpen is de interesse voor dit traject redelijk te noemen. De andere opleidingen wordt aangeraden om studenten meer te motiveren dit traject te kiezen en studenten reeds in de bachelor vertrouwd te maken met het leraarsberoep.

Over het algemeen is er in alle opleidingen voldoende variatie in **werkvormen**. De Brusselse, Hasseltse, Kortrijkse, maar vooral de Antwerpse opleidingen staan het verst in het lesgeven op een actieve manier. De Leuvense fysica-opleiding, maar vooral die in Gent, dienen hier een inhaalbeweging in te zetten. Ook op het vlak van de oefenzittingen dienen beide opleidingen stappen voorwaarts te zetten. In de master sterrenkunde is er variatie in werkvormen en veel ruimte voor discussie. Het cursusmateriaal is overal degelijk uitgewerkt.

De aandacht voor **onderwijsvernieuwing en programmaontwikkeling** is in Leuven dan weer groot. Het Leuvense OASE-project verdient hier speciale vermelding. Ook de Hasseltse opleiding kent een zeer degelijk uitgewerkt opleidingsconcept. De Antwerpse opleiding heeft in navolging van de vorige visitatie de kans gegrepen om het programma grondig te hervormen. In Brussel vond recent nog een rationalisatie van het programma plaats.

De **samenhang** van de programma's is op orde, maar met betrekking tot de Leuvense masteropleiding en de Gentse opleiding heeft de commissie toch enkele punten van zorg. In Leuven opereren de onderzoeksgroepen in de master zeer los van elkaar. Een aangekondigde programmahervorming belooft evenwel verbetering. In Gent mist de commissie afstemming tussen de docenten en merkt ze overlap in het programma. Het grootste probleem is evenwel het naast elkaar bestaan van enerzijds een vakgroep 'fysica en sterrenkunde' en anderzijds een vakgroep 'vastestofwetenschappen'. Het naast elkaar werken van deze twee vakgroepen leidt er toe dat de masterstudenten, afhankelijk van de richting die ze uitgaan, verschillend worden benaderd in het programma.

De **kwaliteit van de docenten** is aan alle bezochte instellingen naar behoren. De docenten voeren modern en internationaal toonaangevend onderzoek en introduceren dit in het onderwijsprogramma. De onderwijs-

kundige kwaliteiten van de docenten zijn aan de maat, maar aan geen enkele bezochte opleiding wordt door de zittende docenten systematisch deelgenomen aan onderwijskundige professionaliseringsactiviteiten. Dit is een gemis. De jonge en nieuwe docenten nemen hier wel aan deel.

De **kwantiteit van de docenten** en assistenten is overal aan de maat. Sommige docenten kennen een grote onderwijstaak, en anderen een zeer kleine. Aan de UHasselt moet op termijn een bijkomend theoretisch fysicus worden aangeworven, aan de VUB is er nood aan extra sterrenkundige capaciteit. In Leuven zorgt het OASE-project voor extra werk in de bachelor. Positief punt in Antwerpen is de aanwezigheid van vrouwelijke staf die als rolmodel voor meisjes kunnen dienen.

De **studenteninstroom** is aan alle opleidingen aan de lage kant, vooral voor de KULAK, de VUB en de UHasselt is dit problematisch. Ondanks de inspanningen die de opleidingen leveren, is het imago van bètawetenschappen weinig aantrekkelijk en vinden leerlingen met een sterke wiskundige kennis sneller hun weg naar de ingenieursstudies. De opleidingen moeten gezamenlijk werk maken van de aantrekking van het diploma en van de fysicus een beeld geven dat complementair is met dat van de ingenieur.

De kleinschaligheid van de verschillende opleidingen leidt er dan weer toe dat de **studiebegeleiding** veelal vlot verloopt. Aan alle instellingen zijn er degelijk uitgebouwde (centrale) diensten die zich richten op studiebegeleiding, maar veelal wordt er ook een grote inspanning geleverd door de docenten en assistenten. De Vrije Universiteit Brussel en de opleiding in Kortrijk scoren op dit vlak het best, de UGent moet dan weer een tandje bijsteken.

Ook de **interne kwaliteitszorg** plukt de vruchten van de kleinschaligheid van de opleidingen. Aan alle bezochte instellingen functioneren de formeel ontwikkelde wegen degelijk. Zo zijn er voldoende overlegorganen en worden tegelijk regelmatig bevestigingen georganiseerd. Aan de UAntwerpen worden bovendien focusgroepengesprekken georganiseerd. Door de kleinschaligheid van de opleidingen zijn het veelal de informele kanalen die het meest effectief blijken.

Alle opleidingen tonen aandacht voor **internationalisering** in het programma. Positief zijn de Engelstalige opleidingen in Leuven (fysica en sterrenkunde) en Antwerpen. Gent, Brussel en Antwerpen kennen een verplichte studentenmobiliteit. Bovendien kent de UAntwerpen een bi-diploma met

Université Pierre et Marie Curie, Parijs of met de University Uppsala, Uppsala en kent de UHasselt een samenwerking met de Technische Universiteit Eindhoven. De buitenlandmobiliteit in de master onder de vorm van reguliere Erasmusuitwisseling is aan alle opleidingen eerder beperkt.

Aan alle bezochte instellingen komen de studenten terecht in een uitdagende en motiverende leeromgeving. Aan de KU Leuven, de UGent en de UA wordt de leeromgeving bovendien versterkt door de aanwezigheid van de studentenkring.

Alle opleidingen voldoen volgens de commissie aan de basiskwaliteit die men binnen internationale normen mag verwachten van natuurkundige opleidingen. De Antwerpse bachelor- en masteropleiding scoort evenwel systematisch beter. Zo kent het Antwerpse programma een goed evenwicht tussen de wiskundige basis, het aandeel moderne fysica in het eerste jaar en de goed uitgewerkte experimenteeroefeningen. Ook de aandacht voor het niet-academisch beroepenveld en het leraarsberoep is in deze opleiding tevredenstellend te noemen. Andere sterke punten van deze opleiding zijn de kwaliteitszorg, de gehanteerde werkvormen en de internationalisering in het programma.

De master sterrenkunde kan volgens de commissie gelden als een internationaal voorbeeld van masteronderwijs. Het niveau van de leerinhouden, de inspanningen die de docenten leveren om innoverend onderwijs te geven en de sterke onderzoeksgerichtheid, met inbegrip van de verschillende onderzoeksprojecten, zijn zeer sterke elementen van het onderwijsleerproces.

GENERIEKE KWALITEITSWAARBORG 3 - GEREALISEERDE EINDNIVEAU

De commissie beoordeelt het gerealiseerde eindniveau voor de Brusselse, Gentse, Leuvense en Antwerpse opleidingen als goed. De opleiding in Hasselt en KULAK scoren voldoende.

De UHasselt, de VUB en de KU Leuven hanteren een universiteitsbrede of facultaire visie op **toetsen en evalueren**. Aan de KU Leuven zal er in de nabije toekomst werk gemaakt worden van een opleidingsspecifieke toetsvisie. Aan de Antwerpse opleidingen is het toetsbeleid, dat neergeschreven werd in een opleidingsspecifiek toetsplan, het sterkst ontwikkeld. De opleidingen aan de UGent moeten op dit vlak stappen voorwaarts zetten.

Wel hebben alle opleidingen een impliciet gedragen visie op toetsen en evalueren en hanteren ze een toetsmethodiek die in het verleden reeds haar nut heeft bewezen. Alle opleidingen streven naar afstemming tussen de toetsing en de leerresultaten en opteren voor variatie in de toetsmethoden. In Antwerpen en Leuven is deze variatie het grootst. De verschillende opleidingen toetsen bovendien zowel summatief als formatief. Het aandeel formatieve toetsing in Brussel, met daarbij feedback, ligt hoog. In Hasselt en Leuven is dit nu zeker op orde, maar zijn er kansen om dit uit te breiden in functie van het gekozen onderwijsconcept. In de master sterrenkunde is de toetsing goed en zelfs innovatief ingevuld. Aan de UGent moet er meer gevarieerd worden en moet de toetsing formatiever worden, met meer ruimte voor feedback.

De toetsing is bovendien overal betrouwbaar. In Brussel en Leuven worden de toetsen regelmatig besproken in de schoot van de opleidingsraad. Ook de studentenevaluaties die de verschillende instellingen organiseren leggen problemen met de toetsing snel bloot. Om de transparantie van de toetsing te verhogen maken veel docenten binnen de verschillende opleidingen gebruik van verbeterersleutels en criteria. De UAantwerpen staat hierin het verst.

De kwaliteit van de **bachelorproeven** is overal op orde. Wel verschilt de oriëntatie en de aanpak van de bachelorproef. De bachelorproef in Antwerpen en Leuven is het meest uitgebreid en bestaat uit een theoretisch en experimenteel deel. In Gent en Brussel is de bachelorproef experimenteel georiënteerd. In Hasselt worden zowel experimentele als theoretische bachelorproeven geschreven. Op het moment van het bezoek in Hasselt waren een aantal theoretische bachelorproeven opgevat als literatuurstudies. Dit is voor de commissie een te weinig uitdagende opdracht. Ook de aanpak van de bachelorproef verschilt tussen de instellingen. Aan de KU Leuven worden de studenten zeer nauw betrokken bij het lopend onderzoek en worden zij letterlijk deel van de onderzoeksgroep. Aan de UAantwerpen en de UGent kan dit versterkt worden. De **masterproeven** zijn overal van zeer hoog wetenschappelijk niveau. Ongeveer een kwart van de masterproeven leidt aan alle opleidingen tot een publicatie.

Voor zowel de beoordeling van de bachelorproeven en de masterproeven werden door de opleidingen uniforme beoordelingsformulieren uitgewerkt. Mooi initiatief van de UAantwerpen is de uitgevoerde externe benchmarking van de scores van de masterproeven.

De **inzetbaarheid van de alumni** is aan alle opleidingen op orde. De alumni vinden bovendien allemaal snel werk. Een meerderheid van de afgestudeerden stroomt door naar een doctoraat. De uitstroom naar het niet-academisch beroepenveld (industrie, consultancy, financiële sector...) verschilt sterk. De breedheid van de uitstroom aan de VUB is het geringst, aan de UGent is deze het grootst. In de master sterrenkunde is de uitstroom, omwille van het profiel van deze opleiding, sterk gericht op onderzoek. De uitstroom naar het onderwijs is aan alle Vlaamse fysica opleidingen laag. De bachelorstudenten aan de UHasselt kunnen een masterstudie aanvatten in het domein van de fysica of de ingenieurswetenschappen. De opleiding te Kortrijk bood in het verleden slechts twee jaar van de bacheloropleiding aan. Bijgevolg kon de commissie niet met afgestudeerden spreken en kon ze geen bachelorproeven inkijken. Dit laatste is voor de commissie een doorslaggevend argument om de score voldoende toe te kennen.

De cijfers over het diplomarendement en de studieduur zijn aan alle bezochte opleidingen op orde. Niettemin is de drop-out in de bachelor, in vergelijking met natuurkunde opleidingen in de buurlanden, hoog. Op dit vlak dienen alle opleidingen bijkomende inspanningen te leveren. De gemiddelde studieduur van de bachelor ligt tussen de drie en de vier jaar. In de master ligt de gemiddelde studieduur op twee jaar en is de drop-out bijna onbestaande.

Alle opleidingen beschikken volgens de commissie over een valabele, betrouwbare en transparante visie op toetsen. Bovendien leveren alle opleidingen alumni af van prima kwaliteit. Dit blijkt uit de kwaliteit van de eindwerken. De opleidingen overstijgen de basiskwaliteit en daarom kent de commissie de score goed toe. De opleiding in Hasselt krijgt van de commissie de score voldoende om zij werk moet maken van een uitdagendere invulling van de bachelorproef. De opleiding te Kortrijk krijgt voldoende omdat op het moment van het bezoek er nog geen studenten waren die de volledige drie jaar in Kortrijk hebben doorlopen en er bijgevolg nog geen bachelorproeven voorhanden waren.

HOOFDSTUK V

Tabel met scores

In de hierna volgende tabel wordt het oordeel van de commissie op de drie generieke kwaliteitswaarborgen uit het accreditatiekader weergegeven.

Per generieke kwaliteitswaarborg (GKW) wordt in de tabel aangegeven of de opleiding hier volgens de commissie onvoldoende, voldoende, goed of excellent scoort. De commissie geeft ook een eindoordeel over de kwaliteit van de opleiding als geheel aan de hand van dezelfde vierpuntschaal.

In de opleidingsrapporten is inzichtelijk gemaakt hoe de commissie tot haar oordeel is gekomen. Het is dan ook duidelijk dat de scores in onderstaande tabel gelezen en geïnterpreteerd moeten worden in samenhang met de onderbouwing ervan in de opleidingsrapporten.

Verklaring van de scores op de **generieke kwaliteitswaarborgen**:

- Voldoende (V)** De opleiding voldoet aan de basiskwaliteit.
- Goed (G)** De opleiding overstijgt systematisch de basiskwaliteit.
- Excellent (E)** De opleiding steekt ver uit boven de basiskwaliteit en geldt hierbij als een (inter)nationaal voorbeeld.
- Onvoldoende (O)** De generieke kwaliteitswaarborg is onvoldoende aanwezig.

Regels voor het bepalen van de scores voor het **eindoordeel**:

- Voldoende (V)** het eindoordeel over een opleiding is 'voldoende' indien de opleiding aan alle generieke kwaliteitswaarborgen voldoet.
- Goed (G)** het eindoordeel over een opleiding is 'goed' indien daarenboven ten minste twee generieke kwaliteitswaarborgen als 'goed' worden beoordeeld, waaronder in elk geval de derde: gerealiseerd eindniveau.
- Excellent (E)** het eindoordeel over een opleiding is 'excellent' indien daarenboven ten minste twee generieke kwaliteitswaarborgen als 'excellent' worden beoordeeld, waaronder in elk geval de derde: gerealiseerd eindniveau.
- Onvoldoende (O)** het eindoordeel over een opleiding – of een opleidingsvariant – is 'onvoldoende' indien alle generieke kwaliteitswaarborgen als 'onvoldoende' worden beoordeeld.
- Voldoende met beperkte geldigheidsduur (V*)** het eindoordeel over een opleiding – of een opleidingsvariant – is 'voldoende met beperkte geldigheidsduur', d.w.z. beperkter dan de accreditatietermijn, indien bij een eerste visitatie één of twee generieke kwaliteitswaarborgen als 'onvoldoende' worden beoordeeld.

	GKW 1 Beoogd eindniveau	GKW 2 Onderwijsproces	GKW 3 Gerealiseerd eindniveau	Eindoordeel
UA Bachelor	G	G	G	G
UA Master (NL)	V	G	G	G
UA Master (ENG)	V	G	G	G
UGent Bachelor	V	V	G	V
UGent Master	V	V	G	V
UHasselt Bachelor	G	V	V	V
KU Leuven Bachelor	G	V	G	G
KU Leuven Bachelor (Kulak)	V	V	V	V
KU Leuven Master Fys (NL)	V	V	G	V
KU Leuven Master Phys (ENG)	V	V	G	V
KU Leuven Ster (NL)	V	E	G	G
KU Leuven Master Astro (ENG)	V	E	G	G
KU Leuven manama Med. St. Fysica	V	V	V	V
VUB Bachelor	V	V	G	V
VUB Master	V	V	G	V

DEEL 2

Opleidingsrapporten

VRIJE UNIVERSITEIT BRUSSEL

Bachelor of Science in de fysica en de sterrenkunde

SAMENVATTING Bachelor of Science in de fysica en de sterrenkunde Vrije Universiteit Brussel

Van 28 tot en met 30 oktober werd de Bachelor of Science in de fysica en de sterrenkunde van de Vrije Universiteit Brussel, in het kader van een onderwijsvisiteatie op haar kwaliteit geëvalueerd door een commissie van onafhankelijke experts. In deze samenvatting, die een momentopname weergeeft, worden de belangrijkste bevindingen van de commissie opgelijst.

Profilering

De bachelor wordt ingericht door de faculteit Wetenschappen en Bio-ingenieurswetenschappen.

De bachelor legt sterke nadruk op de wiskundige en wetenschappelijke basis van de fysica en de sterrenkunde. Verder zijn ook experimenteervaardigheden, vertrouwdheid met actuele computertechnieken, communicatievaardigheden en aandacht voor wetenschappelijk onderzoek belangrijke leerdoelen van de bacheloropleiding. De opleiding legt bovendien bijzondere nadruk op sterrenkunde.

In academiejaar 2012-2013 volgden 45 studenten de bacheloropleiding, waarvan 21 generatiestudenten. Zes vrouwelijke studenten volgden de opleiding.

Programma

In deze structuur omvat de bacheloropleiding in de fysica en de sterrenkunde een verplicht gedeelte van 132 studiepunten, deels gezamenlijk voor studenten fysica, chemie, wiskunde en ingenieurswetenschappen, en een flexibel opleidings specifiek gedeelte van 48 studiepunten. Doel hiervan was om enerzijds de studenten een bredere wetenschappelijke basis aan te bieden en anderzijds de onderwijsmiddelen efficiënter in te zetten.

De studenten uit het eerste jaar krijgen enerzijds een brede basiskennis van de algemene natuurkunde en anderzijds een grondige wiskundige basis. De leerlijn algemene natuurkunde wordt vanaf het tweede en derde jaar verdergezet met meer verdiepende opleidingsonderdelen. Eveneens komt moderne fysica aan bod, bijvoorbeeld in het kader van het Seminarie Actuele wetenschappen en samenleving, maar al bij al is dit te weinig en te impliciet. Dit geldt a fortiori voor de astrofysica die in de eerste bachelor geheel ontbreekt.

Het programma toont verder voldoende aandacht voor de experimenteervaardigheden van de studenten. Met de lancering van het project 'de kookboektraditie voorbij', heeft de opleiding de labo-oefeningen recent vernieuwd en wil ze af van de klassieke kookboekmethode voor het uitvoeren van experimenten. Dit laatste kan wel nog worden versterkt. Ook computationele en numerieke vaardigheden kennen hun plaats in het programma. De studenten leren werken met relevante software voor statistische en numerieke toepassingen. Ten slotte wordt ook aan mondelinge en schriftelijke communicatievaardigheden aandacht besteed, reeds vanaf het eerste jaar in de bacheloropleiding, zodat de studenten in staat zijn te communiceren met vakgenoten en het brede publiek.

De opleiding is sterk onderzoeksgericht. Reeds in de bachelor leren de studenten wetenschappelijke onderzoeksvaardigheden aan. De studenten komen al snel in het programma in aanraking met actueel onderzoek, bijvoorbeeld door het deelnemen aan colloquia en het bezoeken van onderzoeksinstellingen. Maar ook het niet-academische beroepenveld heeft nood aan goed opgeleide fysici. De aandacht hiervoor moet versterkt worden.

Er is voldoende variatie in onderwijsmethodiek en er wordt gebruikt gemaakt van activerende werkvormen. De kleinschaligheid van de opleiding draagt hiertoe bij. Hierdoor is er veel ruimte voor discussie. Het studiemateriaal dat zowel bestaat uit handboeken, als uit slides en syllabi, is op orde.

In het bachelorprogramma wordt aandacht gegeven aan internationalisering. De opleiding zet in op internationalisation@home door de studenten gebruik te laten maken van Engelstalige literatuur en hen op te nemen in de onderzoeksgroepen, waar ze in contact komen met buitenlandse onderzoekers. Daarnaast wordt een buitenlandse reis georganiseerd naar CERN. Ook hebben de studenten de mogelijkheid om naar het buitenland te gaan via een Erasmusprogramma.

In de bachelorproef behandelen de studenten een experimenteel georiënteerd onderwerp. De studenten worden tijdens het werken aan de bachelorproef een eerste maal opgenomen in de onderzoeksgroepen. Het niveau van de bachelorproeven is prima.

Beoordeling en toetsing

In de opleiding ligt het hoofddaccent op de mondelinge evaluatie waarbij voornamelijk inzicht maar ook toepassing van concepten en theorieën aan bod komen. De mondelinge evaluatie wordt in bijna alle opleidingsonderdelen gecombineerd met een evaluatie van geschreven probleemoplossingen of projectrapporten. In het eerste jaar van de bachelor wordt in een aantal opleidingsonderdelen ook tussentijds en formatief getoetst. Na de toets krijgen de studenten directe feedback en kunnen ze, indien nodig, bijkomende hulp krijgen van de monitoren of de studiebegeleider.

Begeleiding en ondersteuning

De labo-oefeningen werden recent vernieuwd. De opleiding heeft didactische labo-opstellingen ter beschikking die gebruikt worden voor de practica van de bachelor. Tijdens de bachelorproef worden de studenten ondergebracht in de onderzoeksgroepen en maken ze gebruik van de labo-opstellingen die zich aldaar bevinden. Het gaat dan onder andere om het remote lab en het astrolab. Deze zijn zeer modern.

De studiebegeleiding aan de VUB is zeer sterk uitgebouwd en start reeds voordat de studenten zijn ingeschreven. Geïnteresseerden kunnen op de portaalwebsite van VUB terecht omtrent de vereiste voorkennis, met name dan over wiskunde, chemie en fysica, die nodig is om de opleiding aan te vatten. Daarnaast zijn ook online-zelftests beschikbaar die de abiturienten in staat stellen een goed beeld te vormen van de nodige voorkennis. Daarnaast stelt het studiebegeleidingscentrum (SBC) zelfstudiemateriaal ter beschikking. De studenten die zich hebben ingeschreven voor de opleiding kunnen in september vrijblijvend deelnemen aan de brugcursussen.

In de eerste week van het semester wordt bij alle eerstejaars van de faculteit wetenschappen een pretoets wiskunde en fysica afgenomen om de vakinhoudelijke kennis van de studenten na te gaan. Het SBC voorziet hierna in individuele opvolging en begeleiding. Ook tijdens het vervolg van het eerste bachelorjaar worden de studenten van dichtbij opgevolgd door het SBC. Zo nodigen de begeleiders van het SBC alle eerstejaars uit voor een individueel gesprek waar de studievoortgang en eventueel de resultaten van de eerste tussentijdse toetsen worden besproken. Daarnaast stelt de opleiding een bijkomend begeleidingsaanbod ter beschikking: het Very Intensive Program (VIP). VIP biedt de studenten vakinhoudelijke ondersteuning door middel van lessen en workshops waar zowel theorie als oefeningen aan bod komen. Ook examenvorbereidende sessies behoren tot VIP.

Slaagkansen en beroepsmogelijkheden

De cijfers over het diplomarendement, de drop-out en de studieduur, liggen in de lijn met de andere Vlaamse opleidingen fysica (en sterrenkunde). De studie-uitval in het eerste bachelorjaar is hoog. De tijd tot het behalen van het diploma schommelt voor de bachelor tussen de drie en de vier jaar.

Na hun studies gaat de meerderheid van de afgestudeerden van de bachelor verder naar de master.

VRIJE UNIVERSITEIT BRUSSEL

Master of Science in de fysica en de sterrenkunde

SAMENVATTING Master of Science in de fysica en de sterrenkunde Vrije Universiteit Brussel

Van 28 tot en met 30 oktober werd de Master of Science in de fysica en de sterrenkunde van de Vrije Universiteit Brussel, in het kader van een onderwijsvisiteatie op haar kwaliteit geëvalueerd door een commissie van onafhankelijke experts. In deze samenvatting, die een momentopname weergeeft, worden de belangrijkste bevindingen van de commissie opgelijst.

Profilering

De master wordt ingericht door de faculteit Wetenschappen en Bio-ingenieurswetenschappen.

De master legt sterke nadruk op de wiskundige en wetenschappelijke basis van de fysica en de sterrenkunde. Verder zijn ook experimenteervaardigheden, vertrouwdheid met actuele computertechnieken, communicatievaardigheden en aandacht voor wetenschappelijk onderzoek belangrijke leerdoelen. De opleiding legt bovendien bijzondere nadruk op sterrenkunde. De leerdoelen voor de afstudeerrichting bedrijfskunde en economie zijn dan weer te veel gericht op economie en te weinig op ondernemerschap en technologie.

In academiejaar 2012-2013 telde de masteropleiding 12 studenten, waarvan 4 meisjes.

Programma

De masteropleiding bestaat uit vier blokken van 30 studiepunten: het eerste pakket bestaat uit verplichte opleidingsonderdelen, het tweede pakket omvat de afstudeerrichting (onderzoek, economie en bedrijfskunde en onderwijs), het derde is de masterproef en ten slotte is er nog een pakket met keuzeopleidingsonderdelen. De afstudeerrichting onderzoek wordt georganiseerd in samenwerking met de Universiteit Gent. Deze samenwerking situeert zich op het vlak van hoge-energiefysica en astrodeeltjesfysica. Het gaat niet om een gezamenlijke opleiding, maar om het uitwisselen van opleidingsonderdelen.

De studenten uit de afstudeerrichting onderzoek volgen verplicht een mobiliteitscomponent. Dat wil zeggen dat ze verplicht zijn om 12 studiepunten buiten de thuisuniversiteit op te nemen. Dit kunnen ze bijvoorbeeld doen door een (bedrijfs)stage te volgen, door keuzeopleidingsonderdelen op te nemen van een andere Vlaamse universiteit, of in het kader van een internationale uitwisseling. De opleiding zet verder in op internationalisation@home door de studenten gebruik te laten maken van Engelstalige literatuur en hen op te nemen in de onderzoeksgroepen, waar ze in contact komen met buitenlandse onderzoekers. Daarnaast wordt een buitenlandse reis georganiseerd naar CERN. De buitenlandmobiliteit, onder de vorm van Erasmusuitwisselingsprogramma's, is mogelijk maar beperkt.

Er is voldoende variatie in onderwijsmethodiek en er wordt gebruikt gemaakt van activerende werkvormen. De kleinschaligheid van de opleiding draagt hiertoe bij. In het kader van de samenwerking met de UGent wordt ook een aantal vakken via teleclassing gegeven. Dit maakt het mogelijk dat studenten de lessen van een andere instelling in Brussel kunnen bijwonen. Het studiemateriaal dat zowel bestaat uit handboeken, als uit slides en syllabi, is op orde.

Het wetenschappelijk niveau van de masterproeven is hoog. Ongeveer één op drie masterproeven leidt tot een wetenschappelijke publicatie. De studenten worden tijdens het werken aan de eindproeven opgenomen in de onderzoeksgroepen. De studenten die een sterrenkundig onderwerp willen behandelen kunnen dit ook doen in samenwerking met de Universiteit Gent.

Beoordeling en toetsing

In de opleiding ligt het hoofddaccent op de mondelinge evaluatie waarbij voornamelijk inzicht maar ook toepassing van concepten en theorieën aan bod komen. De mondelinge evaluatie wordt in bijna alle opleidingsonder-

delen gecombineerd met een evaluatie van geschreven probleemoplossingen of projectrapporten. Ook wordt er tussentijds en formatief getoetst. Na de toets krijgen de studenten directe feedback.

Begeleiding en ondersteuning

Tijdens de masterproef worden de studenten ondergebracht in de onderzoeksgroepen en maken ze gebruik van de labo-opstellingen die zich aldaar bevinden. Het gaat dan onder andere om het remote lab en het astro-lab. Deze zijn zeer modern.

De begeleidende diensten aan de VUB zijn degelijk uitgebouwd. De masterstudenten zullen eerder de docenten en assistenten aanspreken met inhoudelijke vragen. Door de lage studentenaantallen en kleinschaligheid van de opleiding zijn er veel informele kanalen tussen studenten en docenten.

Slaagkansen en beroepsmogelijkheden

De cijfers over het diplomarendement, de drop-out en de studieduur, liggen in de lijn met de andere Vlaamse opleidingen fysica (en sterrenkunde). De studie-uitval in de master is bijna onbestaande. Ook de studievertraging is beperkt.

De inzetbaarheid van de alumni is breed. Een meerderheid van de afgestudeerden stroomt door naar een doctoraat. Verder is er een uitstroom naar de industrie, consultancy, financiële sector of onderwijs. De uitstroom naar de laatste sector is, net zoals aan de andere Vlaamse fysica opleidingen, laag. Een meerderheid van de alumni geeft aan snel werk te vinden. Enkele alumni hadden evenwel geen duidelijk zicht gekregen op het beroepsbeeld van de fysicus.

OPLEIDINGSRAPPORT Bachelor en Master of Science in de fysica en de sterrenkunde Vrije Universiteit Brussel

Woord vooraf

Dit rapport behandelt de Bachelor en Master of Science in de fysica en de sterrenkunde aan de Vrije Universiteit Brussel. De visitatiecommissie bezocht deze opleidingen van 28 tot en met 30 oktober 2013.

De visitatiecommissie beoordeelt de opleidingen aan de hand van de drie generieke kwaliteitswaarborgen uit het VLUHR-beoordelingskader. Dit kader is afgestemd op de accreditatievereisten zoals gehanteerd door de NVAO. Voor elke generieke kwaliteitswaarborg geeft de commissie een gewogen en gemotiveerd oordeel op een vierpuntenschaal: onvoldoende, voldoende, goed of excellent. Bij de beoordeling van de generieke kwaliteitswaarborgen betekent het concept 'basiskwaliteit' dat de generieke kwaliteitswaarborg aanwezig is en de opleiding – of een opleidingsvariant – voldoet aan de kwaliteit die in internationaal perspectief redelijkerwijs mag worden verwacht van een bachelor- of masteropleiding in het hoger onderwijs. De score voldoende wijst er op dat de opleiding voldoet aan de basiskwaliteit en een acceptabel niveau vertoont voor de generieke kwaliteitswaarborg. Indien de opleiding goed scoort dan overstijgt ze systematisch de basiskwaliteit voor de generieke kwaliteitswaarborg. Bij een score excellent steekt de opleiding ver uit boven de basiskwaliteit voor de generieke kwaliteitswaarborg en geldt ze hierbij als een (inter)nationaal voorbeeld. De score onvoldoende getuigt dan weer dat de generieke kwaliteitswaarborg onvoldoende aanwezig is.

De oordelen worden onderbouwd met feiten en analyses. De commissie heeft inzichtelijk gemaakt hoe zij tot haar oordeel is gekomen. De commissie geeft ook een eindoordeel over de kwaliteit van de opleiding als geheel aan de hand van dezelfde vierpuntenschaal. De oordelen en aanbevelingen hebben betrekking op de opleiding met alle daaronder ressorterende varianten, tenzij anders vermeld. De afstudeerrichting 'onderwijs' wordt niet meegenomen in de beoordeling.

De commissie beoordeelt de kwaliteit van de opleiding zoals zij die heeft vastgesteld op het moment van het visitatiebezoek. De commissie heeft zich bij haar oordeel gebaseerd op het zelfevaluatierapport en de informatie die voortkwam uit de gesprekken met de opleidingsverantwoordelijken, de lesgevers, de studenten, de alumni, de assistenten en de verantwoor-

delijken op opleidingsniveau voor interne kwaliteitszorg en studiebegeleiding. De commissie heeft ook een selectie van het studiemateriaal, de afstudeerwerken en de examenvragen bestudeerd. Tevens is door de commissie een bezoek gebracht aan de opleidingsspecifieke faciliteiten zoals de laboratoria en het studiebegeleidingscentrum.

Naast het oordeel formuleert de visitatiecommissie in het rapport aanbevelingen in het kader van het verbeterperspectief. Op die manier wenst de commissie bij te dragen aan de kwaliteitsverbetering van de opleiding. De aanbevelingen zijn opgenomen bij de respectieve generieke kwaliteitswaarborgen. Aan het eind van het rapport is een overzicht opgenomen van verbeter suggesties.

De vakgroepraad van natuurkunde en sterrenkunde (DNTK) is bevoegd voor aanstellingen en verlengingen van mandaten, alsook voor programawijzingen. De vakgroepraad wordt hierin bijgestaan door het adviseerende Curriculum Board. Het Curriculum Board overziet de opleiding en fungeert als klankbord voor zowel docenten als studenten. Indien nodig adviseert het Curriculum Board aanpassingen voor het onderwijsprogramma aan de opleidingsraden, welke dan worden voorgelegd aan de RDNTK die ze aftoetst aan de langetermijnvisie en de financiële haalbaarheid. Daarnaast bestaan opleidingsraden voor het bachelor- en het masterprogramma, die de opleidingen overzien.

De faculteit wetenschappen heeft in 2010 haar bachelorprogramma's grondig aangepast. In deze structuur omvat de bacheloropleiding in de fysica en de sterrenkunde een verplicht gedeelte van 132 studiepunten, deels gezamenlijk voor studenten fysica, chemie, wiskunde en ingenieurswetenschappen, en een flexibel opleidings specifiek gedeelte van 48 studiepunten. Doel hiervan was om enerzijds de studenten een bredere wetenschappelijke basis aan te bieden en anderzijds de onderwijsmiddelen efficiënter in te zetten.

De masteropleiding bestaat uit vier blokken van 30 studiepunten: het eerste pakket bestaat uit verplichte opleidingsonderdelen, het tweede pakket omvat de afstudeerrichting (onderzoek, economie en bedrijfskunde en onderwijs), de derde is de masterproef en ten slotte is er nog een pakket met keuzeopleidingsonderdelen. De afstudeerrichting onderzoek wordt georganiseerd in samenwerking met de Universiteit Gent. Deze samenwerking situeert zich op het vlak van hoge-energiefysica en astrodeeltjesfysica. Het gaat niet om een gezamenlijke opleiding, maar om het uitwisselen van opleidingsonderdelen.

De opleiding werd het laatst gevisiteerd in 2005.

In academiejaar 2012-2013 volgden 45 studenten de bacheloropleiding, waarvan 21 generatiestudenten. Zes vrouwelijke studenten volgden de opleiding. In academiejaar 2012-2013 telde de masteropleiding 12 studenten, waarvan 4 meisjes.

Generieke kwaliteitswaarborg 1 - Beoogd eindniveau

De commissie beoordeelt het beoogd eindniveau van de Bachelor en Master of Science fysica en de sterrenkunde als voldoende.

Voor de bacheloropleiding werden 8 opleidings specifieke leerresultaten (OLR) uitgeschreven. De leerresultaten werden tijdens academiejaar 2012-2013 aangepast. Daarbij werden zij afgestemd op de VUB-visie op onderwijs en het multidisciplinaire karakter van het bachelorprogramma.

Voor de masteropleiding werden 6 competentiegebieden afgebakend met daaronder 26 gemeenschappelijke opleidings specifieke leerresultaten en 2 specifieke leerresultaten per afstudeerrichting. Voor de afstudeerrichting onderzoek werden de leerresultaten in samenspraak met de Universiteit Gent opgesteld. In samenspraak met de UGent zullen de 26 OLR's in de toekomst geherformuleerd en aanzienlijk gereduceerd worden. De commissie vindt dit een goede zaak.

De commissie heeft de opleidings specifieke leerresultaten aandachtig bestudeerd en meent dat deze, voor zowel bachelor als master, **overeenstemmen met het domeinspecifiek leerresultatenkader en qua niveau en oriëntatie aansluiten bij het Vlaams Kwalificatieraamwerk.**

De leerresultaten van de bachelor en master leggen sterke nadruk op de wiskundige en wetenschappelijke basis van de fysica en de sterrenkunde. Verder zijn ook experimenteervaardigheden, vertrouwdheid met actuele computertechnieken, communicatievaardigheden en aandacht voor wetenschappelijk onderzoek belangrijke leerdoelen van de bacheloropleiding. Leerresultaten omtrent ethiek en wetenschappelijke integriteit, aandacht voor foutenanalyse en het natuurkundig beroepenveld zouden explicieter deel moeten uitmaken van de vooropgestelde leerresultaten. Specifiek voor de masteropleiding beveelt de commissie aan om de leerresultaten voor de afstudeerrichting bedrijfskunde en economie sterker technologisch in te vullen.

De opleiding heeft er voor gekozen om sterrenkunde een zichtbare plaats te geven in de leerresultaten en in de naam van het programma van de bachelor en de master. Dit vindt de commissie zeer positief. Daarnaast leert de commissie uit het zelfevaluatie rapport dat de bacheloropleiding zich profileert ten opzichte van het DLR door het multidisciplinaire karakter van de opleiding. Ook de persoonlijke studieopvolging van de studenten, tezamen met de kleinschaligheid van de opleiding, reflecteert een belangrijk aspect van de fysica-sterrenkunde bachelor aan de VUB. De masteropleiding profileert zich voorts met een verplichte mobiliteit voor studenten en het kleinschalige karakter van de opleiding. Naar het oordeel van de commissie is de nagestreefde profilering gerealiseerd maar voor wat betreft de master niet in het oog springend ten opzichte van het Vlaamse universitaire landschap.

Ten slotte meent de commissie dat **de actuele eisen van het vakgebied en het werkveld geïncorporeerd zijn in de leerresultaten.** De opleiding heeft voor de afstemming van haar leerdoelen (bachelor en master) onder meer gebruik gemaakt van de richtlijnen van de European Physical Society. Deze richtlijnen zijn een internationale consensus over de minimumeisen waaraan een bachelor- en masteropleiding in de natuurkunde dient te voldoen. Ook via de advisory board wint de opleiding extern advies in aangaande de structuur en inhoud van het programma. De commissie meent dat dit extern orgaan zeer nuttig is.

Zowel met betrekking tot de bacheloropleiding als tot de masteropleiding mist de commissie een overschouwende onderwijskundige visie. Een sterke onderwijskundige visie, zo meent de commissie, zal in de toekomst zichtbaar bijdragen aan de ontwikkeling van verschillende onderwijsvernieuingsprocessen. Bovendien moeten beide opleidingen nadenken welke rol ze in de maatschappij willen vervullen, gaande van het opleiden voor een vervolgopleiding of een graduate school, tot de studenten klaar te maken voor het onderzoek of het brede beroepenveld.

De commissie concludeert dat de leerresultaten helder zijn neergeschreven en voldoen aan het DLR en het Vlaams Kwalificatieraamwerk. Zowel de bacheloropleiding, als de masteropleiding heeft zich zichtbaar geprofileerd, en heeft zich afgestemd met het werkveld en het vakgebied. Geen van de elementen uit het beoordelingskader van 'generieke kwaliteitswaarborg 1, het beoogd eindniveau', overstijgt echter systematisch de basiskwaliteit. Dit doet de commissie besluiten de score 'voldoende' toe te kennen aan zowel de bachelor- en masteropleiding.

Generieke kwaliteitswaarborg 2 - Onderwijsproces

De commissie beoordeelt het onderwijsproces van de Bachelor en Master of Science fysica en de sterrenkunde als voldoende.

De faculteit wetenschappen heeft in 2010 haar onderwijs grondig hervormd, met de invoering van het flexibele bachelorprogramma. Twee overwegingen lagen hieraan ten grondslag: de noodzaak om de studenten een brede en algemene wetenschappelijke basiskennis aan te bieden enerzijds, en een efficiënter gebruik van de onderwijsmiddelen en -capaciteit anderzijds. In deze nieuwe structuur omvat elke bacheloropleiding 180 studiepunten, bestaande uit een verplicht gedeelte van 132 studiepunten, aangevuld met een flexibel gedeelte van 48 studiepunten. Het flexibele deel, waarbinnen de student vrij mag kiezen, bestaat uit keuzeopleidingsonderdelen, en kan zowel verbredende als verdiepende opleidingsonderdelen omvatten.

De doelstelling van de opleiding om een brede en algemene wetenschappelijk basis aan te bieden en te streven naar rationalisatie van onderwijsmiddelen is volgens de commissie zeker gerealiseerd. Bovendien toont deze hervorming dat de opleiding, en bij uitbreiding de faculteit, aandacht schenkt aan onderwijs- en curriculumvernieuwing.

Op basis van het ingekeken materiaal en de gesprekken met docenten heeft de commissie kunnen vaststellen dat **de opbouw van het programma en de leerinhouden de studenten in staat stellen de beoogde opleidings specifieke leerresultaten te bereiken**. Het programma is bovendien evenwichtig opgebouwd. Verder bevat het programma leerlijnen. De commissie licht deze hieronder toe.

De studenten uit het eerste jaar krijgen enerzijds **een brede basiskennis van de algemene natuurkunde** ('mechanica', 'experimentele fysica', 'trillingen, golven en thermodynamica') en anderzijds een **grondige wiskundige basis** ('lineaire algebra', 'toegepaste statistiek', 'analyse'). De leerlijn algemene natuurkunde wordt vanaf het tweede en derde jaar verdergezet met meer verdiepende opleidingsonderdelen ('vastestof- en stralingsfysica', 'sterrenkunde', 'kwantumfysica'...). De commissie meent dat de studenten een zeer gedegen kennis van de algemene natuurkunde en wiskunde opdoen, die aansluit bij de beoogde leerresultaten. De studeerbaarheid van de opleidingsonderdelen in de leerlijn wiskunde wordt door de studenten als zwaar ervaren en dit resulteert in een grote drop-out in het eerste jaar (zie GKW 3).

Eveneens komt moderne fysica aan bod, bijvoorbeeld in het kader van het Seminarie Actuele wetenschappen en samenleving, maar al bij al is dit te weinig en te impliciet. Meer moderne fysica zou in het eerste jaar een belangrijke smaakmaker kunnen zijn, die de instroom en doorstroom van de studenten ten goede komt. Dit geldt a fortiori voor de astrofysica die in de eerste bachelor geheel ontbreekt. De commissie beveelt aan dat in het eerste jaar hier tijd voor wordt ingeruimd. Vanaf het tweede en derde jaar komt de moderne fysica wel meer en meer aan bod, onder andere in verschillende keuzeopleidingsonderdelen.

Het programma toont verder voldoende aandacht voor de experimenteervaardigheden van de studenten. Met de lancering van het project 'de kookboektraditie voorbij', heeft de opleiding de labo-oefeningen recent vernieuwd en wil ze af van de klassieke kookboekmethode voor het uitvoeren van experimenten. De commissie staat hier zeer positief tegenover en raadt de opleiding aan met voortvarendheid verder te gaan op de ingeslagen weg. Verder meent de commissie dat de opleiding moderne didactische labo-opstellingen ter beschikking heeft die gebruikt worden voor de practica van de bachelor. Tijdens de bachelorproef en de masterproef worden de studenten ondergebracht in de onderzoeksgroepen en maken ze gebruik van de labo-opstellingen die zich aldaar bevinden. Het gaat dan onder andere om het remote lab en het astrolab. Deze zijn zeer modern.

Ook computationele en numerieke vaardigheden kennen hun plaats in het programma. **De studenten leren werken met relevante software voor statistische en numerieke toepassingen.** Positief vindt de commissie dat deze leerlijn, die begint op inleidend niveau in de bachelor, wordt doorgetrokken naar de masteropleiding. De commissie stelt vast dat de opleiding ten behoeve hiervan over voldoende computerinfrastructuur, uitgerust met de nodige software-licenties, beschikt.

Ook aan **mondelijke en schriftelijke communicatievaardigheden** wordt aandacht besteed, reeds vanaf het eerste jaar in de bacheloropleiding, zodat de studenten in staat zijn te communiceren met vakgenoten en het brede publiek. De studenten geven regelmatig mondelinge presentaties en/of verdedigen mondeling de bachelor- en masterproef.

De verschillende hierboven beschreven leerlijnen worden vervolgens verder doorgetrokken tijdens de masteropleiding. De studenten volgen vijf verplichte opleidingsonderdelen. Vier opleidingsonderdelen worden zowel aan de VUB als aan de UGent ingericht, twee opleidingsonderdelen

worden alternerend ingericht. Deze opleidingsonderdelen reflecteren de onderzoeksspecialisatie van beide instellingen. Verder kiest de student een afstudeerrichting, volgt hij de masterproef en maakt hij een selectie uit keuzeoopleidingsonderdelen. Het aandeel keuzeoopleidingsonderdelen bedraagt 30 studiepunten. Hoewel de commissie er niet voor pleit om de keuzevrijheid in te perken, meent ze toch dat de grote keuzevrijheid een potentieel gevaar inhoudt voor de samenhang van het programma. De commissie meent dat de opleiding hierop kan anticiperen door studenten goed te informeren en te begeleiden bij de inhoudelijke selectie van keuzeoopleidingsonderdelen, bijvoorbeeld door de studietrajectbegeleiders of door de (beoogde) promotor van de masterproef.

Verder komen de studenten reeds in de bachelor regelmatig in aanraking met **innoverend en actueel onderzoek**. De docenten introduceren niet alleen nieuwe ontwikkelingen uit hun eigen onderzoek of uit het bredere vakgebied in de lessen, maar spelen ook in op natuurkundige zaken die de actualiteit hebben gehaald. Dit alles maakt dat de opleiding sterk onderzoeksgericht is en dat studenten al vroeg in de bachelor een onderzoekende houding aannemen die uitmondt in de bachelorproef. Met het oog op wetenschappelijke integriteit in het modern onderzoek vindt de commissie het positief dat de studenten gedurende de opleiding vertrouwd worden gemaakt met ethische vraagstukken rond onderzoek en plagiaat, hoewel dit niet expliciet in de leerresultaten was opgenomen.

De onderzoeksgerichtheid komt het sterkst tot uiting in de masteropleiding en meer bepaald in de afstudeerrichting onderzoek. Hieromtrent is de commissie zeer tevreden met de vergaande samenwerking tussen de VUB en de UGent. Niet alleen leidde de samenwerking tot een rationalisatie van de onderwijsmiddelen, maar tegelijk tot een verrijking van het aanbod van opleidingsonderdelen. Voor de opleiding aan de VUB, die een historisch gegroeide expertise heeft op het vlak van hoge energie fysica en astrodeeltjesfysica, betekende dit een opportuniteit om sterke onderzoeksgerichte (keuze)opleidingsonderdelen in het domein van de vaste stof fysica, nanofysica en sterrenkunde aan te bieden. De commissie vindt het vooral geruststellend dat het luik sterrenkunde in de master door deze samenwerking is versterkt. De capaciteit om hoogstaand onderzoeksgericht sterrenkunde-onderwijs aan te bieden is bij VUB op dit moment niet voldoende aanwezig. De commissie is dan ook blij dat hiervoor een samenwerking met de UGent, maar ook met de Université Libre de Bruxelles werd afgesloten. Ook de samenwerking met de Koninklijke Sterrenwacht Brussel en het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie dient hier te

worden vermeld. Bovendien vernam de commissie dat het docententeam op korte termijn wordt uitgebreid met 1VTE op het vlak van sterrenkunde, een capaciteitsmaatregel die de commissie volstrekt noodzakelijk acht voor het te geven onderwijs in de sterrenkunde.

Het programma legt een grote nadruk op onderzoek en een aanzienlijk deel van de afgestudeerden gaan hierin verder. Maar ook het niet-academische beroepenveld, bestaande uit industrie, consultancy en het onderwijs, heeft nood aan goed opgeleide fysici. **Daarom moet de opleiding volgens de commissie meer werken aan de professionele gerichtheid van het programma.** De opleiding gaf tijdens het bezoek aan hiervan bewust te zijn en hier op in te spelen. Studenten krijgen in de masteropleiding de mogelijkheid om stage te lopen en te kiezen voor de afstudeerrichting economie (30 stp). Deze afstudeerrichting bestaat uit bedrijfseconomische opleidingsonderdelen op inleidend niveau, die worden aangeboden voor studenten uit de gehele faculteit wetenschappen. In het verleden hebben slechts weinig studenten voor deze afstudeerrichting gekozen. De studenten gaven als mogelijke reden dat de leerinhouden te algemeen en te inleidend van aard zijn, waardoor de meerwaarde voor de fysicastudenten niet duidelijk werd. Een afstudeerrichting die enerzijds gericht is op technologie, met inbegrip van computational sciences en numeriek modeleren, en anderzijds op ondernemerschap biedt volgens de commissie een meerwaarde. Een samenwerking met de ingenieursopleiding lijkt hierbij zeer wenselijk.

Ook in de verschillende opleidingsonderdelen, vanaf de bachelor, ziet de commissie ruimte om de studenten meer kennis te laten maken met het beroepenveld. Dit kan bijvoorbeeld doordat de docenten tijdens de colleges fysische en wiskundige toepassingen uit de industrie bespreken. Verder zouden de excursies die de opleiding nu reeds organiseert naar onderzoeksinstellingen (CERN en KMI) kunnen worden uitgebreid met excursies naar private bedrijven. Het structureel betrekken van fellows uit het bedrijfsleven is een andere mogelijkheid. Het aanstellen van een R&D manager als deeltijds hoogleraar creëert voor de opleiding en het bedrijf een win-winsituatie. Het geeft de kans om aan kennisuitwisseling te doen rond onderzoek, nieuwe publiek-private samenwerkingen op te zetten en het bevordert de mobiliteit van medewerkers en studenten.

Om **het leraarsberoep** aantrekkelijk te maken richt de opleiding een afstudeerrichting onderwijs in. Deze afstudeerrichting valt buiten de opdracht van deze visitatie. Niettemin draagt de commissie het leraarsberoep een warm hart toe en onderschrijft ze de nood aan goed opgeleide leraren fy-

sica. Daarom wil de commissie, zonder een oordeel uit te spreken over de kwaliteit van de afstudeerrichting, enkele adviezen meegeven om de interesse van studenten te wekken voor het leraarsberoep en bijgevolg de instroom in deze afstudeerrichting te vergroten. Ze stelt dat het belangrijk is om de studenten reeds in de bachelor in aanraking te laten komen met het leraarsberoep. Dit kan door enkele keuzeopleidingsonderdelen uit de specifieke lerarenopleiding op te nemen in een minor in de bachelor. Ten tweede kan een opdracht rond het vertalen van abstracte natuurkundige onderwerpen naar een breed publiek, vanuit een didactisch perspectief, bijdragen tot een grotere interesse van studenten voor het leraarsprofiel. Ook wordt geadviseerd de studenten uit de afstudeerrichting onderwijs (of de lerarenopleiding) – als die er zijn – te betrekken bij de studiebegeleiding van de bachelorstudenten. Ten slotte beveelt de commissie aan om studenten uit de afstudeerrichting onderwijs een masterproef te laten maken die een natuurkundig onderwerp behandelt op een hoog academisch niveau, maar tegelijk een link legt naar de schoolpraktijk.

Voor wat betreft de werkvormen is de commissie tevreden. Er is **voldoende variatie in onderwijsmethodiek en er wordt gebruikt gemaakt van activerende werkvormen**. De kleinschaligheid van de opleiding draagt hiertoe bij. De opleiding dient er evenwel over te waken dat het aantal contacturen in het eerste jaar niet te groot wordt. Een pluim geeft de commissie voor de inspanningen die geleverd worden in het kader van teleclassing. Dit maakt het mogelijk dat studenten de lessen van een andere instelling in Brussel kunnen bijwonen. **Ook over het studiemateriaal dat zowel bestaat uit handboeken, als uit slides en syllabi is de commissie tevreden**. Met betrekking tot het elektronisch leerplatform ziet de commissie ruimte ter versterking. Pointcarré is weliswaar goed ontwikkeld en beschikbaar op het vlak van informatie over de opleidingsonderdelen en de leerstof, maar wordt niet op een interactieve manier gebruikt.

Zoals reeds aangehaald wordt de bachelor ingericht als een flexibel programma en voor 132 studiepunten gezamenlijk ingericht voor studenten fysica, chemie, wiskunde en ingenieurswetenschappen. De commissie staat zoals gezegd positief ten opzichte van de doorgevoerde rationalisatie en vindt het bovendien waardevol dat hierdoor de klasgroepen groter worden. Dit komt de kritische massa van de studentenpopulatie ten goede. Niettemin heeft de commissie hierbij enkele bezorgdheden. Zo meent ze dat de eigenheid van een natuurkunde-opleiding niet verloren mag gaan en ze dringt er daarom bij de opleidingsverantwoordelijken op aan om blijvend te waken over de finaliteit van de verschillende studentengroepen.

Een tweede bezorgdheid bevindt zich op het domein van de samenhang en de overlap. De studenten gaven tijdens het bezoek mee dat leerinhouden van de colleges uit het eerste jaar overlap toonden omdat meerdere docenten, uit verschillende opleidingen en onderzoeksgroepen, dezelfde inhouden herhaalden. Ten slotte mag het gezamenlijk inrichten van een aanzienlijk deel van het programma er niet toe leiden dat de moderne fysica uit het programma wordt verdrongen.

De commissie meent **dat de docenten heel begaan zijn met het onderwijsproces en veel tijd investeren in het leerproces van de studenten**. De commissie stelde bovendien vast dat de docenten een sterk team vormen. Daarnaast geven de studenten aan dat de docenten ook bekwame lesgevers zijn. Dit blijkt ook uit de vele aanzetten tot onderwijsvernieuwing die de commissie heeft waargenomen. De commissie beveelt evenwel aan dat deze onderwijsvernieuwingen worden gehonoreerd en een rol spelen bij de bevordering van het personeel. Verder suggereert de commissie om de vereiste onderwijscompetenties verder te formaliseren. De docenten kunnen dan aan de hand van een portfolio aantonen hoe ze onderwijstaken verzorgen, onderwijsvernieuwingen introduceren en professionaliseringsactiviteiten bijwonen. Het professionaliseringsaanbod aan de VUB, ten slotte, is zeer uitgebreid. De assistenten en de nieuwe docenten volgen een verplichte docentenopleiding, maar de zittende docenten maken hier weinig gebruik van. De commissie beveelt een meer structureel beleid op dit vlak aan. Bijkomend suggereert de commissie om een onderwijsprijs in het leven te roepen. De commissie acht het ook zinvol om de vijf jaar te roteren in de vakaanstellingen.

De commissie heeft de cv's van de docenten ingekeken. Deze tonen aan **dat de docenten vakinhoudelijke experts zijn binnen hun onderzoeksdomein**. De docenten komen uit sterke en internationaal erkende onderzoeksgroepen/instituten waardoor er veel linken zijn tussen het gevoerde onderzoek en het onderwijs. De kwantiteit van de docenten en assistenten is op orde, zo meent de commissie. Dit is zeker te danken aan de doorgevoerde rationalisatie. De vakgroep fysica en sterrenkunde telt nu 6,9 VTE ZAP en 4 deeltijdse ZAP-equivalente docenten (FWO vaste onderzoekers, gastprofessoren). In het academiejaar 2013-2014 komt er één ZAP-equivalente docent bij, terwijl 3 van de 4 deeltijdse gastprofessoren hun onderwijs zullen stopzetten. Het nieuwe ZAP-lid zal een onderzoek- en onderwijsprofiel hebben in het domein van de sterrenkunde. De commissie juicht dit toe.

De kwantiteit van de docenten en assistenten is mede op orde te noemen door de – naar Europese normen en per hoofd van de bevolking – **zeer lage studenteninstroom**. De commissie deed deze vaststelling aan alle bezochte opleidingen, maar aan de opleiding aan de VUB was de lage instroom zeer problematisch. Zo startten in academiejaar 2012-2013 tussen 5 en 14 studenten in het eerste jaar van de bachelor. De totale studentenpopulatie van de bachelor lag rond de 30 studenten. In academiejaar 2012-2013 startten 20 studenten in het eerste jaar en ook voor academiejaar 2013-2014 lagen de aantallen in die grootteorde. In de masteropleiding waren de voorbije jaren tussen 8 en 12 studenten ingeschreven. Hoewel de voorbije jaren de studentenaantallen er op vooruit gingen, vindt de commissie de instroom nog steeds te laag. Een grotere instroom is nodig omwille van velerlei redenen.

Eerst en vooral zal een grotere instroom de levensvatbaarheid van de opleiding binnen de faculteit helpen garanderen. Daarnaast toonde de commissie zich tijdens het bezoek bezorgd dat er lesgegeven werd in groepen van minder dan 10 studenten. De commissie meent dat een klasgroep een minimale studentenbezetting moet hebben om voldoende uitdagend te kunnen zijn. Bovendien kent het bedrijfsleven en het secundair onderwijs een grote nood aan goed opgeleide fysici. De opleiding is zich hiervan bewust en organiseert samen met de faculteit een heleboel **outreach-activiteiten**, zoals openlesdagen en informatiedagen (SID-in's) voor leerlingen uit het laatste jaar van het secundair onderwijs. Ook leerlingen tussen 8 en 16 jaar tracht de faculteit warm te maken voor wetenschappen met activiteiten zoals kinderuniversiteit en junior college. De commissie waardeert al deze inspanningen. De studentenaantallen zijn de voorbije jaren dan ook gestegen. Toch commissie dat inspanningen moeten versterkt worden. Op basis van gesprekken met docenten, studenten en alumni haalt de commissie twee redenen aan. Enerzijds blijkt het imago van bètawetenschappen weinig aantrekkelijk en anderzijds vinden leerlingen met een sterke wiskundige kennis sneller hun weg naar de ingenieursstudies.

Daarom raadt de commissie aan om de geleverde inspanningen te bundelen teneinde met alle Vlaamse opleidingen fysica (en sterrenkunde) een gezamenlijk actieplan ter promotie van de natuurkunde uit te werken. Best practices uit het buitenland moeten hierbij als inspiratie dienen. Een belangrijk onderdeel van dit plan zal er in bestaan om het beroepsbeeld van de fysicus te verduidelijken. Want de arbeidsmarkt noch de bredere maatschappij hebben een duidelijk beeld van de mogelijkheden van een fysicus. Het is volgens de commissie de taak van de faculteiten hier ver-

andering in te brengen en van de fysicus een beeld te geven dat complementair is met dat van de ingenieur. Deze strategie zal zich, volgens de commissie, moeten richten op het beeld dat momenteel heerst bij leraren, ouders en bedrijfsleiders. Ook kan de opleiding zelf enkele initiatieven uitwerken. De versterking van het niet-academische beroepenveld in het programma en de verhoogde aantrekkelijkheid van het eerste jaar (met moderne fysica) kunnen volgens de commissie bijdragen tot een verhoogde instroom. Verder denkt de commissie onder andere aan het opbouwen van een duurzame band met leraren natuurkunde (en wiskunde) in de regio. De studenten uit de afstudeerrichting onderwijs zijn hierbij een belangrijke schakel. Bovendien moet de opleiding een specifiek plan opstellen om de instroom van meisjes te vergroten.

Geïnteresseerde studenten vinden hun weg naar de opleiding via de portaalwebsite van VUB. Hierop kunnen ze onder meer terecht omtrent de vereiste voorkennis, met name dan over wiskunde, chemie en fysica, die nodig is om de opleiding aan te vatten. Daarnaast zijn ook online-zelftests beschikbaar die de abiturienten in staat stellen een goed beeld te vormen van de nodige voorkennis. Daarnaast stelt het studiebegeleidingscentrum (SBC) zelfstudiemateriaal ter beschikking. De studenten die zich hebben ingeschreven voor de opleiding kunnen in september vrijblijvend deelnemen aan de brugcursussen voor wiskunde, chemie en fysica, waarmee gedurende drie weken de leerstof uit het secundair onderwijs wordt opgefrist.

In de eerste week van het semester wordt bij alle eerstejaars van de faculteit wetenschappen een pretoets wiskunde en fysica afgenomen om de vakinhoudelijke kennis van de studenten na te gaan. Het SBC voorziet hierna in individuele opvolging en begeleiding. Ook tijdens het vervolg van het eerste bachelorjaar worden de studenten van dichtbij opgevolgd door het SBC. Zo nodigen de begeleiders van het SBC alle eerstejaars uit voor een individueel gesprek waar de studievoortgang en eventueel de resultaten van de eerste tussentijdse toetsen worden besproken. Daarnaast stelt de opleiding een bijkomend begeleidingsaanbod ter beschikking: het Very Intensive Program (VIP). VIP biedt de studenten vakinhoudelijke ondersteuning door middel van lessen en workshops waar zowel theorie als oefeningen aan bod komen. Ook examenvoorbereidende sessies behoren tot VIP. Een bijzondere vermelding wenst de commissie te geven aan het recent opgezette tutorproject. In het tutorproject geven studenten uit hogere jaren vakinhoudelijke begeleiding aan studenten uit de eerste fase.

Ook na het eerste bachelorjaar kunnen studenten terecht bij het SBC, al zullen ouderejaars eerder de docenten en assistenten aanspreken met inhoudelijke vragen. Door de lage studentenaantallen en kleinschaligheid van de opleiding zijn er veel informele kanalen tussen studenten en docenten. De commissie concludeert dat de **studiebegeleiding voor de zwakkere student effectief is en een sterk punt** is van de opleiding aan de VUB. Vooral de persoonlijke aanpak van de studenten en de effectieve instroom- en doorstroombegeleiding vindt de commissie goed. Zonder deze begeleiding zouden veel studenten mogelijk niet doorstromen in de opleiding, zo meent de commissie. Maar de commissie acht het niet alleen belangrijk dat de zwakkere studenten begeleiding krijgen, maar ook dat de sterkste studenten een voldoende uitdagend programma volgen. Een excellentieprogramma zou hieraan tegemoet kunnen komen.

De vakgroepraad van natuurkunde en sterrenkunde (DNTK), die bevoegd is voor aanstellingen en verlengingen van mandaten, alsook voor programawijzingen, komt maandelijks bijeen. De DNTK is samengesteld uit alle 14 betrokken ZAP-leden en afgevaardigden van de studenten, assistenten en ATP-leden. De vakgroepraad wordt hierin bijgestaan door het adviseerende Curriculum Board. Het Curriculum Board overziet de opleiding en fungeert als klankbord voor zowel docenten als studenten. Indien nodig adviseert het Curriculum Board aanpassingen voor het onderwijsprogramma aan de opleidingsraden, welke dan worden voorgelegd aan de DNTK die ze toetst aan de langetermijnvisie en de financiële haalbaarheid. Daarnaast bestaan opleidingsraden voor het bachelor- en het masterprogramma, die de opleidingen overzien.

De studenten en docenten geven aan dat **de kwaliteitszorg binnen de opleiding vlot verloopt**, wat ook aan de door de commissie geconstateerde goede teamgeest binnen de vakgroep te danken is. Dit leidde er in het verleden al toe dat opleiding vroegtijdig aan de slag is gegaan met de aanbevelingen van de vorige visitatiecommissie. Daarnaast worden jaarlijkse online studentenbevragingen uitgestuurd. De resultaten hiervan worden voorgelegd aan de vakgroepraad, waardoor mogelijke problemen snel worden opgelost. Maar het sterkst ontwikkeld zijn de vele informele contacten binnen de opleiding.

Zowel in het bachelor- als in het masterprogramma wordt aandacht gegeven aan internationalisering. De opleidingen zetten in op **internationalisation@home** door de studenten gebruik te laten maken van Engelstalige literatuur en hen op te nemen in de onderzoeksgroepen, waar ze in con-

tact komen met buitenlandse onderzoekers. Daarnaast wordt een buitenlandse reis georganiseerd naar CERN. **De studenten zijn verder verplicht om 12 studiepunten buiten de eigen instelling te volgen.** Ze kunnen dit doen door keuzeopleidingsonderdelen te volgen aan een andere instelling of via een korte (buitenlandse) stage. Ook het bijwonen van de CERN-zomerschool, internationale seminars en colloquia behoren tot de mogelijkheden. De buitenlandmobiliteit, onder de vorm van Erasmusuitwisselingsprogramma's, kan toenemen om de internationale instroom te vergroten.

Hierbij aansluitend wil de commissie ingaan op de gehanteerde taal binnen de masteropleiding. De voertaal binnen het internationale onderzoekscircuit in de natuurkunde is Engels. Het aanbieden van een uitsluitend Engelstalige opleiding stuit momenteel op decretale beperkingen. De commissie wil echter een lans breken voor een uitsluitend Engelstalige master. Dit versterkt het onderwijs voor toekomstige onderzoekers en professionals, maakt het mogelijk om buitenlandse masterstudenten aan te trekken en bevordert de Engelse taalvaardigheid van de eigen studenten. Wil het Vlaamse natuurkundig en sterrenkundig onderwijs in de toekomst tot de internationale top behoren, dan is een versoepeling van de decretale taalregeling noodzakelijk.

De commissie meent dat de studenten terecht komen in een motiverende en uitdagende leeromgeving. De studeerbaarheid en het doorstroomrendement ziet de commissie hierbij als een indicator. Zo gaven de studenten aan dat het programma zwaar is maar in de lijn ligt met 25 tot 30 studie-uren per studiepunt. Vooral het eerste jaar van de bachelor wordt als zwaar ervaren, voornamelijk door de hoeveelheid abstracte wetenschap die de studenten moeten verwerken. De doorstroomcijfers maken ook duidelijk dat de drop-out in het eerste jaar hoog ligt. Eens het eerste jaar gepasseerd, zijn de uitvalkans van de studenten minimaal, wat de commissie gerust stelt.

De commissie concludeert dat het onderwijsproces van zowel bachelor- als masteropleiding de studenten in staat stelt de beoogde leerresultaten te bereiken en voldoet aan de basiskwaliteit. Op een aantal aspecten steekt de opleiding ver uit boven de basiskwaliteit. De commissie heeft het dan over de leerinhouden, de effectiviteit van de studiebegeleiding en de systematiek van de interne kwaliteitszorg. Op een aantal vlakken moet de opleiding echter een tandje bijsteken. De lage studenteninstroom baart de commissie zorgen. Ook de aandacht voor het brede beroepenveld moet worden versterkt. Dit besluit de commissie het onderwijsproces voor de bachelor en de master als 'voldoende' te scoren.

Generieke kwaliteitswaarborg 3 - Gerealiseerde eindniveau

De commissie beoordeelt het gerealiseerde eindniveau van de Bachelor en Master of Science fysica en de sterrenkunde als goed.

In het document "Visie op evalueren" beschrijft de VUB haar visie op evaluatie van de studenten. De visie beoogt enerzijds het verhogen van de kwaliteit van summatieve toetsing en anderzijds het geven van impulsen om meer formatief te evalueren. De VUB wil daarbij inzetten op congruentie tussen evaluatievorm, leerresultaten en onderwijsproces, combinatie van verschillende evaluatievormen, transparante communicatie naar studenten en, ten slotte, op een kwaliteitsvolle constructie van het evaluatie-instrument. **De commissie staat positief tegenover de uitgeschreven visie op evalueren, maar acht het uiteraard belangrijk dat deze vertaald wordt naar het opleidingsniveau en gedragen wordt door alle docenten van de opleiding.**

In de opleiding ligt het hoofddaccent op de mondelinge evaluatie waarbij voornamelijk inzicht maar ook toepassing van concepten en theorieën aan bod komen. De mondelinge evaluatie wordt in bijna alle opleidingsonderdelen gecombineerd met een evaluatie van geschreven probleemoplossingen of projectrapporten. Deze vorm van **summatieve toetsing** komt het vaakst voor. In het eerste jaar van de bachelor wordt in een aantal opleidingsonderdelen ook **tussentijds en formatief** getoetst. Na de toets krijgen de studenten directe feedback en kunnen ze, indien nodig, bijkomende hulp krijgen van de monitoren of de studiebegeleider. De opleiding gaf tijdens de gesprekken aan dat er in de toekomst nog meer formatief zal worden getoetst. De commissie staat hier positief tegenover. Ze meent dat deze doelstelling prima aansluit bij de sterke studiebegeleiding en -opvolging.

Verder is er naar de mening van de commissie **voldoende variatie in toetsmethoden**. De meeste docenten gebruiken een combinatie van schriftelijke evaluatie, het oplossen van oefeningen en een mondelinge evaluatie. Voor een aantal opleidingsonderdelen wordt geëvalueerd op basis van korte casussen of projecten, dit zijn afgebakende opdrachten of practica die door de studenten alleen of in team, zelfstandig of onder beperkte begeleiding opgelost moeten worden in de loop van het semester en die ook tijdens het semester worden beoordeeld middels een schriftelijk verslag en/of mondelinge presentatie.

De commissie heeft tijdens het bezoek aan de opleiding een selectie van examenopgaven ingekeken. Ze stelt dat er zichtbaar getoetst wordt in

functie van de leerresultaten en de examens een degelijk niveau beogen. Een aantal ingekeken examens waren zelfs zeer uitdagend. De commissie concludeert dat de toetsing valide verloopt.

De beoordeling van de examens geschiedt in de regel door de bevoegde docent, soms bijgestaan door de betrokken assistenten. De examenopgaven worden besproken in de schoot van het Curriculum Board. Sommige docenten maken hiervoor gebruik van verbeterleutels en -criteria. De commissie beveelt aan dat dit op termijn de norm wordt.

De communicatie naar de studenten loopt over het algemeen vlot en transparant. Studenten klaagden wel over het laattijdig bekendmaken van het examenrooster. De studenten krijgen voorbeeldexamens en kunnen zo inschatten hoe de toetsing zal verlopen. Ook na het examen zijn de docenten en assistenten eenvoudig bereikbaar voor feedback. Het grote aandeel mondelinge examens in combinatie met snelle en vlotte feedback, is volgens de commissie één van de sterke punten van de Brusselse opleidingen.

Ten behoeve van de beoordeling van de bachelor en masterproef heeft de opleiding een reglement en evaluatieprocedure, met inbegrip van evaluatiecriteria en hun gewicht, uitgewerkt. De bachelorproef wordt beoordeeld op basis van het uitgeschreven eindstuk en de publieke verdediging. De masterproef wordt beoordeeld op basis van de inzet gedurende het jaar, het uitgeschreven eindstuk en de publieke verdediging.

De commissie heeft een selectie van bachelor- en masterproeven ingekeken en stelt vast dat de kwaliteit ervan goed is. Ongeveer één op drie masterproeven leidt tot een wetenschappelijke publicatie. De studenten worden tijdens het werken aan de eindproeven opgenomen in de onderzoeksgroepen. De studenten die een sterrenkundig onderwerp willen behandelen kunnen dit ook doen in samenwerking met de Universiteit Gent.

Na hun studies gaat de meerderheid van de afgestudeerden van de bachelor verder naar de master. Enkel gaan naar een master in het domein van de ingenieurswetenschappen. **De meeste alumni uit de master gaan verder in het onderzoek en starten een doctoraat in binnen- of buitenland. De uitstroom naar het private bedrijfsleven of het onderwijs is in Brussel zeer klein.** De commissie betreurt dit. Een sterkere beroepsvoorlichting in het programma (zie GKW 2) en meer uitstroombegleiding, kan leiden tot een meer gedifferentieerde uitstroom.

Op basis van het cijfermateriaal van DHO stelt de commissie vast dat het studierendement van de bachelor in 2009-2010 65% bedroeg en in 2010-2011 68.5% De opleiding heeft de commissie tijdens het bezoek eigen cijfermateriaal voorgelegd. Daaruit blijkt dat het slaagpercentage van de generatiestudenten in de bachelor tussen 2005 en 2010 gemiddeld 56% bedroeg. Voor dezelfde periode berekende de opleiding ook een gemiddelde 'met drop-out-correctie. Dit bedraagt 71%. Het slaagpercentage voor de trajectstudenten in dezelfde periode bedraagt 97%. Het rendement van de master lag in 2010-2011 op 90%. De drop-out in de master is bijna nihil. De commissie wil hierbij wel vermelden dat de procenten weinig zeggend zijn gezien de zeer kleine absolute aantallen waar het om gaat. **De commissie acht de studie-uitval in het eerste bachelorjaar hoog.** De tijd tot het behalen van het diploma schommelt voor de bachelor tussen de drie en de vier jaar, voor de master gaat het om twee jaar.

Positief vindt de commissie dat de opleiding zich bewust is van de hoge drop-out en allerlei acties onderneemt om deze terug te dringen. Eerst en vooral wijst de commissie op de sterk uitgebouwde studiebegeleidingsdiensten. Bovendien zal binnenkort een studie gemaakt worden om na te gaan of er een correlatie bestaat tussen de resultaten van de pretoetsen en de latere slaagcijfers van de studenten. In reactie op een aanbeveling van de vorige visitatiecommissie worden bovendien exitinterviews georganiseerd, teneinde de redenen van drop-out in kaart te brengen.

Het rendement van de masteropleidingen is naar de mening van de commissie op orde. Wel ondervindt de masteropleiding de laatste tijd negatieve effecten van studenten die zich inschrijven in de master, zonder dat zij hun bacheloropleiding hebben afgerond. Dit leidt tot een feitelijke verlenging van de masterstudies en stelt problemen rond de volgtijdelijkheid van sommige opleidingsonderdelen. De commissie raadt de opleiding en bij uitbreiding het faculteitsbestuur aan om een harde knip te hanteren en volgtijdelijkheidsregels in te lassen.

De commissie concludeert dat het niveau van de afgestudeerden hoog is en de alumni de leerresultaten in ruime mate bereiken. Het niveau van de bachelor- en masterproeven illustreert dit, evenals de inzetbaarheid van de alumni. Dit laatste kan evenwel versterkt worden doordat meer afgestudeerden de weg zouden vinden naar het bredere beroepenveld. Het toetsbeleid in de opleiding is in ontwikkeling, maar de huidige toetsmethodiek, op enkele details na, is volgens de commissie op orde. Het studierendement is prima, al blijft de drop-out in het eerste bachelor een aan-

dachtspunt. Dit doet de commissie besluiten dat de basiskwaliteit inzake het gerealiseerd eindniveau van de zowel de bachelor- en masteropleiding systematisch wordt overschreden. Daarom kent de commissie de score 'goed' toe.

Integraal eindoordeel van de commissie

Bachelor of Science in de fysica en de sterrenkunde

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau	V
Generieke kwaliteitswaarborg 2 – Onderwijsproces	V
Generieke kwaliteitswaarborg 3 – Gerealiseerd eindniveau	G

Vermits generieke kwaliteitswaarborg 1 als voldoende wordt beoordeeld, generieke kwaliteitswaarborg 2 als voldoende en generieke kwaliteitswaarborg 3 als goed, is het eindoordeel van de opleiding Bachelor of Science in de fysica en de sterrenkunde, conform de beslisregels, voldoende.

Master of Science in de fysica en de sterrenkunde

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau	V
Generieke kwaliteitswaarborg 2 – Onderwijsproces	V
Generieke kwaliteitswaarborg 3 – Gerealiseerd eindniveau	G

Vermits generieke kwaliteitswaarborg 1 als voldoende wordt beoordeeld, generieke kwaliteitswaarborg 2 als voldoende en generieke kwaliteitswaarborg 3 als goed, is het eindoordeel van de opleiding Master of Science in de fysica en de sterrenkunde, conform de beslisregels, voldoende.

Samenvatting van de aanbevelingen in het kader van het verbeterperspectief

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau

- Toon meer aandacht voor wetenschappelijke integriteit, foutenanalyse en het brede beroepenveld in de leerresultaten.
- Ontwikkel een doorgedreven onderwijskundige visie voor de bachelor- en masteropleiding.

Generieke kwaliteitswaarborg 2 – Onderwijsproces

- Toon voldoende aandacht voor moderne fysica aan het begin van de bacheloropleiding.
- Ga met voortvarendheid verder op de ingeslagen weg met betrekking tot de practicavernieuwingen.
- Versterk de beroepsoriëntatie in het programma en ontwikkel een professionele optie in de master, die enerzijds gericht is op ondernemerschap en anderzijds op technologie.
- Verhoog de instroom en heb speciale aandacht voor meisjes. Werk hiervoor samen met de andere Vlaamse fysica en sterrenkunde opleidingen.
- Professionaliseer de docenten en assistenten systematisch. Dit komt de onderwijsvernieuwingen in het programma ten goede.
- Versterk de samenhang van het programma door overlap te vermijden en de keuzeopleidingsonderdelen te clusteren.

Generieke kwaliteitswaarborg 3 – Gerealiseerd eindniveau

- Finaliseer het opleidingsspecifieke toetsbeleid en -plan.
- Verhoog het studierendement en verlaag de drop-out in het eerste bachelorjaar.

De commissie heeft vernomen dat sinds haar bezoek een aantal plannen voor aanpassingen in lijn met de genoemde suggesties zijn opgesteld. De commissie meent dat dergelijke initiatieven een positieve bijdrage kunnen leveren aan de gesignaleerde aandachtspunten.

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT LEUVEN

Bachelor of Science in de fysica

SAMENVATTING Bachelor of Science in de fysica **Katholieke universiteit Leuven**

Van 24 tot en met 27 november werd de Bachelor of Science in de fysica van de Katholieke Universiteit Leuven, in het kader van een onderwijsvisitatie op haar kwaliteit geëvalueerd door een commissie van onafhankelijke experts. In deze samenvatting, die een momentopname weergeeft, worden de belangrijkste bevindingen van de commissie opgelijst.

Profilering

De bachelor wordt ingericht door de faculteit Wetenschappen. De KU Leuven biedt de opleiding aan te Leuven en te Kortrijk (KULAK).

In de bachelor, zowel voor het Leuvense als het Kortrijkse programma, ligt de nadruk op het verwerven van een grondige basiskennis van de hedendaagse fysica. Het gaat hierbij om inzicht in haar globale samenhang zoals deze op een kwantitatieve manier uitgedrukt wordt in de basiswetten. De student moet hiervoor de wiskundige 'taal' goed beheersen en vlot omgaan met de informatietechnologie. Daarnaast moet de student inzicht verwerven in de proefondervindelijke aspecten van de fysica via demonstratie-experimenten en aangepaste practica.

De bachelor in Leuven telt ongeveer 120 studenten en trekt de laatste drie jaren gemiddeld 45 generatiestudenten aan per jaar. De opleiding in Kor-

trijk telt een 50-tal studenten en trekt ongeveer 25 generatiestudenten aan waarvan een tiental in de tweede bachelor voor de optie fysica kiest. De andere studenten in Kortrijk volgen de doorstroomoptie ingenieurswetenschappen.

Programma

Het huidige bachelorprogramma te Leuven zit in een hervormingsfase. Vanaf academiejaar 2014-2015 zal het volledig vernieuwde curriculum zijn uitgerold. Ten tijde van de visitatie volgden enkel de studenten van de derde bachelor nog het oude programma. De opleiding te Kortrijk was tot voor kort beperkt tot een tweejarige opleiding. Voor de derde bachelorfase trok de student, in de regel, naar Leuven. Sinds academiejaar 2013-2014 wordt in Kortrijk ook de derde fase van de bachelor aangeboden.

De studenten krijgen in de eerste fase van de bachelor een grondige basis-kennis van de algemene natuurkunde. In de latere fases krijgen de studenten meer verdiepende fysica, waarbij een hoger abstractieniveau is vereist. Om het beoogde abstractieniveau te bereiken krijgen de eerstejaars studenten vooreerst een grondige wiskundige basis, aan de hand van een zeer degelijk uitgewerkte leerlijn. Hierdoor is er weinig ruimte om moderne fysieke concepten en toepassingen aan het begin van de bachelor te integreren. Deze komen nu pas in het tweede jaar aan bod. De aandacht voor experimenteren is voldoende maar kan worden uitgebreid en vernieuwd. In Kortrijk is dit beter. Sterk punt van de Leuvense opleiding zijn de getrainde communicatievaardigheden.

De bacheloropleiding te Kortrijk (KULAK) omvat verder een 'doorstroomoptie ingenieurswetenschappen'. De studenten in deze doorstroomoptie volgen de opleiding fysica, maar kunnen doorstromen naar de bachelor ingenieurswetenschappen te Leuven.

De opleiding is sterk onderzoeksgericht. Reeds in de bachelor leren de studenten wetenschappelijke onderzoeksvaardigheden aan. De studenten komen al snel in het programma in aanraking met actueel onderzoek, bijvoorbeeld door het deelnemen aan colloquia en het bezoeken van onderzoeksinstellingen. In Kortrijk ziet de commissie de ruimte om binnen enkele opleidingsonderdelen het academische niveau te verhogen, om de studenten zo meer vertrouwd te maken met het kritisch en academisch denken binnen een onderzoekscontext. De aandacht voor het niet-academische beroepenveld zou dan weer moeten toenemen.

De Leuvense opleiding kent het OASE-Project (Onderwijsorganisatie met Alternatieve Semesterdeling en Evaluatie). OASE heeft als doel de overgang van secundair onderwijs naar hoger onderwijs vlot te doen verlopen. Bovendien wordt er per dag slechts 1 opleidingsonderdeel gedoceerd, zodat studenten een volledige dag in eenzelfde opleidingsonderdeel worden ondergedompeld via colleges, oefensessies en begeleide zelfstudiesessies. Daarnaast zijn er meerdere momenten van formatieve en summatieve evaluatie voorzien doorheen het semester, zodat een snelle bijsturing van het leerproces mogelijk is.

Het cursusmateriaal en werkvormen zijn zowel in Leuven als in Kortrijk op orde. Het cursusmateriaal is netjes uitgewerkt en bestaat uit door de docenten ontwikkeld materiaal en internationaal erkende standaardwerken. Er wordt veel afgewisseld in de werkvormen, maar er moet meer activerend worden gewerkt. Specifiek voor Kortrijk is het gehanteerde opleidingsconcept positief. De kleinschaligheid van de Kortrijkse opleiding leent zich er bovendien toe om heel persoonlijk en activerend te werken.

In het programma wordt aandacht gegeven aan internationalisering. De opleiding zet in op internationalisation@home door de studenten gebruik te laten maken van Engelstalige literatuur en hen op te nemen in de onderzoeksgroepen, waar ze in contact komen met buitenlandse onderzoekers. Daarnaast wordt er tijdens het opleidingsonderdeel 'Gevorderde experimenteertechnieken uit de hedendaagse fysica' ieder jaar een driedaagse buitenlandse reis georganiseerd, bijvoorbeeld naar het CERN.

De Leuvense bachelorproef (9stp) bestaat uit twee kleinere projecten, een theoretisch en experimenteel, gevolgd door een groter afsluitend project. De bachelorproef wordt uitgevoerd in teamverband in verschillende onderzoeksgroepen en onder begeleiding van meestal Engelstalige postdocs. Het niveau van de bachelorproeven is prima. Tijdens het werken aan de bachelorproef komen de studenten in contact met zowel de theoretische als de experimentele zijde van de fysica, en draaien ze een eerste maal mee in de onderzoeksgroepen. De (multidisciplinaire) bachelorproef in Kortrijk (6stp) wordt ingericht vanaf academiejaar 2013-2014.

Beoordeling en toetsing

In de eerste fase wil de opleiding zoveel mogelijk formatief toetsen. Op die manier krijgen de studenten snel feedback en kan er geremedieerd worden in studiemethode. Deze vorm van aanpak sluit goed aan bij de gekozen

onderwijsvorm, het OASE-project. Daarnaast wordt er vooral summatief getoetst in de latere jaren van de opleiding. Verder wordt er ook getoetst door middel van take-home-examens, presentaties, scripties en verslagen. De toetsing verloopt bovendien vlot en transparant. De studenten krijgen ook voldoende feedback.

Begeleiding en ondersteuning

Voor het aanleren van experimentele en numerieke vaardigheden gebruiken de studenten didactische opstellingen. Deze waren zowel qua opzet en invulling nogal klassiek. De labo-opstellingen te Leuven die worden gebruikt voor de bachelorproef bevinden zich in de onderzoeksgroepen en zijn zeer modern. In Kortrijk worden vanaf academiejaar 2013-2014 eveneens bachelorproeven gemaakt, maar heeft de commissie minder state-of-the-art labo's aangetroffen. Voornamelijk in de eerste bachelorfase is de begeleiding sterk, daarna neemt deze stelselmatig. Gedurende het studieproces kunnen de studenten een beroep doen op het monitoraat, de trajectbegeleiders en het tutoraat, dat door hogerejaars gegevens wordt. In Kortrijk is de begeleiding zeer sterk en is er een belangrijke rol weggelegd voor de assistenten en enkele leerkrachten uit het secundair onderwijs met deeltijdaanstelling. Daarnaast zijn er in Kortrijk ook kernmonitoren wiskunde en fysica voor ondersteuning van de oefeningen en het onderwijslabo fysica.

Slaagkansen en beroepsmogelijkheden

De cijfers over het diplomarendement, de drop-out en de studieduur, liggen in de lijn met de andere Vlaamse opleidingen fysica (en sterrenkunde). De uitval in het eerste jaar te Leuven ligt evenwel hoog. In Kortrijk ligt de uitval lager.

Na hun studies gaat de meerderheid van de afgestudeerden van de bachelor verder naar de master fysica. Enkelen gaan naar de master sterrenkunde en anderen gaan naar een master in het domein van de ingenieurswetenschappen. De afgestudeerden uit Kortrijk trekken tot vorig academiejaar naar Leuven en kozen daar ofwel voor het derde jaar fysica ofwel stroomden ze door naar de derde bachelor ingenieurswetenschappen. Vanaf academiejaar 2013-2014 kunnen de studenten hun bachelors-diploma behalen in Kortrijk.

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT LEUVEN

Master of Science in de fysica/physics

SAMENVATTING Master of Science in de fysica/physics Katholieke universiteit Leuven

Van 24 tot en met 27 november werd de Master of Science in de fysica/physics van de Katholieke Universiteit Leuven, in het kader van een onderwijsvisiteatie op haar kwaliteit geëvalueerd door een commissie van onafhankelijke experts. In deze samenvatting, die een momentopname weergeeft, worden de belangrijkste bevindingen van de commissie opgelijst.

Profilering

De masteropleiding wordt ingericht door de faculteit Wetenschappen.

De masteropleiding wil de studenten opleiden tot zelfstandige en kritische wetenschappers, zodat de studenten voldoende onderzoeksvaardigheden hebben ontwikkeld en kennis hebben opgedaan om als wetenschapper te functioneren in een beroep naar keuze of om hun weg verder te zetten op het niveau van (inter)nationale doctoraatsprogramma's.

In de masteropleiding zijn ieder jaar in totaal ongeveer 45 studenten ingeschreven. In de Engelstalige opleiding gaat het om een 10-tal studenten. Er waren respectievelijk 5 en 3 vrouwelijke studenten ingeschreven.

Programma

Het Nederlandstalige en het Engelstalige masterprogramma bestaan uit een stam van 35 studiepunten. Dit omvat het opleidingsonderdeel 'historical and social aspects of physics' en de masterproef. In beide masterprogramma's kiezen de studenten voor een bepaalde specialisatierichting (theoretische fysica, fysica op femtometerschaal: kernfysica, vastestof-fysica op nanometerschaal of fysica van de zachte materie). Verder kiest de student in het Nederlandstalige programma uit één van de drie opties (optie onderzoek, optie onderwijs en professionele optie). De opbouw van het Engelstalige programma is gelijklopend maar kent enkel de optie 'onderzoek'. Enkel met betrekking tot het keuzegedeelte van de twee masters is enig verschil merkbaar. Bovendien vormt de Engelstalige variant de basislijn voor alle studenten die de optie onderzoek nemen, ook voor diegene uit de Nederlandstalige opleiding.

In het masterprogramma wordt aandacht gegeven aan internationalisering. De opleiding zet in op internationalisation@home door de studenten gebruik te laten maken van Engelstalige literatuur en hen op te nemen in de onderzoeksgroepen, waar ze in contact komen met buitenlandse onderzoekers. De buitenlandmobiliteit in de master vindt plaats onder de vorm van Erasmusuitwisselingsprogramma's, maar deze is beperkt.

Het cursusmateriaal is netjes uitgewerkt en bestaat uit door de docenten ontwikkeld materiaal en internationaal erkende standaardwerken. De variatie in werkvormen is prima. In de masteropleidingen is er veel ruimte voor interactie tussen docenten en studenten.

De masterproeven zijn van hoog internationaal niveau. Wanneer het onderzoek start, worden de studenten letterlijk opgenomen in de onderzoeksgroep. Alle studenten krijgen een eigen bureau in het departement en hebben hierdoor de mogelijkheid om veel in overleg te gaan met de promotor en met de masterproefbegeleiders. Toch blijkt de begeleiding en feedback die de studenten krijgen tijdens het schrijven van de masterproef sterk afhankelijk te zijn van de toegewezen promotor en de onderzoeksgroep waarin de student terecht komt.

Beoordeling en toetsing

De opleiding hanteert een waaier aan toetsvormen. De nadruk in de masteropleiding ligt op mondelinge toetsing (met schriftelijke voorbereiding). Verder wordt er ook getoetst door middel van take-home-examens, pre-

sentaties, scripties en verslagen. De studenten gaven aan dat de methoden van toetsing zeer inzichtelijk worden gemaakt. Ook de feedback achteraf verloopt vlot.

Begeleiding en ondersteuning

Voor het werken aan de masterproef maken de studenten gebruik van de labo's die zich in de onderzoeksgroepen bevinden. Deze zijn zeer modern.

De begeleidende diensten zijn degelijk uitgebouwd. De studenten uit de master gaan met vragen en problemen rechtstreeks aankloppen bij de docenten en assistenten.

Slaagkansen en beroepsmogelijkheden

De cijfers over het diplomarendement, de drop-out en de studieduur, liggen in de lijn met de andere Vlaamse opleidingen fysica (en sterrenkunde). De drop-out is zeer klein en de studieduur wordt nauwelijks verlengd.

De inzetbaarheid van de alumni is breed. Een meerderheid van de afgestudeerden stroomt door naar een doctoraat. Verder is er een uitstroom naar de industrie, consultancy, financiële sector of onderwijs. De uitstroom naar de laatste sector is, net zoals aan de andere Vlaamse fysica opleidingen, laag. Een meerderheid van de alumni geeft aan snel werk te vinden. Enkele alumni hadden evenwel geen duidelijk zicht gekregen op het beroepsbeeld van de fysicus.

**OPLEIDINGSRAPPORT Bachelor en Master of Science
in de fysica/physics
Vrije Universiteit Brussel**

Woord vooraf

Dit rapport behandelt de Bachelor en Master of science in de fysica/physics aan de Katholieke Universiteit Leuven. De visitatiecommissie bezocht deze opleidingen op 4 tot en met 7 november 2013.

De visitatiecommissie beoordeelt de opleidingen aan de hand van de drie generieke kwaliteitswaarborgen uit het VLUHR-beoordelingskader. Dit kader is afgestemd op de accreditatievereisten zoals gehanteerd door de NVAO. Voor elke generieke kwaliteitswaarborg geeft de commissie een gewogen en gemotiveerd oordeel op een vierpuntenschaal: onvoldoende, voldoende, goed of excellent. Bij de beoordeling van de generieke kwaliteitswaarborgen betekent het concept 'basiskwaliteit' dat de betreffende generieke kwaliteit gewaarborgd is en de opleiding – of een opleidingsvariant – voldoet aan de kwaliteit die in internationaal perspectief redelijkerwijs mag worden verwacht van een bachelor- of masteropleiding in het hoger onderwijs. De score voldoende wijst er op dat de opleiding voldoet aan de basiskwaliteit en een acceptabel niveau vertoont voor de generieke kwaliteitswaarborg. Indien de opleiding goed scoort dan overstijgt ze systematisch de basiskwaliteit voor de generieke kwaliteitswaarborg. Bij een score excellent steekt de opleiding ver uit boven de basiskwaliteit voor de generieke kwaliteitswaarborg en geldt ze hierbij als een (inter)nationaal voorbeeld. De score onvoldoende getuigt dan weer dat de generieke kwaliteitswaarborg onvoldoende aanwezig is.

De oordelen worden onderbouwd met feiten en analyses. De commissie heeft inzichtelijk gemaakt hoe zij tot haar oordeel is gekomen. De commissie geeft ook een eindoordeel over de kwaliteit van de opleiding als geheel aan de hand van dezelfde vierpuntenschaal. De oordelen en aanbevelingen hebben betrekking op de opleiding met alle daaronder ressorterende varianten, tenzij anders vermeld.

De commissie beoordeelt de kwaliteit van de opleiding zoals zij die heeft vastgesteld op het moment van het visitatiebezoek. De commissie heeft zich bij haar oordeel gebaseerd op het zelfevaluatierapport en de informatie die voortkwam uit de gesprekken met de opleidingsverantwoordelijken, de lesgevers, de studenten, de assistenten, de alumni en de verantwoordelijken op opleidingsniveau voor interne kwaliteitszorg, internationalisering

en studiebegeleiding. De commissie heeft ook het studiemateriaal, en een selectie van de afstudeerwerken en de examenvragen bestudeerd. Tevens is door de commissie een bezoek gebracht aan de opleidingsspecifieke faciliteiten, zoals de practica.

Naast het oordeel formuleert de visitatiecommissie in het rapport aanbevelingen in het kader van het verbeterperspectief. Op die manier wenst de commissie bij te dragen aan de kwaliteitsverbetering van de opleiding. De aanbevelingen zijn opgenomen bij de respectieve generieke kwaliteitswaarborgen. Aan het eind van het rapport is een overzicht opgenomen van verbeteruggesties.

Deze visitatie beslaat de bachelor of science in de fysica (locatie Leuven - 180 stp), de bachelor of science in de fysica (locatie Kortrijk - 180 stp), de master of science in de fysica (120 stp) en de Engelstalige variant master of science of physics (120 stp). De opleidingen zijn ingericht door de Faculteit Wetenschappen van de Katholieke Universiteit Leuven. In Leuven draagt de Permanente Onderwijscommissie (POC) fysica de verantwoordelijkheid over het bachelor- en masterprogramma. De opleiding te Kortrijk valt onder de POC Wiskunde-Informatica-Fysica (WIF).

De bachelor in Leuven telt ongeveer 120 studenten en trekt de laatste drie jaren gemiddeld 45 generatiestudenten aan per jaar. De opleiding in Kortrijk telt een 50-tal studenten en trekt ongeveer 25 generatiestudenten aan waarvan een tiental in de tweede bachelor voor de optie fysica kiest. De andere studenten in Kortrijk volgen de doorstroomoptie ingenieurswetenschappen. In de masteropleiding zijn ieder jaar in totaal ongeveer 45 studenten ingeschreven. In de Engelstalige opleiding gaat het om een 10-tal studenten. Het gemiddeld aantal meisjes in de gehele bachelor over de laatste drie jaren in de opleiding bedraagt te Leuven 18 en te Kortrijk 5. Voor de master en voor de Engelstalige equivalent gaat het respectievelijk om 5 en 3 vrouwelijke studenten.

Het huidige bachelorprogramma te Leuven zit in een hervormingsfase. Vanaf academiejaar 2014-2015 zal het volledig vernieuwde curriculum zijn uitgerold. Ten tijde van de visitatie volgden enkel de studenten van de derde bachelor nog het oude programma. De opleiding te Kortrijk was tot voor kort beperkt tot een tweejarige opleiding. Voor de derde bachelorfase trok de student, in de regel, naar Leuven. Sinds academiejaar 2013-2014 wordt in Kortrijk ook de derde fase van de bachelor aangeboden.

De bacheloropleiding te Kortrijk (KULAK) omvat verder een 'doorstroomoptie ingenieurswetenschappen'. De studenten in deze doorstroomoptie volgen de opleiding fysica, maar kunnen doorstromen naar de bachelor ingenieurswetenschappen te Leuven.

De Nederlandstalige master bestaat uit drie opties: de optie onderzoek, de professionele optie en de optie onderwijs. De Engelstalige master omvat enkel de optie onderzoek. Het programma van deze Engelstalige optie loopt grotendeels gelijk met de Nederlandstalige master, optie onderzoek. Enkel met betrekking tot het keuzegedeelte van de twee masters is enig verschil merkbaar. De commissie behandelt beide opleidingen dan ook als één opleiding, tenzij anders vermeld.

De opleidingen werden het laatst gevisiteerd in 2005.

Generieke kwaliteitswaarborg 1 - Beoogd eindniveau

De commissie beoordeelt het beoogd eindniveau van de bacheloropleiding te Leuven als goed, dat van de bachelor te Kortrijk als voldoende en de masteropleiding als voldoende.

In de bachelor fysica aan de KU Leuven, zowel voor het Leuvense als het Kortrijkse programma, ligt de nadruk op het verwerven van een grondige basiskennis van de hedendaagse fysica. Het gaat hierbij om inzicht in haar globale samenhang zoals deze op een kwantitatieve manier uitgedrukt wordt in de basiswetten. De student moet hiervoor de wiskundige 'taal' goed beheersen en vlot omgaan met de informatietechnologie. Daarnaast moet de student inzicht verwerven in de proefondervindelijke aspecten van de fysica via demonstratie-experimenten en aangepaste practica.

De masteropleiding wil de studenten opleiden tot zelfstandige en kritische wetenschappers, zodat de studenten voldoende onderzoeksvaardigheden hebben ontwikkeld en kennis hebben opgedaan om als wetenschapper te functioneren in een beroep naar keuze of om hun weg verder te zetten op het niveau van (inter)nationale doctoraatsprogramma's.

Ten behoeve van de bacheloropleiding voor zowel die te Leuven als die te Kortrijk werd een set van 16 opleidingsspecifieke leerresultaten (OLR) uitgeschreven. De OLR van de bachelor gelden eveneens voor de doorstroomoptie ingenieurswetenschappen. Voor de master werden 11 leerresultaten uitgeschreven. Daarnaast zijn er bijkomende leerresultaten voor

de optie onderwijs (5), onderzoek (1) en de professionele optie (1). Voor de Engelstalige master worden dezelfde leerresultaten gebruikt. De OLR werden besproken tijdens de docentendag en werden nadien afgetoetst aan de criteria van de European Physical Society. Deze richtlijnen zijn een internationale consensus over de minimumeisen waaraan een bachelor- en masteropleiding in de natuurkunde dient te voldoen.

De commissie concludeert dat de opleidingsspecifieke leerresultaten, voor zowel de bachelor als de master, voldoen qua niveau en oriëntatie aan het Vlaams Kwalificatieraamwerk. Eveneens zijn de OLR afgestemd op en voldoen ze aan het domeinspecifiek leerresultatenkader. Enkele domeinspecifieke leerresultaten (DLR) werden opgesplitst in meerdere opleidingsspecifieke leerresultaten om al zo een leerlijn te expliciteren en/of nadruk te leggen op specifieke competenties. De commissie vindt dit positief.

Daarnaast leert de commissie uit het ZER dat de bachelor zich wil profileren door specifiek in te zetten op een multidisciplinair programma, waarin ook andere wetenschapsdomeinen, zoals chemie, aan bod komen. Deze profilering is zichtbaar in de leerresultaten. In de master wenst de opleiding, nog volgens het ZER, zich te profileren door de studenten op te leiden tot zelfstandige onderzoekers, die in een Engelstalige of internationale omgeving kunnen rapporteren en werken, en als kritische denkers zijn voorbereid op een leven-lang leren. Naar het oordeel van de commissie is de nagestreefde **profilering** master zichtbaar in de opleidingsspecifieke leerresultaten, maar niet in het oog springend in vergelijking met de andere Vlaamse fysica- (en sterrenkunde)opleidingen.

Positief aan de Leuvense bacheloropleiding is de aanwezige onderwijskundige visie op het lesgeven in een bacheloropleiding. Deze visie werd uitgeschreven in het kader van de opstart van het OASE-project en stimuleert zichtbaar de ontwikkeling van verschillende onderwijsvernieuingsprocessen. De commissie hoopt dat deze in de toekomst worden doorgevoerd. Een even sterke visie in Kortrijk ontbreekt. Ook met betrekking tot de masteropleiding mist de commissie een overschouwende visie op het lesgeven in een master. Deze vaststelling deed de commissie overigens bij alle masteropleidingen aan de bezochte instellingen. De masteropleiding moet nadenken welke rol ze in de maatschappij wil vervullen, gaande van het opleiden voor een vervolgopleiding of een graduate school, tot de studenten klaar te maken voor het onderzoek of het brede beroepenveld.

De leerresultaten van zowel de bachelor als de master zijn eveneens afgestemd op de actuele eisen van het vakgebied. Zo vindt de commissie het positief dat de bacheloropleiding expliciete aandacht voor wetenschappelijke integriteit vooropstelt. Een explicietere aandacht voor het niet academische beroepenveld in de bachelor, maar vooral in de master, is nodig, zo meent de commissie. Ten slotte ziet de commissie ruimte om computational science en numeriek modelleren in de master als een duidelijk leerresultaat neer te schrijven. De leerlijn informatica zoals die in de bachelor bestaat, zou kunnen worden doorgetrokken naar de master.

De commissie concludeert dat de leerresultaten helder zijn neergeschreven en voldoen aan het DLR en het Vlaams Kwalificatieraamwerk. Zowel de bacheloropleiding, als de masteropleiding heeft zich afgestemd met het werkveld en het vakgebied. De commissie beoordeelt de bacheloropleiding te Leuven met de score 'goed' omwille van de helder geformuleerde visie op onderwijs, in het kader van OASE. De bacheloropleiding te Kortrijk en de masteropleiding scoren 'voldoende'.

Generieke kwaliteitswaarborg 2 - Onderwijsproces

De commissie beoordeelt het onderwijsproces van de bacheloropleiding, zowel te Leuven als te Kortrijk, en van de masteropleiding als voldoende.

Het huidige bachelorprogramma te Leuven zit in een hervormingsfase. De eerste en de tweede bachelorfase zijn al vernieuwd. Vanaf academiejaar 2014-2015 zal ook het vernieuwde curriculum van de derde bachelorfase worden uitgerold. Het hervormde programma in Leuven bestaat uit 150 studiepunten verplichte opleidingsonderdelen die de basisopleiding vormen. Het gaat om natuurkundige en wiskundige opleidingsonderdelen, basiswetenschappen, algemene vorming en de bachelorproef. De overige studiepunten vult de student aan met opleidingsonderdelen uit de vrije keuzeruimte. Zoals al in GKW 1 aangehaald, profileert de bachelor van de KU Leuven zich door een verbredende aanpak. In het programma te Leuven wordt dit gerealiseerd doordat de studenten een verbredende minor volgen van 15 tot 30 stp. Het gaat om de minor wiskunde, sterrenkunde-informatica of biochemische wetenschappen. Vanaf academiejaar 2014-2015 kunnen studenten in de derde fase eveneens een deel van de specifieke lerarenopleiding (SLO) opnemen.

De opleiding te Kortrijk was tot voor kort beperkt tot een tweejarige opleiding. Voor de derde bachelorfase trok de student naar Leuven (of naar een

andere instelling). Sinds academiejaar 2013-2014 kunnen de studenten de bachelor in Kortrijk afronden. De opbouw van het programma te Kortrijk verschilt van dat uit Leuven. De bachelor in Kortrijk bestaat uit 144 verplichte studiepunten. Ook hier gaat het om natuurkundige en wiskundige opleidingsonderdelen, basiswetenschappen, algemene vorming en de bachelorproef. De invulling van de keuzeruimte wordt er faculteitsbreed ingevuld en de studenten hebben de mogelijkheid om te kiezen voor de doorstroomoptie ingenieurswetenschappen. Daarnaast kunnen studenten die extra begeleiding wensen maximum 8 studiepunten opnemen uit de instapmodule. Ook in Kortrijk is er in de bachelor ruimte voor verbreding. Dit gebeurt door de profielkeuze ('lerarenopleiding', 'economie en management' of 'technologie').

Het Nederlandstalige en het Engelstalige masterprogramma bestaan uit een stam van 35 studiepunten. Dit omvat het opleidingsonderdeel 'historical and social aspects of physics' en de masterproef. In beide masterprogramma's kiezen de studenten voor een bepaalde specialisatierichting (theoretische fysica, fysica op femtometerschaal: kernfysica, vastestofffysica op nanometerschaal of fysica van de zachte materie). Verder kiest de student in het Nederlandstalige programma uit één van de drie opties (optie onderzoek, optie onderwijs en professionele optie). De opbouw van het Engelstalige programma is gelijklopend maar kent enkel de optie 'onderzoek'. Het programma omvat verdiepende en verbredende keuze opleidingsonderdelen die voortbouwen op de leerinhouden uit de bachelor. Ook met betrekking tot het masterprogramma wordt er door de POC nagedacht over een programmahervorming. Zo wordt er gedacht aan een bredere gezamenlijke stam en een duidelijkere profilering en invulling van de aangeboden opties onderzoek en professionalisering. Zo wordt er overwogen om een stage in te voeren in de professionele optie, zodat studenten op een actieve manier kunnen kennismaken met een bepaalde tak van het beroepsleven.

De commissie juicht de verschillende programmahervormingen toe. Ze ziet hierin een teken dat de opleidingen belang hechten aan het geleverde onderwijs en de nodige aandacht tonen voor onderwijsvernieuwing. Speerpunt van de hervorming van de Leuvense bachelor is het OASE-Project (Onderwijsorganisatie met Alternatieve Semesterdeling en Evaluatie). OASE heeft als doel de overgang van secundair onderwijs naar hoger onderwijs vlot te doen verlopen. Bovendien wordt er per dag slechts 1 OPO gedoceerd, zodat studenten een volledige dag in eenzelfde OPO worden ondergedompeld via colleges, oefensessies en begeleide zelfstudiesessies. Daarnaast zijn er meerdere momenten van formatieve en summatieve

evaluatie voorzien doorheen het semester, zodat een snelle bijsturing van het leerproces mogelijk is. Momenteel is het OASE-project uitgerold in de eerste fase. Op termijn en na positieve evaluatie van het project zal de faculteit de mogelijkheden bekijken om OASE ook in de eerste fase van de andere wetenschapopleidingen te implementeren en later misschien over alle fasen. De eerstejaarsstudenten met wie de commissie sprak waren alvast tevreden over OASE. Volgens de commissie is het nu zaak te zorgen dat alle docenten hun schouders onder deze hervormingen zetten.

De commissie stelt op basis van het ingekeken leer materiaal en de informatie op het elektronisch leerplatform vast dat de inhoud en vormgeving van het **bachelorprogramma in Leuven en Kortrijk de studenten in staat stelt de beoogde leerresultaten te bereiken**. Het programma is evenwichtig opgebouwd en is in Leuven zeer uitdagend. In Kortrijk ziet de commissie de ruimte om binnen enkele opleidingsonderdelen het academische niveau te verhogen, om de studenten zo meer vertrouwd te maken met het kritisch en academisch denken binnen een onderzoekscontext. De studenten krijgen in de eerste fase van de bachelor een **grondige basiskennis van de algemene natuurkunde**. In de latere fases krijgen de studenten meer verdiepende fysica, waarbij een hoger abstractieniveau is vereist.

Om het beoogde abstractieniveau te bereiken krijgen de eerstejaars studenten vooreerst een **grondige wiskundige basis**, aan de hand van een zeer degelijk uitgewerkte leerlijn. **Hierdoor is er weinig ruimte om moderne fysische concepten en toepassingen aan het begin van de bachelor te integreren**. Deze komen nu pas in het tweede jaar aan bod via o.a. het opleidingsonderdeel Algemene Natuurkunde (III): fysica vanaf de 20^{ste} eeuw, Elektrodynamica en kwantummechanica. De commissie acht het nochtans zinvol dat studenten al in het eerste semester van het eerste jaar in aanraking komen met moderne fysica. Dit verhoogt niet alleen de motivatie van de studenten, maar maakt ook het programma aantrekkelijker. Met het oog op een verhoogde instroom en doorstroom acht de commissie het zinvol deze piste te onderzoeken. In het bijzonder suggereert de commissie om een keuze opleidingsonderdeel op het gebied van de sterrenkunde in de eerste fase aan te bieden, en dit omwille van de aanwezigheid van de specifieke master sterrenkunde te Leuven. Deze opmerking geldt eveneens voor de bacheloropleiding te Kortrijk. Sterrenkunde en bij uitbreiding veel andere delen van de moderne fysica kwamen tot vorig academiejaar (in het tweejarige programma) weinig aan bod in Kortrijk. De uitbreiding van de bachelor met een derde jaar belooft beterschap: zo bevat het derde jaar te Kortrijk onder andere vastestoffysica en fysica van fluide en zachte materie.

Ten slotte wenst de commissie hierbij nog een algemene bemerking te maken. Zo suggereert de commissie een naamsverandering voor enkele opleidingsonderdelen. Als voorbeeld haalt ze het opleidingsonderdeel Algemene Natuurkunde (III) aan. Deze naam verhult immers de aantrekkelijke moderne aspecten van de natuurkunde die hierin behandeld worden. Deze opmerking is eveneens van tel voor een groot aantal opleidingsonderdelen in Kortrijk. Modernere naamgeving van de opleidingsonderdelen zal bijdragen aan de aantrekkelijkheid van het programma en mogelijk de instroom doen vergroten.

De leerlijn experimenteervaardigheden is gedegen uitgewerkt. In een aantal opstellingen, voornamelijk tijdens de algemene natuurkundevakken, komen inspirerende demo-proeven aan bod. In het eerste jaar in Kortrijk wordt er naar de mening van de commissie voldoende geëxperimenteerd. Vooral de geïntegreerde proeven vindt de commissie in Kortrijk een positief punt. In Leuven moet het aandeel worden uitgebreid. Ook de invulling moet nog worden bijgeschaafd: de commissie meent dat het belangrijk is om vanaf het eerste semester van de bachelor de studenten meer zelfstandig te laten experimenteren. Onderwijskundige professionalisering van de docenten en assistenten, als ook investeringen in de didactische labo's voor het eerste en tweede jaar, zowel op het vlak van infrastructuur als inhoud, zijn daarom noodzakelijk zowel te Leuven als te Kortrijk. De labo-opstellingen te Leuven die worden gebruikt voor de bachelorproef en masterproef bevinden zich in de onderzoeksgroepen en zijn zeer modern. In Kortrijk worden vanaf academiejaar 2013-2014 eveneens bachelorproeven gemaakt, maar heeft de commissie minder state-of-the-art labo's aangetroffen.

De informaticaleerlijn is in de bachelor, zowel in Leuven als Kortrijk, goed ontwikkeld. De studenten worden vertrouwd gemaakt met de begrippen van programmeren, probleemoplossend werken en ontwerpen. Tijdens deze colleges waarin deze leerlijn aan bod komt kunnen de studenten rekenen op voldoende computerfaciliteiten en softwarepakketten. Zoals al aangehaald meent de commissie dat deze leerlijn verder moet worden doorgetrokken naar de master.

Over de aandacht voor Engelstalige en wetenschappelijke communicatievaardigheden te Leuven is de commissie zeer positief. De opleiding levert duidelijk inspanningen om de studenten hier op te trainen. Dit gebeurt op een geïntegreerde manier vanaf de eerste fase (maken van een posterpresentatie) en met een opleidingsonderdeel 'wetenschapscommu-

nicatie' in de 2de fase, waar de studenten leren om zelf een Engelstalige wetenschappelijke tekst te schrijven (met feedback van taaldocenten Engels) en waar ze ook leren een goede presentatie voor te bereiden en te geven. Bij het eindproject in de 3de fase krijgen de studenten feedback op hun schriftelijke en mondelinge presentatie van twee kleinere projecten, zodat ze een gedegen geschreven eindwerk en mondelinge presentatie afleveren. In Kortrijk komen deze aspecten minder sterk aan bod.

Hierbij aansluitend wil de commissie ingaan op de gehanteerde taal binnen de masteropleiding. De voertaal binnen het internationale onderzoekscircuit in de natuurkunde is Engels. De opleiding speelt hierop in door een Engelstalige variant aan te bieden. De Engelstalige variant vormt de basislijn voor alle studenten die de optie onderzoek nemen, ook voor diegene uit de Nederlandstalige opleiding. Het aanbieden van een uitsluitend Engelstalige opleiding stuit momenteel op decretale beperkingen. De commissie wil echter een lans breken voor een uitsluitend Engelstalige master. Dit versterkt het onderwijs voor toekomstige onderzoekers en professionals, maakt het mogelijk om buitenlandse masterstudenten aan te trekken en bevordert de Engelse taalvaardigheid van de eigen studenten. Wil het Vlaamse natuurkundig en sterrenkundig onderwijs in de toekomst tot de internationale top behoren, dan is een versoepeling van de decretale taalregeling noodzakelijk.

Zoals al aangehaald biedt Kortrijk een **doorstroomoptie naar de ingenieurswetenschappen** die zeer populair is bij de studenten. De commissie staat hier positief tegenover omdat dit toelaat dat de studenten hun keuze tussen een ingenieursopleiding of natuurkunde-opleiding uitstellen tot na de tweede bachelor. Wel moet de opleiding deze doorstroomoptie sterker promoten, omdat de commissie meent dat veel studenten hiervoor interesse hebben. Anderzijds acht de commissie het van belang dat de studenten in het eerste en tweede jaar te Kortrijk voldoende kennismaken met moderne fysica, om hen te stimuleren de fysicaoptie te kiezen.

Ten slotte wenst de commissie nog even stil te staan bij het opleidingsonderdeel **'religie, zingeving en levensbeschouwing'**. Op basis van de gesprekken met studenten en alumni blijkt dit opleidingsonderdeel niet aan te sluiten bij de verwachtingen. Nochtans geeft een dergelijk opleidingsonderdeel, volgens de commissie, de mogelijkheid om een stuk reflectieonderwijs te realiseren waarbij ook ingegaan wordt op de ethische aspecten van de natuurwetenschappen en het vraagstuk van de wetenschappelijke integriteit. De studenten lieten tijdens het bezoek weten dat de ingenieursfaculteit dit vak interessant en wetenschapsgericht invult.

Ook de leerinhouden van de twee masterprogramma's sluiten aan de beoogde leerresultaten. De leerlijnen uit de bachelor worden in de master verdergezet maar dan op een verdiepend niveau. De studenten kiezen voor een onderzoekspecialisatie en volgen opleidingsonderdelen die aansluiten bij hun eigen interessegebied. Daarnaast kiezen de studenten voor één van de drie opties. De commissie acht het positief dat studenten begeleid worden door een trajectbegeleider tijdens het samenstellen van hun programma en selecteren van keuzeopleidingsonderdelen. Dit bevordert alleszins de samenhang van het programma, zo meent de commissie.

Ook de hierboven beschreven leerlijnen zorgen voor de nodige samenhang in het programma, zo meent de commissie. Ook het werken in didactische teams voor de verschillende opleidingsonderdelen draagt hiertoe bij, al acht de commissie verbetering mogelijk ten aanzien van de gemeenschappelijke verantwoordelijkheid die de docenten dragen over de programma's. Door de schotten tussen de verschillende onderzoeksgroepen ontstaat er enerzijds overlap in het curriculum en treden anderzijds verschillen op in leer- en onderwijsmethoden. Dit laatste is onder andere zichtbaar in de verschillen in begeleiding die de studenten krijgen tijdens de masterproef.

In de bachelor komen de studenten in aanraking met **wetenschappelijke onderzoeksvaardigheden** (met in begrip van wetenschappelijke integriteit). De studenten komen al snel in het programma in aanraking met actueel onderzoek, bijvoorbeeld door het deelnemen aan colloquia en het bezoeken van onderzoeksinstellingen (o.a. CERN en IMEC). Tijdens het werken aan de bachelorproef, wanneer ze een eerste maal ondergedompeld zijn in de onderzoeksgroepen, nemen de studenten een zeer onderzoekende houding aan. Aan het einde van de bacheloropleiding moeten de studenten kiezen voor een bepaalde specialisatie in de master. De interesse minors vormen een goede voorbereiding voor het maken van een keuze buiten de master fysica. Tijdens het projectwerk in de 3de fase komen de studenten in contact met verschillende onderzoeksgroepen in het departement zodat een gefundeerde specialisatiekeuze binnen de master fysica of een keuze voor de master sterrenkunde mogelijk is. Omdat een aantal studenten uit de bachelor aangaven (nog) geen duidelijk zicht te hebben op het lopend onderzoek binnen de verschillende onderzoeksgroepen, raadt de commissie aan de zichtbaarheid van de (sterke) onderzoeksgroepen in het bachelorprogramma te versterken. De onderzoekgerichtheid van de opleiding kent een hoogtepunt tijdens het werken aan de masterproef (zie GKW 3).

Ook in Kortrijk worden de studenten vertrouwd gemaakt met het academisch onderzoek, hoewel het aandeel onderzoek aan de Kortrijkse opleiding laag is. De verdiepende fysica vakken worden deels opgevangen met docentmobiliteit in combinatie met permanentiedagen van deze Leuvense docenten aan de KULAK. Dit initiatief wordt ondersteund door de commissie, zeker omdat het de diversiteit in onderwijsaanpak vergroot. Toch zou een versterking van het docentenkorps met permanente leden wenselijk zijn, ook voor de onderzoekstraditie aan de KULAK.

De programma's leggen grote nadruk op onderzoek en een aanzienlijk deel van de afgestudeerden gaan hierin verder. Maar ook het niet-academische beroepenveld heeft nood aan goed opgeleide fysici. **Daarom moet de opleiding volgens de commissie meer werken aan de professionele gerichtheid van het programma.** De opleiding is zich hiervan bewust en plant daarom de invoering van een stage (in Kortrijk is deze reeds geïmplementeerd, wat de commissie zeer waardeert) en richt ze reeds in de bachelor een minor business and innovation/economie in. Toch ziet de commissie nog mogelijkheden om de aandacht voor het niet-academische werkveld te versterken. Dit kan bijvoorbeeld doordat de docenten tijdens de colleges fysische en wiskundige toepassingen in de industrie bespreken. Verder denkt de commissie onder andere aan het organiseren van bedrijfsbezoeken en het structureel betrekken van fellows uit het bedrijfsleven. Het aanstellen van een R&D manager als deeltijds hoogleraar creëert voor de opleiding en het bedrijf een win-winsituatie. Het geeft de kans om aan kennisuitwisseling te doen rond onderzoek, nieuwe publiek-private samenwerkingen op te zetten en het bevordert de mobiliteit van medewerkers en studenten. Daarnaast is versterking van de professionele optie in de master noodzakelijk. Deze optie is nu zeer economisch ingevuld. Een optie die enerzijds gericht is op technologie, met inbegrip van computationale science en numeriek modelleren, en anderzijds op ondernemerschap biedt volgens de commissie een bijzondere meerwaarde. Een samenwerking met de ingenieursopleidingen lijkt hierbij wenselijk.

Hierbij aansluitend, richt de commissie nog een woord tot de **optie onderwijs**. Zo vindt zij het zeer positief dat de bacheloropleiding in Leuven en Kortrijk als enige van de Vlaamse opleidingen fysica (en sterrenkunde) studenten de mogelijkheid biedt om in de bachelor kennis te maken met het leraarsberoep. Dit initiatief wordt geapprecieerd door de commissie en kan in coördinatie met andere universiteiten de aantrekking tot het leerkrachtenberoep vergroten. De commissie wenst wel op te merken dat het een blijvende inspanning vraagt om de vakdidactieken zoveel als mogelijk

te doen aansluiten bij de natuurkunde. Verder beveelt de commissie aan om studenten uit de optie onderwijs een masterproef te laten maken die een natuurkundig onderwerp behandelt op een hoog academisch niveau, maar tegelijk een link legt naar de schoolpraktijk.

Verder stelt de commissie dat het cursusmateriaal en werkvormen voor alle opleidingen en varianten op orde zijn en aansluiten bij de beoogde leerresultaten. **Het cursusmateriaal is netjes uitgewerkt** en bestaat uit door de docenten ontwikkeld materiaal en internationaal erkende standaardwerken. **Met betrekking tot de werkvormen in Leuven stelt de commissie variëteit vast, maar ziet ze ruimte om meer activerend te werken.** Dit geldt eveneens voor de elektronische leeromgeving, die weliswaar goed ontwikkeld is en beschikbaar op het vlak van informatie over de opleidingsonderdelen en de leerstof, maar niet op een interactieve manier wordt gebruikt. Ook de afstemming tussen de hoorcolleges en de labo's kan volgens de commissie versterkt worden. **Specifiek voor Kortrijk drukt de commissie haar waardering uit voor het gehanteerde opleidingsconcept.** De kleinschaligheid van de Kortrijkse opleiding leent zich er toe om heel persoonlijk en activerend te werken. Voornamelijk demoproeven, die voorafgaand aan het hoorcollege worden gegeven, vindt de commissie positief. De variatie in werkvormen en de mate van interactie tussen studenten en docenten neemt toe in de masteropleidingen, zo stelt de commissie.

Om de lessen en practica meer activerend te maken, zal het nodig zijn de docenten en de assistenten hiervoor te professionaliseren. De commissie stelde vast dat de KU Leuven een groot aanbod onderwijskundige professionaliseringsactiviteiten aanbiedt. De assistenten en de tenure-track docenten volgen een verplichte docentenopleiding, maar de zittende docenten maken hier weinig gebruik van. De commissie raadt daarom aan hier een structureel beleid aan te koppelen. Verder suggereert de commissie om de vereiste onderwijscompetenties te formaliseren. De docenten kunnen dan aan de hand van een portfolio aantonen hoe ze onderwijstaken verzorgen, onderwijsvernieuwingen introduceren en professionaliseringsactiviteiten attenderen. Deze elementen moeten vervolgens gehonoreerd worden bij promotie. Ten slotte wenst de commissie aan te bevelen om meer te roteren met de vakaanstellingen. De kwaliteit van de leerinhouden en -vormen gaat er volgens de commissie op vooruit indien een docent niet langer dan vijf jaar na elkaar hetzelfde opleidingsonderdeel doceert.

De publicatielijsten en de gesprekken tonen aan dat de vakinhoudelijke kwaliteit van de docenten goed is. De docenten komen uit sterke en inter-

nationaal erkende onderzoeksgroepen/instituten waardoor in de Leuvense programma's veel linken liggen met modern en toonaangevend onderzoek. Zoals reeds aangehaald moet dit worden versterkt in Kortrijk. De kwantiteit van de docenten en assistenten is goed, zo meent de commissie. De opleiding kan rekenen op 48 ZAP-leden en 236 medewerkers in het AAP-BAP statuut. Evenwel moet de opleiding alert zijn voor de op termijn stijgende werkdruk van OASE. De opleiding in Kortrijk kan rekenen op 2 ZAP-leden en 10 medewerkers in het AAP-BAP statuut. Beide opleidingen doen beroep op docenten uit nabije departementen voor b.v. het gedeelte wiskunde in de opleiding. De groep W&T Kulak telt momenteel 11 voltijdse en 2 deeltijdse ZAP-leden, ten laste van de eigen enveloppe. Het residerende docentencorps in Kortrijk wordt bovendien bijgestaan door 11 ZAP-leden uit Leuven die in Kortrijk een OPO komen geven.

De kwantiteit van de docenten en assistenten is mede goed te noemen door de – naar Europese normen en per hoofd van de bevolking – **lage studenteninstroom**. De commissie deed deze vaststelling aan alle bezochte opleidingen. Omwille van de grote nood aan fysici in het bedrijfsleven en het secundair onderwijs vindt ze dit des te problematischer. De opleiding is zich hiervan bewust en organiseert samen met de faculteit een heleboel **outreach-activiteiten**, zoals openlesdagen en informatiedagen (SID-in's) voor leerlingen uit het laatste jaar van het secundair onderwijs. De kinderuniversiteit voor 8-13 jarigen ondervindt overweldigende belangstelling en zou kunnen worden geïntensiveerd. Ook leerlingen tussen 14 en 16 jaar tracht de faculteit warm te maken voor wetenschappen met activiteiten zoals een junior college. De commissie waardeert al deze inspanningen, maar meent niettemin dat deze tot nu toe nog weinig effectief zijn gebleken. Op basis van gesprekken met docenten, studenten en alumni haalt de commissie twee redenen aan. Enerzijds blijkt het imago van bètawetenschappen weinig aantrekkelijk en anderzijds vinden leerlingen met een sterke wiskundige kennis sneller hun weg naar de ingenieursstudies.

Daarom raadt de commissie aan om de geleverde inspanningen te bundelen teneinde met alle Vlaamse opleidingen fysica (en sterrenkunde) een gezamenlijk actieplan ter promotie van de natuurkunde uit te werken. Best practices uit het buitenland moeten hierbij als inspiratie dienen. Een belangrijk onderdeel van dit plan zal er in bestaan om het beroepsbeeld van de fysicus te verduidelijken. Want de arbeidsmarkt noch de bredere maatschappij hebben een duidelijk beeld van de mogelijkheden van een fysicus. Het is volgens de commissie de taak van de faculteiten hier verandering in te brengen en van de fysicus een beeld te geven dat comple-

mentair is met dat van de ingenieur. Deze strategie zal zich, volgens de commissie, moeten richten op het beeld dat momenteel heerst bij leraren, ouders en bedrijfsleiders. Ook kan de opleiding zelf enkele initiatieven uitwerken. De versterking van het niet-academische beroepenveld in het programma en de verhoogde aantrekkelijkheid van het eerste jaar (met moderne fysica) kunnen volgens de commissie bijdragen tot een verhoogde instroom. Verder denkt de commissie onder andere aan het opbouwen van een duurzame band met leraren natuurkunde (en wiskunde) in de regio. De studenten uit de optie onderwijs zijn hierbij een belangrijke schakel. Bovendien moet ook de Engelstalige master meer buitenlandse studenten aantrekken. Ten slotte moet een specifiek plan opgesteld worden om meer meisjes aan te trekken.

Instromende studenten worden gestimuleerd een ijkingsstoets wetenschappen af te leggen waarmee ze hun voorkennis kunnen schatten. Er wordt vervolgens een zomerschool wiskunde aangeboden voor studenten die onvoldoende scores. Gedurende het studieproces kunnen de studenten een beroep doen op het monitoraat, de trajectbegeleiders en het tutoraat, dat door hogerejaars gegevens wordt. **Voornamelijk in de eerste bachelorfase is de begeleiding sterk, daarna neemt deze stelselmatig af.** De commissie heeft wel opgevangen dat de werkdruk door het nieuwe OASE systeem op lange termijn deze sterke begeleiding onder druk kan zetten. Ze raadt de opleiding aan dit goed op te volgen. **In Kortrijk is de begeleiding zeer sterk en is er een belangrijke rol weggelegd voor de assistenten en enkele leerkrachten uit het secundair onderwijs met deeltijdaanstelling.** Daarnaast zijn er in Kortrijk ook kernmonitoren wiskunde en fysica voor ondersteuning van de oefeningen en het onderwijslabo fysica. De commissie meent dat de instroombegeleiding en studiebegeleiding voor de zwakkere studenten goed werkt. Toch acht zij het raadzaam dat ook aan de sterkste studenten aandacht wordt geschonken. Het bestaan van het excellentieprogramma, de twinbachelor wiskunde-fysica (210 stp) in Kortrijk, vindt zij een mooi initiatief. Vanaf academiejaar 2014-2015 zal het volgen van een twinbachelor ook in Leuven mogelijk zijn.

Het systeem van de interne kwaliteitszorg is volgens de commissie op orde. Als een bewijs hiervoor noemt zij het helder en kritisch geschreven zelfevaluatierapport, dat ondersteund werd door focusgesprekken met een groep van studentenafgevaardigden. Iedere twee jaar worden alle opleidingsonderdelen geëvalueerd door middel van een online-bevraging. Op basis van de resultaten van de bevragingen worden op regelmatige basis verbeteracties genomen. Ook naar aanleiding van de vorige visitatie wer-

den verbetermaatregelen doorgevoerd. Zo worden er op aanbeveling van de vorige commissie exitgesprekken met uitvallende studenten gehouden, heeft de POC meer slagkracht gekregen en is er gewerkt aan de internationale mobiliteit van de studenten. De studierendementen zitten in de lift, maar hier is volgens de commissie nog ruimte ter verbetering, net zoals bij de practica te Kortrijk die uitdagender moeten worden ingevuld.

Centraal orgaan in de interne kwaliteitszorg is de POC fysica te Leuven en de POC WIF te Kortrijk, met daarin vertegenwoordigers van de docenten, studenten, assistenten en werkveld. De commissie meent dat alle geledingen via de POC voldoende inspraak hebben en betrokken worden bij de interne kwaliteitszorgcyclus. Verder zijn er vele informele contacten binnen de opleiding die er voor zorgen dat mogelijke problemen snel worden gedetecteerd. Als aandachtspunt hierbij stelt de commissie dat het belangrijk is om studenten op de hoogte te brengen van de resultaten van de bevragingen en van de reden voor het al dan niet implementeren van een verbetermaatregel. Dit laatste bleek in Kortrijk niet altijd adequaat te gebeuren.

Zowel in het bachelor- als masterprogramma wordt aandacht gegeven aan internationalisering. De opleidingen zetten in op **internationalisation@home** door de studenten gebruik te laten maken van Engelstalige literatuur en hen op te nemen in de onderzoeksgroepen, waar ze in contact komen met buitenlandse onderzoekers. Daarnaast wordt er tijdens het opleidingsonderdeel 'Gevorderde experimenteertechnieken uit de hedendaagse fysica' ieder jaar een driedaagse buitenlandse reis georganiseerd, bijvoorbeeld naar het CERN. **De buitenlandmobiliteit in de master, onder de vorm van Erasmusuitwisselingsprogramma's, is beperkt** en zou vooral in het kader van de masterproef kunnen worden uitgebreid.

De commissie stelt dat de studenten terechtkomen in een motiverende en uitdagende leeromgeving. De studeerbaarheid van de programma's te Leuven en te Kortrijk en het doorstroomrendement ziet de commissie hierbij als een indicator. Zo gaven de studenten aan dat het programma zwaar is maar in de lijn ligt met 25 tot 30 studie-uren per studiepoint. Vooral het eerste jaar van de bachelor wordt als zwaar ervaren, voornamelijk door de hoeveelheid abstracte wiskunde die de studenten moeten verwerken. De doorstroomcijfers maken ook duidelijk dat de drop-out in het eerste jaar hoog ligt. Eens het eerste jaar gepasseerd, zijn de uitvalkans van de studenten minimaal, wat de commissie gerust stelt. De leeromgeving wordt nog versterkt door de prominente aanwezigheid van de studentenkring Wiskunde-Informatica-Natuurkunde (Wina).

De commissie concludeert dat het onderwijsproces van de bachelor op beide locaties en de master voldoet aan de basiskwaliteit. De commissie stelde vast dat de opleiding deze basiskwaliteit op bepaalde aspecten ruimschoots overschrijdt. Het gaat dan onder andere om het niveau van de leerinhouden en de aandacht voor onderzoek te Leuven of de geïntegreerde labo's en de mogelijkheid tot het volgen van een stage in Kortrijk. Evenwel heeft de commissie bij bepaalde aspecten van het onderwijsproces opmerkingen en aanbevelingen geformuleerd. Hierdoor stelt ze dat de opleidingen niet systematisch boven de basiskwaliteit uitsteken. Daarom besluit de commissie de opleidingen, inclusief de verschillende varianten, de score 'voldoende' toe te kennen.

Generieke kwaliteitswaarborg 3 - Gerealiseerde eindniveau

De commissie beoordeelt het gerealiseerde eindniveau van de bacheloropleiding te Leuven en de masteropleiding als goed. De commissie beoordeelt het gerealiseerde eindniveau van de bacheloropleiding te Kortrijk als voldoende.

Bij de toetsing en beoordeling onderschrijft de opleiding de visie op toetsen van de KU Leuven en de faculteit wetenschappen. Het toetsbeleid binnen de opleidingen is op dit moment impliciet en in ontwikkeling. Binnen de schoot van de POC zullen een aantal concrete initiatieven genomen worden om de aard, de vorm en de kwaliteit van de toetsen te stroomlijnen. Als eerste uitgangspunt neemt de opleiding dat het toetssysteem dient na te gaan of de studenten alle OLR op voldoende niveau bereiken. Daarnaast moet de toetsing er toe bijdragen dat studieproblemen snel worden opgemerkt.

Ten behoeve hiervan stelt de opleiding zich tot doel **om in de eerste fase zoveel mogelijk formatief te toetsen**. Op die manier krijgen de studenten snel feedback en kan er geremedieerd worden in studiemethode. Deze vorm van aanpak sluit volgens de commissie goed aan bij de gekozen onderwijsvorm, het OASE-project. **Daarnaast wordt er vooral summatief getoetst in de latere jaren van de opleiding.** Hier ziet de commissie ruimte om het formatieve karakter te versterken. De opleiding hanteert verder een waaier aan toetsvormen. Aan het begin van de bachelor wordt er voornamelijk schriftelijk getoetst, terwijl later in het programma de nadruk verschuift naar mondelinge toetsing (met schriftelijke voorbereiding). Verder wordt er ook getoetst door middel van take-home-examens, presentaties, scripties en verslagen. De studenten gaven aan dat de methoden van toetsing zeer inzichtelijk worden gemaakt.

De commissie heeft tijdens het bezoek examenopgaven ingekeken. Ze meent dat deze van goede kwaliteit zijn en aansluiten bij de beoogde leerresultaten. De toetsen in Kortrijk moeten volgens de commissie uitdagerender worden ingevuld.

Na het examen kunnen de studenten feedback krijgen. Evenwel stelt de commissie vast dat maar weinig studenten hiervan gebruik maken.

Daarnaast geven niet alle docenten aan het begin van de les aan wat van de studenten verwacht wordt op het examen. De commissie raadt aan hier aan te werken om zo de transparantie van het toetsen te versterken. Positief vindt de commissie wel dat meer en meer docenten gebruik maken van een verbeterleutel en/of geëxpliciteerde verbetercriteria. De commissie hoopt dat op termijn alle docenten hiervan gebruik maken.

De kwaliteit van de toetsen wordt bewaakt binnen de didactische teams, waarbinnen afspraken worden gemaakt over de beoordelingscriteria. Daarnaast zijn ook de onderwijsbeoordelingen een belangrijke indicator om de kwaliteit van het toetsen te monitoren. Ten slotte waken de POC fysica en de POC WIF erover dat de toetsing het bereiken van de leerresultaten waarborgt. In het kader hiervan werd voor de beoordeling van de bachelor- en masterproef een uniform beoordelingsformulier uitgewerkt. De commissie vindt dit zeer positief.

Ondanks het ontbreken van een expliciet toetsbeleid en een aantal door de commissie aangehaalde verbeterpunten, stelt de commissie dat vele elementen binnen de toetsmethodiek effectief zijn. De commissie concludeert dat de opleidingen beschikken over een betrouwbaar, valide en transparant systeem van toetsen.

De Leuvense bachelorproef (9stp) bestaat uit twee kleinere projecten, een theoretisch en experimenteel, gevolgd door een groter afsluitend project.

De bachelorproef wordt uitgevoerd in teamverband in verschillende onderzoeksgroepen en onder begeleiding van meestal Engelstalige postdocs. De commissie vindt het positief dat de studenten tijdens de bachelorproef in contact komen met zowel de theoretische als de experimentele zijde van de fysica, en een eerste maal meedraaien in de onderzoeksgroepen. Tijdens het visitatiebezoek heeft de commissie bachelorproeven ingekeken. Deze waren van zeer goede kwaliteit. De (multidisciplinaire) bachelorproef in Kortrijk (6stp) wordt ingericht vanaf academiejaar 2013-2014. Op het moment van het bezoek kon de commissie nog geen bachelorproeven

inkijken. De commissie vernam tijdens het bezoek dat ook de docenten van Leuven de bachelorproeven in Kortrijk zullen gaan begeleiden.

De masterproeven bestaan eveneens uit twee delen: een voorbereiding en de eigenlijke masterproef. De studenten maken hun masterproef binnen één van de onderzoeksgroepen van de opleiding. De score van de masterproef wordt gegeven door de promotor, door twee lezers en door een jury tijdens de verdediging. **De commissie heeft voorafgaand aan het bezoek masterproeven gelezen en vindt de masterproeven van zeer hoog niveau.** Veertig procent van de masterproeven leidt tot een publicatie.

Over het algemeen meent de commissie dat de studenten voldoende keuzeonderwerpen hebben. Wanneer het onderzoek start, worden de studenten letterlijk opgenomen in de onderzoeksgroep. Alle studenten krijgen een eigen bureau in het departement en hebben hierdoor de mogelijkheid om veel in overleg te gaan met de promotor en met de masterproefbegeleiders. Toch blijkt de begeleiding en feedback die de studenten krijgen tijdens het schrijven van de masterproef sterk afhankelijk te zijn van de toegewezen promotor en de onderzoeksgroep waarin de student terecht komt, zo leert de commissie na gesprekken met studenten en alumni. De reden voor deze verschillen ligt in de grote zelfstandigheid van de onderzoeksgroepen. De commissie meent dat dit een aandachtspunt moet zijn bij de masterhervorming.

Na hun studies gaat de meerderheid van de afgestudeerden van de bachelor verder naar de master fysica. Enkeligen gaan naar de master sterrenkunde en anderen gaan naar een master in het domein van de ingenieurswetenschappen. De afgestudeerden uit Kortrijk trekken tot vorig academiejaar naar Leuven en kozen daar ofwel voor het derde jaar fysica ofwel stroomden ze door naar de derde bachelor ingenieurswetenschappen. Vanaf academiejaar 2013-2014 kunnen de studenten hun bachelorsdiploma behalen in Kortrijk. **Veel alumni uit de master gaan verder in het onderzoek en starten een doctoraat in binnen- of buitenland. Een ander deel trekt naar het private bedrijfsleven en een minderheid gaat het onderwijs in.** De alumni vinden allemaal snel werk, zo kon de commissie vaststellen. Niettemin vindt de commissie het jammer dat slechts zo weinig studenten opteren voor het leeraarsberoep of rechtstreeks een baan zoeken in het niet-academische werkveld. Een sterkere beroepsvoorlichting in het programma (zie GKW 2) kan leiden tot een meer gedifferentieerde uitstroom.

Om de studierendementen te analyseren, heeft de commissie gebruik gemaakt van de cijfers die door de centrale diensten van KU Leuven zijn aan-

gereikt. Ze stelt vast dat het studierendement van de bachelor te Leuven gemiddeld 77% bedraagt, te Kortrijk bedraagt het gemiddelde rendement 79% (met die bemerking dat de bacheloropleiding te Kortrijk tot 2012-2013 een tweejarig programma kende). Het rendement van de master ligt rond de 95% en voor de Engelstalige opleiding bedraagt dit 58%.

De commissie acht de studie-uitval in het eerste bachelorjaar te Leuven hoog. De uitval bedraagt 50%. Het rendement van eerste fase van de bachelor in Kortrijk ligt hoger, maar veel studenten kiezen na het tweede jaar voor een vervolg bij de ingenieurswetenschappen. De commissie meent dat de opleiding blijvend aandacht moet schenken aan de uitval in het eerste jaar, zodoende het rendement op te krikken. Ze hoopt dat het OASE-project op termijn aantoonbare resultaten oplevert met betrekking tot de verhoging van het studierendement. Positief vindt de commissie dat in reactie op een aanbeveling van de vorige visitatiecommissie exitinterviews worden georganiseerd teneinde de drop-out in kaart te brengen. De commissie oordeelt dat het rendement van de bacheloropleidingen in de lijn ligt met de andere Vlaamse opleidingen fysica.

Het rendement van de masteropleidingen is naar de mening van de commissie op orde. Wel ondervindt de masteropleiding de laatste tijd negatieve effecten van studenten die zich inschrijven in de master, zonder dat zij hun bacheloropleiding hebben afgerond. Dit leidt tot een feitelijke verlenging van de masterstudies en stelt problemen rond de volgtijdelijkheid van sommige opleidingsonderdelen. De commissie raadt de opleiding en bij uitbreiding het faculteitsbestuur aan om een harde knip te hanteren en volgtijdelijkheidsregels in te lassen.

Concluderend meent de commissie dat het toetsbeleid voor de verschillende opleidingen op orde is, al moet dit hier en daar nog verder worden versterkt en geformaliseerd. Het niveau en de inzetbaarheid van de afgestudeerden is prima. De kwaliteit van de bachelorproeven en de masterproeven in Leuven vindt de commissie hoog. Het rendement van de bachelor te Kortrijk en de masteropleidingen is naar behoren, de drop-out in de bachelor in Leuven verdient verdere aandacht. Aangezien er ten tijde van het bezoek in Kortrijk nog geen afgestudeerden waren die de drie jaren hadden doorlopen en er bijgevolg nog geen bachelorproeven waren geschreven, heeft de commissie geoordeeld om voor de bachelor fysica van deze campus de score 'voldoende' te geven. De opleidingen te Leuven krijgen de scores 'goed', vermits de commissie meent dat deze systematisch de basiskwaliteit overschrijden.

Integraal eindoordeel van de commissie

Bachelor of Science in de fysica, locatie Leuven

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau	G
Generieke kwaliteitswaarborg 2 – Onderwijsproces	V
Generieke kwaliteitswaarborg 3 – Gerealiseerd eindniveau	G

Vermits generieke kwaliteitswaarborg 1 als goed wordt beoordeeld, generieke kwaliteitswaarborg 2 als voldoende en generieke kwaliteitswaarborg 3 als goed, is het eindoordeel van de opleiding Bachelor of Science in de fysica, conform de beslisregels, goed.

Bachelor of Science in de fysica, locatie Kortrijk

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau	V
Generieke kwaliteitswaarborg 2 – Onderwijsproces	V
Generieke kwaliteitswaarborg 3 – Gerealiseerd eindniveau	V

Vermits generieke kwaliteitswaarborg 1 als voldoende wordt beoordeeld, generieke kwaliteitswaarborg 2 als voldoende en generieke kwaliteitswaarborg 3 als voldoende, is het eindoordeel van de opleiding Bachelor of Science in de fysica (Kortrijk), conform de beslisregels, voldoende.

Master of Science in de fysica/physics

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau	V
Generieke kwaliteitswaarborg 2 – Onderwijsproces	V
Generieke kwaliteitswaarborg 3 – Gerealiseerd eindniveau	G

Vermits generieke kwaliteitswaarborg 1 als voldoende wordt beoordeeld, generieke kwaliteitswaarborg 2 als voldoende en generieke kwaliteitswaarborg 3 als goed, is het eindoordeel van de opleiding Master of Science in de fysica/physics conform de beslisregels, voldoende.

Samenvatting van de aanbevelingen in het kader van het verbeterperspectief

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau

- Schenk in de leerresultaten van de opleiding meer aandacht aan computational science en aan het niet-academische beroepenveld.
- Ontwikkel een doorgedreven onderwijskundige visie voor de master.

Generieke kwaliteitswaarborg 2 – Onderwijsproces

- Implementeer voldoende moderne fysica vroeg in de bachelor.
- Moderniseer de practica, zowel inhoudelijk als vormelijk. Verhoog eveneens het aandeel practica te Leuven.
- Versterk het onderzoek en het academische milieu te Kortrijk.
- Trek de leerlijn informatica door naar de master.
- Geef het opleidingsonderdeel 'Religie, zingeving en levensbeschouwing' een invulling die meer wetenschapsgericht is en thema's als ethiek en wetenschappelijke integriteit omvat.
- Versterk de beroepsoriëntatie in het programma en overweeg een professionele optie in de master met aandacht voor ondernemerschap en technologie.
- Professionaliseer de docenten en assistenten systematisch. Dit komt de onderwijsvernieuwing van het programma ten goede.
- Verhoog de instroom en heb speciale aandacht voor meisjes. Werk hiervoor samen met de andere Vlaamse fysica en sterrenkunde opleidingen.

Generieke kwaliteitswaarborg 3 – Gerealiseerd eindniveau

- Finaliseer het opleidingsspecifieke toetsbeleid- en plan, toon daarbij meer aandacht voor formatieve toetsing.
- Verhoog het studierendement en verlaag de drop-out in het eerste jaar van de bachelor.

De commissie heeft vernomen dat sinds haar bezoek een aantal plannen voor aanpassingen in lijn met de genoemde suggesties zijn opgesteld. De commissie meent dat dergelijke initiatieven een positieve bijdrage kunnen leveren aan de gesignaleerde aandachtspunten.

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT LEUVEN

Master of Science in de sterrenkunde/astronomy and astrophysic

SAMENVATTING Master of Science in de sterrenkunde/astronomy and astrophysic Katholieke Universiteit Leuven

Van 4 tot en met 7 november werd de Master of Science in de sterrenkunde/astronomy and astrophysic van de Katholieke Universiteit Leuven, in het kader van een onderwijsvisitatie op haar kwaliteit geëvalueerd door een commissie van onafhankelijke experts. In deze samenvatting, die een momentopname weergeeft, worden de belangrijkste bevindingen van de commissie opgelijst.

Profilering

De masteropleiding wordt ingericht door de faculteit Wetenschappen.

De master sterrenkunde is de enige specifieke opleiding op dit domein in Vlaanderen. Aan andere instellingen wordt de sterrenkunde als een component van de reguliere natuurkunde-opleiding behandeld. Het multidisciplinaire karakter van dit onderzoeksdomein, met aanknopingspunten binnen de fysica, wiskunde, chemie, geologie en biologie, en de eigen methodologie van de discipline vormden de twee belangrijkste motivaties om deze opleiding apart in te richten. De aanwezige onderzoeksexpertise aan de KU Leuven op dit domein – binnen het Instituut voor Sterrenkunde, het Centrum voor mathematische Plasma-Astrofysica en het Instituut voor theoretische fysica – is aangewend om een specifieke onderzoekgerichte master in te richten.

De opleiding telt tussen 2009 en 2012 gemiddeld 15 studenten per academiejaar.

Programma

Het programma van de master sterrenkunde (120 stp) is opgebouwd uit een gedeelte verplichte opleidingsonderdelen, keuzeopleidingsonderdelen (die zowel verbredend als verdiepend zijn van inhoud) en de masterproef. Daarnaast kiest de student één van de drie opties (optie onderzoek, professionele optie of optie onderwijs). De Engelstalige variant, master astronomy and astrophysics, biedt alleen de optie onderzoek aan. Dit programma is grotendeels gelijklopend aan de Nederlandstalige variant. De commissie behandelt daarom beide opleidingen als één, tenzij anders vermeld.

Daarnaast is het programma sterk onderzoeksgericht. De studenten, om het even welke optie ze kiezen, komen tijdens hun opleiding frequent in contact met actueel en modern onderzoek. De onderzoeksvaardigheden van de studenten worden bijgebracht aan de hand van verschillende onderzoeksprojecten. Een door de studenten zeer gewaardeerd onderzoeksproject is 'onderzoeksschool observationele sterrenkunde', waar de studenten eigen waarnemingen aanvragen in professioneel format, vervolgens het eigen onderzoek uitvoeren met de Mercatortelescoop op La Palma, en ten slotte de resultaten verwerken tot een proefartikel in een professioneel tijdschrift.

De aandacht voor internationalisering in het programma is hoog. Negen van de 25 (36%) afgestudeerden tussen 2008 en 2012 hebben deelgenomen aan een Erasmusuitwisseling en ook het onderzoeksproject in La Palma brengt de studenten de nodige internationale ervaring bij.

Ook het gehanteerde onderwijsmateriaal is op orde. De meeste docenten van de opleiding maken gebruik van zelf ontwikkeld cursusmateriaal. De werkvormen zijn innoverend en er is veel ruimte voor discussies tijdens de colleges.

De masterproeven halen een zeer hoog wetenschappelijk niveau. De masterproeven sluiten inhoudelijk aan bij het state-of-the-art onderzoek in de onderzoeksgroepen van de opleiding en de studenten geven in de masterproeven blijk te beschikken over de nodige academische vaardigheden van een beginnend vorser. Positief zijn de wekelijkse onderzoekseminars waar

de studenten hun vooruitgang presenteren. Het aantal masterproeven dat leidt tot een publicatie bedraagt 28%. Bij studenten die hun masterproef in het buitenland schrijven, via bijvoorbeeld Erasmus, bedraagt dit 67%.

Beoordeling en toetsing

De toetsvormen bestaan uit een combinatie van mondelinge en schriftelijke examens, beoordeling van papers, presentaties en oefeningen. Ook worden mondelinge examens gecombineerd met schriftelijke oefeningen en numerieke opdrachten. Voor bepaalde opleidingsonderdelen worden meerdere toetsmethoden gehanteerd, zodat verschillende leerresultaten op adequate wijze getoetst worden. Eveneens geven de studenten presentaties om de mondelinge vaardigheden te toetsen.

De opleiding toetst regelmatig op formatieve wijze, voornamelijk voor de verschillende onderzoeksprojecten. De studenten maken tussentijdse opdrachten en krijgen hierop de nodige feedback. De feedback wordt zowel schriftelijk gegeven nadat de studenten oefeningen hebben gemaakt, als ook mondeling (en meer informeel) doordat de student integraal deel uitmaakt van de onderzoeksgroep en hierdoor veel in contact komt met de docenten en assistenten.

Begeleiding en ondersteuning

De opleidingsspecifieke infrastructuur is uitgebreid en in goede staat. De studenten van de opleiding krijgen een eigen lokaal, dat is voorzien van computers, binnen het Instituut voor Sterrenkunde. Verder maakt de opleiding gebruik van moderne onderzoekopstellingen, zoals de Mercatorsterrenwacht. Voor het werken aan de masterproef maken de studenten gebruik van de labo's die zich in de onderzoeksgroepen bevinden. Deze zijn zeer modern.

De begeleidende diensten zijn degelijk uitgebouwd. De studenten uit de master gaan met vragen en problemen rechtstreeks aankloppen bij de docenten en assistenten.

Slaagkansen en beroepsmogelijkheden

De cijfers over het diplomarendement, de drop-out en de studieduur, liggen in de lijn met de andere Vlaamse opleidingen fysica (en sterrenkunde). De drop-out is zeer klein en de studieduur wordt nauwelijks verlengd.

De sterke nadruk op onderzoek, leidt er toe dat de afgestudeerden van de opleiding veelal terecht komen in de onderzoekswereld. Van de 25 afgestudeerden tussen 2008 en 2012 zijn 15 studenten begonnen met een doctoraat. Anderen studeren verder, zijn aan de slag als wetenschappelijk medewerker, trekken het onderwijs in of gaan naar de industrie. De afgestudeerden vinden over het algemeen snel werk, maar enkele alumni gaven de commissie te kennen dat de bekendheid van het diploma sterrenkunde bij het werkveld beperkt is.

OPLEIDINGSRAPPORT Master of Science in de sterrenkunde/astronomy and astrophysics Katholieke Universiteit Leuven

Woord vooraf

Dit rapport behandelt de Master of Science in de sterrenkunde/astronomy and astrophysics aan de Katholieke Universiteit Leuven. De visitatiecommissie bezocht deze opleiding van 4-7 november 2013.

De visitatiecommissie beoordeelt de opleiding aan de hand van de drie generieke kwaliteitswaarborgen uit het VLUHR-beoordelingskader. Dit kader is afgestemd op de accreditatievereisten zoals gehanteerd door de NVAO. Voor elke generieke kwaliteitswaarborg geeft de commissie een gewogen en gemotiveerd oordeel op een vierpuntenschaal: onvoldoende, voldoende, goed of excellent. Bij de beoordeling van de generieke kwaliteitswaarborgen betekent het concept 'basiskwaliteit' dat de generieke kwaliteitswaarborg aanwezig is en de opleiding – of een opleidingsvariant – voldoet aan de kwaliteit die in internationaal perspectief redelijkerwijs mag worden verwacht van een bachelor- of masteropleiding in het hoger onderwijs. De score voldoende wijst er op dat de opleiding voldoet aan de basiskwaliteit en een acceptabel niveau vertoont voor de generieke kwaliteitswaarborg. Indien de opleiding goed scoort dan overstijgt ze systematisch de basiskwaliteit voor de generieke kwaliteitswaarborg. Bij een score excellent steekt de opleiding ver uit boven de basiskwaliteit voor de generieke kwaliteitswaarborg en geldt ze hierbij als een (inter)nationaal voorbeeld. De score onvoldoende getuigt dan weer dat de generieke kwaliteitswaarborg onvoldoende aanwezig is.

De oordelen worden onderbouwd met feiten en analyses. De commissie heeft inzichtelijk gemaakt hoe zij tot haar oordeel is gekomen. De commissie geeft ook een eindoordeel over de kwaliteit van de opleiding als geheel aan de hand van dezelfde vierpuntenschaal. De oordelen en aanbevelingen hebben betrekking op de opleiding met alle daaronder ressorterende varianten, tenzij anders vermeld.

De commissie beoordeelt de kwaliteit van de opleiding zoals zij die heeft vastgesteld op het moment van het visitatiebezoek. De commissie heeft zich bij haar oordeel gebaseerd op het zelfevaluatie rapport en de informatie die voortkwam uit de gesprekken met de opleidingsverantwoordelijken, de lesgevers, de studenten, de alumni, assistenten en de verantwoordelijken op opleidingsniveau voor interne kwaliteitszorg, internationalisering

en studiebegeleiding. De commissie heeft ook een selectie van het studiemateriaal, de afstudeerwerken en de examenvragen bestudeerd. Tevens is door de commissie een bezoek gebracht aan de opleidings specifieke faciliteiten, zoals de leslokalen en de laboratoria.

Naast het oordeel formuleert de visitatiecommissie in het rapport aanbevelingen in het kader van het verbeterperspectief. Op die manier wenst de commissie bij te dragen aan de kwaliteitsverbetering van de opleiding. De aanbevelingen zijn opgenomen bij de respectieve generieke kwaliteitswaarborgen. Aan het eind van het rapport is een overzicht opgenomen van verbeter suggesties.

De opleiding wordt ingericht door de faculteit wetenschappen van de Katholieke Universiteit Leuven. De permanente onderwijscommissie (POC) sterrenkunde is verantwoordelijk voor de kwaliteit en het verloop van het programma.

Het programma van de master sterrenkunde (120 stp) is opgebouwd uit een gedeelte verplichte opleidingsonderdelen, keuzeopleidingsonderdelen (die zowel verbredend als verdiepend zijn van inhoud) en de masterproef. Daarnaast kiest de student één van de drie opties (optie onderzoek, professionele optie of optie onderwijs). De Engelstalige variant, master astronomy and astrophysics, biedt alleen de optie onderzoek aan. Dit programma is grotendeels gelijklopend aan de Nederlandstalige variant. De commissie behandelt daarom beide opleidingen als één, tenzij anders vermeld.

De opleiding telt tussen 2009 en 2012 gemiddeld 15 studenten per academiejaar.

De opleiding werd nog niet eerder gevisiteerd.

Generieke kwaliteitswaarborg 1 - Beoogd eindniveau

De commissie beoordeelt het beoogd eindniveau van de master sterrenkunde/astronomy and astrophysics als voldoende.

In de aanloop van de introductie van het programma in 2007 heeft de toenmalige POC Sterrenkunde zich gebogen over de doelstellingen van de opleiding. Na het opstellen van de domeinspecifieke leerresultaten (DLR) besliste de POC om de oorspronkelijke OLR te herschrijven. Na aftoetsing op de docentendag heeft dit proces geleid tot een set van **12 opleidings-**

specifieke leerresultaten (OLR's). Deze gelden zowel voor de Nederlandstalige als de Engelstalige master. Uit de gesprekken kon de commissie opmaken dat de opleidingsverantwoordelijken en docenten, die betrokken zijn in verschillende onderzoeksgroepen (sterrenkunde – plasmafysica – wiskunde), gezamenlijk achter de leerresultaten van de master staan. Daarnaast werden voor de opties onderzoek, onderwijs en de professionele optie bijkomende leerresultaten uitgeschreven.

De commissie stelt dat de opleidings specifieke leerresultaten zowel qua niveau als oriëntatie passen bij het Vlaams Kwalificatieraamwerk. Verder sluiten de opleidings specifieke leerresultaten aan bij het domein specifiek leerresultatenkader. Het voornaamste verschil tussen de OLR ten aanzien van de DLR is het accent op het waarneembare, eerder dan op het experimentele. Verder legt de opleiding een nadruk op stellaire waarnemingen, met inbegrip van de ontwikkelingen en het gebruik van instrumentatie en data-analyse. De opleiding richt zich zowel op de meer theoretische als de meer computationele zijde van het spectrum.

De leerresultaten zijn actueel en sluiten aan bij de eisen gesteld door het vakgebied, zo meent de commissie. Enkel de aandacht voor het niet-academische beroepenveld dient te worden vergroot. De commissie verwacht dat de opleiding hieromtrent een leerresultaat uitwerkt. Met name zou een professionele optie rond instrumentatie/technologie studenten met bachelordiploma in de ingenieurswetenschappen kunnen aantrekken.

De master sterrenkunde is de enige specifieke opleiding op dit domein in Vlaanderen. Aan andere instellingen wordt de sterrenkunde als een component van de reguliere natuurkunde-opleiding behandeld. Het multidisciplinaire karakter van dit onderzoeksdomein, met aanknopingspunten binnen de fysica, wiskunde, chemie, geologie en biologie, en de eigen methodologie van de discipline vormden de twee belangrijkste motivaties om deze opleiding apart in te richten. De commissie vindt het positief dat de aanwezige onderzoeksexpertise aan de KU Leuven op dit domein – binnen het Instituut voor Sterrenkunde, het Centrum voor wiskundige fysica en het Instituut voor theoretische fysica – is aangewend om een specifieke onderzoeksgerichte master in te richten.

De commissie mist evenwel een overschouwende visie op het lesgeven in een master. Deze vaststelling deed de commissie overigens bij alle masteropleiding aan de bezochte instellingen. De masteropleiding moet nadenken welke rol ze in de maatschappij willen vervullen, gaande van het op-

leiden voor een vervolgopleiding of een graduate schools, tot de studenten klaar te maken voor het onderzoek of het brede beroepenveld.

Concluderend stelt de commissie dat de opleiding voldoet aan de beoordelingscriteria en hiermee de basiskwaliteit behaalt, maar deze niet systematisch overschrijdt. De commissie kent daarom de opleiding de score 'voldoende' toe.

Generieke kwaliteitswaarborg 2 - Onderwijsproces

De commissie beoordeelt het onderwijsproces van de master sterrenkunde/astronomy and astrophysics als excellent.

Aan het begin van de opleiding volgen de studenten 30 studiepunten verplichte opleidingsonderdelen. Hierdoor wordt bij alle studenten de nodige basiskennis en -vaardigheden aangebracht voor het vervolg van de opleiding, zowel wat betreft de theoretische als de observationele aspecten van de sterrenkunde. Eén van de verplichte opleidingsonderdelen in het tweede semester is 'Introduction to Cosmology'. Om de theoretische kennis bij de studenten te versterken, een betere aansluiting te verzekeren met de vernieuwde bachelor en om de vooropgestelde leerresultaten te bereiken, wordt dit opleidingsonderdeel vanaf academiejaar 2015-2016 opgesplitst, enerzijds in 'Astrophysical Cosmology' en anderzijds in 'The Early Universe'. Het laatste onderwerp maakt deel uit van het onderzoek van het Instituut voor Theoretische Fysica. De commissie ziet een verdergaande samenwerking tussen beide instituten als een positieve ontwikkeling.

Verbreding en/of verdieping wordt verwezenlijkt door de keuzeopleidingsonderdelen en de opties (onderzoek-onderwijs-professionele optie). De studenten hebben een ruime keuzevrijheid. Zowel de studenten als de commissie vinden dit zeer goed. De promotor van de masterproef en de programmadirecteur kijken er daarom op toe dat de student opleidingsonderdelen kiest die relevant zijn voor het onderwerp van de masterproef. De commissie vindt dit positief.

Het programma legt verder een grote nadruk op stellaire astrofysica. Het aanbod van keuzeopleidingsonderdelen geeft de studenten de mogelijkheid te differentiëren tussen asteroseismologie, andere benaderingen van de structuur en evolutie van sterren, en meer technologisch gericht onderzoek. Deze topics komen voort uit het onderzoek binnen het Instituut voor Sterrenkunde (IVS). Studenten die zich willen specialiseren in plas-

ma-astrofysica kunnen dit doen door opleidingsonderdelen uit de master toegepaste wiskunde te volgen gegeven door onderzoekers van het Centrum voor mathematische Plasma-Astrofysica (CPA). Voor expertise over planeten, interstellair medium, nucleosynthese en hoge-energie-astrofysica wordt een beroep gedaan op externe docenten. **De commissie is zeer tevreden met de opbouw van het programma en ze acht het zeer positief dat de opleiding de expertise van andere onderzoeksgroepen aanboort om het programma zo breed mogelijk op te bouwen. Ze stelt dan ook dat de leerinhouden van het programma aansluiten bij de vooropgestelde opleidings specifieke leerresultaten.**

Daarnaast is het programma sterk onderzoeksgericht. De studenten, om het even welke optie ze kiezen, komen tijdens hun opleiding frequent in contact met actueel en modern onderzoek. De onderzoeksvaardigheden van de studenten worden bijgebracht aan de hand van verschillende onderzoeksprojecten. Een door de studenten zeer gewaardeerd onderzoeksproject is 'onderzoeksschool observationele sterrenkunde', waar de studenten eigen waarnemingen aanvragen in professioneel format, vervolgens het eigen onderzoek uitvoeren met de Mercatortelescoop op La Palma, en ten slotte de resultaten verwerken tot een proefartikel in een professioneel tijdschrift. Dit opleidingsonderdeel heeft een zeer innoverend karakter en draagt in sterke mate bij tot het realiseren van de leerresultaten, zo meent de commissie. Daarom raadt ze de opleiding aan de mogelijkheid te onderzoeken dit opleidingsonderdeel, dat nu nog een keuzevak is en weliswaar door alle studenten wordt gevolgd, verplicht te stellen.

Een sterke onderzoeksgerichtheid leidt er wel toe dat **de beroepsoriëntatie in het programma minder zichtbaar is**. Hoewel dit geen doelstelling is van de opleiding en de opleiding zich profileert als een sterk onderzoeksgerichte master, wenst de commissie wel te wijzen op de grote nood aan natuur- en sterrenkundigen in de maatschappij, zowel in de industrie als in het onderwijs. Een grotere aandacht voor het niet-academische beroepenveld in de opleiding is daarom wenselijk. Dit kan bijvoorbeeld door bedrijfsbezoeken in te plannen, studenten de mogelijkheid te geven om een bedrijfsstage te volgen en door het aantrekken van fellows uit het bedrijfsleven. Deze wisselwerking geeft de kans om aan kennisuitwisseling te doen rond onderzoek, nieuwe publiek-private samenwerkingen op te zetten en het bevordert de mobiliteit van medewerkers en studenten.

De opleiding richt nu reeds een **professionele optie** (30 stp) in. Deze optie bevat inleidende opleidingsonderdelen op het gebied van economie en be-

drijfskunde. De professionele optie werd in het verleden nog door geen enkele student gevolgd. Eenmaal toonde een student interesse in deze optie, maar voor deze student werd een individueel programma uitgewerkt met daarin opleidingsonderdelen uit de ingenieurswetenschappen. De commissie vindt de aanwezigheid van deze optie op zich positief, maar ziet ruimte om de deze optie te versterken. Inleidende opleidingsonderdelen op het gebied van micro- en macro-economie, moeten volgens de commissie vervangen worden door meer technisch-bedrijfskundige opleidingsonderdelen, met bijvoorbeeld een focus op instrumentatietechnieken. Op die manier kunnen leerinhouden enerzijds rond computationele, numerieke en programmeervaardigheden, en anderzijds rond ondernemerschap geïntroduceerd worden. Samenwerking met de ingenieursopleiding biedt hier nieuwe kansen.

Hierbij aansluitend, richt de commissie graag nog een woord tot de **lerarenopleiding**. Ook deze optie wordt door zeer weinig studenten gevolgd, ondanks de grote nood aan leraren fysica. De commissie betreurt dit en meent dat de optie onderwijs sterker moet worden gepromoot, juist omdat sterrenkunde veel leerlingen fascineert en een uitstekend vehikel is om de jeugd voor natuurkunde te interesseren. Daarnaast zou deze optie ook voor wiskundigen interessant zijn. Bijkomend wenst de commissie op te merken dat het een blijvende inspanning vraagt om de vakdidactiek goed te doen aansluiten op de moderne (astro-)fysica. Verder beveelt de commissie aan om studenten uit de optie onderwijs een masterproef te laten maken die een sterrenkundig onderwerp behandelt op een hoog academisch niveau, maar tegelijk een link legt naar de onderwijspraktijk.

Verder is de commissie zeer tevreden over de aanpak in de opleiding die zowel geënt is op de Cartesiaanse methode (vertrekkend vanuit wetten en hun wiskundige formulering) als op de meer intuïtief-fysische aanpak die veelvuldig door de Nederlandse docenten in het programma wordt geïntegreerd. **Ook de gehanteerde onderwijsvormen stemmen de commissie tot tevredenheid. In de opleiding krijgen de studenten hoorcolleges, die aangevuld worden met discussiemomenten, net zoals oefeningen, excursies, onderzoeksprojecten, die zowel individueel als in teamverband worden uitgewerkt.** Een voorbeeld van good practice is het geïntegreerde computergebruik in het college Asteroseismologie. De studenten die een keuzeopleidingsonderdeel volgen aan een andere instelling, kunnen dit bijwonen aan de hand van teleclassing. Wat de commissie zeer positief vindt, zijn de onderzoeksseminaries die wekelijks geroosterd worden. Tijdens deze seminars geven de studenten, in het bijzijn van de docenten en onderzoekers van de onderzoeksgroepen, de stand van zaken over hun masterproef.

Ook het gehanteerde onderwijsmateriaal is op orde, zo stelt de commissie. De meeste docenten van de opleiding maken gebruik van zelf ontwikkeld cursusmateriaal. De commissie vindt dit positief, maar acht het ook nuttig om studenten in een aantal colleges in contact te brengen met internationaal erkende standaardwerken. Ook het elektronisch leerplatform, Toledo, is goed ontwikkeld en beschikbaar op het vlak van informatie over de OPO's en de leerstof, maar wordt niet op een interactieve manier gebruikt.

Doordat regelmatig les gegeven wordt in relatief kleine groepen worden de lessen **zeer activerend en interactief**. De studenten hebben een zeer nauw contact met de docenten en assistenten, waardoor het leerproces zeer sterk gestimuleerd wordt. Toch wenst de commissie hierbij op te merken dat de opleiding waakzaam moet zijn dat de lesgroepen niet te klein worden opdat voldoende kritische massa aanwezig is. Om de bezettingsgraad voldoende hoog te houden worden nu reeds een aantal keuzeopleidingsonderdelen tweejaarlijks gedoceerd. Ook studenten uit Brussel en Gent volgen regelmatig opleidingsonderdelen in Leuven.

Een duurzame oplossing ziet de commissie in het vergroten van de studentenpopulatie. De opleiding streeft naar twintig studenten per masterjaar; maar met gemiddeld een vijftiental studenten, verspreid over twee masterjaren, **ligt de instroom bijzonder laag**. De commissie raadt daarom aan om het wervingsbeleid, met daarbij speciale aandacht voor meisjes, en de outreach-activiteiten te versterken, zowel in en rond Leuven, maar ook bij de andere Vlaamse universiteiten.

De grootste uitdaging hierbij voor de opleiding is het uitwerken van een plan om het unieke profiel van deze master sterker in de verf te zetten en het beeld van de sterrenkundige dat heerst in de maatschappij te verduidelijken. Want de arbeidsmarkt, noch leraars, ouders en bedrijfsleiders hebben een duidelijk beeld van de mogelijkheden van een sterrenkundige, zo stelt de commissie op basis van gesprekken met alumni. Het opbouwen van een duurzame band met leraren natuurkunde (en wiskunde) in de regio is hiervoor cruciaal. De studenten uit de optie onderwijs zijn hierbij een belangrijke schakel.

De commissie ziet verder een aantal kleinere maatregelen die de instroom op korte(re) termijn kunnen vergroten. Zo zou de opleiding er bij de POC fysica op moeten aandringen om reeds in het eerste jaar van de bachelor een keuzeopleidingsonderdeel sterrenkunde in te voeren. Daarnaast kan een samenwerking met de faculteit ingenieurswetenschappen worden

opgezet. Tijdens het bezoek vernam de commissie immers dat sommige studenten ingenieurswetenschappen geïnteresseerd zijn in het volgen van keuzeopleidingsonderdelen sterrenkunde, of zelfs van een minor.

Tegelijk moet de opleiding meer inzetten op de internationale uitstraling van de **Engelstalige master** om zo op korte termijn meer buitenlandse studenten aan te kunnen trekken. Een grote Engelstalige studentenpopulatie biedt de Vlaamse studenten tevens de kans om in de eigen thuisinstelling toch in contact te komen met buitenlandse studenten. Overigens is de commissie tevreden over de aandacht voor internationalisering in het programma. Negen van de 25 (36%) afgestudeerden tussen 2008 en 2012 hebben deelgenomen aan een Erasmusuitwisseling en ook het onderzoeksproject in La Palma brengt de studenten de nodige internationale ervaring bij.

Hierbij aansluitend wil de commissie ingaan op de gehanteerde taal binnen de opleiding. De voertaal binnen het internationale onderzoekscircuit in de sterrenkunde is Engels. De opleiding speelt hierop in door een Engelstalige variant aan te bieden. De Engelse variant vormt de basislijn voor alle studenten die de optie onderzoek nemen, ook voor diegene uit de Nederlandstalige opleiding. Het aanbieden van een uitsluitend Engelstalige opleiding stuit momenteel op decretale beperkingen. De commissie wil echter een lans breken voor een uitsluitend Engelstalige master. Dit versterkt het onderwijs voor toekomstige onderzoekers en professionals, maakt het mogelijk om buitenlandse masterstudenten aan te trekken en bevordert de Engelse taalvaardigheid van de eigen studenten. Wil het Vlaamse natuurkunde en sterrenkunde-onderwijs in de toekomst tot de internationale top behoren, dan is een afzwakking van de decretale taalregeling noodzakelijk.

Zoals de commissie reeds aanhaalde is zij zeer positief over de onderzoekgerichtheid van het programma. Dit kan uiteraard alleen maar tot stand komen door de **vakinhoudelijke capaciteiten van het docententeam**. De commissie heeft de lijst met publicaties van de docenten ingekeken. Deze toont dat de docenten internationaal erkende onderzoekers zijn binnen hun vakgebied. De docenten komen vanuit de onderzoeksgroep sterrenkunde, de onderzoeksgroep plasma-astrofysica (binnen het departement wiskunde) en het Instituut voor Theoretische Fysica. Daarnaast wordt een beroep gedaan op externe hoogleraren, soms met een deeltijdse aanstelling aan de KU Leuven. Ook over de onderwijskundige kwaliteiten van de docenten is de commissie tevreden. Ze verwijst hiervoor naar de werkvoorwerpen en leermaterialen die zij als positief bestempelt. Onderwijskundige

professionalisering wordt gevolgd door tenure-track docenten en assistenten. De zittende docenten nemen hier maar zelden aan deel, wat de commissie jammer vindt. Positief vindt de commissie dat er onder het ZAP ook vrouwelijke stafleden zijn, die ook als rolmodel dienen voor studenten. Kwantitatief is het docententeam niet zo uitgebreid. De commissie raadt de faculteit aan extra ondersteuning te voorzien zodat de onderwijstaken ook in de toekomst goed kunnen worden uitgevoerd. De extra ondersteuning moet vooral komen van bijkomende assistenten die ingezet moeten worden in de labo's en oefencolleges. Als aanbeveling hierbij ziet de commissie de ruimte om ook de Engelstalige doctorandi in te zetten voor oefeningen en practica.

De commissie heeft tot haar tevredenheid vastgesteld dat de docenten zich op regelmatige basis met elkaar afstemmen. De studenten en alumni geven dan ook aan dat de overlap tussen de verschillende opleidingsonderdelen beperkt blijft tot enkele details.

Verder is de studiebegeleiding, die de studenten krijgen, op orde. Formeel zijn er binnen de opleiding geen studietrajectbegeleiders operationeel. Studenten kunnen wel terecht bij het AAP/BAP of bij de ombuds, die optreedt als vertrouwenspersoon. De meeste studenten gaan met problemen rechtstreeks naar de programmadirecteur of naar docenten. Het kleinschalige karakter van de opleiding en de vele informele contacten bevorderen de effectiviteit van de studiebegeleiding. Ook de prominente aanwezigheid van de studentenkring Wiskunde-Informatica-Natuurkunde (Wina) draagt hier toe bij.

Het kleinschalige karakter van de opleiding en de informele contacten ondersteunen eveneens de kwaliteitszorg binnen de opleiding. Zo speelt de programmadirecteur een centrale rol in de kwaliteitszorg en is hij het eerste aanspreekpunt van mededocenten, studenten en assistenten. Daarnaast gebruikt de opleiding de resultaten uit de studentenhearings. De commissie merkt hierbij wel op dat de statistische waarde van de evaluaties laag is in een kleine opleiding. Daarom vindt de commissie het positief dat de opleiding eigen kwalitatieve bevestigingen heeft opgestart, al zou ze die mogen uitbreiden met focusgroepgesprekken. De formele wegen voor de kwaliteitszorg worden binnen de POC, met een uitgebreide vertegenwoordiging van de verschillende actoren, aangewend. De commissie meent dat de huidige systematiek goed werkt en noemt als een bewijs hiervoor het helder en kritisch geschreven zelfevaluatie rapport.

De opleidingsspecifieke **infrastructuur** is volgens de commissie uitgebreid en in goede staat. De studenten van de opleiding krijgen een eigen lokaal, dat is voorzien van computers, binnen het Instituut voor Sterrenkunde. Verder maakt de opleiding gebruik van moderne onderzoeksofstellingen, zoals de Mercatorsterrenwacht.

De commissie meent verder dat de studenten terecht komen in een motiverende en uitdagende leeromgeving. De studeerbaarheid en het doorstroomrendement ziet de commissie hierbij als een indicator. De studenten gaven aan dat het programma zwaar is maar haalbaar. De commissie meent dan ook dat de begrote en reële studietijd in overeenstemming zijn. Alleen met betrekking tot de masterproef meent de commissie dat de studenten meer tijd dan begroot investeren.

De commissie concludeert dat het hoge niveau van de leerinhouden, de inspanningen die de docenten leveren om innoverend onderwijs te geven en de sterke onderzoeksgerichtheid, met inbegrip van de verschillende onderzoeksprojecten, zeer sterke elementen van het programma zijn in het onderwijsleerproces. Het programma kan volgens de commissie dienen als internationaal voorbeeld voor sterrenkundig masteronderwijs. Dit doet de commissie besluiten de score 'excellent' toe te kennen.

Generieke kwaliteitswaarborg 3 - Gerealiseerde eindniveau

De commissie beoordeelt het gerealiseerde eindniveau van de master sterrenkunde/astronomy and astrophysics als goed.

De opleiding onderschrijft de visie op toetsen van de faculteit wetenschappen. Daarnaast werd de visie op toetsen binnen de opleiding besproken tijdens een docentendag. Het ZER leert dat de globale visie omtrent toetsbeleid binnenkort de volle aandacht zal krijgen van de POC en verder zal worden expliciteerd. Tegelijk zal de POC de docenten stimuleren om onderling over de evaluatiecriteria te overleggen en erover te communiceren naar de studenten.

De opleiding stelt zich voorop dat de toetsing in de eerste plaats gericht is op het bereiken van de leerresultaten. Daarnaast vormt de toetsing een belangrijk onderdeel van het leerproces. Uit een bevraging die de opleiding bij de docenten hield, bleek dat alle leerresultaten getoetst worden, doorheen de verschillende opleidingsonderdelen. Ook de commissie stelde dit steekproefsgewijs vast aan de hand van een aantal ingekeken opgaven. Ook qua niveau en oriëntatie sluiten de wijze van examineren aan bij de leerresultaten.

De toetsvormen bestaan uit een combinatie van mondelinge en schriftelijke examens, beoordeling van papers, presentaties en oefeningen. Ook worden mondelinge examens gecombineerd met schriftelijke oefeningen en numerieke opdrachten. De commissie vindt het zeer doordacht van de opleiding dat er voor bepaalde opleidingsonderdelen **meerdere toetsmethoden** gehanteerd worden, zodat verschillende leerresultaten op adequate wijze getoetst worden. Eveneens de talrijke presentaties die de studenten geven om de mondelinge vaardigheden te toetsen vindt de commissie zinvol. De commissie stelde vast dat de gehanteerde toetsvormen betrouwbaar zijn en prima zijn afgestemd op de leerinhouden.

De opleiding toetst regelmatig op formatieve wijze, wat de commissie zeer waardeert. Voornamelijk voor de verschillende onderzoeksprojecten vindt zij dit een waardevolle versterking van het leerproces. De studenten maken **tussentijdse opdrachten en krijgen hierop de nodige feedback**. De feedback wordt zowel schriftelijk gegeven nadat de studenten oefeningen hebben gemaakt, als ook mondeling (en meer informeel) doordat de student integraal deel uitmaakt van de onderzoeksgroep en hierdoor veel in contact komt met de docenten en assistenten.

De studenten, ook de buitenlandse, met wie de commissie sprak tijdens het bezoek gaven aan dat de opleiding inzet op een transparante toetsing en beoordeling. De studenten worden aan het begin van het academiejaar geïnformeerd over de mogelijke examenmomenten en vernemen via de docent of via de opleidingsonderdelenfiches (ECTS-fiches) wat van hen wordt verwacht op het examen. Uit gesprekken met de docenten en aan de hand van inzage in het leermateriaal leert de commissie dan weer dat de opleiding werkt met verbeterleutels en verbetercriteria. Daarnaast gebeuren gemeenschappelijke evaluaties door verschillende docenten voor hetzelfde opleidingsonderdeel. Dit verhoogt volgens de commissie zeker de transparantie.

De POC behoudt de eindcontrole over de toetsing. Indien er problemen zouden zijn met de toetsing en examinering komen deze aan het licht door de studentenhearing en worden deze in de schoot van de POC gemedieerd. De commissie concludeert dat de opleiding beschikt over een adequaat, transparant en valide systeem van toetsing en beoordeling.

Ook de evaluatie van de masterproef verloopt volgens de commissie naar behoren. De opleiding gebruikt hiervoor de facultaire richtlijnen met expliciteerde criteria. De commissie heeft tijdens het bezoek een aantal

ingevulde **beoordelingsformulieren van de masterproeven** die ze had gelezen ingekeken en meent dat deze op een doeltreffende en transparante wijze zijn ingevuld.

Zoals reeds aangehaald stelt de commissie dat het programma sterk onderzoekgericht is. Dit blijkt ook het hoge niveau van de masterproeven, die de commissie voorafgaand aan het bezoek heeft ingekeken. De masterproeven sluiten inhoudelijk aan bij het state-of-the-art onderzoek in de onderzoeksgroepen van de opleiding en de studenten geven in de masterproeven blijkt te beschikken over de nodige academische vaardigheden van een beginnend vorser. Positief vindt de commissie dat de studenten wekelijks de vooruitgang van hun masterproef aantonen tijdens onderzoekseminars. Het aantal masterproeven dat leidt tot een publicatie bedraagt 28%. Bij studenten die hun masterproef in het buitenland schrijven, via bijvoorbeeld Erasmus, bedraagt dit 67%.

Ook over de begeleiding en feedback die de studenten krijgen tijdens het schrijven van de masterproef is de commissie tevreden. De studenten hebben voldoende keuzeonderwerpen of dragen zelf een onderwerp aan. Wanneer het onderzoek start, worden de studenten letterlijk opgenomen in de onderzoeksgroep. Alle studenten krijgen een eigen bureau waar ze samen werken met postdoctorale onderzoekers en hebben hierdoor veel de mogelijkheid om in overleg te gaan met de promotor en met de masterproefbegeleiders. Daarnaast krijgt de student veel feedback doordat zij hun masterproef meermaals voorstellen tijdens de onderzoekseminars.

De sterke nadruk op onderzoek, leidt er toe dat de afgestudeerden van de opleiding veelal terecht komen in de onderzoekswereld. Van de 25 afgestudeerden tussen 2008 en 2012 zijn 15 studenten begonnen met een doctoraat. Anderen studeren verder, zijn aan de slag als wetenschappelijk medewerker, trekken het onderwijs in of gaan naar de industrie. De afgestudeerden vinden over het algemeen snel werk, maar enkele alumni gaven de commissie te kennen dat de bekendheid van het diploma sterrenkunde bij het werkveld beperkt is. Dit is een aspect waar de opleiding aan moet werken. Daarnaast meent ze dat de opleiding ook een grotere uitstroom naar het reguliere beroepenveld moet bewerkstelligen. De versterking van de aandacht van het niet-academische beroepenveld, inclusief het leraarsberoep, in het programma zal hier toe bijdragen.

Wat dan nog het studierendement betreft is de commissie zeer tevreden. De drop-out in de opleiding is laag, wat uiteraard in de lijn der verwach-

tingen ligt bij een masteropleiding. Heel uitzonderlijk maakt een student de opleiding niet af, maar dan is de oorzaak vaak te zoeken bij persoonlijke redenen. De opleiding ondervindt de laatste tijd negatieve effecten van studenten die zich inschrijven in de master, zonder dat zij hun bacheloroopleiding hebben afgerond. Dit leidt tot een feitelijke verlenging van de masterstudies en stelt problemen rond de volgtijdelijkheid van sommige opleidingsonderdelen. De commissie raadt de opleiding en bij uitbreiding het faculteitsbestuur aan om een harde knip te hanteren en volgtijdelijkheidsregels in te lassen.

De commissie concludeert dat het gerealiseerde eindniveau van de opleiding hoog is. De afgestudeerden kunnen internationaal mee in het onderzoeksdomein en de masterproeven zijn van zeer goede kwaliteit. Ook het studierendement is op orde. Het toetsbeleid is transparant, betrouwbaar en valide, maar dient nog verder formeel te worden vormgegeven. Naar het oordeel van de commissie overstijgt het gerealiseerd eindniveau systematische de basiskwaliteit. Daarom kent de commissie de score 'goed' toe.

Integraal eindoordeel van de commissie

Master of Science in de sterrenkunde / astronomy and astrophysics

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau	V
Generieke kwaliteitswaarborg 2 – Onderwijsproces	E
Generieke kwaliteitswaarborg 3 – Gerealiseerd eindniveau	G

Vermits generieke kwaliteitswaarborg 1 als voldoende wordt beoordeeld, generieke kwaliteitswaarborg 2 als Excellent en generieke kwaliteitswaarborg 3 als goed, is het eindoordeel van de opleiding Master of Science in de sterrenkunde / astronomy and astrophysics, conform de beslisregels, goed.

Samenvatting van de aanbevelingen in het kader van het verbeterperspectief

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau

- Ontwikkel een doorgedreven onderwijskundige visie voor de master.

Generieke kwaliteitswaarborg 2 – Onderwijsproces

- Versterk de beroepsoriëntatie in het programma.
- Verhoog de instroom en heb speciale aandacht voor meisjes. Werk hiervoor samen met de andere Vlaamse opleidingen natuurkunde en sterrenkunde.
- Dring er bij de faculteit op aan dat er voldoende ondersteuning voor de docenten wordt voorzien.

Generieke kwaliteitswaarborg 3 – Gerealiseerd eindniveau

- Finaliseer het opleidings specifieke toetsbeleid en -plan.

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT LEUVEN

Master of Science in de medische stralingsfysica

SAMENVATTING Master of Science in de medische stralingsfysica Katholieke Universiteit Leuven

Van 4 tot en met 7 november werd de Master of Science in de medische stralingsfysica van de Katholieke Universiteit Leuven, in het kader van een onderwijsvisitatie op haar kwaliteit geëvalueerd door een commissie van onafhankelijke experts. In deze samenvatting, die een momentopname weergeeft, worden de belangrijkste bevindingen van de commissie opgelijst.

Profilering

De masteropleiding wordt ingericht door de faculteit Wetenschappen.

Het doel van de opleiding is om een academisch gerichte opleiding in de medische stralingsfysica aan te bieden die een brede waaier van beroepsuitwegen in deze sector biedt (ziekenhuizen, bedrijfsleven en overheid) en die in combinatie met het daaropvolgend en meer professioneel gerichte postgraduaat (eveneens aangeboden door KU Leuven), de mogelijkheid biedt om het certificaat van “deskundige in de medische stralingsfysica” te bekomen. Ten behoeve hiervan stelt de opleiding voorop de studenten kennis te laten maken met de verschillende aspecten van enerzijds de medische en biomedische gebieden en anderzijds kernfysische en kernchemische aspecten die relevant zijn voor dit beroep, zoals stralingsdetectie, radiobiologie en -chemie, en stralingsbescherming. Daarnaast legt de opleiding een technische en klinische klemtoon in de drie specialisatierichtingen, namelijk radiologie, radiotherapie of nucleaire geneeskunde.

De opleiding is uniek in Vlaanderen en wordt ingericht als een master-na-master.

In academiejaar 2011-2012 en 2012-2013 waren respectievelijk 9 en 12 studenten ingeschreven voor de opleiding. Het merendeel van de studenten volgt de opleiding deeltijds en combineert ze met een baan. De meeste studenten hebben reeds een masterdiploma fysica of komen uit het domein van de ingenieurswetenschappen.

Programma

De master in de medische stralingsfysica omvat drie specialisaties (radiologie, radiotherapie en nucleaire geneeskunde) en beslaat 60 studiepunten. Aansluitend op deze masteropleiding volgt een postgraduaatopleiding (31 studiepunten). De onderwijstaken binnen de opleiding worden gezamenlijk verzorgd door de drie faculteiten: stralingsfysica en radiochemie door de Faculteit Wetenschappen, de aspecten rond medische beeldvorming door de Faculteiten Ingenieurswetenschappen en Geneeskunde, en de medische basiskennis door de Faculteit Geneeskunde. Deze laatste staat met de diensten Radiologie, Radiotherapie en Nucleaire Geneeskunde van het Universitair Ziekenhuis (UZ Leuven) ook in voor het wetenschappelijk onderzoek (masterproef).

Bij de uitwerking van de huidige opleiding werd rekening gehouden met het Koninklijk Besluit van 20 juli 2001, betreffende “de criteria voor de erkenning van deskundige in de medische stralingsfysica”.

Praktische vaardigheden zijn voornamelijk voorbehouden voor het postgraduaat. In de master worden deze beperkt getraind in het kader van de masterproef, waar de student een wetenschappelijk onderzoek combineert met een klinische praktijkopdracht in het Universitair Ziekenhuis Leuven. Ook tijdens enkele opleidingsonderdelen komen deze vaardigheden aan bod, in de vorm van excursies en demoproeven. Dit is een gemis en moet worden uitgebreid.

In de master na master wordt veel theorie gedoceerd. Hierdoor wordt er veel onderwezen aan de hand van hoorcolleges. Aanvullend wordt er frequent gewerkt met zelfstudie. Bij een aantal opleidingsonderdelen worden er oefenzittingen en/of practica voorzien. Het cursusmateriaal is verzorgd uitgewerkt.

De aandacht voor internationalisering in het programma situeert zich op het vlak van internationaal gevoerd onderzoek. Studentenmobiliteit, zo-

wel instroom als uitstroom is zeer klein. Dit hoeft men echter ook niet te verwachten in een éénjarige master-na-master die gericht is op een Belgische erkenning.

De kwaliteit van de masterproeven is degelijk. De masterproeven worden geschreven in de onderzoeksgroepen of in samenwerking met het universitair ziekenhuis. De prima kwaliteit van de masterproeven blijkt ook het feit dat vijf van de achttien masterproeven de voorbije jaren leidde tot een publicatie. Ten slotte waren de studenten ook tevreden over de begeleiding en supervisie die ze kregen tijdens het werken aan de masterproef.

Beoordeling en toetsing

Het merendeel van de toetsen gebeurt via permanente evaluatie, waarbij via een combinatie van contactmomenten, zelfstudie en een tussentijdse toets, de studenten gestimuleerd worden om hun leerproces zelfstandig ter hand te nemen. Verder gebeurt ongeveer één derde van de summatieve toetsen via een open boek examen of oefeningen. Iets meer dan de helft van de evaluatieactiviteiten maakt derhalve gebruik van een andere toetsingsvorm dan het gesloten boek examen. De commissie meent dat er voldoende variatie zit in de toetsmethoden. Ook de afwisseling tussen permanente en summatieve beoordeling wordt als positief ervaren. De commissie heeft verder een staal voorbeeldexamens ingekeken en meent dat deze van prima niveau zijn en afgestemd zijn op de leerresultaten.

De studenten krijgen voldoende feedback. Het is voor de studenten eveneens duidelijk wat van het verwacht wordt op het examen. Via de programmagids, een informatiebrochure en de infosessie aan het begin van het academiejaar wordt aan de studenten meegedeeld wat zij van de toetsen moeten verwachten.

Begeleiding en ondersteuning

De opleidingsspecifieke infrastructuur is uitgebreid en in goede staat. De studenten van de opleiding krijgen een eigen lokaal, dat is voorzien van computers, binnen het Instituut voor Sterrenkunde. Verder maakt de opleiding gebruik van moderne onderzoekstellingen, zoals de Mercatorsterrenwacht. Voor het werken aan de masterproef maken de studenten gebruik van de labo's die zich in de onderzoeksgroepen bevinden. Deze zijn zeer modern.

De studiebegeleiding, die de studenten krijgen, is op orde. Studenten kunnen terecht bij de ombuds, die optreedt als vertrouwenspersoon. De meeste

studenten gaan met problemen rechtstreeks naar de programmadirecteur of naar docenten. Het kleinschalige karakter van de opleiding en de vele informele contacten bevorderen de effectiviteit van de studiebegeleiding.

Slaagkansen en beroepsmogelijkheden

De cijfers over het diplomarendement, de drop-out en de studieduur, liggen in de lijn met wat men mag verwachten van een master na master. De drop-out is zeer klein en de studieduur wordt nauwelijks verlengd.

De huidige uitstroom is eng gericht op de doorstroom naar het postgraduaat. Bovendien is er vanuit de ziekenhuizen maar een beperkte vraag naar erkende stralingsdeskundigen. Een grotere vraag is er in de technologische zorgsector. Daar zoekt men meer en meer goed opgeleide fysici met kennis van de medische stralingsfysica en ervaring met klinisch handelen.

OPLEIDINGSRAPPORT Master of Science in de medische stralingsfysica Katholieke Universiteit Leuven

Woord vooraf

Dit rapport behandelt de Master of Science in de medische stralingsfysica aan de Katholieke Universiteit Leuven. De visitatiecommissie bezocht deze opleiding op 4 tot en met 7 november 2013.

De visitatiecommissie beoordeelt de opleiding aan de hand van de drie generieke kwaliteitswaarborgen uit het VLUHR-beoordelingskader. Dit kader is afgestemd op de accreditatievereisten zoals gehanteerd door de NVAO. Voor elke generieke kwaliteitswaarborg geeft de commissie een gewogen en gemotiveerd oordeel op een vierpuntenschaal: onvoldoende, voldoende, goed of excellent. Bij de beoordeling van de generieke kwaliteitswaarborgen betekent het concept 'basiskwaliteit' dat de generieke kwaliteitswaarborg aanwezig is en de opleiding – of een opleidingsvariant – voldoet aan de kwaliteit die in internationaal perspectief redelijkerwijs mag worden verwacht van een bachelor- of masteropleiding in het hoger onderwijs. De score voldoende wijst er op dat de opleiding voldoet aan de basiskwaliteit en een acceptabel niveau vertoont voor de generieke kwaliteitswaarborg. Indien de opleiding goed scoort dan overstijgt ze systematisch de basiskwaliteit voor de generieke kwaliteitswaarborg. Bij een score excellent steekt de opleiding ver uit boven de basiskwaliteit voor de generieke kwaliteitswaarborg en geldt ze hierbij als een (inter)nationaal voorbeeld. De score onvoldoende getuigt dan weer dat de generieke kwaliteitswaarborg onvoldoende aanwezig is.

De oordelen worden onderbouwd met feiten en analyses. De commissie heeft inzichtelijk gemaakt hoe zij tot haar oordeel is gekomen. De commissie geeft ook een eindoordeel over de kwaliteit van de opleiding als geheel aan de hand van dezelfde vierpuntenschaal. De oordelen en aanbevelingen hebben betrekking op de opleiding met alle daaronder ressorterende varianten, tenzij anders vermeld.

De commissie beoordeelt de kwaliteit van de opleiding zoals zij die heeft vastgesteld op het moment van het visitatiebezoek. De commissie heeft zich bij haar oordeel gebaseerd op het zelfevaluatie-rapport en de informatie die voortkwam uit de gesprekken met de opleidingsverantwoordelijken, de lesgevers, de studenten, de alumni en de verantwoordelijken op opleidingsniveau voor interne kwaliteitszorg, internationalisering en studiebe-

geleiding. De commissie heeft ook een selectie van het studiemateriaal, de afstudeerwerken en de examenvragen bestudeerd. Tevens is door de commissie een bezoek gebracht aan de opleidingsspecifieke faciliteiten, practica- en laboruimten.

Naast het oordeel formuleert de visitatiecommissie in het rapport aanbevelingen in het kader van het verbeterperspectief. Op die manier wenst de commissie bij te dragen aan de kwaliteitsverbetering van de opleiding. De aanbevelingen zijn opgenomen bij de respectieve generieke kwaliteitswaarborgen. Aan het eind van het rapport is een overzicht opgenomen van verbeteringsuggesties.

De Faculteit Wetenschappen is verantwoordelijk voor de organisatie van het onderwijs en beheert de administratie. De POC Medische stralingsfysica werkt voorstellen uit voor programmawijzigingen en aanpassingen van de ECTS-fiches van de verschillende opleidingsonderdelen.

De master in de medische stralingsfysica omvat drie specialisaties (radiologie, radiotherapie en nucleaire geneeskunde) en beslaat 60 studiepunten. Aansluitend op deze masteropleiding volgt een postgraduaatopleiding (31 studiepunten). De onderwijstaken binnen de opleiding worden gezamenlijk verzorgd door de drie faculteiten: stralingsfysica en radiochemie door de Faculteit Wetenschappen, de aspecten rond medische beeldvorming door de Faculteiten Ingenieurswetenschappen en Geneeskunde, en de medische basiskennis door de Faculteit Geneeskunde. Deze laatste staat met de diensten Radiologie, Radiotherapie en Nucleaire Geneeskunde van het Universitair Ziekenhuis (UZ Leuven) ook in voor het wetenschappelijk onderzoek (masterproef).

De opleiding werd voor de bachelor-en-master-hervorming ingericht als een GAS-opleiding (gediplomeerde in de aanvullende studies) en een GGS-opleiding (gediplomeerde in de gespecialiseerde studies) van medische stralingsfysica. Deze opleidingen kwamen met de hervorming te vervallen en vanaf het academiejaar 2007-2008 werd er voor geopteerd om een éénjarige master-na-master in de medische stralingsfysica in te richten die academisch gericht is en waarna, indien gewenst, nog een postgraduaat (31 studiepunten) kan gevolgd worden dat professioneel gericht is en hoofdzakelijk bestaat uit stage.

Bij de uitwerking van de huidige opleiding werd rekening gehouden met het Koninklijk Besluit van 20 juli 2001, betreffende “de criteria voor de erkenning van deskundige in de medische stralingsfysica”, maar pas re-

cent gepubliceerd, met name in het KB van 26 april 2012. Het KB schrijft voor dat de student minstens 60 studiepunten aan een reeks in het KB opgesomde onderwerpen moet besteden en daarnaast een klinische stage van minstens één jaar voltijds moet hebben doorlopen om voor de erkenning als medisch stralingsfysicus in een bijzonder bevoegdheidsgebied in aanmerking te komen. Het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) controleert dit.

In academiejaar 2011-2012 en 2012-2013 waren respectievelijk 9 en 12 studenten ingeschreven voor de opleiding. Het merendeel van de studenten volgt de opleiding deeltijds en combineert ze met een baan. De meeste studenten hebben reeds een masterdiploma fysica of komen uit het domein van de ingenieurswetenschappen.

Generieke kwaliteitswaarborg 1 - Beoogd eindniveau

De commissie beoordeelt het beoogd eindniveau van master medische stralingsfysica als voldoende.

Het zelfevaluatie-rapport van de opleiding omschrijft de algemene doelstelling als volgt: “Het doel van de opleiding is om een academisch gerichte opleiding in de medische stralingsfysica aan te bieden die een brede waaier van beroepsuitwegen in deze sector biedt (ziekenhuizen, bedrijfsleven en overheid) en die in combinatie met het daaropvolgend en meer professioneel gerichte postgraduaat (eveneens aangeboden door KU Leuven), de mogelijkheid biedt om het certificaat van “deskundige in de medische stralingsfysica” te bekomen.” Ten behoeve hiervan stelt de opleiding voorop de studenten kennis te laten maken met de verschillende aspecten van enerzijds de medische en biomedische gebieden en anderzijds kernfysische en kernchemische aspecten die relevant zijn voor dit beroep, zoals stralingsdetectie, radiobiologie en -chemie, en stralingsbescherming. Daarnaast legt de opleiding een technische en klinische klemtoon in de drie specialisatierichtingen, namelijk radiologie, radiotherapie of nucleaire geneeskunde.

De opleiding heeft deze doelstellingen vertaald naar **14 opleidingsspecifieke leerresultaten**. De commissie heeft de leerresultaten van de opleiding aandachtig bestudeerd en stelt dat **deze inhoudelijk voldoen aan het domeinspecifiek leerresultatenkader en qua niveau en oriëntatie aansluiten bij het Vlaams Kwalificatieraamwerk**. De leerresultaten zijn netjes uitgeschreven en worden gedragen door alle docenten, die zich als één team achter de doelstelling scharen.

De master-na-master medische stralingsfysica is uniek in Vlaanderen, maar desalniettemin profileert de opleiding zich ten opzichte van het domeinspecifiek leerresultatenkader. Eerst en vooral heeft de opleiding er voor gekozen het thema medische straling te benaderen vanuit een fysische en wiskundige context. Evenzeer een benadering vanuit het domein van de ingenieurswetenschappen was denkbaar. Daarnaast benadrukt de opleiding de klinische aspecten, voornamelijk op het vlak van kennis en basistechnieken. De meer gevorderde vaardigheden en recent ontwikkelde technieken komen in mindere mate aan bod in de master-na-master, maar worden behandeld tijdens postgraduaat.

De fysisch-wiskundige profilering heeft er toe geleid dat de opleiding zich onderscheidt van de opleiding aan de Vrije Universiteit Brussel en de Universiteit Gent, die samen ook een opleiding medische stralingsfysica aanbieden in de vorm van een afstudeerrichting “Master of Science in de ingenieurs-wetenschappen: biomedische ingenieurstechnieken” binnen hun ingenieursopleidingen. Daarnaast kan aan de Universiteit Gent een éénjarige “Postgraduaatsopleiding Deskundige in de medische stralingsfysica” gevolgd worden die verdere verdieping biedt en toelaat het certificaat “deskundige in de medische stralingsfysica” te behalen. De commissie concludeert dat de beoogde profilering is gerealiseerd.

De focus op de eisen en criteria gesteld in het Koninklijk Besluit betreffende de erkenning van de deskundige in de medische stralingsfysica is groot, en in lijn met de verwachtingen van het domeinspecifiek leerresultatenkader. De commissie concludeert dat de opleiding, in combinatie met het postgraduaat, voldoet aan de gestelde eisen uit het Koninklijk Besluit, betreffende “de criteria voor de erkenning van deskundige in de medische stralingsfysica”.

De commissie vindt het positief dat deze wettelijke vereisten een grote plaats in de leerresultaten opnemen. Ze onderschrijft de nood aan een academische opleiding die opleidt tot een medisch stralingsfysicus. Bovendien steunt de commissie de niet voor de hand liggende keuze om de opleiding vorm te geven als een master-na-master. De commissie vindt het eveneens goed dat het voor de opleiding een bewuste keuze was om de studenten eerst een diploma van volwaardig fysicus te laten behalen.

Maar tegelijk wordt een spanningsveld waargenomen tussen de master-na-master en het aansluitende postgraduaat, in die zin dat in de master-na-master de nadruk eerder op kennis ligt en dat leren toepassen eerder

aan bod komt in de postgraduaat opleiding. Beide opleiding worden gepercipieerd als complementair en aanvullend. De commissie meent dat de master-na-master niet louter mag worden beschouwd als een theoretische voorbereiding op het praktijkgerichte postgraduaat, noch mag de master-na-master uitsluitend opleiden tot erkende medische stralingsfysici. **Een master-na-masteropleiding, zo meent de commissie, moet een veel bredere aansluiting bij het werkveld nastreven. Dit is nu te weinig het geval.**

Op basis van de gesprekken heeft de commissie geleerd dat het werkveld enerzijds bestaat uit ziekenhuizen die werknemers in dienst nemen die beschikken over het certificaat van het KB. Evenwel is dit werkveld klein in omvang en worden tekenen van saturatie zowel door de opleiding als alumni herkend. Anderzijds zijn overheidsinstellingen zoals het Fanc of bedrijven op zoek naar hoopopgeleide fysici, met kennis van de modernste technieken in het onderzoek, en praktische ervaring met technologieën gebruikt in de medische (stralings)fysica. Het werkveld heeft dus nood aan een academische opleiding in het domein van de medische stralingsfysica, met een brede beroepsoriëntering en een gezonde mix tussen theorie en stage. Een verbreding richting de technologische zorgsector, lijkt de commissie het meest aangewezen, en komt tegemoet aan de eisen vanuit het beroepenveld. Een explicitering ervan in de leerresultaten en programma-wijziging zullen evenwel nodig zijn (zie GKW 2). Een bredere beroepsfinaliteit kan bovendien op termijn bijdragen aan bredere instroom en het geeft studenten met een masterdiploma fysica een bijkomende beroepsweg.

Daarnaast volgt de opleiding de recente ontwikkelingen in het vakgebied op en is ze betrokken in het Europees debat rond opleidingen medische stralingsfysica. De Europese Commissie streeft naar een harmonisering van de verschillende opleidingen tot medisch stralingsfysicus, dit ten behoeve van de internationale (h)erkenning van het diploma en om de mobiliteit van de medische stralingsfysicus tussen de lidstaten te bevorderen. De Europese Commissie streeft evenwel naar opleidingen op niveau 8 terwijl de huidige opleiding is ingeschaald op niveau 7 van de Vlaamse Kwalificatiestructuur.

De commissie concludeert dat de opleidingsspecifieke leerresultaten in overeenstemming zijn met het domeinspecifiek leerresultatenkader. Bovendien zijn de eisen uit het KB opgenomen in de leerresultaten. Als werkpunt acht de commissie het noodzakelijk uit profiel van de master-na-master te verruimen en op die manier een breder werkveld te bereiken. Daarom beoordeelt de commissie generieke kwaliteitswaarborg – beoogd eindniveau als ‘voldoende’.

Generieke kwaliteitswaarborg 2 - Onderwijsproces

De commissie beoordeelt het onderwijsproces van de master medische stralingsfysica als voldoende.

Het programma (60 studiepunten) omvat drie grote blokken van telkens vier verplichte opleidingsonderdelen: kernfysica en kernchemie, technologie en geneeskunde. Daarnaast worden 15 studiepunten toegewezen aan de masterproef. In de leerlijn kernfysica en kernchemie wordt een grondige kennis van de kernfysische en radiochemische aspecten die van belang zijn voor een stralingsfysicus overgebracht. Deze leerlijn omvat ook de interactie van ioniserende straling met materie en de detectie ervan, naast een afzonderlijk opleidingsonderdeel over de verschillende praktische zowel als wettelijke aspecten van stralingsbescherming. De leerlijn technologie beoogt de studenten vertrouwd te maken met de verschillende technieken, instrumenten en meettoestellen die relevant zijn voor dit beroep. In deze leerlijn staan de drie specialisaties (radiologie, nucleaire geneeskunde, en radiotherapie) centraal. Daarnaast wordt in een apart opleidingsonderdeel aandacht besteed aan de medische beeldvormingstechnieken die van belang zijn voor de specialisaties. De leerlijn geneeskunde, ten slotte, maakt de studenten vertrouwd met de relevante aspecten van de medische en biomedische vakgebieden. Naast een grondige kennis van het menselijk lichaam, komen hier ook de biologische effecten van ioniserende straling (radiobiologie) uitvoerig aan bod.

De commissie heeft op basis van het zelfevaluatierapport, gesprekken met docenten en studenten, en het ingekeken materiaal ter plaatse vastgesteld **dat de leerinhouden de studenten in staat stellen de beoogde leerresultaten te bereiken. Samen met het postgraduaat, zo stelt de commissie, voldoet het programma eveneens aan de eisen gesteld in het Koninklijk Besluit betreffende de erkenning van deskundige in de medische stralingsfysica.**

De opleiding toont **aandacht voor de academische competenties** van de studenten. De studenten beschikken weliswaar al over academische en wetenschappelijke vaardigheden op masterniveau, omwille van hun vooropleiding. De opleiding zelf brengt geen nieuwe onderzoeksvaardigheden bij, maar vertaalt ze naar een nieuw domein; de medische stralingsfysica. De opleiding stimuleert de studenten deze vertaalslag te maken door tijdens de lessen te werken rond internationaal erkend onderzoek, het werken met internationale onderzoeksliteratuur en de studenten hun masterproef te laten schrijven in een onderzoeksomgeving. De sterke in-

ternationale erkenning van de onderzoeksgroepen staat ook garant voor een omgeving waar de student in contact komt met speerpuntonderzoek. De opleiding zet verder sterk in op theoretische kennisoverdracht. Een groot aandeel van de leerinhouden van de opleidingsonderdelen omvatten theoretische kennis, zoals geëist in het KB, die de basis vormt voor de studenten om verder te gaan met het postgraduaat. De eisen rond praktijkgerichtheid uit het Koninklijk Besluit worden voor het grootste deel doorgeschoven naar de stage tijdens het postgraduaat.

Praktische vaardigheden in de master worden getraind in het kader van de masterproef, waar de student een wetenschappelijk onderzoek combineert met een klinische praktijkopdracht in het Universitair Ziekenhuis Leuven. Ook tijdens enkele opleidingsonderdelen komen deze vaardigheden aan bod, in de vorm van excursies en demoproeven. De studenten maken tijdens de excursies kennis met de technologische apparatuur zoals een cyclotron, positron emissie camera (PET), computertomografie (CT) scanners, gespecialiseerde radiografie apparatuur en verschillende lineaire versnellers, waar het UZ Leuven over beschikt. De excursies zijn echter demonstratief opgevat en gaan door na de openingsuren van het ziekenhuis. De commissie is van mening dat het verrijkend is om deze demonstraties actiever in te vullen, door een soort kijkstage in kleine groepjes die meelopen met een medische stralingsfysicus. Dit helpt bij de keuze voor het onderwerp van de masterproef en eventueel het volgen van het postgraduaat.

Zoals de commissie aanhaalde in GKW 1 beveelt ze aan dat de master-na-master een bredere beroepsfinaliteit nastreeft. Dit houdt volgens de commissie in, dat het programma zowel theorie, met inbegrip van het onderzoek naar de modernste ontwikkelingen in het vakgebied, én klinische vaardigheidsoverdrachten bevat. **Een groter aandeel stage, bijvoorbeeld gekoppeld aan het onderzoek in de masterproef, is wenselijk.** De commissie suggereert dit door te voeren door enkele opleidingsonderdelen uit het postgraduaat over te hevelen naar de master. De opleiding zelf stelt voor een vak 'capita selecta' in te voeren om studenten te laten kennismaken met de modernste technologieën. De commissie steunt deze keuze.

Indien de opleiding er zou voor kiezen om opleidingsonderdelen van het postgraduaat naar de master te verschuiven, dan moet er in de master ruimte gecreëerd worden. In eerste instantie lijkt het de commissie zinvol om na te gaan welke leerinhouden alleen van toepassing zijn op het KB. Deze kunnen dan worden doorgeschoven naar het postgraduaat. Verder ziet de commissie de mogelijkheid om een aantal leerinhouden van de

master te reduceren. De studenten gaven aan dat enkele opleidingsonderdelen overlap vertoonden. Het overleg tussen de docenten moet versterkt worden om dit weg te werken. Bovendien zijn bepaalde leerinhouden uit enkele opleidingsonderdelen, voornamelijk dan de leenvakken, minder zinvol voor de master. Uit de gesprekken met de opleidingsverantwoordelijken heeft de commissie geleerd dat de oorzaak daarvan te vinden was bij de faculteit die de opleidingen verplicht om volledige opleidingsonderdelen (OPO) op te nemen en niet zozeer enkele onderwijsleeractiviteiten (OLA), een deel van een opleidingsonderdeel. Dit laatste zou belangrijke zuurstof kunnen geven in het programma om de master-na-master te verbreden en minder afhankelijk te maken van de postgraduaatopleiding.

Hoewel de commissie besluit dat het huidige programma prima aansluit bij de opleidingsspecifieke leerresultaten, wilde zij deze aanbeveling aan de opleiding meegeven. Naar de mening van de commissie zal deze ingreep er toe leiden dat de master-na-master door studenten en werkveld gezien wordt als een volwaardige opleiding, die het postgraduaat niet nodig heeft om een sterke eindfinaliteit te bereiken. De opleiding zal internationaal erkende specialisten op het vlak medische stralingsfysica afleveren, die zowel een grondige theoretische kennis hebben als voldoende klinische praktijkervaring.

Omwille van het grote aandeel theorie in de master-na-master opteert de opleiding voor ongeveer 2/3 van de opleidingsonderdelen voor het hoorcollege. Aanvullend wordt er frequent gewerkt met zelfstudie. Bij een aantal opleidingsonderdelen worden er oefenzittingen en/of practica voorzien. **Het aandeel hoorcollege is groot, zo meent de commissie, maar omwille van de kleine groepen in de opleiding wordt er tijdens de hoorcolleges toch voldoende interactief gewerkt. In een aantal opleidingsonderdelen wordt zelfs gewerkt met moderne en innoverende werkvormen, zo meent de commissie. Het cursusmateriaal is verzorgd uitgewerkt.** Dit geldt eveneens voor het elektronisch leerplatform, die weliswaar goed ontwikkeld is en beschikbaar op het vlak van informatie over de opleidingsonderdelen en de leerstof, maar niet op een interactieve manier wordt gebruikt.

De commissie heeft de publicatielijsten van de docenten ingekeken. Deze tonen dat **de vakinhoudelijke kwaliteit van de docenten goed is.** De docenten komen uit sterke en internationaal erkende onderzoeksgroepen/instituten en velen zijn bovendien verbonden aan het Universitair Ziekenhuis. De commissie raadt wel aan om meer doctoraten te generen binnen het domein van de medische stralingsfysica. Eveneens zijn de studenten

tevreden over de methoden van lesgeven. Onderwijskundige professionalisering wordt gevolgd door tenure-track docenten en assistenten. De zittende docenten nemen hier maar zelden aan deel, wat de commissie jammer vindt. De kwantiteit van de docenten en assistenten is goed, zo meent de commissie. De docenten komen uit verschillende faculteiten (Geneeskunde, Wetenschappen of Ingenieurswetenschappen). In totaal zijn er 15 ZAP-leden betrokken. De commissie vernam tijdens het gesprek met de docenten dat de ondersteuning, met betrekking tot de onderwijstaken vanuit de faculteiten, als beperkt wordt ervaren. De docenten combineren hun onderzoekstaken en onderwijstaken met klinische functies, waardoor de werkdruk groot is.

De instroom van de studenten is heel divers, maar klein. Sommige studenten hebben een vooropleiding in het domein van de fysica, andere in het domein van de (industriële) ingenieurswetenschappen en nog andere hebben een vooropleiding biomedische wetenschappen. Gezien de verscheiden instroom, raadt de commissie aan om sterk te blijven inzetten op intakegesprekken, die nu reeds via de programmadirecteur verlopen. De commissie wijt de lage instroom aan het feit dat de opleiding nu vooral gepercipieerd wordt als een theoretische voorbereiding voor het postgraduaat. Een opleiding met een bredere aansluiting bij het werkveld genereert mogelijk een grotere instroom. De studenten gaven aan goed op de hoogte te zijn van het bestaan van deze master-na-master en ze leerden de manama meestal kennen tijdens hun reguliere opleiding. Enkele studenten hadden reeds de minor medische stralingsfysica in de master fysica aan de KUL gevolgd. Deze minor bestaat echter niet langer. De commissie vindt dit jammer omdat dit voor vele studenten een ideale gelegenheid was om kennis te maken het studiedomein van de manama en een belangrijke bron van instromende studenten. Een gezamenlijke inspanning met de opleiding fysica en ingenieurswetenschappen aan de universiteit kan studenten na de master warm maken voor de manama.

Verder is de studiebegeleiding, die de studenten krijgen, op orde. Studenten kunnen terecht bij de ombuds, die optreedt als vertrouwenspersoon. De meeste studenten gaan met problemen rechtstreeks naar de programmadirecteur of naar docenten. Het kleinschalige karakter van de opleiding en de vele informele contacten bevorderen de effectiviteit van de studiebegeleiding.

Het kleinschalige karakter van de opleiding en de informele contacten ondersteunen eveneens de interne kwaliteitszorg binnen de opleiding. Zo speelt de programmadirecteur een centrale rol in de kwaliteitszorg en

is hij het eerste aanspreekpunt van mededocenten, studenten en assistenten. Daarnaast gebruikt de opleiding de resultaten uit de tweejaarlijkse studentenhearings. De commissie merkt hierbij wel op dat de statistische waarde van de evaluaties laag is in een kleine opleiding. Daarom vindt de commissie het positief dat de opleiding eigen kwalitatieve bevestigingen heeft opgestart onder de vorm van focusgroepgesprekken, die in het kader van de visitatie georganiseerd worden. Ook de aanbevelingen van de vorige visitatiecommissie werden goed opgevolgd. De formele wegen voor de kwaliteitszorg worden binnen de opleidingscommissie, met een uitgebreide vertegenwoordiging van de verschillende actoren, aangewend. De commissie meent dat de huidige systematiek goed werkt.

De commissie meent verder dat de studenten terecht komen in een motiverende en uitdagende leeromgeving. De studeerbaarheid en het doorstroomrendement ziet de commissie hierbij als een indicator. De commissie meent dat de begrote en reële studietijd in overeenstemming zijn.

De aandacht voor internationalisering in het programma situeert zich op het vlak van internationaal gevoerd onderzoek. Studentenmobiliteit, zowel instroom als uitstroom is bijna nihil. De commissie verwacht dit evenwel ook niet in een éénjarige master-na-master die gericht is op een Belgische erkenning.

De commissie meent dat het programma en de leerinhouden de studenten in staat stellen de beoogde leerresultaten te bereiken. Het onderwijsproces, met inbegrip van de werkvormen, de kwaliteit en kwantiteit van de docenten en de infrastructuur is op orde. Evenwel meent de commissie dat de aandacht voor de eisen uit het Koninklijk Besluit groot is en dat de focus voornamelijk ligt op theoretische kennis. Hierdoor is het evenwicht tussen theorie en praktijk in de master-na-master uit balans. Dit doet de commissie besluiten de score 'voldoende' toe te kennen.

Generieke kwaliteitswaarborg 3 - Gerealiseerde eindniveau

De commissie beoordeelt het gerealiseerde eindniveau van de master medische stralingsfysica als voldoende.

Op basis van facultaire richtlijnen rond toetsbeleid werd recent door de POC een opleidingsspecifiek toetsingsplan opgesteld. Vanaf het academiejaar 2013-2014 zal de POC tijdens haar eerste vergadering van het academiejaar dit toetsbeleid en de uitvoering ervan tijdens het voorbije academiejaar stimuleren en evalueren. Deze schrijft voor dat het geheel van toetsen het middel bij uitstek is waarmee de opleiding nagaat in welke mate de vooropgestelde leerresultaten ook effectief bereikt worden. Daarnaast wil de opleiding een waaier aan evaluatievormen hanteren die afgestemd zijn op de leerdoelen van de specifieke opleidingsonderdelen. Zowel formatieve als summatieve toetsen komen daarbij aan bod. **De commissie vindt het positief dat de opleiding een eigen visie op toetsen en een toetsplan heeft uitgeschreven.**

Het merendeel van de toetsen gebeurt via permanente evaluatie, waarbij via een combinatie van contactmomenten, zelfstudie en een tussentijdse toets, de studenten gestimuleerd worden om hun leerproces zelfstandig ter hand te nemen. Verder gebeurt ongeveer één derde van de summatieve toetsen via een open boek examen of oefeningen. Iets meer dan de helft van de evaluatieactiviteiten maakt derhalve gebruik van een andere toetsingsvorm dan het gesloten boek examen. De commissie meent dat er voldoende variatie zit in de toetsmethoden. Ook de afwisseling tussen permanente en summatieve beoordeling wordt als positief ervaren. De commissie heeft verder een staal voorbeeldexamens ingekeken en meent dat deze van prima niveau zijn en afgestemd zijn op de leerresultaten.

De examens aan het einde van elk semester laten toe om verder na te gaan of de leerresultaten in voldoende mate bereikt werden door de studenten. Hierna krijgen de studenten voldoende feedback, stelt de commissie. Het is voor de studenten eveneens duidelijk wat van het verwacht wordt op het examen. Via de programmagids, een informatiebrochure en de infosessie aan het begin van het academiejaar wordt aan de studenten meegedeeld wat zij van de toetsen moeten verwachten. Een aantal docenten gebruikt bovendien uitgeschreven verbetercriteria- en sleutels. De commissie vindt dit goed en hoopt dat dit op termijn de norm wordt.

De opleidingscommissie behoudt de eindcontrole over de toetsing. De opleidingscommissie staat in voor het evenwicht, de spreiding en de organiseerbaarheid van de evaluaties. Via onder meer de curriculummap ziet de opleidingscommissie, in samenspraak met de docent, er voor elk opleidingsonderdeel op toe dat de gebruikte toetsingsvorm (of combinatie van toetsingsvormen) ertoe leidt dat de toetsing het bereiken van de leerdoelen van het opleidingsonderdeel waarborgt. Indien er problemen zouden zijn met de toetsing en examinering komen deze aan het licht door de studentenhearings en worden deze in de schoot van de opleidingscommissie gemedieerd. De commissie concludeert dat de opleiding beschikt over een

adequaat, transparant en valabel systeem van toetsing en beoordeling. Ook de evaluatie van de masterproef verloopt volgens de commissie naar behoren. De opleiding gebruikt hiervoor de facultaire richtlijnen met geëxpliciteerde criteria. De studenten verdedigen hun masterproef mondeling tijdens een openbare verdediging tijdens de laatste weken van de eerste examenperiode. De jury bestaat naast de voorzitter en de secretaris uit al de aanwezige ZAP-leden. Bij de evaluatie wordt rekening gehouden met de dagdagelijkse inzet, de verdediging en het eindproduct. De commissie meent dat de evaluatie van de masterproef prima verloopt.

De commissie is in het algemeen eveneens tevreden over de kwaliteit van de masterproeven. In de masterproeven geven de studenten blijkt te beschikken over voldoende academische vaardigheden. De masterproeven worden geschreven in de onderzoeksgroepen of in samenwerking met het universitair ziekenhuis. Dit laatste vindt de commissie ene sterkt punt. Bovendien acht de commissie het positief dat enkele studenten een masterproef schrijven die verband houdt met hun vooropleiding. Dit maakt het mogelijk om in het korte tijdsbestek van een eenjarige master een veel diepgaander onderzoek te voeren. De commissie zou het zinvol vinden dat meer studenten dit doen. De prima kwaliteit van de masterproeven blijkt ook het feit dat vijf van de achttien masterproeven de voorbije jaren leidde tot een publicatie. Ten slotte waren de studenten ook tevreden over de begeleiding en supervisie die ze kregen tijdens het werken aan de masterproef.

De afgestudeerden van de opleiding kunnen doorstromen naar het Postgraduaat medische stralingsfysica dat enkele bijkomende opleidingsonderdelen en een stage omvat die vereist zijn om het certificaat 'Deskundige in de medische stralingsfysica' te kunnen behalen. Van de 18 personen die de opleiding sinds het academiejaar 2007-2008 hebben voltooid zijn er 15 gestart met de postgraduaatsopleiding. Negen daarvan hebben die ook al voltooid, zes anderen zijn nog bezig (waarvan drie deeltijds). Van de drie manama-afgestudeerden die niet zijn doorgestroomd naar het Postgraduaat zijn er twee een doctoraat gerelateerd aan de medische stralingsfysica gestart. Eén iemand ging aan de slag als medewerker aan een universitaire instelling. De studenten die het postgraduaat volgen gaan daarna meestal aan de slag als erkend stralingsdeskundige in een ziekenhuis; één is werkzaam in de industrie.

De huidige uitstroom is eng gericht op de doorstroom naar het postgraduaat, zo meent de commissie. Bovendien is er vanuit de ziekenhuizen maar een beperkte vraag naar erkende stralingsdeskundigen. Een grotere vraag

is er in de technologische zorgsector. Daar zoekt men meer en meer goed opgeleide fysici met kennis van de medische stralingsfysica en ervaring met klinisch handelen. De voorgestelde programmawijzigingen in GKW 2 zullen er volgens de commissie toe bijdragen dat de opleiding een bredere oriëntatie krijgt en bijgevolg een bredere uitstroom. Uiteraard dient de opleiding bijkomend in te zetten op de bekendheid en promotie van het diploma. Hierbij is het belangrijk dat de opleiding aantoont dat het diploma een meerwaarde biedt bovenop het reguliere fysica- of ingenieursdiploma.

Sinds de start van deze manama-opleiding hebben 35 personen zich ingeschreven voor de opleiding. Tot nog toe hebben 18 studenten het diploma behaald. Dertien studenten zijn dit academiejaar nog aan de opleiding bezig. Vier personen hebben de opleiding afgebroken. Door het lage aantal studenten en het feit dat een grote fractie de opleiding deeltijds volgt, is het cijfermateriaal omtrent het studierendement en time-to-graduation moeilijk te interpreteren. **Op basis van gesprekken met opleidingsverantwoordelijken en studenten meent de commissie evenwel dat het studierendement en time-to-graduation op orde is.**

De commissie kent de score 'voldoende' toe aangezien zij meent dat de opleiding de basiskwaliteit bereikt, maar niet overstijgt. De enge doorstroom naar het postgraduaat en de bijgevolg beperkte inzetbaarheid van de alumni zijn werkpunten.

Integraal eindoordeel van de commissie

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau	V
Generieke kwaliteitswaarborg 2 – Onderwijsproces	V
Generieke kwaliteitswaarborg 3 – Gerealiseerd eindniveau	V

Vermits generieke kwaliteitswaarborg 1 als voldoende wordt beoordeeld, generieke kwaliteitswaarborg 2 als voldoende en generieke kwaliteitswaarborg 3 als voldoende, is het eindoordeel van de Master of Science in de medische stralingsfysica, conform de beslisregels, voldoende.

Samenvatting van de aanbevelingen in het kader van het verbeterperspectief

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau

- Streef naar een bredere aansluiting met het beroepenveld.

Generieke kwaliteitswaarborg 2 – Onderwijsproces

- Laat de studenten tijdens de master-na-master meer kennismaken met het brede beroepenveld.
- Streef naar een sterkere integratie tussen theorie en praktijk. Een groter aandeel stage, gekoppeld aan de masterproef, is wenselijk.
- Vul de demonstraties actiever in, door bijvoorbeeld kijkstages in kleine groepjes of het meelopen met een medische stralingsfysicus.

Generieke kwaliteitswaarborg 3 – Gerealiseerd eindniveau

- Laat de studenten een masterproef schrijven die aansluit bij hun vooropleiding. Dit genereert diepgang in de masterproeven.

UNIVERSITEIT HASSELT

Bachelor of Science in de fysica

SAMENVATTING Bachelor of Science in de fysica Universiteit Hasselt

Op 25 en 26 november werd de Bachelor of Science in de fysica van de Universiteit Hasselt, in het kader van een onderwijsvisiteatie op haar kwaliteit geëvalueerd door een commissie van onafhankelijke experts. In deze samenvatting, die een momentopname weergeeft, worden de belangrijkste bevindingen van de commissie opgelijst.

Profilering

De bachelor wordt ingericht door de faculteit Wetenschappen. Aan de UHasselt wordt geen master fysica ingericht.

De opleiding leert de student experimenten op te zetten, uit te voeren en te analyseren. Ook het modelleren van de fysische realiteit en theoretische problemen bestuderen met een combinatie van exacte, benaderende en numerieke rekenmethodes behoort tot de algemene basiscompetentie van de bachelor fysica. Daarnaast heeft de bachelor een grondige kennis van de wiskundige structuren en bewijsvormen en kan hij vlot omspringen met relevante softwarepakketten. Ten slotte moet de bachelor ook over de nodige communicatievaardigheden beschikken.

In academiejaar 2012-2013 volgden 42 studenten de bacheloropleiding, waarvan 11 generatiestudenten. De gehele bacheloropleiding telt 3 vrouwelijke studenten.

Programma

Het programma telt 180 studiepunten. De eerste fase van het programma geeft een overzicht van een aantal hoofddomeinen van de fysica, een introductie tot experimenteertechnieken en een degelijke wiskundekennis. Ook is er in het eerste jaar voldoende aandacht voor moderne fysica. Het tweede jaar staat in het kader van verdieping en is opgebouwd rond een experimentele en theoretische leerlijn. Het derde jaar omvat nog enkele natuurkundige opleidingsonderdelen van meer complexe aard. Ook het eindproject staat in het derde jaar geprogrammeerd. De aandacht voor experimenteren is een sterk punt van de opleiding.

Het programma is breed opgebouwd waardoor verschillende natuurkundige domeinen aan bod komen om zo de doorstroom van de studenten naar diverse masters aan andere Vlaamse en buitenlandse universiteiten te bevorderen. De keuzeruimte is dan weer beperkt.

De opleiding is sterk onderzoeksgericht. De studenten leren al vroeg wetenschappelijke onderzoeksvaardigheden aan. De studenten komen al snel in het programma in aanraking met actueel onderzoek, bijvoorbeeld door het deelnemen aan colloquia en het bezoeken van onderzoeksinstellingen. Maar ook het niet-academische beroepenveld heeft nood aan goed opgeleide fysici. De aandacht hiervoor moet versterkt worden.

De opleiding heeft een aantal Erasmus-overeenkomsten met buitenlandse universiteiten (o.a. Groningen, Montpellier, Münster en Vilnius). Daarnaast heeft de opleiding ook een zeer specifieke samenwerking met de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e) door de gezamenlijke inrichting van het opleidingsonderdeel geavanceerde meetmethodes. Studenten die de vervolgmaster Applied Physics of Electrical Engineering (aangeboden door TU/e) ambiëren, verblijven het volledige tweede semester van de derde bachelor in Eindhoven. Bovendien organiseert de opleiding verschillende excursies, zoals naar Tromsø.

De opleiding stimuleert de studenten om op een actieve manier om te gaan met de leerstof. In het eerste jaar wordt per dag maar één opleidingsonderdeel geprogrammeerd. De dag start met een inleidend hoorcollege, waarna de behandelde leerstof als zelfstudie wordt bestudeerd. De studenten hebben hiervoor het nodige cursusmateriaal. Tijdens de zelfstudie worden tussentijdse contactmomenten georganiseerd met de docenten, assistenten en studiebegeleiders. De dag wordt afgesloten met een res-

ponsiecollege, waar de docent stilstaat bij de moeilijkheden en problemen die de studenten ondervonden tijdens de zelfstudie. Het leermateriaal is verzorgd uitgewerkt en omvat zowel dictaten van de docenten als standaardwerken. De werkvormen in het eerste en tweede jaar sluiten aan bij het gehanteerde onderwijsconcept en er wordt gebruik gemaakt van hoorcolleges, zelfstudie en responscolleges.

Aan het einde van het derde jaar maken de studenten een eindproject. Het eindproject kan zowel een experimenteel als theoretisch onderwerp behandelen.

Beoordeling en toetsing

In het eerste en tweede jaar zet de opleiding tijdens de onderwijsperiodes in op begeleiding en het geven van directe en snelle feedback aan de studenten. De examenperiodes in het eerste en tweede jaar zijn dan weer zeer klassiek opgezet en er wordt voornamelijk summatief getoetst door bijna uitsluitend schriftelijke examens. Naarmate de studenten hun studie verderzetten, verschuift het zwaartepunt van schriftelijke examens naar mondeling. Ook projectwerk, het schrijven van laboverslagen en permanente evaluatie krijgen dan steeds meer hun plaats in het programma.

De toetsing verloopt transparant. Zo kunnen studenten de studiefiches raadplegen, geven de docenten tijdens de eerste les informatie over de toetsing en worden voorbeeldexamens opgesteld. De studenten gaven dan ook aan dat de manier van toetsing niet echt een verrassing was en de feedback achteraf naar behoren was.

Begeleiding en ondersteuning

In de practica en labo's wordt gewerkt met enerzijds didactische opstellingen en anderzijds moderne apparatuur, die ook in de onderzoeksinstituten wordt gebruikt. De laboruimten zijn uitgerust met actuele practica- en demonstratieopstellingen, samengebracht in een centraal didactisch natuurkunde labo.

De studiebegeleiding is een sterk punt van de Hasseltse opleiding. De studiebegeleiding voor wiskunde vat aan met een vierdaagse septembercursus wiskunde. Daarna zorgen de studie- en trajectbegeleiders voor de verdere opvolging van de studenten.

Slaagkansen en beroepsmogelijkheden

De cijfers rond diplomarendement, de drop-out en de studieduur, geven aan dat de Hasseltse opleiding iets beter scoort dan de andere Vlaamse fysica (en sterrenkunde) opleidingen. Niettemin is de drop-out in het eerste jaar, in vergelijking met natuurkunde opleidingen in de buurlanden, hoog. De gemiddelde studieduur ligt tussen de drie en de vier jaar.

Van de 62 afgestudeerden in de periode 2006-2012 opteerden 28 studenten voor een masteropleiding fysica (voornamelijk in Leuven). 22 studenten kozen een vervolgopleiding in het domein van de ingenieurswetenschappen, waaronder 9 studenten die overstapten naar de TU/e. Zes studenten kozen voor de master sterrenkunde aan de KU Leuven en enkele studenten volgden later de optie bio-elektronica en nanotechnologie binnen de opleiding biomedische wetenschappen van de UHasselt of een master nanotechnologie elders.

OPLEIDINGSRAPPORT Bachelor of Science in de fysica Universiteit Hasselt

Woord vooraf

Dit rapport behandelt de Bachelor of Science in de fysica van de Universiteit Hasselt. De visitatiecommissie bezocht deze opleidingen op 25 en 26 november 2013.

De visitatiecommissie beoordeelt de opleiding aan de hand van de drie generieke kwaliteitswaarborgen uit het VLUHR-beoordelingskader. Dit kader is afgestemd op de accreditatievereisten zoals gehanteerd door de NVAO. Voor elke generieke kwaliteitswaarborg geeft de commissie een gewogen en gemotiveerd oordeel op een vierpuntenschaal: onvoldoende, voldoende, goed of excellent. Bij de beoordeling van de generieke kwaliteitswaarborgen betekent het concept 'basiskwaliteit' dat de generieke kwaliteitswaarborg aanwezig is en de opleiding – of een opleidingsvariant – voldoet aan de kwaliteit die in internationaal perspectief redelijkerwijs mag worden verwacht van een bachelor- of masteropleiding in het hoger onderwijs. De score voldoende wijst er op dat de opleiding voldoet aan de basiskwaliteit en een acceptabel niveau vertoont voor de generieke kwaliteitswaarborg. Indien de opleiding goed scoort dan overstijgt ze systematisch de basiskwaliteit voor de generieke kwaliteitswaarborg. Bij een score excellent steekt de opleiding ver uit boven de basiskwaliteit voor de generieke kwaliteitswaarborg en geldt ze hierbij als een (inter)nationaal voorbeeld. De score onvoldoende getuigt dan weer dat de generieke kwaliteitswaarborg onvoldoende aanwezig is.

De oordelen worden onderbouwd met feiten en analyses. De commissie heeft inzichtelijk gemaakt hoe zij tot haar oordeel is gekomen. De commissie geeft ook een eindoordeel over de kwaliteit van de opleiding als geheel aan de hand van dezelfde vierpuntenschaal. De oordelen en aanbevelingen hebben betrekking op de opleiding met alle daaronder ressorterende varianten, tenzij anders vermeld.

De commissie beoordeelt de kwaliteit van de opleiding zoals zij die heeft vastgesteld op het moment van het visitatiebezoek. De commissie heeft zich bij haar oordeel gebaseerd op het zelfevaluatie-rapport en de informatie die voortkwam uit de gesprekken met de opleidingsverantwoordelijken, de lesgevers, de studenten, de alumni, de assistenten en de verantwoordelijken op opleidingsniveau voor interne kwaliteitszorg, internationalisering en studiebegeleiding. De commissie heeft ook een selectie van het studie-

materiaal, de afstudeerwerken en de examenvragen bestudeerd. Tevens is door de commissie een bezoek gebracht aan de opleidings specifieke faciliteiten, zoals de practica.

Naast het oordeel formuleert de visitatiecommissie in het rapport aanbevelingen in het kader van het verbeterperspectief. Op die manier wenst de commissie bij te dragen aan de kwaliteitsverbetering van de opleiding. De aanbevelingen zijn opgenomen bij de respectieve generieke kwaliteitswaarborgen. Aan het eind van het rapport is een overzicht opgenomen van verbeter suggesties.

Het Onderwijs Management Team (OMT) is verantwoordelijk voor de curriculumontwikkeling, het onderwijssysteem en de werkvormen, de examens en de kwaliteitszorg binnen de opleiding. De vakgroep fysica wijst de lesopdrachten toe. De bachelor fysica behoort tot de faculteit wetenschappen, die de voorstellen van het OMT en de vakgroepen bekrachtigt.

De opleiding heeft een modeltraject uitgewerkt. In het eerste jaar volgen de studenten voor 60 studiepunten verplichte opleidingsonderdelen. In het tweede en derde jaar hebben de studenten 15 studiepunten vrije ruimte die ze opvullen met keuze- of verbredingsopleidingsonderdelen. Voor de verbredingsopleidingsonderdelen kiezen de studenten uit de verbredingslijn chemie, wiskunde, biologie, informatica of economie.

In academiejaar 2012-2013 volgden 42 studenten de bacheloropleiding, waarvan 11 generatiestudenten. De gehele bacheloropleiding telt 3 vrouwelijke studenten.

De opleiding werd een laatste maal gevisiteerd in 2005.

Generieke kwaliteitswaarborg 1 - Beoogd eindniveau

De commissie beoordeelt het beoogd eindniveau van de Bachelor of Science in de fysica als goed.

Bij het opstellen van de leerresultaten van de bachelor fysica werd rekening gehouden met een aantal algemene basiscompetenties die iedere afgestudeerde bachelor fysica aan de UHasselt moet hebben. Zo moet een afgestudeerde bachelor in staat zijn om experimenten op te zetten, uit te voeren en te analyseren. Ook het modelleren van de fysische realiteit en theoretische problemen bestuderen met een combinatie van exacte, benaderende en numerieke rekenmethodes behoort tot de algemene basiscom-

petentie van de bachelor fysica. Daarnaast heeft de bachelor een grondige kennis van de wiskundige structuren en bewijsvormen en kan hij vlot omspringen met relevante softwarepakketten. Ten slotte moet de bachelor ook over de nodige communicatievaardigheden beschikken. De opleiding heeft de algemene basiscompetenties vertaald in 14 opleidings specifieke leerresultaten, aan de UHasselt eindcompetenties genoemd.

De commissie meent dat de beoogde leerresultaten aansluiten qua niveau en oriëntatie bij het Vlaams kwalificatieraamwerk en zijn afgestemd op het domeinspecifiek leerresultatenkader (DLR). De opleiding profileert zich ten opzichte van het DLR en van andere Vlaamse bacheloropleidingen fysica (en sterrenkunde) door ruime aandacht te tonen voor experimenteervaardigheden. Verdere profilering gebeurt door opleidingsonderdelen van meer toegepaste aard in het programma op te nemen. Daarnaast wil de opleiding, door het ontbreken van een masteropleiding in het domein van de natuurkunde te Hasselt, de studenten voorbereiden op een diversiteit aan vervolgoopleidingen. Het gaat dan zowel om de masteropleiding fysica (en sterrenkunde) aan de verschillende Vlaamse universiteiten, als om de masters Applied Physics en Electrical Engineering aan de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e) en de master biomedische wetenschappen (afstudeerrichting bio-elektronica en nanotechnologie) aan de tUL-UHasselt.

Opvallend hierbij is de bredere oriëntatie van de opleiding met meer aandacht voor onder andere fotonica en hydrodynamica. De commissie is zeer tevreden met de profilering en stelt dat deze is gerealiseerd. De commissie beveelt wel aan dat deze profilering geëxpliciteerd wordt aan startende studenten. Zeker met het oog op een verhoging van de studenteninstroom zijn de brede aard van het programma en de ruime aandacht voor experimenteervaardigheden elementen die studenten kunnen doen kiezen voor de fysica-opleiding in Hasselt.

Verder stelt de commissie dat de OLR voldoen aan de internationale eisen vanuit het vakgebied, met name het raamwerk van de European Physical Society, maar dat dit kan versterkt worden op twee vlakken. Het eerste betreft de aandacht voor het niet-academisch beroepsperspectief, gaande van de industrie tot het leraarsberoep. De opleiding (en de universiteit als geheel) is zich er van bewust dat zij op dit punt onvoldoende ambitie toont en ze zal daarom in de toekomst aandacht besteden aan employability skills. De commissie onderschrijft de noodzaak dat de studenten al van in de bacheloropleiding in aanraking komen met de heel

diverse beroepswereld van de fysicus. Het andere punt betreft de aandacht voor wetenschappelijke integriteit dat ook in een bacheloropleiding als een expliciet leerresultaat behandeld moet worden (zie ook GKW 2).

De opleiding hanteert een eigen visie op onderwijs die start vanuit het aanbieden van studentgecentreerd onderwijs. De commissie vindt deze aanpak zeer positief en stelt dat Hasselt op dit vlak de voorbije jaren een voortrekkers rol heeft vervuld. Andere instellingen nemen nu deze aanpak over. De commissie merkt hierbij wel op dat de opleidingsvisie en -concept de laatste jaren niet zijn herwerkt of verbeterd. De commissie raadt aan om de opleidingsvisie regelmatig te herdenken om al zo de voortrekkersrol te behouden.

De commissie concludeert dat de leerresultaten helder zijn neergeschreven en voldoen aan het DLR en het Vlaams Kwalificatieraamwerk. De bacheloropleiding heeft zich zichtbaar geprofileerd en heeft zich afgestemd met het werkveld en het vakgebied. De commissie kent de opleiding de score 'goed' toe omwille van de helder geformuleerde visie op onderwijs.

Generieke kwaliteitswaarborg 2 - Onderwijsproces

De commissie beoordeelt het onderwijsproces van de Bachelor of Science in de fysica als voldoende.

Het academiejaar van het eerste en tweede jaar bestaat uit drie onderwijsperiodes van elk tien weken, telkens gevolgd door een studie- en examenperiode. Ieder trimester omvat drie à vier opleidingsonderdelen. De opleiding beoogt hiermee een geleidelijke overgang van het secundair naar hoger onderwijs. Vanaf het derde bachelorjaar wordt overgeschakeld op het semestersysteem om de overgang naar de masteropleidingen voor te bereiden.

Om het proces te versterken hanteert de opleiding het opleidingsconcept 'van begeleide zelfstudie naar autonoom leren'. Hiermee wordt de student aangeleerd op een actieve manier om te gaan met de leerstof. In het eerste jaar wordt per dag maar één opleidingsonderdeel geprogrammeerd. De dag start met een inleidend hoorcollege, waarna de behandelde leerstof als zelfstudie wordt bestudeerd. De studenten hebben hiervoor het nodige cursusmateriaal. Tijdens de zelfstudie worden tussentijdse contactmomenten georganiseerd met de docenten, assistenten en studiebegeleiders. De dag wordt afgesloten met een responsiecollege, waar de docent stil-

staat bij de moeilijkheden en problemen die de studenten ondervonden tijdens de zelfstudie. De sturing wordt in de loop van de volgende jaren minder strak, zodat de studenten meer en meer zelfstandig leren werken. Zowel studenten als docenten gaven tijdens de gesprekken met de commissie aan dat ze tevreden zijn over het door de opleiding gehanteerde opleidingsconcept. Ook de commissie was hierover te spreken, maar ze wenst de opleiding te waarschuwen voor de 'wet van de remmende voor-sprong'. Het opleidingsconcept, dat aanvankelijk uniek was voor de Hasseltse opleidingen, bestaat sinds 2004 en is ondertussen overgenomen door enkele andere Vlaamse instellingen. De opleiding wordt geadviseerd het onderwijsconcept verder te ontwikkelen.

Bij de opbouw van de bacheloropleiding hebben de opleidingsverantwoordelijken bewust gekozen voor een **breed programma waar verschillende natuurkundige domeinen aan bod komen om zo de doorstroom van de studenten naar diverse masters aan andere Vlaamse en buitenlandse universiteiten te bevorderen.** De eerste fase van het programma geeft een overzicht van een aantal hoofddomeinen van de fysica, een introductie tot experimenteertechnieken en een degelijke wiskundekennis. Het tweede jaar staat in het kader van verdieping en is opgebouwd rond een experimentele en theoretische leerlijn. Het derde jaar omvat nog enkele natuurkundige opleidingsonderdelen van meer complexe aard. Ook het eindproject staat in het derde jaar geprogrammeerd.

De commissie heeft de programmaopbouw, met inbegrip van de leerlijnen, en de leerinhouden van de verschillende opleidingsonderdelen grondig bestudeerd, en meent dat de opleiding er in geslaagd is om het programma van de bachelor evenwichtig op te bouwen met leerinhouden die aansluiten bij de boogde leerresultaten.

De commissie onderschrijft de nood aan een gedegen wiskundige basis in een natuurkunde-opleiding, maar acht het tegelijk belangrijk om studenten al in het eerste jaar vertrouwd te maken met moderne natuurkunde. Dit maakt het programma aantrekkelijker met het oog op een verhoogde instroom en motiveert de studenten hun studie verder te zetten. Via het opleidingsonderdeel kwantummechanica 1 tracht de opleiding hieraan tegemoet te komen. Moderne natuurkunde krijgt in het tweede en derde jaar een zichtbare plaats in het programma via opleidingsonderdelen zoals biofysica, hydrodynamica, fotonica, vaste stof en zachte materie. Het opleidingsonderdeel sterrenkunde kan volgens de commissie versterkt worden door samen te werken met de KU Leuven.

De leerlijn experimenteervaardigheden is volgens de commissie zeer goed ingevuld. In ieder trimester van het eerste en het tweede jaar, en in het tweede semester van het derde jaar is er minstens één opleidingsonderdeel waarbij de studenten experimenten dienen uit te voeren. In de practica en labo's wordt gewerkt met enerzijds didactische opstellingen en anderzijds moderne apparatuur, die ook in de onderzoeksinstituten wordt gebruikt. De laboruimten zijn uitgerust met actuele practica- en demonstratieopstellingen, samengebracht in een centraal didactisch natuurkunde labo. De commissie is eveneens tevreden met de invulling en vormgeving van de practica. De student leert er zelfstandig werken.

Ook aan de computationele en numerieke vaardigheden van de studenten wordt veel aandacht geschonken. De opleiding beschikt over moderne meetapparatuur en over voldoende computerfaciliteiten. Ook de softwarepakketten worden eenvoudig ter beschikking gesteld van de studenten.

Het programma is op 15 studiepunten na verplicht. Dit is een keuze die de opleidingsverantwoordelijken hebben gemaakt omdat ze, zoals al gezegd een programma willen aanbieden dat zo goed mogelijk aansluit bij de verschillende Vlaamse en buitenlandse opleidingen in het domein van de natuur- en sterrenkunde. Ze argumenteren dat de studenten daarom een heel breed programma moeten doorlopen waarin alle aspecten van de natuurkunde verplicht aan bod komen.

De commissie onderschrijft de keuze voor een breed programma maar heeft een andere mening over de invulling ervan. Ze vindt de keuzeruimte namelijk te beperkt waardoor het programma rigide wordt. Ze suggereert daarom, na gesprekken met studenten en alumni, om enkele verplichte opleidingsonderdelen te schrappen om zo meer keuzeruimte te creëren. **Door een deel van het programma flexibeler in te vullen en bijvoorbeeld te werken met 'profielkeuzes' (geclusterde opleidingsonderdelen ter waarde van 20 tot 30 studiepunten) kunnen studenten zelf bepalen welke richting ze uitgaan en welke master ze later willen volgen.** De profielkeuzes kunnen opgevuld worden met eigen aangeboden opleidingsonderdelen of met gespecialiseerde opleidingsonderdelen uit andere Vlaamse instellingen, al dan niet door middel van teleclassing. Een dergelijke profielkeuze bestaat nu al voor studenten die de master Applied Physics of Electrical Engineering aan de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e) willen volgen.

Verder meent de commissie dat **het programma doorheen heel de bachelor sterk onderzoeksgericht** is ingevuld. De studenten komen in aanra-

king met actueel onderzoek, doordat de docenten eigen onderzoek uit het vakgebied integreren in hun lessen. Ook ziet de commissie dat de studenten in verschillende projecten een onderzoekende houding aannemen op het niveau van een bachelorstudent. De ruime aandacht voor onderzoeksmethodologie in verschillende opleidingsonderdelen draagt hiertoe bij. Als aanbeveling op dit vlak moet de opleiding de aandacht voor wetenschappelijke integriteit en regels rond data-opslag, versterken. Ook met betrekking tot het eindproject heeft de commissie enkele suggesties (zie GKW 3).

Hoewel de opleiding is gestart met de opbouw van een leerlijn 'employability skills', is de aandacht voor het niet-academische beroepenveld in het programma aan de lage kant. Met het oog op een vergrote instroom, de herkenbaarheid van het beroep in de maatschappij en de grote nood aan fysici in het onderwijs en de industrie acht de commissie het zeer belangrijk deze leerlijn te versterken. De studenten moeten inzien dat er voor een fysicus meer carrièremogelijkheden zijn dan enkel (academisch) onderzoeker, zo stelt de commissie. Onder andere het zichtbaar maken van de leraarsberoep in het derde bachelorjaar, het regelmatig organiseren van excursies naar bedrijven en het uitnodigen van gastdocenten zullen dit aspect versterken. Een andere aanbeveling is dat de docenten inspanningen leveren om tijdens de colleges aan te tonen hoe gecompliceerde fysica enerzijds een vertaling krijgt in meer toepassingsgerichte industriële gebieden en anderzijds vertaald kan worden naar jongeren of volwassenen zonder natuurkundeopleiding.

Uiteraard vergt dit laatste de nodige inspanning van de **docenten** en moeten zij hierbij zo nodig onderwijskundig geprofessionaliseerd worden. Onderwijskundige professionalisering acht de commissie zeer waardevol, wil de opleiding innovatieve onderwijs- en leervormen aanbieden. Tot haar spijt stelt de commissie vast dat de docenten niet systematisch aan professionaliseringsactiviteiten deelnemen, ondanks het aanbod waarin de UHasselt voorziet. Overigens meent de commissie dat **de vakinhoudelijke kwaliteit van de docenten goed is.** Uit de publicatielijst die de commissie tijdens het bezoek heeft ingekeken stelt ze vast dat de docenten experts zijn binnen hun vakgebied. In dit opzicht vindt de commissie de samenwerking met het onderzoeksinstituut IMO, van zeer groot belang.

Het docententeam is niet al te groot. Het betreft in het academiejaar 2012-2013 in totaal 16 ZAP (14,2 VTE) die 134 studiepunten aan opleidingsonderdelen in de bacheloropleiding Fysica verzorgen, aangevuld met 5 gast-professoren (0,65 VTE), twee onderzoeksprofessoren (2 VTE) en één ATP

(1 VTE) die samen 38 studiepunten in de opleiding verzorgen. Zij worden ondersteund door 5 mandaatassistenten, 3 doctorassistenten, 3 doctornavorsers en 10 doctoraatbursalen. Een aantal docenten heeft volgens de commissie een (te) grote onderwijsbelasting. Volgens de commissie manifesteert het probleem zich vooral bij de theoretische fysica. Hier moet werk gemaakt worden van een ontwikkelingsplan. Ook moeten meer vrouwelijke stafleden worden aangesteld, die als rolmodel dienen voor de studenten. Als mogelijke deeloplossing ziet de commissie ruimte om ook de niet-Nederlandstalige doctorandi en postdocs een minimale onderwijsaanstelling te geven. Bovendien beveelt de commissie aan om regelmatig, bijvoorbeeld vijfjaarlijks, te roteren in vakaanstellingen.

Verder meent de commissie dat ook het leer materiaal en de werkvormen in voldoende mate aansluiten bij de vooropgestelde leerresultaten. **Het leer materiaal is verzorgd uitgewerkt** en omvat zowel dictaten van de docenten als standaardwerken. **De werkvormen in het eerste en tweede jaar sluiten aan bij het gehanteerde onderwijsconcept en er wordt gebruik gemaakt van hoorcolleges, zelfstudie en responscolleges.** Het derde jaar bouwt hierop voort. De commissie acht het noodzakelijk dat er op het gebied van de werkvormen voldoende innovatie uitgaat van de docenten. Dit bleek nu nog niet altijd het geval. Onderwijskundige professionalisering van de docenten is ook hierbij een noodzaak. Dit geldt eveneens voor de elektronische leeromgeving, die weliswaar goed ontwikkeld is en beschikbaar op het vlak van informatie over de OPO's en de leerstof, maar niet op een interactieve manier wordt gebruikt.

Met betrekking tot de werkvormen stipuleert de commissie eveneens een gevaar om les te geven aan zeer kleine studentengroepen. Om een klasgroep met voldoende kritische massa over te houden, gaat de commissie uit van een 20-tal generatiestudenten. Gezien de lage instroom in de opleiding, gecombineerd met de uitval in het eerste jaar, is dit een aspect waar de commissie aandacht voor vraagt.

Een lage instroom en grote uitval in het eerste jaar zijn twee problemen van de bachelor fysica aan de UHasselt en bij uitbreiding van alle Vlaamse opleidingen fysica (en sterrenkunde). De instroom is per hoofd van de bevolking zeer laag ten opzichte van de natuurkunde-opleidingen in onze buurlanden. Vanuit de UHasselt, de faculteit wetenschappen en de opleiding worden **verschillende outreach-initiatieven** opgezet om de instroom te verhogen, zoals verscheidene infomomenten, UHasselt@school, 'prof voor de klas'... De commissie waardeert al deze inspanningen, maar

meent niettemin dat deze nog niet effectief zijn gebleken. Op basis van gesprekken met docenten, studenten en alumni haalt de commissie twee redenen hiervoor aan. Enerzijds blijkt het imago van Bètawetenschappen weinig aantrekkelijk en anderzijds vinden leerlingen met een sterke wiskundige kennis sneller hun weg naar de ingenieursstudies.

Daarom raadt de commissie aan om de geleverde inspanningen te bundelen om zo met alle Vlaamse opleidingen fysica (en sterrenkunde) een gezamenlijk actieplan ter promotie van de natuurkunde uit te werken. Best practices uit het buitenland moeten hierbij als inspiratie dienen. Een belangrijk onderdeel van dit plan zal er in bestaan om het beroepsbeeld van de fysicus te verduidelijken. Want de arbeidsmarkt noch de bredere maatschappij hebben een duidelijk beeld van de mogelijkheden van een fysicus. Het is volgens de commissie de taak van de faculteiten hier verandering in te brengen en van de fysicus een beeld te geven dat complementair is met dat van de ingenieur. Deze strategie zal zich, volgens de commissie, moeten richten op het beeld dat momenteel heerst bij leraren, ouders en bedrijfsleiders. Ook kan de opleiding zelf enkele initiatieven uitwerken. De versterking van het niet-academische beroepenveld in het programma en de promotie van een aantrekkelijk eerste jaar met moderne fysica en veel experimenteervaardigheden kunnen volgens de commissie bijdragen tot een verhoogde instroom. Verder denkt de commissie onder andere aan het opbouwen van een duurzame band met leraren natuurkunde (en wiskunde) in de regio. De contacten die voorkomen uit het project UHasselt@school zijn hierbij belangrijk.

De commissie erkent dat de lage instroom aan de Hasseltse universiteit ook samenhangt met het ontbreken van een master fysica. Conform de Vlaamse Codex hoger onderwijs (hoofdstuk III - artikel 28) heeft de UHasselt niet de bevoegdheid diploma's uit te reiken met de graad van master in het studiegebied wetenschappen, en dus ook niet op het vlak van de natuurkunde. De commissie erkent dat er in Vlaanderen op dit moment geen ruimte is voor nog een algemene masteropleiding in de fysica. **Voor de inrichting van een interdisciplinaire master in Hasselt in samenwerking met het Instituut voor Materiaal Onderzoek (IMO) en eventueel andere partners, ziet zij echter mogelijkheden.** Een dergelijke master op het vlak van material sciences zou een uithangbord van de UHasselt kunnen zijn.

Enerzijds het opleidingsconcept, anderzijds de **strakke studiebegeleiding in het eerste jaar** zijn volgens de commissie sterke punten. De studiebegeleiding voor wiskunde vat aan met een vierdaagse septembercursus wiskunde.

Aan het begin van het eerste jaar volgen de opleidingsonderdelen 'redeneren en structureren' en 'calculus', die de aansluiting tussen secundair en hoger onderwijs moeten waarborgen. Ook de studie- en trajectbegeleiders zorgen voor de verdere opvolging van de studenten. De commissie is tevreden over de studiebegeleiding maar ze acht het zinvol om verplichte (brug) opleidingsonderdelen aan te bieden voor de minder goede studenten. Daarnaast suggereert de commissie om ook de sterkste studenten niet uit het oog te verliezen en hen blijvend uit te dagen door bijvoorbeeld een excellentieprogramma of een dubbele bachelor fysica-wiskunde.

Het kleinschalige karakter van de opleiding heeft uiteraard ook voordelen. Eén daarvan is dat **de interne kwaliteitszorg vlot verloopt, mede dankzij de vele informele contacten binnen de opleiding**. Hierdoor worden (mogelijke) problemen vroeg gedetecteerd en veelal snel opgelost. Maar ook via meer formele kanalen loopt de kwaliteitszorg. Zo is het onderwijsmanagementteam (OMT), met daarin vertegenwoordigers van de docenten, het kloppend hart van de opleiding. De commissie raadt wel aan om ook studenten er als volwaardige niet slechts adviserende leden in te betrekken. Op regelmatige basis worden evaluaties gehouden en worden de resultaten ervan besproken op het OMT. Met betrekking tot de gebruikte vragenlijsten stipuleert de commissie drie punten die explicieter bevestigd moeten worden. Een eerste aspect betreft de afstemming tussen de docenten onderling. Tijdens de gesprekken met studenten heeft de commissie vastgesteld dat er hier en daar overlap in de leerinhouden optreedt. De afstemming tussen de docenten en de assistenten verloopt wel vlot. Het tweede punt betreft de kwaliteitscontrole van de bachelorpoef. Tijdens de gesprekken met studenten en alumni bleek de kwaliteit van de begeleiding van de bachelorproef zeer wisselend en docentaafhankelijk. Een uniform beleid is hier wenselijk. Als laatste haalt de commissie aan dat de studentenbevraging geen expliciete vragen bevatte over de onderwijskwaliteit van de docent.

Een laatste punt dat de commissie wenst aan te halen betreft de aandacht voor **internationalisering** en studentenmobiliteit binnen de opleiding. De opleiding heeft een aantal Erasmus-overeenkomsten met buitenlandse universiteiten (o.a. Groningen, Montpellier, Münster en Vilnius). Daarnaast heeft de opleiding ook een zeer specifieke samenwerking met de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e) door de gezamenlijke inrichting van het opleidingsonderdeel geavanceerde meetmethodes. Studenten die de vervolgmaster Applied Physics of Electrical Engineering (aangeboden door TU/e) ambiëren, verblijven het volledige tweede semester van de derde bachelor in Eindhoven. Bovendien organiseert de opleiding verschillende

excursies, zoals naar Tromsø of CERN, om ook de studenten die niet deelnemen aan een uitwisselingsproject in contact te laten komen met de internationale dimensie van de natuurkunde. De commissie is tevreden over deze initiatieven.

De commissie meent verder dat de studenten terecht komen in een uitdagende, maar tegelijk ook zeer veilige, leeromgeving. Voornamelijk het onderwijsconcept 'van begeleide zelfstudie naar autonoom leren', gecombineerd met effectieve studiebegeleiding, acht de commissie zinvol. De commissie ziet de **studeerbaarheid en het doorstroomrendement** als een indicator van de samenhangende leeromgeving. De studenten vertelden de commissie dat het programma, voornamelijk het eerste jaar, zwaar is, maar haalbaar mits voldoende inspanning. De hoge abstractie van de wiskunde in het eerste jaar is voor veel studenten een struikelblok. Het doorstroomrendement van de eerste bachelor naar het tweede jaar ligt dan ook redelijk laag, daarna herstelt zich dit. Evenwel scoort de UHasselt in vergelijking met de andere bezochte instellingen op dit vlak behoorlijk.

De commissie concludeert dat het onderwijsproces bijdraagt tot de realisatie van de beoogde leerresultaten. Het didactisch concept, de opbouw van het programma, met ruime aandacht voor experimenteervaardigheden, en de sterke studiebegeleiding dragen hier toe bij. Niettemin heeft de commissie ook een aantal werkpunten gestipuleerd, zoals de versterking van de aandacht voor het niet academisch beroepenveld, de beperkte keuzemogelijkheden, het doorvoeren van onderwijsinnovaties en de lage studententinstroom. Hierdoor besluit zij dat het onderwijsproces niet systematisch uitstijgt boven de basiskwaliteit en kent zij de score 'voldoende' toe.

Generieke kwaliteitswaarborg 3 - Gerealiseerde eindniveau

De commissie beoordeelt het gerealiseerde eindniveau van de Bachelor of Science in de fysica als voldoende.

De universiteit Hasselt heeft een kader voor kwalitatieve toetsing opgesteld dat in de toekomst zal worden geconcretiseerd in de opleidingen via workshops. Op dit moment heeft de opleiding op nog geen expliciet toetsbeleid opgesteld. Ook een uitgeschreven toetsplan ontbreekt nog. De commissie raadt de opleiding aan hier werk van te maken. Wel heeft zij tijdens de gesprekken met de opleidingsverantwoordelijken en de docenten een impliciet gedragen visie op toetsen en beoordelen vastgesteld. Zo wenst de opleiding met het toetsen in eerste instantie na te gaan of

de studenten de vooropgestelde leerresultaten bereiken op het gewenste cognitieve niveau. Daarnaast acht de opleiding het ook belangrijk dat de toetsing een leermoment wordt waarbij formatieve toetsen en feedback een belangrijke plaats innemen.

In het eerste en tweede jaar hanteert de opleiding, zoals al gezegd, het opleidingsconcept 'van begeleide zelfstudie naar autonoom leren' en het trimestersysteem. De opleiding zet tijdens de onderwijsperiodes in op begeleiding en het geven van **directe en snelle feedback** aan de studenten. De commissie waardeert dit ten zeerste. **De examenperiodes in het eerste en tweede jaar zijn volgens de commissie zeer klassiek opgezet en er wordt voornamelijk summatief getoetst door bijna uitsluitend schriftelijke examens.** De commissie raadt op dit vlak aan om meer variatie en innovatie aan de dag te leggen. Het gehanteerde onderwijsconcept nodigt eveneens uit om meer formatief te toetsen. Naarmate de studenten hun studie verderzetten, verschuift het zwaartepunt van schriftelijke examens naar mondeling. Ook projectwerk, het schrijven van laboverslagen en permanente evaluatie krijgen dan steeds meer hun plaats in het programma. De commissie vindt het positief dat op dit vlak wel aansluiting wordt verzekerd met de filosofie van het opleidingsconcept.

De commissie heeft verder een staal van examenopgaven ingekeken. Op basis hiervan oordeelt de commissie dat de toetsing qua inhoud en niveau aansluit bij de vooropgestelde leerresultaten. Bij een aantal examens vond de commissie het niveau zelfs behoorlijk uitdagend. Anderzijds gaven de studenten en alumni aan dat het niveau van de toetsing van het opleidingsonderdeel 'studium generale' niet voldeed aan de verwachtingen. De commissie beveelt de opleiding (en de universiteit) aan het niveau hiervan op te krikken.

De studenten met wie de commissie sprak gaven aan dat de toetsing **transparant** verloopt. Zo kunnen studenten de studiefiches raadplegen, geven de docenten tijdens de eerste les informatie over de toetsing en worden voorbeeldexamens opgesteld. De studenten gaven dan ook aan dat de manier van toetsing niet echt een verrassing was en de feedback achteraf naar behoren was. De transparantie van de toetsing wordt vergroot doordat enkele docenten gebruik maken van geëxpliciteerde verbeterleutels en verbetercriteria. De commissie vindt dit een goede evolutie en hoopt dat op termijn alle docenten hiervan gebruik maken. Ook het feit dat de coördinator en het onderwijsteam gezamenlijk de examenopgaven opstellen leidt tot grotere transparantie.

Problemen op het gebied van toetsing worden gesignaleerd door de examencommissie of komen aan het licht door de studentenbevestigingen. Het Onderwijs Management Team bewaakt de opvolging van gesignaleerde problemen en zorgt er voor dat het curriculum, de onderwijsvormen en examenvormen aansluiten op de leerresultaten. In geval van twist tussen een docent en een student aangaande de toetsing bemiddelt de ombuds.

Aan het einde van het derde bachelorjaar maken de studenten een eindproject (6stp). De commissie heeft voorafgaand en tijdens het visitatiebezoek enkele eindprojecten ingekeken. **Over het algemeen vond de commissie de eindprojecten degelijk uitgewerkt en van prima niveau.** De studenten geven in het eindproject blijk te beschikken over de nodige onderzoeksvaardigheden op het niveau van een bachelorstudent. **Toch heeft de commissie enkele suggesties om de finaliteit van het eindproject te versterken.** Naar het idee van de commissie is een eindproject (of bachelorproef) een afsluitend werk van de bachelorstudie, waarbij de student een eerste maal in direct contact komt met en participeert aan actueel natuurkundig onderzoek. Zo raadt ze aan om de studenten minimaal gedurende een zestal weken te betrekken bij de onderzoeksgroepen en hen aan onderzoek te laten meewerken. De opleiding zal hiervoor wel een aantal faciliterende stappen moeten nemen. Zo denkt de commissie dat het huidige aantal studiepunten voor het eindproject niet volstaat en moet worden opgetrokken naar 9 studiepunten. Ook zal het aantal aangeboden onderzoeksonderwerpen moeten worden vermeerderd. Een sterke samenwerking met IMO of met de andere Vlaamse instellingen is hierbij een mogelijkheid.

Daarnaast heeft de commissie vastgesteld dat een klein aantal van de doorgenomen eindprojecten de vorm aannamen van een literatuurstudie, waarbij de student zelfstandig een artikel en/of een deel van een boek doorneemt over een onderwerp dat binnen de opleiding niet aan bod komt. Dit betrof theoretische onderwerpen. In het licht van de visie van de commissie op het eindproject acht zij dit een te weinig uitdagende opdracht. De opleidingsverantwoordelijken gaven aan dat de oorzaak hiervan ligt bij enerzijds de grote vraag van studenten naar theoretische onderwerpen en anderzijds het beperkte aanbod theoretisch onderzoek binnen de Hasseltse vakgroepen. Om hiervoor een duurzame oplossing uit te werken zal het volgens de commissie nodig zijn om de vakgroep 'theoretische fysica' uit te breiden met 1 VTE. Deze persoon moet dan ingeschakeld worden als eindproject-promotor, wat de studenten met een interesse in theoretische fysica in staat zal stellen een volwaardig onderzoeksonderwerp te kiezen in dit domein.

De commissie is tevreden over de beoordeling van het eindproject. Deze gebeurt door de promotor en door een tweede staf lid als bijkomend beoordelaar. Ten behoeve hiervan werd een **uniform beoordelingsformulier** opgesteld.

In de periode 2006-2008 waren er 63 trajectstarters aan de opleiding. Het diplomarendement van deze cohorte bedraagt gemiddeld 60%. In de periode 2006-2011 kende de opleiding een drop-out van 42%. In de periode 2006-2011 reikte de opleiding 62 diploma's uit. Een meerderheid van de studenten (68%) behaalde het diploma in drie jaar. 27% van de studenten verlengt de studie met een vierde jaar. **Deze cijfers, zowel met betrekking tot het diplomarendement, de drop-out en de studieduur, geven aan dat de Hasseltse opleiding iets beter scoort dan de andere Vlaamse fysica (en sterrenkunde) opleidingen. Niettemin vindt de commissie de drop-outcijfers, in vergelijking met natuurkunde opleidingen in de buurlanden, te hoog.** Het centrale niveau van de instelling voert exitgesprekken en heeft een analyse van de drop-out gemaakt, maar de opleidingsverantwoordelijken ervaren dit duidelijk niet als een prioritair beleidspunt. De commissie betreurt dit.

Van de 62 afgestudeerden in de periode 2006-2012 opteerden 28 studenten voor een masteropleiding fysica (voornamelijk in Leuven). 22 studenten kozen een vervolgopleiding in het domein van de ingenieurswetenschappen, waaronder 9 studenten die overstapten naar de TU/e. Zes studenten kozen voor de master sterrenkunde aan de KU Leuven en enkele studenten volgden de optie bio-elektronica en nanotechnologie binnen de opleiding biomedische wetenschappen van de UHasselt of een master nanotechnologie elders. De alumni met wie de commissie sprak gaven aan dat de overstap meestal vlot verliep. De studenten die een master sterrenkunde gingen volgen of wilden specialiseren in astrodeeltjesfysica kloegen over een minder vlotte overstap. Het werken met profielkeuzes in de bachelor kan hiervoor een oplossing zijn.

De commissie concludeert dat, ondanks het ontbreken van een uitgeschreven toetsbeleid, de opleiding werkt met een impliciet gedragen visie op toetsen. Veel elementen van de huidige toetsmethodiek hebben in het verleden al hun nut bewezen. Daarnaast stemt het niveau van de afgestudeerden de commissie tevreden. De rendementen en drop-outcijfers verdienen echter blijvende aandacht. Ook meent de commissie dat het niveau van het eindproject over het algemeen degelijk is. De commissie besluit dat de generieke kwaliteitswaarborg 3 gerealiseerd eindniveau 'voldoende'

scoort. Deze stijgt volgens de commissie niet systematisch uit boven de basiskwaliteit. Dat enkele eindprojecten de vorm aannemen van een literatuurstudie en daardoor te weinig linken leggen met het moderne onderzoek, is voor de commissie hiervoor een indicatie.

Integraal eindoordeel van de commissie

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau	G
Generieke kwaliteitswaarborg 2 – Onderwijsproces	V
Generieke kwaliteitswaarborg 3 – Gerealiseerd eindniveau	V

Vermits generieke kwaliteitswaarborg 1 als goed wordt beoordeeld, generieke kwaliteitswaarborg 2 als voldoende en generieke kwaliteitswaarborg 3 als voldoende, is het eindoordeel van de opleiding Bachelor of Science in de fysica, conform de beslisregels, voldoende.

Samenvatting van de aanbevelingen in het kader van het verbeterperspectief

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau

- Toon meer aandacht voor wetenschappelijke integriteit en het niet-academische beroepenveld in de leerresultaten.
- Rust niet op de lauweren in zake de ontwikkeling van een onderwijskundige visie.

Generieke kwaliteitswaarborg 2 – Onderwijsproces

- Toon ruime aandacht voor het niet-academische beroepenveld.
- Creëer keuzeprofielen in de bachelor.
- Zet een structurele samenwerking met de sterrenkundige afdeling in Leuven op.
- Zet in op onderwijsvernieuwing en innoveer de onderwijsvormen.
- Professionaliseer de docenten en assistenten systematisch. Dit komt de onderwijsvernieuwingen in het programma ten goede.
- Verhoog de instroom met daarbij speciale aandacht voor meisjes. Werk hiervoor samen met de andere Vlaamse fysica en sterrenkunde opleidingen.
- Versterk de rol van de studenten in de opleidingscommissie.
- Onderzoek de mogelijkheden tot het implementeren van een masteropleiding, die complementair is aan de al bestaande Vlaamse natuurkunde masteropleidingen.

Generieke kwaliteitswaarborg 3 – Gerealiseerd eindniveau

- Draag er zorg voor dat ieder eindproject een link legt naar modern onderzoek. Een eindproject mag niet louter een literatuurstudie zijn.
- Finaliseer het opleidingsspecifieke toetsbeleid, met aandacht voor variatie in toetsen.
- Verhoog het studierendement en verlaag de drop-out in het eerste jaar van de bachelor.

De commissie heeft vernomen dat sinds haar bezoek een aantal plannen voor aanpassingen in lijn met de genoemde suggesties zijn opgesteld. De commissie meent dat dergelijke initiatieven een positieve bijdrage kunnen leveren aan de gesignaleerde aandachtspunten

UNIVERSITEIT GENT

Bachelor of Science in de fysica en de sterrenkunde

SAMENVATTING Bachelor of Science in de fysica en de sterrenkunde Universiteit Gent

Op 5 en 6 december werd de Bachelor of Science in de fysica en de sterrenkunde van de UGent, in het kader van een onderwijsvisitatie op haar kwaliteit geëvalueerd door een commissie van onafhankelijke experts. In deze samenvatting, die een momentopname weergeeft, worden de belangrijkste bevindingen van de commissie opgelijst.

Profilering

De bacheloropleiding wordt ingericht door de faculteit Wetenschappen.

De bacheloropleiding erop is gericht bij de studenten een goede beheersing te realiseren van de relevante basisvakken en de ermee geassocieerde vaardigheden en attitudes. De nadruk ligt op het aanleren van de algemene fysische principes en methodes, en de toepassingen ervan bij het analyseren van concrete fysische en sterrenkundige problemen. Belangrijk daarbij is het ontwikkelen van de capaciteit tot abstraheren en van de bekwaamheid om mathematisch fysische modellen op te stellen voor geobserveerde fenomenen. De student leert nauwkeurig experimenteren en maakt kennis met de technieken en vaardigheden gebruikt in het wetenschappelijk onderzoek. Ook het ontwikkelen van communicatieve vaardigheden wordt gestimuleerd. De opleiding legt bovendien bijzondere nadruk op sterrenkunde.

De laatste drie academiejaren telt de bachelor gemiddeld 147 ingeschreven studenten, waarvan gemiddeld 52 generatiestudenten. Het aantal meisjes in die periode bedraagt gemiddeld 28 voor de hele bachelor.

Programma

Het programma telt 180 studiepunten. Het bachelorprogramma bestaat uit 120 studiepunten basiswetenschappen en experimenteer-opleidingsonderdelen, verder uit 36 studiepunten wiskundige en ICT opleidingsonderdelen, 6 studiepunten verwante wetenschappen en 18 studiepunten keuzeopleidingsonderdelen.

Een eerste leerlijn betreft de algemene natuurkunde. In het eerste jaar leren de studenten de basiswetten en -theorieën van de fysica en sterrenkunde. Om de algemene natuurkunde grondig aan te leren en toe te passen in concrete situaties, krijgen de eerstejaars studenten vooreerst een grondige wiskundige basis. Het aandeel moderne fysica in het eerste jaar is aan de lage kant. Verder is er in de bachelor voldoende ruimte voor het bijbrengen van experimenteervaardigheden. In verschillende opleidingsonderdelen, voornamelijk tijdens de algemene natuurkundevakken, komen inspirerende demo-proeven aan bod. Het programma toont eveneens aandacht voor numerieke en computationele vaardigheden. De studenten worden een vrij groot aantal programmeertalen aangeleerd.

In de bachelor hebben de studenten 18 studiepunten vrije keuzeruimte die hen de mogelijkheid biedt om verbredende of verdiepende keuzeopleidingsonderdelen te kiezen uit alle opleidingsonderdelen van de faculteit wetenschappen en/of ingenieurswetenschappen.

De opleiding is sterk onderzoeksgericht. Reeds in de bachelor leren de studenten wetenschappelijke onderzoeksvaardigheden aan. De studenten komen al snel in het programma in aanraking met actueel onderzoek, bijvoorbeeld door het deelnemen aan colloquia en het bezoeken van onderzoeksinstellingen. Maar ook het niet-academische beroepenveld heeft nood aan goed opgeleide fysici. De aandacht hiervoor moet versterkt worden.

In de bacheloropleiding wordt gedoceerd aan de hand van hoorcolleges, practica en oefeningsessies. Over het algemeen zijn de werkvormen in de bachelor zeer klassiek, met een groot aandeel aan hoorcolleges. Slechts enkele, meestal jongere, docenten vormen hier de voortrekkers en gaan tijdens de lessen interactief te werk. De oefenzittingen zijn zeer klassiek

en worden omwille van de invulling en de gehanteerde methode van de assistenten door de studenten niet altijd als een meerwaarde ervaren. Het cursusmateriaal is degelijk uitgewerkt.

De opleiding zet in op internationalisation@home door de studenten gebruik te laten maken van Engelstalige literatuur en hen op te nemen in de onderzoeksgroepen, waar ze in contact komen met buitenlandse onderzoekers. Daarnaast hebben de studenten de mogelijkheid om naar het buitenland te gaan via een Erasmusprogramma.

De bachelorproeven zijn experimenteel georiënteerd. De studenten werken gedurende 12 weken 1 dag in de week aan het bachelorproject. Het niveau van de bachelorprojecten is prima, maar de betrokkenheid van de studenten bij het lopend onderzoek kan worden vergroot. De begeleiding tijdens de bachelorproef is op orde.

Beoordeling en toetsing

De opleiding hanteert verschillende evaluatievormen. Voor de meeste opleidingsonderdelen bestaat de evaluatie uit een theorie-examen, meestal schriftelijk met gesloten boek, eventueel aangevuld met een mondelinge ondervraging. In een tweede deel, het oefeningexamen, dat schriftelijk is met open boek of met een formularium ter beschikking, wordt getoetst of de student de kennis kan toepassen op open problemen. Daarnaast kennen ook niet-periodegebonden evaluatievormen een plaats in de opleiding. Het gaat onder meer over oefeningen, practica, projecten, mondelinge presentaties, en dergelijke. Het aandeel schriftelijke toetsing aan het begin van de bachelor is te hoog.

De examenroosters worden ieder jaar vroegtijdig vastgelegd. Verder kunnen de studenten in de ECTS-fiches de toetsvormen van de opleidingsonderdelen raadplegen. Sommige docenten stellen ook voorbeeldexamenvragen ter beschikking. Mooi initiatief is ook feedbackbeurs.

Begeleiding en ondersteuning

De practica bestaan enerzijds uit didactische opstellingen. De laatste jaren is de opleiding aan de slag gegaan met de vernieuwing van deze practica, maar toch worden de practica te 'kookboekachtig' ingevuld met daarbij te weinig aandacht voor het eigen initiatief van de student.

De begeleidende diensten aan de UGent zijn aanwezig en degelijk uitgebouwd, maar een grote groep studenten slaat deze weg niet in. De oplei-

dingsverantwoordelijken, de docenten en de assistenten zien studiebegeleiding en tussentijdse opvolging niet als prioritair. Ze gaven aan dat de studenten zelfstandig moeten worden en op eigen initiatief de studie- en/of trajectbegeleiders moeten opzoeken.

Slaagkansen en beroepsmogelijkheden

De cijfers over het diplomarendement, de drop-out en de studieduur, liggen in de lijn met de andere Vlaamse opleidingen fysica (en sterrenkunde). Niettemin is de drop-out in het eerste bachelorjaar, in vergelijking met natuurkunde opleidingen in de buurlanden, hoog. De gemiddelde studieduur ligt tussen de drie en de vier jaar.

De afgestudeerden van de bachelor opteren in de meeste gevallen om door te stromen naar de masteropleiding.

UNIVERSITEIT GENT Master of Science in de fysica en de sterrenkunde

SAMENVATTING Master of Science in de fysica en de sterrenkunde Universiteit Gent

Op 5 en 6 december werd de Master of Science in de fysica en de sterrenkunde van de UGent, in het kader van een onderwijsvisitatie op haar kwaliteit geëvalueerd door een commissie van onafhankelijke experts. In deze samenvatting, die een momentopname weergeeft, worden de belangrijkste bevindingen van de commissie opgelijst.

Profilering

De masteropleiding wordt ingericht door de faculteit Wetenschappen.

De masteropleiding is gericht op de gevorderde en gespecialiseerde studie van de fundamentele aspecten van de fysica en sterrenkunde. In de opleiding wordt de student vertrouwd gemaakt met de analyse, het ontwerp en de optimalisatie van bestaande en nieuwe conceptuele modellen. Daarbij is het essentieel dat de student in staat is om verantwoorde vereenvoudigingen door te voeren in fysische en sterrenkundige problemen. De opleiding legt bovendien bijzondere nadruk op sterrenkunde.

In de master waren de voorbije drie jaar gemiddeld 66 studenten ingeschreven, waarvan 11 meisjes.

Programma

Het programma telt 120 studiepunten. In de master volgen de studenten verplicht vijf opleidingsonderdelen (30 studiepunten). Vier opleidingsonderdelen worden zowel aan de VUB als aan de UGent ingericht, twee opleidingsonderdelen worden alternerend ingericht. Deze opleidingsonderdelen reflecteren de onderzoeksspecialisatie van beide instellingen. Verder kiezen de studenten uit één van de drie minoren: onderzoek, onderwijs of economie en bedrijfskunde. Deze omvatten telkens 30 studiepunten. De afstudeerrichting onderzoek wordt georganiseerd in samenwerking met de Universiteit Gent. Deze samenwerking situeert zich op het vlak van hoge-energiefysica en astrodeeltjesfysica. Het gaat niet om een gezamenlijke opleiding, maar om het uitwisselen van opleidingsonderdelen. Daarnaast kiezen de studenten voor 30 studiepunten verbredende en/of verdiepende opleidingsonderdelen. De laatste 30 studiepunten betreffen de masterproef. Het aandeel keuzeopleidingsonderdelen in de master bedraagt 30 studiepunten.

De studenten uit de minor onderzoek volgen verplicht een mobiliteitscomponent. Dat wil zeggen dat ze verplicht zijn om 12 studiepunten buiten de thuisuniversiteit op te nemen. Dit kunnen ze bijvoorbeeld doen door een (bedrijfs)stage te volgen, door keuzeopleidingsonderdelen op te nemen van een andere Vlaamse universiteit, of in het kader van een internationale uitwisseling. De opleiding zet verder in op internationalisation@home door de studenten gebruik te laten maken van Engelstalige literatuur en hen op te nemen in de onderzoeksgroepen, waar ze in contact komen met buitenlandse onderzoekers. De buitenlandmobiliteit in de master, onder de vorm van Erasmusuitwisselingsprogramma's, bedraagt 20% tot 25%.

In de master wordt er gestreefd naar meer zelfstandig werk door middel van projecten en peer-instructie. In het kader van de samenwerking met de VUB wordt ook een aantal vakken via teleclassing gegeven. Dit maakt het mogelijk dat studenten de lessen van een andere instelling in Gent kunnen bijwonen. Het cursusmateriaal en het elektronisch leerplatform zijn degelijk uitgewerkt.

De masterproeven zijn van een zeer hoog wetenschappelijk niveau zijn. Een aantal masterproeven leidt dan ook tot een wetenschappelijke publicatie. Een student wordt bij het werk aan zijn masterproef steeds van nabij opgevolgd door één of meerdere begeleiders. Naast de promotor van de scriptie zijn dit vaak doctorale of postdoctorale onderzoekers, die de stu-

dent sturen bij de literatuurstudie, het opzetten en uitvoeren van experimenten, of wegwijs maken in het computationele werk.

Beoordeling en toetsing

De opleiding hanteert verschillende evaluatievormen. Voor de meeste opleidingsonderdelen bestaat de evaluatie uit een theorie-examen, meestal schriftelijk met gesloten boek, eventueel aangevuld met een mondelinge ondervraging. In een tweede deel, het oefeningsexamen, dat schriftelijk is met open boek of met een formularium ter beschikking, wordt getoetst of de student de kennis kan toepassen op open problemen. Daarnaast kennen ook niet-periodegebonden evaluatievormen een plaats in de opleiding. Het gaat onder meer over oefeningen, practica, projecten, mondelinge presentaties, en dergelijke. In de master wordt er meer en meer mondeling getoetst.

De examenroosters worden ieder jaar vroegtijdig vastgelegd. Verder kunnen de studenten in de ECTS-fiches de toetsvormen van de opleidingsonderdelen raadplegen. Sommige docenten stellen ook voorbeeldexamen-vragen ter beschikking. Mooi initiatief is ook feedbackbeurs.

Begeleiding en ondersteuning

Voor het schrijven van de masterproef maken de studenten gebruik van de labo-opstellingen die zich in de onderzoeksgroepen bevinden. Het gaat dan onder andere om de CT-scanopstelling bij de onderzoeksgroep X-stralentiografie. Deze zijn zeer aansprekend. Voor de masterproeven sterrenkunde wordt gebruik gemaakt van twee telescopen.

De begeleidende diensten aan de UGent zijn aanwezig en degelijk uitgebouwd, maar een grote groep studenten slaat deze weg niet in. De opleidingsverantwoordelijken, de docenten en de assistenten zien studiebegeleiding en tussentijdse opvolging niet als prioritair. Ze gaven aan dat de studenten zelfstandig moeten worden en op eigen initiatief de studie- en/of trajectbegeleiders moeten opzoeken.

Slaagkansen en beroepsmogelijkheden

De cijfers over het diplomarendement, de drop-out en de studieduur, liggen in de lijn met de andere Vlaamse opleidingen fysica (en sterrenkunde). De rendementen van de masteropleiding zijn hoog.

De afgestudeerden zijn na hun studies breed inzetbaar en worden zeer gewaardeerd op de arbeidsmarkt. Een aanzienlijk deel van de alumni start met een doctoraat, anderen gaan aan de slag in het private bedrijfsleven of gaan lesgeven. De uitstroom naar de laatste sector is, net zoals aan de andere Vlaamse fysica opleidingen, laag. Een werkpunt voor de opleiding is dat de studenten aangaven tijdens de opleiding geen duidelijk beeld te hebben gekregen op het beroepsbeeld van de fysicus, waardoor ze in eerste instantie moeilijk hun weg vonden op de arbeidsmarkt. De opleiding heeft de laatste jaren hieromtrent enkele verbetermaatregelen genomen. Zo worden infomomenten georganiseerd en is een alumni-databank ingevoerd.

OPLEIDINGSRAPPORT Bachelor en Master of Science in de fysica en de sterrenkunde Universiteit Gent

Woord vooraf

Dit rapport behandelt de Bachelor en Master of Science fysica en de sterrenkunde aan de Universiteit Gent. De visitatiecommissie bezocht deze opleidingen op 5 en 6 december 2013.

De visitatiecommissie beoordeelt de opleidingen aan de hand van de drie generieke kwaliteitswaarborgen uit het VLUHR-beoordelingskader. Dit kader is afgestemd op de accreditatievereisten zoals gehanteerd door de NVAO. Voor elke generieke kwaliteitswaarborg geeft de commissie een gewogen en gemotiveerd oordeel op een vierpuntenschaal: onvoldoende, voldoende, goed of excellent. Bij de beoordeling van de generieke kwaliteitswaarborgen betekent het concept 'basiskwaliteit' dat de generieke kwaliteitswaarborg aanwezig is en de opleiding – of een opleidingsvariant – voldoet aan de kwaliteit die in internationaal perspectief redelijkerwijs mag worden verwacht van een bachelor- of masteropleiding in het hoger onderwijs. De score voldoende wijst er op dat de opleiding voldoet aan de basiskwaliteit en een acceptabel niveau vertoont voor de generieke kwaliteitswaarborg. Indien de opleiding goed scoort dan overstijgt ze systematisch de basiskwaliteit voor de generieke kwaliteitswaarborg. Bij een score excellent steekt de opleiding ver uit boven de basiskwaliteit voor de generieke kwaliteitswaarborg en geldt ze hierbij als een (inter)nationaal voorbeeld. De score onvoldoende getuigt dan weer dat de generieke kwaliteitswaarborg onvoldoende aanwezig is.

De oordelen worden onderbouwd met feiten en analyses. De commissie heeft inzichtelijk gemaakt hoe zij tot haar oordeel is gekomen. De commissie geeft ook een eindoordeel over de kwaliteit van de opleiding als geheel aan de hand van dezelfde vierpuntenschaal. De oordelen en aanbevelingen hebben betrekking op de opleiding met alle daaronder ressorterende varianten, tenzij anders vermeld.

De commissie beoordeelt de kwaliteit van de opleiding zoals zij die heeft vastgesteld op het moment van het visitatiebezoek. De commissie heeft zich bij haar oordeel gebaseerd op het zelfevaluatie rapport en de informatie die voortkwam uit de gesprekken met de opleidingsverantwoordelijken, de lesgevers, de studenten, de alumni, de assistenten en de verantwoordelijken op opleidingsniveau voor interne kwaliteitszorg, internationalisering

en studiebegeleiding. De commissie heeft ook het studiemateriaal, en een selectie van de afstudeerwerken en de examenvragen bestudeerd. Tevens is door de commissie een bezoek gebracht aan de opleidingsspecifieke faciliteiten, zoals de practica.

Naast het oordeel formuleert de visitatiecommissie in het rapport aanbevelingen in het kader van het verbeterperspectief. Op die manier wenst de commissie bij te dragen aan de kwaliteitsverbetering van de opleiding. De aanbevelingen zijn opgenomen bij de respectieve generieke kwaliteitswaarborgen. Aan het eind van het rapport is een overzicht opgenomen van verbeter suggesties.

De bachelor (180 studiepunten) en master fysica en sterrenkunde (120 studiepunten) vallen onder de bevoegdheid van de faculteit wetenschappen. De opleidingscommissie fysica en sterrenkunde (OCFS) is verantwoordelijk voor de organisatie van het onderwijs binnen de opleiding. In de OCFS zetelen ZAP-leden uit de vakgroepen, vertegenwoordigers uit de zusteropleiding Toegepaste Natuurkunde, AAP-leden en studenten. De OCFS wordt aangestuurd door de Kwaliteitscel Onderwijs (KCO) met aan het hoofd de onderwijsdirecteur.

De masteropleiding bestaat uit vier blokken van 30 studiepunten: het eerste pakket bestaat uit verplichte opleidingsonderdelen, het tweede pakket omvat de minor (onderzoek, economie en bedrijfskunde en onderwijs), de derde is de masterproef en ten slotte is er nog een pakket met keuzeopleidingsonderdelen. Voor wat de masteropleiding betreft wordt sinds 2009 nauw samengewerkt met de Vrije Universiteit Brussel. Deze samenwerking situeert zich op het vlak van onderzoek in de hoge-energiefysica en astrodeeltjesfysica. Het gaat niet om een gezamenlijke opleiding, maar om het uitwisselen van opleidingsonderdelen.

De laatste drie academiejaren telt de bachelor gemiddeld 147 ingeschreven studenten, waarvan gemiddeld 52 generatiestudenten. Het aantal meisjes in die periode bedraagt gemiddeld 28 voor de hele bachelor. In de master waren de voorbije drie jaar gemiddeld 66 studenten ingeschreven, waarvan 11 meisjes.

De opleiding werd het laatst gevisiteerd in 2005.

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau

De commissie beoordeelt het beoogd eindniveau van de Bachelor en Master of Science in de fysica en sterrenkunde als voldoende.

De commissie leert uit het ZER dat de bacheloropleiding erop is gericht bij de studenten een goede beheersing te realiseren van de relevante basisvakken en de ermee geassocieerde vaardigheden en attitudes. De nadruk ligt op het aanleren van de algemene fysische principes en methodes, en de toepassingen ervan bij het analyseren van concrete fysische en sterrenkundige problemen. Belangrijk daarbij is het ontwikkelen van de capaciteit tot abstraheren en van de bekwaamheid om mathematisch fysische modellen op te stellen voor geobserveerde fenomenen. De student leert nauwkeurig experimenteren en maakt kennis met de technieken en vaardigheden gebruikt in het wetenschappelijk onderzoek. Ook het ontwikkelen van communicatieve vaardigheden wordt gestimuleerd. Met het oog op de mogelijke finaliteit van de bacheloropleiding wordt voor een brede oriëntatie geopteerd.

Ten behoeve hiervan werden voor de bachelor 5 competentiegebieden afgebakend met daar 22 leerresultaten. Het gaat om volgende competentiegebieden: 1) competentie in het vakgebied en aanverwante wetenschappen, 2) wetenschappelijke competentie, 3) intellectuele competentie, 4) competentie in samenwerken en communiceren en 5) maatschappelijke competentie.

De masteropleiding is gericht op de gevorderde en gespecialiseerde studie van de fundamentele aspecten van de fysica en sterrenkunde. In de opleiding wordt de student vertrouwd gemaakt met de analyse, het ontwerp en de optimalisatie van bestaande en nieuwe conceptuele modellen. Daarbij is het essentieel dat de student in staat is om verantwoorde vereenvoudigingen door te voeren in fysische en sterrenkundige problemen.

Voor de master werd 1 bijkomend competentiegebied, namelijk de beroepsspecifieke competentie, bepaald. Alle competentiegebieden samen omvatten 21 leerresultaten, waarbij de minor onderzoek, onderwijs en economie en bedrijfskunde telkens twee bijkomende leerresultaten toegewezen kregen.

De commissie stelt dat de opleidingsspecifieke leerresultaten (OLR) nauwkeurig zijn uitgeschreven. De OLR voldoen qua niveau en oriëntatie aan het Vlaams Kwalificatieraamwerk. De OLR voldoen eveneens aan

het domeinspecifiek leerresultatenkader. Hierbij vindt de commissie het positief dat de opleiding veel aandacht schenkt voor het niet-academische beroepenveld en computationele en numerieke vaardigheden. Thema's zoals ethiek en wetenschappelijke integriteit zouden nadrukkelijker moeten worden neergeschreven.

De opleiding heeft de leerresultaten afgestemd met collega's vanuit het vakgebied en vergeleken met externe criteria, zoals de richtlijnen van de European Physical Society. Deze richtlijnen zijn een internationale consensus over de minimumeisen waaraan een bachelor- en masteropleiding in de natuurkunde dient te voldoen. Ook de resultaten van het TUNING-project werden meegenomen in het uitschrijven van de leerresultaten.

De commissie stelde vast dat de docenten goed op de hoogte waren van de leerresultaten van de opleiding, de studenten waren dat minder.

De opleiding heeft er voor gekozen om sterrenkunde een zichtbare plaats te geven in de leerresultaten en in de naam van het programma van de bachelor en de master. Dit vindt de commissie zeer positief. Verder vindt de commissie de al aangehaalde profilering op het vlak van het niet-academische beroepenveld en computationele en numerieke vaardigheden mooi uitgewerkt. Verder profileert de opleiding zich ten opzichte van haar zusteropleiding 'toegepaste natuurkunde' bij de faculteit ingenieurswetenschappen en architectuur.

Zowel met betrekking tot de bacheloropleiding als tot de masteropleiding mist de commissie een overschouwende onderwijskundige visie. Een onderwijskundige visie, zo meent de commissie, zal in de toekomst zichtbaar bijdragen aan de ontwikkeling van verschillende onderwijsvernieuingsprocessen. Bovendien moeten beide opleidingen nadenken welke rol ze in de maatschappij willen vervullen, gaande van het opleiden voor een vervolgopleiding of een graduate school, tot de studenten klaar te maken voor het onderzoek of het brede beroepenveld.

De commissie concludeert dat de leerresultaten van de bachelor- en masteropleiding helder zijn neergeschreven en voldoen aan het DLR en het Vlaams Kwalificatieraamwerk. Zowel de bacheloropleiding, als de masteropleiding heeft zich zichtbaar geprofileerd, en heeft zich afgestemd met het werkveld en het vakgebied. Evenwel overstijgt de generieke kwaliteitswaarborg 1, het beoogd eindniveau, niet systematisch de basiskwaliteit. Dit doet de commissie besluiten de score 'voldoende' toe te kennen.

Generieke kwaliteitswaarborg 2 - Onderwijsproces

De commissie beoordeelt het onderwijsproces van de Bachelor en Master of Science in de fysica en de sterrenkunde als voldoende.

Het bachelorprogramma bestaat uit 120 studiepunten basiswetenschappen en experimenteer-opleidingsonderdelen, verder uit 36 studiepunten wiskundige en ICT opleidingsonderdelen, 6 studiepunten verwante wetenschappen en 18 studiepunten keuzeopleidingsonderdelen. In de master volgen de studenten verplicht vijf opleidingsonderdelen (30 studiepunten). Vier opleidingsonderdelen worden zowel aan de VUB als aan de UGent ingericht, twee opleidingsonderdelen worden alternerend ingericht. Deze opleidingsonderdelen reflecteren de onderzoeksspecialisatie van beide instellingen. Verder kiezen de studenten uit één van de drie minoren: onderzoek, onderwijs of economie en bedrijfskunde. Deze omvatten telkens 30 studiepunten. Daarnaast kiezen de studenten voor 30 studiepunten verbredende en/of verdiepende opleidingsonderdelen. De laatste 30 studiepunten betreffen de masterproef. De studenten uit de minor onderzoek volgen verplicht een mobiliteitscomponent. Dat wil zeggen dat ze verplicht zijn om 12 studiepunten buiten de thuisuniversiteit op te nemen. Dit kunnen ze bijvoorbeeld doen door een (bedrijfs) stage te volgen, door keuzeopleidingsonderdelen op te nemen van een andere Vlaamse universiteit, of in het kader van een internationale uitwisseling.

De commissie stelt op basis van het ingekeken leer materiaal, de informatie op het elektronisch leerplatform en de gesprekken met vertegenwoordigers van de opleiding **dat de inhoud en vormgeving van het bachelor- en masterprogramma de studenten in staat stelt de beoogde leerresultaten te bereiken.** De programma's zijn evenwichtig opgebouwd en de leerinhouden zijn van prima niveau. Verder bevatten beide programma's leerlijnen. De commissie licht deze hieronder toe.

Een eerste leerlijn betreft de **algemene natuurkunde**. In het eerste jaar leren de studenten de basiswetten en -theorieën van de fysica en sterrenkunde. Het gaat onder meer om de opleidingsonderdelen 'Mechanica', 'Golven en Optica' en 'Inleiding tot de Theoretische Fysica'. In de latere fases krijgen de studenten meer verdiepende fysica, waarbij een hoger abstractieniveau is vereist. Het betreft onder andere 'Kwantummechanica 1 en 2', 'Relativiteitstheorie' en 'Vastestoffysica'. In de master wordt deze leerlijn doorgetrokken en uitgediept. De commissie meent dat de studenten een zeer gedegen kennis van de algemene natuurkunde opdoen, die aansluit bij de beoogde leerresultaten.

Om de algemene natuurkunde grondig aan te leren en toe te passen in concrete situaties, krijgen de eerstejaars studenten vooreerst **een grondige wiskundige basis**. Dit verklaart de aanwezigheid van de opleidingsonderdelen 'Wiskundige Analyse I en II', 'Lineaire Algebra en Analytische Meetkunde I'. In het tweede jaar wordt de leerlijn wiskunde verdergezet met de opleidingsonderdelen 'Statistiek en Gegevensverwerking' en 'Wiskundige Methoden in de fysica'. De commissie meent dat de leerlijn wiskunde, voornamelijk in het eerste jaar, zeer diepgaand en hierdoor mogelijk zelfs te zwaar is uitgebouwd. De studeerbaarheid van deze opleidingsonderdelen wordt door de studenten als zwaar ervaren en dit is bijgevolg een mogelijke oorzaak van de grote drop-out in het eerste jaar (zie GWK 3).

Ook moderne fysica komt aan bod in het programma, voornamelijk van het tweede jaar. De invulling van deze opleidingsonderdelen is prima. Toch meent de commissie dat **moderne fysische concepten en toepassingen** reeds in het eerste jaar van de bachelor een plaats moeten kennen. Nu bevat het programma in het eerste jaar slechts een beperkt aandeel speciale relativiteitstheorie. Meer moderne (astro-)fysica in het begin van de bachelor en opleidingsonderdelen die als smaakmaker fungeren, verhogen niet alleen de motivatie van de studenten, maar maken ook het programma aantrekkelijker. Met het oog op de instroom en de doorstroom acht de commissie het zinvol deze piste te onderzoeken.

In het bijzonder suggereert de commissie om inleidende aspecten omtrent sterrenkunde in het eerste jaar van de bachelor een plaats te geven. Een opleiding die zich profileert met een sterke sterrenkunde component, zou hieraan tegemoet moeten komen vanaf het eerste bachelorjaar. Ze beveelt de opleiding aan speciale aandacht tonen voor het caleidoscopisch programma in het eerste jaar. Dit laatste is trouwens al aanbevolen door de vorige visitatiecommissie.

De invulling van de sterrenkundige component in bachelor twee en drie is naar het oordeel van de commissie mooi uitgewerkt. De studenten worden vertrouwd gemaakt met galactisch en extragalactisch onderzoek en hebben de mogelijkheid tot lenzenslijpen. De moderne fysica komt verder aan bod in verschillende keuzeopleidingsonderdelen. Zo hebben de studenten in de bachelor 18 studiepunten vrije keuzeruimte die hen de mogelijkheid biedt om verbredende of verdiepende keuzeopleidingsonderdelen te kiezen uit alle opleidingsonderdelen van de faculteit wetenschappen en/of ingenieurswetenschappen. Er wordt voor de bachelor evenwel geen uitgebreide lijst met mogelijke keuzeopleidingsonderdelen aangeboden. In het

zelfevaluatierapport leest de commissie dan ook dat de studenten geen zicht hebben op het aanwezige grote keuzeaanbod en dit als een gebrek aan samenhang beschouwen. Daarom adviseert de commissie om de keuzeopleidingsonderdelen te groeperen per subdiscipline zodat op die manier een aantal keuzeopleidingsonderdelen, zoals biofysica, een zichtbare plaats in het programma krijgen.

De commissie wil hierbij aansluitend iets zeggen over het **aandeel keuzeopleidingsonderdelen** in de master. Dit bedraagt 30 studiepunten. Hoewel de commissie er niet voor pleit om de keuzevrijheid in te perken, meent ze dat de grote keuzevrijheid een potentieel gevaar inhoudt voor de samenhang van het programma. De commissie meent dat de opleiding hierop kan anticiperen door studenten goed te informeren en te begeleiden bij de inhoudelijke selectie van keuzeopleidingsonderdelen, bijvoorbeeld door de studietrajectbegeleiders of door de promotor van de masterproef.

Verder is er in de bachelor voldoende ruimte voor het bijbrengen van experimenteervaardigheden. In verschillende opleidingsonderdelen, voornamelijk tijdens de algemene natuurkundevakken, komen inspirerende demo-proeven aan bod. De opleidingsonderdelen 'Experimenteren in de fysica 1 en 2' bestaan volledig uit labo waarin de studenten zelf de experimenten uitvoeren.

Het programma toont eveneens aandacht voor numerieke en computationele vaardigheden. In het eerste jaar van de bachelor volgen de studenten het opleidingsonderdeel "Programmeren I", waarin de basisinformatica, de programmeerlogica en het modulaire programmeren aangeleerd worden. Op basis van het ingekeken leermateriaal en op basis van gesprekken met studenten en alumni leerde de commissie dat de studenten een vrij groot aantal programmeertalen wordt aangeleerd. In het eerste jaar wordt gewerkt met de programmeertaal JAVA, terwijl er in het vervolg van de opleiding met andere talen wordt gewerkt. De studenten gaven dan ook aan dat de leerinhoud van JAVA geen meerwaarde kende in het vervolg van de opleiding en door een andere keuze beter zou kunnen aansluiten op latere colleges numerieke vaardigheden.

Voor het aanleren van zowel de experimenteer- als de numerieke en computationele vaardigheden kan de opleiding rekenen op **voldoende en degelijk uitgewerkte faciliteiten**. De practica bestaan enerzijds uit didactische opstellingen. De commissie heeft vastgesteld dat de opleiding de laatste jaren aan de slag is gegaan met de vernieuwing van deze practica,

maar ze meent dat er toch nog ruimte is om de invulling ervan sterker activerend te maken. Ze meent immers dat de labo's te 'kookboekachtig' worden ingevuld met daarbij te weinig aandacht voor het eigen initiatief van de student. De commissie vindt het belangrijk om vanaf het eerste semester van de bachelor de studenten al zelfstandiger te laten experimenteren. Onderwijskundige professionalisering van de docenten en assistenten, als ook investeringen in de didactische labo's voor het eerste en tweede jaar, zowel op het vlak van infrastructuur als van inhoud, zijn daarom noodzakelijk.

Anderzijds maken de studenten tijdens de bachelor- en masterproef gebruik van de labo-opstellingen die zich in de onderzoeksgroepen bevinden. Het gaat dan onder andere om de CT-scanopstelling bij de onderzoeksgroep X-stralentomografie. Deze zijn zeer aansprekend. Voor de praktische oefeningen, bachelorprojecten en masterproeven sterrenkunde wordt gebruik gemaakt van twee telescopen. Beide zijn uitgerust met een CCD-camera die toelaat om, zelfs vanuit het lichtvervuilde Gent, zinvolle waarnemingen te doen. De studenten leren eveneens telescooplens slijpen. Maar ook hier ziet de commissie ruimte om de studenten zelfstandiger te laten werken. Ten slotte zijn er voldoende computerfaciliteiten en zijn de softwarepakketten eenvoudig toegankelijk voor de studenten.

Over de aandacht voor communicatievaardigheden is de commissie positief. De opleiding levert duidelijk inspanningen om de studenten hierin te trainen, zodat de studenten in staat zijn te communiceren met vakgenoten en het brede publiek. De studenten geven regelmatig mondelinge presentaties en/of verdedigen mondeling de bachelor- en masterproef.

Verder is het programma sterk onderzoeksgericht. Reeds in de bachelor leren de studenten wetenschappelijke onderzoeksvaardigheden aan.

De studenten komen al snel in het programma in aanraking met actueel onderzoek, bijvoorbeeld door het deelnemen aan colloquia en het bezoeken van onderzoeksinstellingen (o.a. CERN). De studenten nemen tijdens het werken aan de bachelorproef, wanneer ze een eerste maal ondergedompeld zijn in de onderzoeksgroepen, een zeer onderzoekende houding aan. De onderzoeksgerichtheid van de opleiding kent een hoogtepunt tijdens het werken aan de masterproef (zie GKW 3). Wel beveelt de commissie aan om tijdens verschillende opleidingsonderdelen aandacht te besteden aan ethiek en wetenschappelijk integriteit. Deze komen nu te weinig aan bod.

In het kader van de onderzoeksgerichtheid van het masterprogramma is de commissie uiterst tevreden over de samenwerking met de Vrije Universiteit Brussel. Niet alleen leidde de samenwerking tot een rationalisatie van de onderwijsmiddelen, maar tegelijk tot een verrijking van het aanbod opleidingsonderdelen. Het betreft enerzijds onderzoekscontacten op het gebied van de hoge-energiefysica en het gebied van de astrodeeltjesfysica. Sommige van deze samenwerkingen zijn versterkend, andere complementair. Anderzijds richt deze samenwerking zich op de opzet van het curriculum .

De programma's leggen een grote nadruk op onderzoek en een aanzienlijk deel van de afgestudeerden gaan hierin verder. Maar ook het niet-academische beroepenveld heeft nood aan goed opgeleide fysici, zo meent de commissie. De opleiding is zich hiervan bewust en biedt daarom een stage en de minor economie en bedrijfskunde aan. **Toch ziet de commissie nog mogelijkheden om de aandacht voor het niet-academische werkveld te versterken in het reguliere programma.** Dit kan bijvoorbeeld doordat de docenten tijdens de colleges fysische en wiskundige toepassingen uit de industrie aanhalen. Verder denkt de commissie aan het organiseren van bedrijfsbezoeken en het structureel betrekken van de fellows uit het bedrijfsleven, zoals nu al gebeurt in de vakgroep vastestofwetenschappen. Het aanstellen van een R&D manager als deeltijds hoogleraar creëert voor de opleiding en het bedrijf een win-winsituatie. Het geeft de kans om aan kennisuitwisseling te doen rond onderzoek, nieuwe publiek-private samenwerkingen op te zetten en het bevordert de mobiliteit van medewerkers en studenten. **Daarnaast is versterking van de minor economie en bedrijfskunde in de master noodzakelijk.** Deze minor is nu zeer economisch ingevuld. Een optie die enerzijds gericht is op technologie, met inbegrip van computational sciences en numeriek modeleren, en anderzijds op ondernemerschap biedt volgens de commissie een bijzondere meerwaarde. Een samenwerking met de ingenieursopleiding lijkt hierbij wenselijk.

De commissie wenst nog een opmerking over de **minor onderwijs** te maken. **De commissie stelt vast dat de belangstelling van de studenten voor deze optie laag is, ondanks de grote nood aan leraren fysica** (en wiskunde). De commissie betreurt dit en meent dat de optie onderwijs sterker moet worden gepromoot. Het aanbieden van een pakket opleidingsonderdelen van de lerarenopleiding in de bachelor zou volgens de commissie hierbij een goede zaak zijn. Verder beveelt de commissie aan om studenten uit de minor onderwijs een masterproef te laten maken die een natuurkundig of sterrenkundig onderwerp behandelt op een hoog academisch niveau, maar tegelijk een link legt naar de schoolpraktijk. De geconsta-

teerde sterke betrokkenheid van de vakdidactici bij de opleiding fysica en sterrenkunde vormt hierbij een gunstig uitgangspunt.

In de bacheloropleiding wordt gedoceerd aan de hand van hoorcolleges, practica en oefeningsessies. In de master wordt er gestreefd naar meer zelfstandig werk door middel van projecten en peer-instructie. In het kader van de samenwerking met de VUB wordt ook een aantal vakken via teleclassing gegeven. Dit maakt het mogelijk dat studenten de lessen van een andere instelling in Gent kunnen bijwonen. Dit vindt de commissie een uitstekend initiatief. Dit laatste blijkt echter een uitzondering en **over het algemeen zijn de werkvormen in de bachelor zeer klassiek, met een groot aandeel aan hoorcolleges**. Slechts enkele, meestal jongere, docenten vormen hier de voortrekkers en gaan tijdens de lessen interactief te werk. De commissie raadt dan ook aan meer te werken met activerende werkvormen. De oefenzittingen zijn zeer klassiek en worden omwille van de invulling en de gehanteerde methode van de assistenten door de studenten niet altijd als een meerwaarde ervaren. De commissie meent dat een gebrek aan onderwijskundige professionalisering van docenten en assistenten hiervan aan de basis ligt. Ze beveelt aan de onderwijskundige methodes aan te scherpen en de oefeningsessies meer activerend in te vullen met meer ruimte voor individuele terugkoppeling. Het elektronisch platform Minerva is inhoudelijk goed en transparant ingericht, en bevat de mogelijkheid voor zelftoetsing via de applicatie Curios. Ook **het cursusmateriaal is naar de mening van de commissie degelijk uitgewerkt**, al suggereert de commissie om meer gebruik te maken van standaard handboeken.

De **samenhang van het programma is voor de commissie een kwetsbaar punt van het programma**. Hoewel het programma inhoudelijk evenwichtig is opgebouwd en de opleidingsonderdelen zich in vergelijkend perspectief prima tot elkaar verhouden, is de integratie van de verschillende opleidingsonderdelen in het geheel beperkt. Regelmatiger overleg tussen de docenten kan dit verhelpen. Daarnaast gaven de studenten aan dat ze het globale overzicht over het programma niet hebben (zie ook GKW 1). Ook met betrekking tot de keuzeopleidingsonderdelen ziet de commissie nog ruimte tot verbetering. Meer clustering op dit vlak kan bijdragen tot grotere samenhang. Een ander punt is het naast elkaar bestaan van enerzijds een vakgroep 'fysica en sterrenkunde' en anderzijds een vakgroep 'vastestofwetenschappen'. Het naast elkaar werken van deze twee vakgroepen leidt er toe dat de masterstudenten, afhankelijk van de richting die ze uitgaan, verschillend worden benaderd in het programma. De commissie vindt deze situatie niet bevorderlijk voor de samenhangende leeromgeving.

De commissie heeft de publicatielijsten van de docenten uit beide vakgroepen ingekeken. Deze tonen dat **de vakinhoudelijke kwaliteit van de docenten goed is**. De docenten voeren modern en internationaal toonaangevend onderzoek en introduceren dit in het onderwijsprogramma. Evenwel gebeurt dit vooral in de master en meent de commissie dat ook al vroeg in de bachelor de resultaten van het eigen onderzoek zichtbaar moeten zijn. De onderwijskundige kwaliteit van een aantal docenten en assistenten kan beter. De commissie meent dat de opleiding een structureel beleid moet voeren op het vlak van onderwijskundige professionalisering. De UGent biedt een groot aanbod onderwijskundige professionaliseringsactiviteiten, maar op basis van gesprekken besluit de commissie dat alleen de jonge docenten (tenure-track) hieraan actief deelnemen. De oudere en zittende docenten lopen hier niet warm voor. Anderzijds is het honoreren van onderwijstaken en –vernieuwingen bij het toekennen van promotie of door middel van onderwijsprijzen, noodzakelijk. Een persoonlijk onderwijsdossier voor elke docent is hier bijvoorbeeld een goed werktuig. Over de kwantiteit van het personeel is de commissie tevreden. Uit de personeelstabellen blijkt dat 21 ZAP-leden instaan voor de bacheloropleiding. In de master kan de opleiding rekenen op 40 ZAP-leden voor de plicht- en keuzevakken. Een aantal ZAP-leden heeft volgens de commissie een (te) zware onderwijsopdracht. Ten slotte beveelt de commissie aan om ook de niet-Nederlandstalige assistenten in te zetten en om de vijf jaar te roteren met de vakaanstellingen.

De kwantiteit van de docenten en assistenten is mede in orde te noemen door de – naar Europese normen en per hoofd van de bevolking – **lage studenteninstroom**. De commissie deed deze vaststelling aan alle bezochte opleidingen, al kent Gent de jongste jaren een relatief grote instroom generatiestudenten. De opleiding werft studenten via een heleboel **outreach-activiteiten**, zoals openlesdagen en informatiedagen (SID-in's) voor leerlingen uit het laatste jaar van het secundair onderwijs. Daarnaast organiseert de opleiding een zomerschool sterrenkunde en het project cursuscruisers, waarbij leerlingen de mogelijkheid hebben om vakken aan de UGent te volgen. De commissie waardeert al deze inspanningen.

Toch raadt de commissie aan om samen met alle Vlaamse opleidingen fysica (en sterrenkunde) een gezamenlijk actieplan ter promotie van de natuurkunde uit te werken. Best practices uit het buitenland moeten hierbij als inspiratie dienen. Een belangrijk onderdeel van dit plan zal er in bestaan om het beroepsbeeld van de fysicus te verduidelijken. Want de arbeidsmarkt noch de bredere maatschappij hebben een duidelijk beeld van de mogelijkheden van een natuurkundige. Het is volgens de commis-

sie de taak van de faculteiten hier verandering in te brengen en van de fysicus een beeld te geven dat complementair is met dat van de ingenieur. Deze strategie zal zich, volgens de commissie, moeten richten op het beeld dat momenteel heerst bij leraren, ouders en bedrijfsleiders. Ook kan de opleiding zelf enkele initiatieven uitwerken. De versterking van het niet-academische beroepenveld in het programma en de verhoogde aantrekkelijkheid van het eerste jaar (met moderne fysica) kunnen volgens de commissie bijdragen tot een verhoogde instroom. Verder denkt de commissie onder andere aan het opbouwen van een duurzame band met leraren natuurkunde (en wiskunde) in de regio. De studenten uit de optie SLO zijn hierbij een belangrijke schakel. Ten slotte moet ook een specifiek plan opgesteld worden om meer meisjes aan te trekken.

Het ZER leert dat instromende studenten worden gestimuleerd een ijkingstoets wetenschappen af te leggen waarmee ze hun voorkennis kunnen schatten. Er wordt vervolgens een zomercursus aangeboden voor studenten die onvoldoende scores. Verder leert de commissie uit het ZER dat de studenten terecht kunnen bij het monitoraat wetenschappen, dat instaat voor eerstelijns hulp bij vakinhoudelijke vragen i.v.m. de vakken wiskunde, fysica en chemie in het eerste jaar. De studenten kunnen voor chemie en de wiskundeopleidingsonderdelen uit bachelor 1 terecht bij de studiebegeleiders (e.g. leerkrachten secundair onderwijs die deeltijds aan de UGent verbonden zijn als praktijkassistent) voor extra oefeningen, bijkomende uitleg bij zowel theorie als vraagstukken. De begeleiding gebeurt individueel of in kleine groepjes. Daarnaast helpen de tutores de studenten uit eerste bachelor op weg.

De commissie heeft vastgesteld dat alle begeleidende diensten aan de UGent aanwezig zijn en degelijk zijn uitgebouwd, maar dat een grote groep studenten de weg naar deze diensten niet inslaat. Voor de opleiding is het belangrijk dat studenten zelfstandig moeten worden en op eigen initiatief de studie- en/of trajectbegeleiders moeten opzoeken. Gelet op de moeilijke overgang van het secundair naar het hoger onderwijs, de grote drop-out in het eerste jaar en de bijgevolg lage doorstroomcijfers betreurt de commissie deze houding van de opleidingsverantwoordelijken, de docenten en de assistenten. Ze beveelt aan om de studie- en trajectbegeleiding, tenminste in de aanvangsfase, minder vrijblijvend in te vullen, en zo de overgang van secundair naar hoger onderwijs wat geleidelijker te maken. Bovendien moet de opleiding meer inzetten op tussentijdse begeleiding, toetsing en feedback, voornamelijk bij de oefeningen. Met name de assistenten zouden hier een rol kunnen spelen.

Centraal orgaan in de interne kwaliteitszorg is de opleidingscommissie fysica en sterrenkunde (OCFS), met daarin vertegenwoordigers van de docenten, studenten, assistenten en werkveld. **De commissie meent dat alle geleidingen via de OCFS voldoende inspraak hebben en betrokken worden bij de interne kwaliteitszorgcyclus. Toch zouden de verbetermaatregelen proactiever en sneller moeten worden geïmplementeerd.** Zo wijst de commissie op de aanbevelingen en adviezen van de vorige visitatiecommissie die niet allemaal werden geïmplementeerd. Het zelfevaluatie-rapport was niet altijd verhelderend en toonde volgens de commissie te weinig visie en trots.

Zowel in het bachelor- als in het masterprogramma wordt aandacht gegeven aan internationalisering. De opleidingen zetten in op **internationalisation@home** door de studenten gebruik te laten maken van Engelstalige literatuur en hen op te nemen in de onderzoeksgroepen, waar ze in contact komen met buitenlandse onderzoekers. **Positief vindt de commissie de mobiliteitsverplichting die studenten verplicht om 10 studiepunten op te nemen buiten de eigen instelling.** Dit kan bijvoorbeeld door het volgen van een (bedrijfs)stage, door keuzeopleidingsonderdelen op te nemen van een andere Vlaamse universiteit of deel te nemen aan een internationale uitwisseling. De buitenlandmobiliteit in de master, onder de vorm van Erasmusuitwisselingsprogramma's, bedraagt 20% tot 25%.

Hierbij aansluitend wil de commissie ingaan op de gehanteerde taal binnen de masteropleiding. De voertaal binnen het internationale onderzoekscircuit in de natuurkunde is Engels. Het aanbieden van een uitsluitend Engelstalige opleiding stuit momenteel op decretale beperkingen. De commissie wil echter een lans breken voor een uitsluitend Engelstalige master. Dit versterkt het onderwijs voor toekomstige onderzoekers en professionals, maakt het mogelijk om buitenlandse masterstudenten aan te trekken en bevordert de Engelse taalvaardigheid van de eigen studenten. Wil het Vlaamse natuurkundig en sterrenkundig onderwijs in de toekomst tot de internationale top behoren, dan is een versoepeling van de decretale taalregeling noodzakelijk.

De commissie stelt dat de studenten terecht komen in een motiverende en uitdagende leeromgeving. De studeerbaarheid van de programma's en het doorstroomrendement ziet de commissie hierbij als een indicator. Zo gaven de studenten aan dat het programma zwaar is maar in de lijn ligt met 25 tot 30 studie-uren per studiepunten. Vooral het eerste jaar van de bachelor wordt als zwaar ervaren, voornamelijk het aandeel abstracte wis-

kunde die de studenten moeten verwerken. De doorstroomcijfers maken ook duidelijk dat de drop-out in het eerste jaar hoog ligt. Eens het eerste jaar gepasseerd, zijn de uitvalkans van de studenten minimaal, wat de commissie gerust stelt. De leeromgeving wordt nog versterkt door de prominente aanwezigheid van de studentenkring.

De commissie concludeert dat het onderwijsproces, van zowel de bachelor- als de masteropleiding, de studenten in staat stelt de beoogde leerresultaten te bereiken. Op een aantal aspecten steekt de opleiding ver uit boven de basiskwaliteit. De commissie heeft het dan onder andere over het hoge niveau van de leerinhouden en de onderzoeksgerichtheid van het programma. Op een aantal vlakken moet de opleiding echter een tandje bijsteken. Zo beveelt de commissie aan een meer proactieve houding aan te nemen met betrekking tot de onderwijsvernieuwing, de kwaliteitszorg en de studiebegeleiding. Dit doet de commissie besluiten dat de opleiding niet systematisch de basiskwaliteit overschrijdt. Daarom kent de commissie de score 'voldoende' toe.

Generieke kwaliteitswaarborg 3 - Gerealiseerde eindniveau

De commissie beoordeelt het gerealiseerde eindniveau van de Bachelor en Master of Science in de fysica en de sterrenkunde als goed.

Op het moment van het visitatiebezoek ontbrak een expliciete globale/gecentraliseerde visie op toetsen. Wel hanteren de docenten een impliciet gedragen visie op toetsen. Zo leert de commissie op basis van gesprekken dat de opleiding de rol van de individuele lesgever centraal stelt en dat ze de kwaliteit van de toetsing bewaakt via de jaarlijkse studentenbevragingen. Verder streeft de opleiding naar een mix van evaluatievormen om na te gaan of de studenten de opleidingsspecifieke leerresultaten bereiken. **De commissie meent dat de methode van toetsing in het verleden reeds haar nut heeft bewezen, maar acht een uitgeschreven visie op toetsen, met inbegrip van een toetsplan, noodzakelijk.**

De opleiding hanteert **verschillende evaluatievormen**. Voor de meeste opleidingsonderdelen bestaat de evaluatie uit een theorie-examen, meestal schriftelijk met gesloten boek, eventueel aangevuld met een mondelinge ondervraging. In een tweede deel, het oefeningsexamen, dat schriftelijk is met open boek of met een formulier ter beschikking, wordt getoetst of de student de kennis kan toepassen op open problemen. Daarnaast kennen ook niet-periodegebonden evaluatievormen een plaats in de op-

leiding. Het gaat onder meer over oefeningen, practica, projecten, mondelinge presentaties, en dergelijke. De keuze van de evaluatievorm voor elk opleidingsonderdeel wordt bepaald door de bevoegde lesgever, op basis van de inhoud en vorm van de leerstof, en de beoogde leerresultaten. De opleidingscommissie bespreekt jaarlijks de keuze van de evaluatievormen (als onderdeel van de ETCS-fiche), waarbij zij streeft naar een evenwichtige verdeling van de verschillende evaluatievormen in de verschillende jaren van de opleiding.

In het eerste jaar is het schriftelijk examen met gesloten boek duidelijk de meest gebruikte evaluatievorm. Samen met schriftelijk open-boek examens, meestal voor oefeningen, komt dit neer op 85% van de gebruikte evaluatievormen. Naarmate de studenten vorderen in de studie neemt het klassieke schriftelijke examen sterk af, tot amper 37% in het eerste masterjaar. Het mondelinge examen als evaluatievorm neemt daarentegen sterk toe. Het aandeel schriftelijke toetsing aan het begin van de bachelor is te hoog, zo meent de commissie. Bovendien stelt de commissie, op basis van een staal ingekeken examenopgaven, dat in de eerste bachelorjaren te sterk kennisgericht en te weinig op inzicht wordt getoetst. **De commissie beveelt aan om al vanaf het eerste jaar van de bachelor meer verschillende examenvormen te integreren. Hierbij raadt ze aan om meer tussentijdse toetsen te integreren, en deze te koppelen aan directe feedback en begeleiding, zodat evalueren ook een deel van het leermoment wordt.**

De commissie heeft verder een staal van examenopgaven ingekeken. Op basis hiervan oordeelt de commissie dat de toetsing qua niveau en inhoud aansluit bij de vooropgestelde leerresultaten.

De opleiding streeft naar transparantie in haar toetsmethoden. Ten behoeve hiervan legt de opleiding jaarlijks de examenroosters vroegtijdig vast. Verder kunnen de studenten in de ECTS-fiches de toetsvormen van de opleidingsonderdelen raadplegen. Sommige docenten stellen ook voorbeeldexamenvragen ter beschikking. Verder stelt de commissie de feedbackbeurs op prijs, die een laatste belangrijke factor vormt om de transparantie te garanderen.

De docenten streven er naar betrouwbaar en objectief te toetsen. Een aantal docenten gebruikt hiervoor op voorhand vastgelegde verbetercriteria en -sleutels. Positief is ook dat standaardantwoorden worden geverifieerd door meerdere personen, bijvoorbeeld door de assistenten of de medelesgevers. De commissie beveelt aan dat alle docenten worden aangemoedigd

deze werkwijze te hanteren. Na de examens kunnen de studenten feedback krijgen. De feedbackbeurs na elk van de drie examenperiodes vindt de commissie een uitstekend initiatief.

Voor de beoordeling van de bachelor- en masterproef is recent een uniform beoordelingsformulier opgesteld. De beoordeling van de masterproef gebeurt door een evaluatiecommissie die uit minstens drie personen bestaat. De helft van de punten wordt gegeven op basis van de wetenschappelijke en vormtechnische kwaliteit van de scriptie, een kwart wordt toegekend op basis van de activiteiten tijdens het onderzoek en een kwart op basis van de mondelinge verdediging. De commissie vindt deze werkwijze positief.

De bachelorproeven zijn experimenteel georiënteerd. De studenten werken gedurende 12 weken 1 dag in de week aan het bachelorproject. De commissie heeft tijdens het visitatiebezoek enkele **bachelorproeven** (6stp) ingekeken. Ze meent dat de bachelorproeven van degelijke kwaliteit zijn en dat de studenten blijkgeven te beschikken over de nodige onderzoeksvaardigheden op het niveau van een bachelorstudent. Hoewel zij tevreden is over het niveau van het bachelorproject, stelt ze dat de studenten helaas niet zeer sterk betrokken worden bij het lopend onderzoek. Daarom acht zij het zinvol de mogelijkheid na te gaan om de studenten gedurende een zestal weken intensief te betrekken binnen de onderzoeksgroepen en hen aan een volwaardig onderzoek te laten deelnemen. Het huidige aantal studiepunten voor het eindproject zal dan evenwel niet langer volstaan en zal moeten worden opgetrokken naar 9 studiepunten.

De commissie heeft tevens een selectie masterproeven ingekeken en stelt dat deze van een zeer hoog wetenschappelijk niveau zijn. Een aantal masterproeven leidt dan ook tot een wetenschappelijke publicatie. In de masterproeven geven de studenten blijk te bezitten over de nodige academische vaardigheden op het niveau van een beginnend vorser.

De opleiding stelt voldoende masterproefonderwerpen ter beschikking, die worden goedgekeurd door de opleidingscommissie. De goedgekeurde onderwerpen worden door de OCFS via de master-infosite aan de studenten bekendgemaakt. In het kader van de keuze van het masterproefonderwerp, herhaalt de commissie dat het voor studenten belangrijk is om al vroeg in de bachelor een zicht te hebben op het lopend actueel onderzoek binnen de vakgroepen. Een student wordt bij het werk aan zijn masterproef steeds van nabij opgevolgd door één of meerdere begeleiders. Naast de promotor

van de scriptie zijn dit vaak doctorale of postdoctorale onderzoekers, die de student sturen bij de literatuurstudie, het opzetten en uitvoeren van experimenten, of wegwijs maken in het computationele werk. In de opleiding is het de gewoonte dat de student gedurende het gehele jaar wordt opgenomen in de onderzoeksgroep en gestimuleerd wordt om actief deel te nemen aan groepsvergaderingen, aanwezig te zijn bij voordrachten, enz. Over het algemeen waren de studenten tevreden over de begeleiding die ze krijgen tijdens het werken aan de masterproef. Wel kan de mate van begeleiding en feedback afhangen van wie de promotor is. De commissie beveelt aan, minimale eisen te formuleren aan de begeleiding, die alle studenten, ongeacht in welke vakgroep of onderzoeksgroep ze terecht komen, dienen te krijgen.

De afgestudeerden zijn na hun studies breed inzetbaar en worden zeer gewaardeerd op de arbeidsmarkt. Een aanzienlijk deel van de alumni start met een doctoraat, anderen gaan aan de slag in het private bedrijfsleven of gaan lesgeven. De uitstroom naar de laatste sector is, net zoals aan de andere Vlaamse fysica opleidingen, laag. De commissie betreurt dit. Een werkpunt voor de opleiding is dat de studenten aangaven tijdens de opleiding geen duidelijk beeld te hebben gekregen op het beroepsbeeld van de fysicus, waardoor ze in eerste instantie moeilijk hun weg vonden op de arbeidsmarkt (zie GKW 2). De opleiding heeft de laatste jaren hieromtrent enkele verbetermaatregelen genomen. Zo worden infomomenten georganiseerd en is een alumni-databank ingevoerd.

De cijfers over het diplomarendement, de drop-out en de studieduur, liggen naar de mening van de commissie in de lijn met de andere Vlaamse opleidingen fysica (en sterrenkunde). Niettemin vindt de commissie dat voornamelijk de drop-out, in vergelijking met natuurkunde opleidingen in de buurlanden, hoog is. Op basis van het cijfermateriaal van de UGent stelt de commissie vast dat in 2010-2011 de drop-out in het eerste bachelorjaar op 48% ligt. In academiejaar 2011-2012 bedraagt de drop-out in de eerste bachelor 56%.

De hoge studie-uitval in het eerste bachelorjaar baart de commissie zorgen, temeer omdat ze op basis van gesprekken met opleidingsverantwoordelijken en ondersteuners niet het idee had dat dit thema prioriteit zal krijgen. Ze beveelt de opleiding aan een actief beleid te voeren om de uitval tegen te gaan. In eerste instantie moet de opleiding de oorzaken van de studieuitval grondig in kaart brengen. Een drop-out-analyse, gecombineerd met exitgesprekken, is hierbij noodzakelijk. Bovendien zal een versterking van de

studiebegeleiding, eventuele verplichting van oefensessies, en het inzetten op formatieve toetsing en directe feedback het leerproces van de studenten versterken waardoor de uitval afneemt. Eens de studenten naar het tweede jaar gaan, neemt de drop-out sterk af. De uitval in de master is eveneens zeer klein. Het rendement van de masteropleiding is naar de mening van de commissie dan ook op orde. De gemiddelde studieduur voor de bachelor ligt tussen de 3 en 4 jaar. Voor de master ligt deze op 2 jaar.

Het rendement van de masteropleiding is naar de mening van de commissie op orde. Wel ondervindt de masteropleiding de laatste tijd negatieve effecten van studenten die zich inschrijven in de master, zonder dat zij hun bacheloropleiding hebben afgerond. Dit leidt tot een feitelijke verlenging van de masterstudies en stelt problemen rond de volgtijdelijkheid van sommige opleidingsonderdelen. De commissie raadt de opleiding en bij uitbreiding het faculteitsbestuur aan om een harde knip te hanteren en volgtijdelijkheidsregels in te lassen.

De commissie concludeert dat het niveau van de afgestudeerden hoog is en de alumni de leerresultaten in ruime mate bereiken. Het niveau van de bachelor- en masterproeven illustreert dit, evenals de inzetbaarheid van de alumni. Het toetsbeleid in de opleiding is in ontwikkeling, maar de huidige toetsmethodiek, op enkele details na, is volgens de commissie op orde. Het studierendement is prima, al blijft de drop-out in eerste bachelor een aandachtspunt. De commissie besluit dat de basiskwaliteit inzake het gerealiseerd eindniveau van zowel de bachelor- en masteropleiding systematisch wordt overschreden. Daarom kent zij beide opleidingen de score 'goed' toe.

Integraal eindoordeel van de commissie

Bachelor of Science in de fysica en de sterrenkunde

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau	V
Generieke kwaliteitswaarborg 2 – Onderwijsproces	V
Generieke kwaliteitswaarborg 3 – Gerealiseerd eindniveau	G

Vermits generieke kwaliteitswaarborg 1 als voldoende wordt beoordeeld, generieke kwaliteitswaarborg 2 als voldoende en generieke kwaliteitswaarborg 3 als goed, is het eindoordeel van de Bachelor of Science in de fysica en de sterrenkunde, conform de beslisregels, voldoende.

Master of Science in de fysica en de sterrenkunde

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau	V
Generieke kwaliteitswaarborg 2 – Onderwijsproces	V
Generieke kwaliteitswaarborg 3 – Gerealiseerd eindniveau	G

Vermits generieke kwaliteitswaarborg 1 als voldoende wordt beoordeeld, generieke kwaliteitswaarborg 2 als voldoende en generieke kwaliteitswaarborg 3 als goed, is het eindoordeel van de Master of Science in de fysica en de sterrenkunde, conform de beslisregels, voldoende.

Samenvatting van de aanbevelingen in het kader van het verbeterperspectief

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau

- Toon meer aandacht voor wetenschappelijke integriteit in de leerresultaten.
- Ontwikkel een doorgedreven onderwijskundige visie voor zowel de master als de bachelor.

Generieke kwaliteitswaarborg 2 – Onderwijsproces

- Toon voldoende aandacht voor moderne fysica aan het begin van de bacheloropleiding.
- Moderniseer de practica, zowel inhoudelijk als vormelijk.
- Professionaliseer de docenten en assistenten systematisch. Dit komt de onderwijsvernieuwingen in het programma ten goede.
- Versterk de studiebegeleiding in de aanvangsfase van de bachelor. Zet in op verplichte begeleiding en tussentijdse feedback.
- Toon aandacht voor onderwijsvernieuwingen en activerende werkvormen.
- Versterk de beroepsoriëntatie in het programma en ontwikkel een professionele optie in de master, die enerzijds gericht is op ondernemerschap en anderzijds op technologie.
- Werk aan een proactieve interne kwaliteitscyclus.

Generieke kwaliteitswaarborg 3 – Gerealiseerd eindniveau

- Finaliseer het opleidingsspecifieke toetsbeleid- en plan, toon daarbij meer aandacht voor formatieve toetsing
- Verhoog het studierendement en verlaag de drop-out in het eerste bachelorjaar. Organiseer exit-interviews.

De commissie heeft vernomen dat sinds haar bezoek een aantal plannen voor aanpassingen in lijn met de genoemde suggesties zijn opgesteld. De commissie meent dat dergelijke initiatieven een positieve bijdrage kunnen leveren aan de gesignaleerde aandachtspunten.

UNIVERSITEIT ANTWERPEN Bachelor of Science in de fysica

SAMENVATTING Bachelor of Science in de fysica Universiteit Antwerpen

Op 9 en 10 december werd de Bachelor of Science in de fysica van de UAntwerpen, in het kader van een onderwijsvisitatie op haar kwaliteit geëvalueerd door een commissie van onafhankelijke experts. In deze samenvatting, die een momentopname weergeeft, worden de belangrijkste bevindingen van de commissie opgelijst.

Profilering

De academische gerichte bacheloropleiding wordt ingericht door de faculteit Wetenschappen.

De opleiding stelt een sterke nexus onderwijs-onderzoek naar voor. Ook internationalisering is één van de vier doelstellingen in de visie van de Universiteit Antwerpen op onderwijs. Daarnaast profileert de opleiding zich met een leerlijn informatietechnologie, internationalisering en verbreding in het programma. Ook het aanleren van experimentele vaardigheden is een sterk punt.

In de bacheloropleiding is een sterke onderwijskundige visie op het lesgeven aanwezig. Deze visie kwam tot stand na de vorige visitatie en gaf een nieuwe dynamiek aan het geleverde onderwijs. Hierdoor worden verschillende onderwijsvernieuwingprocessen zichtbaar gestimuleerd. Bovendien wordt deze visie gedragen door het gehele docententeam.

In 2012-2013 waren 117 studenten ingeschreven voor de bachelor, waarvan 22 vrouwelijke studenten.

Programma

Het programma telt 180 studiepunten. Het verplichte deel van het programma legt de nadruk op de conceptuele inhoud zoals het aanleren van rekentechnische methoden voor het behandelen van fysische problemen, het verwerven van inzicht in fysische processen, het leren analyseren van fysische problemen en het leren experimenteren. De keuzeopleidingsonderdelen laten de studenten toe om zich te verdiepen en te specialiseren. Dit laatste gebeurt onder andere door opleidingsonderdelen uit andere opleidingen op te nemen en via de keuzemodules in het derde bachelorjaar.

In het eerste jaar krijgen de studenten een grondige wiskundige basis. Daarnaast krijgen de studenten een grondige natuurkundige basis aangeleerd. De elementen uit de moderne fysica komen het sterkst aan bod vanaf het tweede en derde jaar, al zijn deze zeker ook in het eerste jaar aanwezig. De aandacht voor experimenteren in de opleiding is hoog. De practicumproeven in de bachelor zijn uitdagend en modern en vertonen een evenwichtige ontwikkeling naar zelfstandigheid. Verder is het positief dat de studenten tijdens het experimenteren aandacht moeten tonen voor wetenschappelijke integriteit. De computationele vaardigheden kunnen worden versterkt.

In de bachelor hebben de studenten 23 studiepunten vrije keuzeruimte die hen de mogelijkheid biedt om verbredende of verdiepende keuzeopleidingsonderdelen te kiezen uit alle opleidingsonderdelen van de faculteit wetenschappen en/of ingenieurswetenschappen.

De opleiding is sterk onderzoeksgericht. Reeds in de bachelor leren de studenten wetenschappelijke onderzoeksvaardigheden aan. De studenten komen al snel in het programma in aanraking met actueel onderzoek, bijvoorbeeld door het deelnemen aan colloquia en het bezoeken van onderzoeksinstellingen. Maar ook het niet-academische beroepenveld heeft nood aan goed opgeleide fysici. De aandacht hiervoor moet versterkt worden.

De opleiding zet in op internationalisation@home door de studenten gebruik te laten maken van Engelstalige literatuur en hen op te nemen in de onderzoeksgroepen, waar ze in contact komen met buitenlandse on-

derzoekers. Daarnaast hebben de studenten de mogelijkheid om naar het buitenland te gaan via een Erasmusprogramma.

Het cursusmateriaal is netjes uitgewerkt en bestaat uit door de docenten ontwikkeld materiaal en internationaal erkende standaardwerken. De werkvormen zijn activerend, soms zelfs innoverend, en leggen voldoende nadruk op competenties.

De bachelorproef bestaat uit twee delen: een deel experimentele en een deel theoretische fysica, telkens ter waarde van zes studiepunten. Het niveau van de bachelorproeven is prima, maar de inbedding van de studenten in de onderzoeksgroep moet worden versterkt.

Beoordeling en toetsing

In de opleiding wordt zowel schriftelijk, als mondeling (met schriftelijke voorbereiding) getoetst. Ook het geven van presentaties, deelnemen aan projectwerk en het schrijven van verslagen kennen hun plaats in de toetsmethoden. Bovendien wordt er veel tussentijds getoetst. Sterk punt zijn de studieopdrachten met directe feedback. Ook na de examens krijgen de studenten voldoende feedback.

Begeleiding en ondersteuning

Voor het aanleren van experimentele en numerieke vaardigheden gebruiken de studenten moderne infrastructuur. Enerzijds stelt de opleiding didactische (proef)opstellingen ter beschikking, anderzijds werken de ouderejaars studenten met moderne apparatuur die door docenten en doctorendi wordt gebruikt. Vooral de laboruimten voor nanofysica en vastestof-fysica zijn van hoge kwaliteit.

Nog voor de start van het academiejaar leggen de studenten een ijkings-toets af die naar hun voorkennis peilt op het vlak van wiskunde en wetenschappen. Daarnaast wordt vanuit de faculteit overbruggingsonderwijs voorzien voor studenten die hun wiskundige basis willen versterken. De wiskundige begeleiding zet zich voort gedurende het hele eerste jaar. Daarnaast kunnen de studenten terecht bij het monitoraat, bij hun meter/peter of bij hun mentor.

Slaagkansen en beroepsmogelijkheden

De cijfers over het diplomarendement, de drop-out en de studieduur, liggen in de lijn met de andere Vlaamse opleidingen fysica (en sterrenkunde). Niettemin is de drop-out in het eerste bachelorjaar, in vergelijking met natuurkunde opleidingen in de buurlanden, hoog.

De afgestudeerden van de bachelor opteren in de meeste gevallen om door te stromen naar de masteropleiding fysica.

UNIVERSITEIT ANTWERPEN

Master of Science in de fysica

SAMENVATTING Master of Science in de fysica Universiteit Antwerpen

Op 9 en 10 december werd de Master of Science in de fysica van de UA Antwerpen, in het kader van een onderwijsvisiteatie op haar kwaliteit geëvalueerd door een commissie van onafhankelijke experts. In deze samenvatting, die een momentopname weergeeft, worden de belangrijkste bevindingen van de commissie opgesteld.

Profilering

De masteropleiding wordt ingericht door de faculteit Wetenschappen.

De masteropleiding legt de nadruk op een sterke leerlijn informatietechnologie, internationalisering en verbreding in het programma. Bovendien wil men in de master het persoonlijk verantwoordelijkheidsgevoel van de student trainen, alsook zijn taalvaardigheid en professionele vaardigheden.

In 2012-2013 waren 45 studenten ingeschreven, waarvan 9 vrouwelijke studenten.

Programma

De master fysica bestaat uit drie opties: onderzoek, onderwijs en ondernemerschap. Naargelang de gekozen optie wordt het programma anders ingevuld. Alle studenten volgen minimaal 18 studiepunten verplichte op-

leidingsonderdelen. In functie van de gekozen optie worden de verplichte opleidingsonderdelen uitgebreid. Alle studenten kiezen bijkomende opleidingsonderdelen uit vier onderzoeksmodule (nanofysica, subatomaire fysica, biofysica en theoretische fysica). Daarnaast hebben de studenten nog vrije keuze en maken ze een masterproef. De UA biedt eveneens een Engelse taalvariant van de masteropleiding aan. Deze opleiding is een variant van de Nederlandstalige optie onderzoek met specialisatie nanofysica.

In de masteropleiding is een mobiliteitsverplichting (optie onderzoek) ingebouwd. Dit wil zeggen dat de studenten verplicht zijn om 12 studiepunten elders te verwerven. Dit kan door het volgen van opleidingsonderdelen aan een Vlaamse instelling of via een uitwisselingsprogramma, maar ook door het uitvoeren van een stage. De stage kan door gaan in een (buitenlandse) onderzoeksinstelling of een bedrijf. Los hiervan kunnen studenten in de Engelstalige master participeren in het NANOMAT-programma en op die manier een bi-diploma halen met de Université Pierre et Marie Curie, Parijs of met de University Uppsala, Uppsala.

De werkvormen zijn activerend, soms zelfs innoverend, en leggen voldoende nadruk op competenties. Het cursusmateriaal is netjes uitgewerkt en bestaat uit door de docenten ontwikkeld materiaal en internationaal erkende standaardwerken.

De masterproeven zijn van een hoog wetenschappelijk niveau. Een aantal masterproeven leidt dan ook tot een wetenschappelijke publicatie. Wanneer het onderzoek start, worden de studenten letterlijk opgenomen in de onderzoeksgroep. Alle studenten krijgen een eigen bureau in het departement en hebben hierdoor veel de mogelijkheid om in overleg te gaan met de promotor en met de masterproefbegeleiders. Ook de feedback verloopt vlot.

Beoordeling en toetsing

In de opleiding wordt zowel schriftelijk, als mondeling (met schriftelijke voorbereiding) getoetst. Ook het geven van presentaties, deelnemen aan projectwerk en het schrijven van verslagen kennen hun plaats in de toetsmethoden. Bovendien wordt er veel tussentijds getoetst. Sterk punt zijn de studieopdrachten met directe feedback. Ook na de examens krijgen de studenten voldoende feedback.

Begeleiding en ondersteuning

Voor het aanleren van experimentele en numerieke vaardigheden gebruiken de studenten moderne infrastructuur. Enerzijds stelt de opleiding didactische (proef)opstellingen ter beschikking, anderzijds werken de ouderejaars studenten met moderne apparatuur die door docenten en doctorendi wordt gebruikt. Vooral de laboruimten voor nanofysica en vastestof fysica waren volgens de commissie van hoge kwaliteit.

De begeleidende diensten zijn degelijk uitgebouwd. De studenten uit de master gaan met vragen en problemen rechtstreeks aankloppen bij de docenten en assistenten.

Slaagkansen en beroepsmogelijkheden

De cijfers over het diplomarendement, de drop-out en de studieduur, liggen in de lijn met de andere Vlaamse opleidingen fysica (en sterrenkunde). De studie-uitval in de master is bijna onbestaande. Ook de studievertraging is beperkt.

De inzetbaarheid van de alumni is breed. Een meerderheid van de afgestudeerden stroomt door naar een doctoraat. Verder is er een uitstroom naar de industrie, consultancy, financiële sector of onderwijs. De uitstroom naar de laatste sector is, net zoals aan de andere Vlaamse fysica opleidingen, laag. Een meerderheid van de alumni geeft aan snel werk te vinden. Enkele alumni hadden evenwel geen duidelijk zicht gekregen op het beroepsbeeld van de fysicus.

Woord vooraf

Dit rapport behandelt de Bachelor en Master of Science in de fysica/physics aan de Universiteit Antwerpen. De visitatiecommissie bezocht deze opleidingen op 9 en 10 december 2013.

De visitatiecommissie beoordeelt de opleidingen aan de hand van de drie generieke kwaliteitswaarborgen uit het VLUHR-beoordelingskader. Dit kader is afgestemd op de accreditatievereisten zoals gehanteerd door de NVAO. Voor elke generieke kwaliteitswaarborg geeft de commissie een gewogen en gemotiveerd oordeel op een vierpuntenschaal: onvoldoende, voldoende, goed of excellent. Bij de beoordeling van de generieke kwaliteitswaarborgen betekent het concept 'basiskwaliteit' dat de generieke kwaliteit gewaarborgd is en de opleiding – of een opleidingsvariant – voldoet aan de kwaliteit die in internationaal perspectief redelijkerwijs mag worden verwacht van een bachelor- of masteropleiding in het hoger onderwijs. De score voldoende wijst er op dat de opleiding voldoet aan de basiskwaliteit en een acceptabel niveau vertoont voor de generieke kwaliteitswaarborg. Indien de opleiding goed scoort dan overstijgt ze systematisch de basiskwaliteit voor de generieke kwaliteitswaarborg. Bij een score excellent steekt de opleiding ver uit boven de basiskwaliteit voor de generieke kwaliteitswaarborg en geldt ze hierbij als een (inter)nationaal voorbeeld. De score onvoldoende getuigt dan weer dat de generieke kwaliteitswaarborg onvoldoende aanwezig is.

De oordelen worden onderbouwd met feiten en analyses. De commissie heeft inzichtelijk gemaakt hoe zij tot haar oordeel is gekomen. De commissie geeft ook een eindoordeel over de kwaliteit van de opleiding als geheel aan de hand van dezelfde vierpuntenschaal. De oordelen en aanbevelingen hebben betrekking op de opleiding met alle daaronder ressorterende varianten, tenzij anders vermeld.

De commissie beoordeelt de kwaliteit van de opleiding zoals zij die heeft vastgesteld op het moment van het visitatiebezoek. De commissie heeft zich bij haar oordeel gebaseerd op het zelfevaluatierapport en de informatie die voortkwam uit de gesprekken met de opleidingsverantwoordelijken, de lesgevers, de studenten, de alumni, de assistenten en de verantwoordelijken op opleidingsniveau voor interne kwaliteitszorg, internationalisering

en studiebegeleiding. De commissie heeft ook het studiemateriaal, en een selectie van de afstudeerwerken en de examenvragen bestudeerd. Tevens is door de commissie een bezoek gebracht aan de opleidings specifieke faciliteiten, zoals de practica.

Naast het oordeel formuleert de visitatiecommissie in het rapport aanbevelingen in het kader van het verbeterperspectief. Op die manier wenst de commissie bij te dragen aan de kwaliteitsverbetering van de opleiding. De aanbevelingen zijn opgenomen bij de respectieve generieke kwaliteitswaarborgen. Aan het eind van het rapport is een overzicht opgenomen van verbeter suggesties.

De bachelor- en masteropleiding fysica/physics worden ingericht door de faculteit wetenschappen van de Universiteit Antwerpen. De opleidingscommissie fysica is bevoegd voor het geleverde onderwijs in de bachelor- en masteropleiding, als ook in de taalvariant. Dit betekent concreet dat de opleidingscommissie beslissingsrecht heeft over de inhoud, de onderwijsvormen en de evaluatiemethoden en adviesrecht heeft over de uitwerking van de opleidingsonderdelen.

Het bachelorprogramma is opgebouwd uit een verplichte kern van 157 studiepunten, vier keuzemodules (vaste stoffysica, astro- en deeltjesfysica, biofysica en theoretische fysica) en een lijst met keuzeopleidingsonderdelen. De master fysica bestaat uit drie opties: onderzoek, onderwijs en ondernemerschap. Naargelang de gekozen optie wordt het programma anders ingevuld. Alle studenten volgen minimaal 18 studiepunten verplichte opleidingsonderdelen. In functie van de gekozen optie worden de verplichte opleidingsonderdelen uitgebreid. Alle studenten kiezen bijkomende opleidingsonderdelen uit vier onderzoeksmodules (nanofysica, subatomaire fysica, biofysica en theoretische fysica). Daarnaast hebben de studenten nog vrije keuze en maken ze een masterproef. De UA biedt eveneens een Engelstalige taalvariant van de masteropleiding aan. Deze opleiding is een variant van de Nederlandstalige optie onderzoek met specialisatie nanofysica. Ook wordt er in de optie onderzoek van de master physics een bi-diploma met de Université Pierre et Marie Curie of de Universiteit Uppsala aangeboden.

De bachelor- en masteropleiding werden gevisiteerd in 2005. De bacheloropleiding werd gehervisiteerd in 2010.

In 2012-2013 waren 117 studenten ingeschreven voor de bachelor, waarvan 22 vrouwelijke studenten. Dat zelfde jaar startten 33 generatiestudenten

met de opleiding. Voor de master waren 45 studenten ingeschreven, waarvan 9 vrouwelijke studenten.

Generieke kwaliteitswaarborg 1 - Beoogd eindniveau

De commissie beoordeelt het beoogd eindniveau van de Bachelor of Science in de fysica als goed en dat van de Master of Science in de fysica/physics als voldoende

In 2008 heeft de opleiding, uitgaande van een aantal maatschappelijke vaststellingen, de opleidingsspecifieke leerresultaten van de bachelor geformuleerd. Zo stelden de opleidingsverantwoordelijken vast dat de maatschappij een grote nood heeft aan 1) wetenschappers, 2) hoog opgeleide fysici in het bedrijfsleven, 3) goed opgeleide leraren natuurkunde en 4) dat de kloof tussen secundair en hoger onderwijs zich vergroot. Het ligt in de bedoeling van de opleiding dat de geformuleerde leerresultaten, aan de UA Antwerpen kerncompetenties genoemd, voor bachelor hieraan tegemoet komen. Het herschrijven van de leerresultaten ging gepaard met een grondige curriculumwijziging (zie GKW 2). In het voorjaar van 2012 werden naar aanleiding van de voorbereiding van de visitatie de kerncompetenties van de masteropleiding geactualiseerd.

Uit het ZER leert de commissie dat de opleiding de actuele ontwikkelingen in het vakgebied op de voet opvolgt door actieve deelname aan het STEPS- en TUNING-project. Verder vond ook afstemming plaats via de klankbordgroep met vertegenwoordigers van de studenten, het werkveld en de alumni plaats alvorens de leerresultaten op te stellen. **Door een voorbereidende analyse van enkele knelpunten in de maatschappij, benchmarking via internationale en Europese projecten en af te stemmen met de stakeholders, heeft de opleiding een eigen competentiegerichte visie op fysica-onderwijs ontwikkeld.** De commissie heeft grote waardering voor de aanpak en werkwijze bij het opstellen van de leerresultaten. Dit uit zich vooral in de leerresultaten van de bachelor.

Nog positief aan de bacheloropleiding is de aanwezige onderwijskundige visie op het lesgeven in een bacheloropleiding. Deze visie kwam tot stand na de vorige visitatie en gaf een nieuwe dynamiek aan het geleverde onderwijs. Hierdoor worden verschillende onderwijsvernieuingsprocessen zichtbaar gestimuleerd. Bovendien wordt deze visie gedragen door het gehele docententeam. Een even sterke visie met betrekking tot de masteropleiding ontbreekt. Deze vaststelling deed de commissie overigens bij

alle masteropleidingen aan de bezochte instellingen. De masteropleiding moet nadenken welke rol ze in de maatschappij willen vervullen, gaande van het opleiden voor een vervolgopleiding of een graduate school, tot de studenten klaar te maken voor het onderzoek of het brede beroepenveld.

Voor de bacheloropleiding werd een set van 15 kerncompetenties uitgeschreven. Voor de master, ook de Engelstalige variant, gaat het om 20 kerncompetenties. Voor de optie ondernemerschap onderschrijft de opleiding de faculteitsbreed uitgeschreven leerresultaten. De leerresultaten voor de optie onderwijs zijn de functionele gehelen uit het Vlaams decreet op het beroepsprofiel van de leraar (5 oktober 2007). De commissie meent dat deze leerresultaten, ook deze van de opties onderwijs en ondernemerschap gedragen zijn door alle opleidingsverantwoordelijken en docenten. **Inhoudelijk concludeert de commissie dat de leerresultaten mooi aansluiten bij het domeinspecifiek leerresultatenkader en qua niveau en oriëntatie voldoen aan het Vlaams Kwalificatieraamwerk.**

Verder leert het ZER dat de opleiding de nexus onderwijs-onderzoek wenst te integreren door zeer specifieke aandacht te schenken aan onderzoeksvaardigheden en academisch denken. Ook internationalisering, één van de vier doelstellingen in de visie van de Universiteit Antwerpen op onderwijs, wil de opleiding laten terugkomen in de leerresultaten. De opleiding beoogt dit door meer buitenlandse studenten aan te trekken, het creëren van meer mogelijkheden voor uitwisselingsstudenten en door het inzetten op internationalisation@home.

Het zelfevaluatie rapport vermeldt tevens dat de bacheloropleiding zich profileert door een sterke leerlijn informatietechnologie, internationalisering en verbreding in het programma. De profilering van de master bouwt voort op die van de bachelor, maar legt daarnaast nadruk op het persoonlijk verantwoordelijkheidsgevoel van de student, taalvaardigheid en professionele vaardigheden. Naar het oordeel van de commissie is de nagestreefde profilering gerealiseerd, maar niet in het oog springend op de overige aspecten wanneer men het Vlaamse universitaire landschap overziet. De profilering op het vlak van de hierboven niet genoemde experimentele vaardigheden is volgens de commissie wel sterk.

De commissie concludeert dat de leerresultaten helder zijn neergeschreven en voldoen aan het DLR en het Vlaams Kwalificatieraamwerk. Zowel de bacheloropleiding, als de masteropleiding heeft zich zichtbaar geprofileerd, en heeft afgestemd met het werkveld en het vakgebied. De com-

missie beoordeelt de bacheloropleiding met de score 'goed' omwille van de aanwezige visie op bacheloronderwijs. De masteropleiding beoordeelt ze 'voldoende'.

Generieke kwaliteitswaarborg 2 - Onderwijsproces

De commissie beoordeelt het onderwijsproces van de Bachelor of Science in de fysica en dat van de Master of Science in de fysica/physics als goed.

Bij de vorige visitatie in 2005 kreeg de bacheloropleiding fysica aan de Universiteit Antwerpen de opmerking van de commissie een te zwaar wetenschappelijk en theoretisch programma aan te bieden. De drop-out lag hoog en het studierendement was laag. **In de aanloop naar de hervisitatie van de opleiding in 2008 en de huidige visitatieronde zijn de opleidingsverantwoordelijken aan de slag gegaan met de aanbevelingen van de vorige commissie; dit leidde tot een grondige curriculumwijziging.** De visitatiecommissie meent dan ook, op basis van het ZER, het ingekeken materiaal ter plaatse en de gesprekken met vertegenwoordigers van de opleiding, dat de huidige inhoud van het programma mooi aansluit bij de opleidingsvisie en bij de beoogde leerresultaten. Het programma is evenwichtig opgebouwd en de opleiding werkte verschillende leerlijnen uit die de samenhang van het programma verhelderen. De commissie is hiermee zeer tevreden.

De curriculumwijziging van de bachelor heeft geleid tot een essentiële verbreding van het programma met een modulaire opbouw. Het verplichte deel van het programma legt de nadruk op de conceptuele inhoud zoals het aanleren van rekentechnische methoden voor het behandelen van fysische problemen, het verwerven van inzicht in fysische processen, het leren analyseren van fysische problemen en het leren experimenteren. De keuzeopleidingsonderdelen laten de studenten toe om zich te verdiepen en te specialiseren. Dit laatste gebeurt onder andere door opleidingsonderdelen uit andere opleidingen op te nemen en via de keuzemodules (vaste stoffysica, astro- en deeltjesfysica, biofysica en theoretische fysica) in het derde bachelorjaar.

In de masteropleiding kiest de student uit drie opties: onderzoek, onderwijs of ondernemerschap. Verder volgt de student een verplichte kern, schrijft hij de masterproef en neemt opleidingsonderdelen op uit de onderzoeksmodule (biofysica, theoretische fysica, subatomaire fysica, nanofysica) en

de keuzemodules. Studenten in de Engelstalige opleiding zijn beperkt tot het volgen van de optie onderzoek en de module nanofysica.

De keuzeruimte van de studenten neemt progressief toe. De commissie vindt dit positief, zolang de studenten degelijk begeleid worden bij het maken van hun keuzes. Dit laatste is voornamelijk een punt van zorg voor de masteropleiding. De commissie beveelt aan dat de studenten een gesprek voeren met hun (co-)promotor alvorens een keuze te maken zodat de opleidingsonderdelen die ze kiezen aansluiten bij het onderwerp van de masterproef. Sommige docenten doen dit nu al wel, maar het gebeurt niet systematisch.

Zoals al aangehaald bestaat het programma uit leerlijnen die bijdragen aan de samenhang binnen de leeromgeving. Een eerste leerlijn betreft de wiskunde. **In het eerste jaar krijgen de studenten een grondige wiskundige basis** in 'wiskundige methoden voor de fysica I, II en III'. Dit laatste vak wordt ingevoerd in de vaste kern in het academiejaar 2013-2014 in samenspraak met de studenten. Het bleek dat als gevolg van de bachelorprogrammahervormingen van 2008 met o.a. het optioneel maken van het vak Metrische ruimten en differentiaalrekenen sommige studenten een aantal belangrijke wiskundige concepten niet kenden. Vermits deze concepten vooral belangrijk zijn voor de verplichte kern van de masterjaren, is dit tekort pas vanaf het academiejaar 2011-2012 duidelijk geworden. De vakken Kansrekening en statistiek (6sp) en Inleiding groepentheorie (3sp) in het tweede bachelorjaar vervolledigen het basis-wiskundepakket van de opleiding. De commissie vindt het positief dat de opleiding inspeelt op de bedenkingen van de studenten, maar ze raadt aan waakzaam te blijven dat de leerlijn wiskunde niet (opnieuw) te zwaar wordt. Studenten die meer wiskundige uitdaging willen, zouden moeten opteren voor keuzeopleidingsonderdelen of het volgen van een twinbachelor fysica-wiskunde, zo stelt de commissie voor.

Een tweede leerlijn betreft **de natuurkundige basis** die wordt aangeleerd in 'Algemene fysica I, II en III'. De commissie acht het zeer waardevol dat de opleiding inspanningen levert om de studenten al in het eerste jaar in contact te brengen met **elementen uit de moderne fysica**. Daarnaast is 'fysica van het dagelijkse leven' volgens de commissie een mooi voorbeeld van een opleidingsonderdeel dat het belang van fysica in een bredere context weet aan te tonen. De commissie vindt het echter jammer dat dit opleidingsonderdeel sinds academiejaar 2013-2014, na negatieve feedback van de studenten, niet langer als verplicht onderdeel in het programma is

opgenomen. De commissie raadt de opleiding aan het opleidingsonderdeel om te vormen, rekening houdend met de commentaren van de studenten, en opnieuw als plichtonderdeel te programmeren. Want de commissie meent dat met enkele aanpassingen, zoals het invoeren van wiskundige en conceptuele naast meer beschrijvende en kwalitatieve benaderingen van de fysica, dit opleidingsonderdeel een zeer uitdagende en moderne invulling kan krijgen.

De commissie is positief over **de goed ontwikkelde leerlijn experimentele vaardigheden**. De opleidingsonderdelen 'experimentele fysica I & II', 'projectpracticum' en 'experimentele technieken' brengen de studenten gra- dueel de nodige experimenteervaardigheden bij. Deze leerlijn wordt vol- gens de commissie fraai voltooid tijdens het werken aan de bachelorproef (zie GKW 3). De practicumproeven in de bachelor zijn uitdagend en modern en vertonen een evenwichtige ontwikkeling naar zelfstandigheid. Verder vindt de commissie het positief dat de studenten tijdens het experimente- ren aandacht moeten tonen voor wetenschappelijke integriteit.

De leerlijn computationele vaardigheden moet naar de mening van de commissie sterker worden vormgegeven. Voornamelijk de afstemming tussen de docenten is hier een werkpunt. De commissie stelt voor dat de opleiding de studenten en alumni op dit punt om input vraagt, om al zo een samenhangende leerlijn te verkrijgen die start in de eerste bachelor en eindigt in het laatste masterjaar. Als aanbeveling suggereert de commissie dat de studenten meer in aanraking moeten komen met het opzetten en uitvoeren van simulaties, aangezien dit een sterk onderzoeksdomein is van meer- dere docenten en van groot belang is voor het (niet-academische) werkveld.

De commissie meent ten slotte dat de studenten voor het aanleren van experimentele en numerieke vaardigheden gebruik maken van **moderne infrastructuur**. Enerzijds stelt de opleiding didactische (proef)opstellingen ter beschikking, anderzijds werken de ouderejaars studenten met moder- ne apparatuur die door docenten en doctorandi wordt gebruikt. Vooral de laboruimten voor nanofysica en vastestoffysica waren volgens de commis- sie van hoge kwaliteit. De opleiding investeert hier dan ook veel in. Verder meent de commissie dat ook de computerfaciliteiten up-to-date waren en dat de opleiding goede softwarepakketten ter beschikking stelt.

In de masteropleiding worden de verschillende leerlijnen doorgetrokken, maar dan op een diepgaander niveau. Het verplichte deel van het mas- terprogramma maakt het de studenten mogelijk om de leerresultaten te

bereiken. Leerresultaat 8 'diepgaande kennis van de fundamenteen van de moderne fysica' kan volgens de commissie nog worden versterkt door de grondbeginselen van de algemene relativiteitstheorie (nu een keuzeplei- dingsonderdeel in de master) verplicht te stellen voor alle studenten, ten- minste in de optie onderzoek.

Zeer goed aan de masteropleiding vindt de commissie dat studenten uit de optie onderzoek of ondernemerschap een mobiliteitsverplichting kennen. Dit wil zeggen dat de studenten verplicht zijn om 12 studiepunten elders te verwerven. Dit kan bijvoorbeeld door het volgen van opleidings- onderdelen aan een Vlaamse instelling of via een uitwisselingsprogram- ma, maar ook door het uitvoeren van een stage. De stage kan door gaan in een (buitenlandse) onderzoeksinstelling of een bedrijf. Los hiervan kunnen studenten in de Engelstalige master participeren in het NANOMAT-pro- gramma en op die manier een bi-diploma halen met de Universit  Pierre et Marie Curie, Parijs of met de University Uppsala, Uppsala.

Uit cijfers die de opleidingsverantwoordelijken aan de commissie bezorg- den blijkt dat in academiejaar 2011-2012 9 (75%) studenten een (inter)na- tionale stage volgden. In 2012-2013 waren dat 5 (42%) studenten. In dat zelfde jaar namen twee studenten (16%) deel aan een internationale uit- wisseling in het kader van Erasmus. Vier studenten volgden toen het bi- diplomeringstraject. De commissie complimenteert de opleiding met deze goede cijfers, al is er voor de Erasmusuitstroom nog een grote winst te boeken. Voor de studenten die niet naar het buitenland trekken, vindt de commissie het belangrijk dat zij een internationalisation@home ervaring opdoen. Dit kan door niet-Nederlandstalige gastdocenten en onderzoekers aan te trekken, maar ook door de studenten te laten samen werken met de niet-Nederlandstalige studenten uit de Engelstalige master. Hiervoor moet de instroom in deze master wel vergroot worden.

De commissie is verder tevreden over de onderzoeksgerichtheid van het programma, zowel voor de bachelor als voor de master. De studenten komen al vroeg in het programma in contact met actueel lopend onder- zoek van de docenten en nemen hierdoor een onderzoekende houding aan, die uitmondt in het schrijven van de bachelor- en masterproef. De studentenseminaries tijdens de middag dragen hier toe bij.

Het programma toont ook aandacht voor de beroepsoriëntatie. Al in de bachelor krijgen de studenten een opleidingsonderdeel 'bedrijfseconomie'. De opleiding nodigt op regelmatige basis gastdocenten uit (bijvoorbeeld

van Umicore en Atlas Copco) en stelt stageplaatsen in het bedrijfsleven ter beschikking. Het ter beschikking stellen van een lijst met mogelijke 'goede' stageplaatsen, zou de commissie toejuichen. Ook kunnen studenten hun masterproef schrijven onder begeleiding van een copromotor uit de bedrijfswereld. Daarnaast biedt de opleiding, zoals al gezegd, een optie ondernemerschap aan. De commissie staat alvast positief tegenover de naamgeving van de optie die bovendien de nodige uitstraling biedt. Ook de invulling van deze optie stemt de commissie tevreden. De optie (30 stp), die wordt ingericht voor studenten uit de faculteit wetenschappen, bestaat uit aansprekende opleidingsonderdelen zoals 'innovatie en entrepreneurship'. De opleidingsonderdelen worden gedoceerd door enerzijds wetenschappers en anderzijds ingenieurs. Dit acht de commissie zeer waardevol omdat zo de link tussen de theorie en de praktijk sneller zichtbaar wordt; **de Antwerpse invulling van de professionele optie kan als voorbeeld voor de andere Vlaamse opleidingen dienen.** Jammer genoeg stelt de commissie vast dat maar weinig studenten deze optie volgen.

Net zoals aan de andere Vlaamse fysica en sterrenkunde opleidingen ligt de nadruk van het programma in eerste instantie op het academisch onderzoek en de doorstroom naar een doctoraat. De commissie vindt dit echter te beperkend, gezien de grote maatschappelijke nood aan fysici (in het onderwijs en de industrie). Daarom vindt de commissie het belangrijk dat de aandacht voor beroepsoriëntatie in het reguliere bachelor- en masterprogramma en de optie verder wordt uitgebouwd. De commissie beveelt aan om de bedrijfseconomische opleidingsonderdelen (vanaf de bachelor) steeds zo uitdagend mogelijk in te vullen. Nog in de bachelor moeten de docenten regelmatig verwijzen naar de toepasbaarheid van fysische concepten en modellen of linken leggen naar de dagelijkse realiteit waarmee een fysicus (of een wetenschapper in het algemeen) in aanraking komt. Ook het organiseren van bedrijfsbezoeken en het veelvuldig aantrekken van gastdocenten zouden volgens de commissie goede initiatieven zijn. Het structureel betrekken van fellows uit het bedrijfsleven, bijvoorbeeld door het aanstellen van een R&D-manager als deeltijds hoogleraar, creëert voor de opleiding en het bedrijf een win-winsituatie. Het geeft de kans om aan kennisuitwisseling te doen rond onderzoek, nieuwe publiek-private samenwerkingen op te zetten en het bevordert de mobiliteit van medewerkers en studenten.

De commissie wenst daarnaast stil te staan bij de **optie lerarenopleiding (30 stp)**. De commissie stelt vast dat de belangstelling van de studenten voor deze optie groter is dan bij de andere Vlaamse natuurkunde-opleidingen.

Dit komt mogelijk doordat het vakkenpakket voor de optie onderwijs in de master grotendeels activerend en voor de klas is ingevuld. Toch meent de commissie dat de interesse van de studenten nog kan toenemen indien zij reeds in de bachelor in aanraking komen met het leraarsberoep. Verder beveelt de commissie aan om studenten uit de optie onderwijs een masterproef te laten maken die een natuurkundig onderwerp behandelt op een hoog academisch niveau, maar tegelijk een link legt naar de schoolpraktijk.

De commissie meent dat de inspanningen om de optie ondernemerschap en de optie onderwijs zo aantrekkelijk mogelijk op te bouwen, een positieve invloed kunnen hebben op de aantrekkingskracht van studenten die anders niet voor de opleiding fysica zouden kiezen. **Bijgevolg kan de opleiding de studentenaantallen optrekken. Deze zijn op dit moment, naar Europese normen en per hoofd van de bevolking eerder laag.** De commissie deed deze vaststelling aan alle bezochte opleidingen. Omwille van de grote nood aan fysici in het bedrijfsleven en het secundair onderwijs vindt ze dit des te problematischer. De opleiding is zich hiervan bewust en organiseert samen met de faculteit een heleboel **outreach-activiteiten**, zoals informatiedagen, wetenschapsweek, een kinderuniversiteit, activiteiten voor meisjes en hun moeders, de fusieshow... Bovendien heeft de opleiding sterk ingezet op een netwerk van secundaire scholen. De commissie waardeert al deze inspanningen, maar stelt niettemin vast dat deze tot nu toe weinig effectief zijn gebleken. Op basis van gesprekken met docenten, studenten en alumni haalt de commissie twee redenen aan. Enerzijds blijkt het imago van Bèta-wetenschappen weinig aantrekkelijk en anderzijds vinden leerlingen met een sterke wiskundige kennis sneller hun weg naar de ingenieursstudies.

Daarom raadt de commissie aan om de geleverde inspanningen te bundelen teneinde met alle Vlaamse opleidingen fysica (en sterrenkunde) een gezamenlijk actieplan ter promotie van de natuurkunde uit te werken. Best practices uit het buitenland moeten hierbij als inspiratie dienen. Een belangrijk onderdeel van dit plan zal er in bestaan om het beroepsbeeld van de fysicus te verduidelijken. Want de arbeidsmarkt noch de bredere maatschappij hebben een duidelijk beeld van de mogelijkheden van een fysicus. Het is volgens de commissie de taak van de faculteiten hier verandering in te brengen en van de fysicus een beeld te geven dat complementair is met dat van de ingenieur. Deze strategie zal zich, volgens de commissie, moeten richten op het beeld dat momenteel heerst bij leraren, ouders en bedrijfsleiders. Ook kan de opleiding zelf enkele initiatieven uitwerken. De versterking van het niet-academische beroepenveld in het programma en de verhoogde aantrekkelijkheid van het eerste jaar (met

moderne fysica) kunnen volgens de commissie bijdragen tot een verhoogde instroom. Hierbij kan ook gebruik gemaakt worden van het hierboven vermelde netwerk van scholen, opgebouwd door het Centrum Nascholing Onderwijs. De studenten uit de optie SLO kunnen hierbij een belangrijke schakel zijn. Ten slotte moet ook de Engelstalige master meer buitenlandse studenten aantrekken en moet er een specifiek plan opgesteld worden om meer meisjes aan te trekken.

Studenten in het eerste jaar van de bachelor worden volgens de commissie op een adequate wijze begeleid. De begeleiding richt zich voornamelijk op studenten die met problemen kampen op het vlak van wiskunde. Nog voor de start van het academiejaar leggen de studenten een ijkingsstoets af die naar hun voorkennis peilt op het vlak van wiskunde en wetenschappen. Daarnaast wordt vanuit de faculteit overbruggingsonderwijs voorzien voor studenten die hun wiskundige basis willen versterken. De wiskundige begeleiding zet zich voort gedurende het hele eerste jaar. In de eerste week van het academiejaar leggen alle studenten een verplichte begintoets wiskunde af, waarna de studenten individuele feedback ontvangen. Ook tussentijdse toetsen komen in het eerste jaar regelmatig aanbod. Vermeldenswaardig vindt de commissie het project 'Mastering Physics', dat studenten in staat stelt om via een online toepassing oefeningen te maken die aansluiten bij de opleidingsonderdelen Algemene Fysica I, II, III en IV. Daarnaast kunnen de studenten terecht bij het monitoraat, bij hun meter/peter of bij hun mentor. Ter versterking van de begeleiding acht de commissie het zinvol de studenten uit de optie onderwijs in te schakelen in de studiebegeleiding van eerstejaars.

De commissie is verder zeer tevreden over het cursusmateriaal en de gehanteerde werkvormen. Het cursusmateriaal is netjes uitgewerkt en bestaat uit door de docenten ontwikkeld materiaal en internationaal erkende standaardwerken. De elektronische leeromgeving, die weliswaar goed ontwikkeld is en beschikbaar met van informatie over de OPO's en de leerstof, wordt te weinig op een interactieve manier gebruikt. De werkvormen zijn activerend, soms zelfs innoverend, en leggen voldoende nadruk op competenties. De leer- en werkvormen sluiten dan ook mooi aan bij de vooropgestelde leerresultaten. De commissie waardeert dat de docenten en assistenten hiervoor grote inspanningen leveren.

De commissie heeft de cv's en de publicatielijzen van de docenten kunnen inkijken. Deze tonen aan dat de docenten experts zijn in hun vakgebied. Daarnaast vertelden de studenten dat de docenten bekwaame les-

gevers zijn. Dit blijkt ook het uit feit dat de commissie veel aanzetten tot onderwijsvernieuwing heeft waargenomen. Wel zouden deze meer gehonoreerd moeten worden in het bevorderingsbeleid binnen de faculteit. Ook docentprijzen, die door de studenten worden uitgereikt, kunnen hier toe bijdragen. Verder stelt de commissie vast dat het professionaliseringsaanbod aan de UA zeer uitgebreid is, maar dat slechts een beperkte groep docenten en assistenten hieraan systematisch deelneemt. De commissie beveelt een meer structureel beleid op dit vlak aan. Een laatste aanbeveling betreft de rotatie van vakaanstellingen. De commissie vindt het zinvol dat de docenten niet langer dan 5 jaar na elkaar hetzelfde opleidingsonderdeel doceren. Dit bevordert de innovatie van de leervormen en -inhouden.

Ook de kwantiteit van de docenten en assistenten volstaat. De opleiding kan rekenen op 18.3 VTE ZAP, 5 VTE ZAP/BOF en 2.5 AAP. Positief vindt de commissie dat er onder het ZAP ook vrouwelijke stafleden zijn, die als rolmodel dienen voor studenten. De opleiding kan verder rekenen op 208.3 VTE BAP. Deze grote groep doctorandi en postdocs voert onderzoek en krijgt soms een kleine onderwijsaanstelling. De commissie zou het zinvol vinden als ook de niet-Nederlandstalige doctorandi en postdocs worden ingezet in het onderwijs. Dit zou een verrijking zijn van de leervormen en bijdragen aan de verdere internationalisering van het onderwijs.

Verder heeft de commissie vastgesteld dat de docenten heel begaan zijn met de interne kwaliteitszorg van de opleiding. De docenten vergaderen regelmatig in de schoot van de opleidingscommissie (OC). Op deze vergadering is ook een delegatie van de studenten en assistenten aanwezig. De opleidingscommissie draagt de verantwoordelijkheid over het geleverde onderwijs in de opleidingen. Dit betekent concreet dat de opleidingscommissie beslissingsrecht heeft over de inhoud, de onderwijsvormen en de evaluatiemethoden en adviesrecht heeft over de uitwerking van de opleidingsonderdelen.

De opleidingscommissie gaat aan de slag met de resultaten die voortkomen uit de bevragingen van de studenten. Deze bevragingen worden tweejaarlijks gehouden over de bacheloropleiding en vierjaarlijks over de masteropleiding. De commissie vindt dit laatste relatief weinig en raadt aan de frequentie van de schriftelijke bevragingen te verhogen. De focusgroepgesprekken met studenten uit de verschillende jaren vindt de commissie dan weer zeer positief. Volgens de commissie is dit een zeer effectieve manier om de vinger aan de pols te houden. De opleiding dient er wel over te waken dat er tijdens de gesprekken ook gepeild wordt naar de kwaliteit van de bachelor- en masterproef. Op basis van de gesprekken tijdens het

visitatiebezoek en aan de hand van het ingekeken materiaal bemerkt de commissie dat de opleidingsverantwoordelijken de laatste jaren veel werk hebben verricht om de resultaten uit verschillende bevestigingen om te zetten in verbeteracties. Ook, zoals reeds aangehaald zijn de opleidingsverantwoordelijken aan de slag gegaan met de aanbevelingen van de vorige visitatiecommissie. Ten slotte geeft de commissie haar complimenten over de volledigheid en leesbaarheid van het ZER.

De commissie meent dat de opbouw van het programma, het gebruik van adequate werkvormen en de inspanningen van de docenten, bijdragen tot een **uitdagende en samenhangende leeromgeving**. De leeromgeving wordt nog versterkt door de inspanningen die de studentenkring WINAK levert. WINAK voorziet de studenten in voorbeeldexamenopgaven en organiseert jaarlijks een excursie en seminar. Wel kan de communicatie vanuit WINAK met Engelstalige studenten worden verbeterd. **De commissie ziet de studeerbaarheid en het doorstroomrendement als een indicator van de samenhangende leeromgeving**. De bachelorstudenten vertelden de commissie dat het programma, voornamelijk het eerste jaar, zwaar is, maar haalbaar mits voldoende inspanning wordt geleverd. De doorstroomcijfers lijken dit te bevestigen. De uitval in het eerste jaar ligt behoorlijk hoog, maar vlakt daarna sterk af. Eens de studenten het eerste jaar zijn doorgekomen, zijn de kansen op uitval te verwaarlozen. Het doorstroomrendement en de studeerbaarheid in de master zijn op orde, al denkt de commissie wel dat de studenten meer tijd dan begroot investeren in het uitschrijven en uitwerken van de masterproef.

De commissie concludeert dat het onderwijsproces van de Antwerpse bachelor en master fysica systematisch de basiskwaliteit overschrijdt. De ruime aandacht voor experimenteervaardigheden en de aanwezigheid van moderne fysica vroeg in het programma zijn zeer sterke aspecten van de Antwerpse bachelor. De master in Antwerpen wordt sterk vormgegeven door de invulling van de professionele optie en de lerarenoptie alsook de aanwezigheid van het bi-diploma. Verder zijn ook de leervormen van beide programma's modern en uitdagend. Dit doet de commissie besluiten de score 'goed' toe te kennen aan de bachelor- en masteropleiding.

Generieke kwaliteitswaarborg 3 - Gerealiseerde eindniveau

De commissie beoordeelt het gerealiseerde eindniveau van de Bachelor of Science in de fysica en dat van de Master of Science in de fysica/physics als goed.

Voor haar toetsing en beoordeling onderschrijft de opleiding de universiteitsbrede en facultaire visies op toetsen. Deze stellen dat de toetsing aan de UA competentiegericht, studentgecentreerd en activerend moet zijn. De opleiding heeft deze visies geconcretiseerd in een eigen toetsplan. Het toetsplan start vanuit enkele principes. Zo streeft de opleiding in eerste instantie een mix van evaluatievormen na en heeft een congruentietabel opgesteld om hierover te waken. Verder brengt de onderwijscommissie de grote studieopdrachten in kaart om zicht te krijgen op de ontwikkeling van competenties in het programma en om deze te verbeteren. De onderwijscommissie waakt over de studeerbaarheid en stimuleert het geven van feedback bij de opdrachten. Ten derde bewaakt de onderwijscommissie de in-, door- en uitstroom. Als vierde principe hanteert de onderwijscommissie dat de docenten verantwoordelijk zijn voor de kwaliteit van de toetsing op het niveau van het opleidingsonderdeel. Het laatste principe, ten slotte, legt de eindverantwoordelijkheid van de kwaliteit van de masterproef bij de onderwijscommissie.

De commissie is bijzonder tevreden over het toetsplan en ze stelt dat dit ook daadwerkelijk in praktijk wordt omgezet. In de opleiding wordt zowel schriftelijk, als mondeling (met schriftelijke voorbereiding) getoetst. Ook het geven van presentaties, deelnemen aan projectwerk en het schrijven van verslagen kennen hun plaats in de toetsmethoden. Om de studeerbaarheid van de studieopdrachten en een evenwichtige spreiding van de evaluatieactiviteiten te garanderen heeft de opleiding een gezamenlijke kalender ontwikkeld. De commissie vindt dit een uitstekend initiatief.

Op basis van gesprekken met studenten stelt ze vast dat de opleiding zowel **summatief als formatief** te werk gaat bij het toetsen. De commissie heeft vastgesteld dat het geven van studieopdrachten met directe feedback sterk gewaardeerd wordt door de studenten. De commissie heeft verder een staal van examenopgaven ingekeken. Op basis hiervan oordeelt de commissie dat de toetsing aansluit bij de vooropgestelde leerresultaten. Bij een aantal examens vond de commissie het niveau zelfs behoorlijk uitdagend.

Om de transparantie van de toetsing te verhogen maken veel docenten binnen de opleiding gebruik van verbeterleutels en criteria. Ook werden toetsmatrijzen opgesteld. De studenten gaven de commissie mee dat zij op voorhand op de hoogte waren van de verwachtingen op het examen. Zij waren hierover geïnformeerd door de docent en de studiegids. De studenten gaven ook aan voldoende feedback te krijgen, zowel in de loop van het academiejaar als na afloop van de examens.

De commissie concludeert dat de opleiding een **betrouwbare, valide en transparante wijze van toetsing** hanteert en is bovendien zeer tevreden over de uitwerking van het toetsbeleid.

Zoals reeds gezegd streeft de opleiding naar een uniforme beoordeling van de bachelor- en masterproeven. Hiervoor heeft de opleiding een beoordelingsformulier ontwikkeld. De masterproef wordt beoordeeld door de promotor en twee lectoren uit het departement. Een deel van de beoordeling omvat het geven van een presentatie. Voor dit doel organiseert de opleiding het 'colloquium master fysica' waar zowel het ZAP en alle leden van het departement zijn uitgenodigd. De beoordeling van de presentatie tijdens dit colloquium gebeurt door alle aanwezige ZAP-leden.

Bovendien heeft de opleiding een externe benchmarking van de scores van de masterproeven laten uitvoeren. Bij wijze van steekproef werden enkele masterproeven voorgelegd aan externe beoordelaars. De externe beoordelaars zijn ZAP-leden of postdocs werkzaam aan een andere universiteit dan de UAntwerpen. Uit de externe benchmarking bleek dat de scores van de externe beoordelaars dicht aansluiten bij de gegeven scores van de promotor. De commissie acht de benchmarking een bijzonder waardevol initiatief.

De commissie heeft tijdens het visitatiebezoek enkele bachelorproeven ingekeken en meent dat deze van prima kwaliteit zijn. De bachelorproef bestaat uit twee delen: een deel experimentele en een deel theoretische fysica, telkens ter waarde van zes studiepunten. De commissie vindt het zeer goed dat de studenten op deze manier in contact komen met het brede spectrum van de fysica. Als aanbeveling ziet de commissie ruimte om de inbedding van de studenten tijdens het schrijven van de bachelorproef in de onderzoeksgroep te versterken. De commissie vindt dat de studenten minimaal gedurende een zestal weken actief moeten zijn binnen de onderzoeksgroepen om zo intensief kennis te maken met de gang van zaken in een onderzoeksgroep.

Ook over de masterproeven is de commissie zeer tevreden. **De commissie heeft een selectie masterproeven ingekeken en stelt dat deze van hoog wetenschappelijk niveau zijn.** Een aantal masterproeven leidt dan ook tot een wetenschappelijke publicatie. In de masterproeven geven de studenten blijkt te beschikken over de nodige academische vaardigheden op het niveau van een beginnend versor. Ook is de commissie tevreden over de begeleiding die de studenten krijgen tijdens het werken aan de masterproef. Zo acht de commissie het positief dat de studenten reeds vroeg in het eerste semester van de master hun onderwerp kiezen en aanvangen met inlezen in het onderwerp. Wanneer het onderzoek start, worden de studenten letterlijk opgenomen in de onderzoeksgroep. Alle studenten krijgen een eigen bureau in het departement en hebben hierdoor veel de mogelijkheid om in overleg te gaan met de promotor en met de masterproefbegeleiders. Ook de feedback verloopt vlot.

De inzetbaarheid van de alumni is breed. Een meerderheid van de afgestudeerden stroomt door naar een doctoraat. Verder is er een uitstroom naar de industrie, consultancy, financiële sector of onderwijs. De uitstroom naar de laatste sector is, net zoals aan de andere Vlaamse fysica opleidingen, laag. De commissie betreurt dit. Een meerderheid van de alumni geeft aan snel werk te vinden. In de gesprekken met de commissie stelde enkele alumni evenwel dat ze tijdens de opleiding geen duidelijk zicht hebben gekregen op het beroepsbeeld van de fysicus. Zij zegden ook geen informatie te hebben verkregen over hoe ze een baan konden vinden. Dit zijn werkpunten voor de opleiding.

De cijfers over het diplomarendement, de drop-out en de studieduur, op basis van de door DHO aangeleverde cijfers, liggen naar de mening van de commissie in de lijn met de andere Vlaamse opleidingen fysica. De opleiding heeft naar aanleiding van de vorige visitatiecommissie een aantal aanbevelingen gekregen om het rendement op te krikken en de drop-out terug te dringen. De commissie merkt dat dit effect heeft gehad, maar toch blijven de cijfers rond drop-out, in vergelijking met natuurkunde opleidingen in de buurlanden, aan de hoge kant. In 2008 en 2009 lag het rendement respectievelijk op 68% en 73%, en lag de drop-out in het eerste jaar respectievelijk op 28% en 42%.

Vooraf de **studie-uitval in het eerste bachelorjaar blijft dus hoog.** Het centrale niveau van de instelling voert exitgesprekken met de uitvallers en heeft een analyse van de drop-out gemaakt, maar de opleidingsverantwoordelijken ervaren dit duidelijk niet als een prioritair beleidspunt. Het

rendement van de masteropleidingen is naar de mening van de commissie op orde. De gemiddelde studieduur voor de bachelor ligt tussen de 3 en 4 jaar. Voor de master ligt deze op 2 jaar.

De masteropleiding ondervindt de laatste tijd negatieve effecten van studenten die zich inschrijven in de master, zonder dat zij hun bacheloroopleiding hebben afgerond. Dit leidt tot een feitelijke verlenging van de masterstudies en stelt problemen rond de volgtijdelijkheid van sommige opleidingsonderdelen. De commissie raadt de opleiding en bij uitbreiding het faculteitsbestuur aan om een harde knip te hanteren en volgtijdelijkheidsregels in te lassen.

De commissie concludeert dat de opleiding een valide, betrouwbare en transparante wijze van toetsing hanteert. Positief vindt de commissie dat de opleidingen in Antwerpen hun toetsbeleid hebben geformaliseerd. Ook het niveau van de afstudeerwerken en de inzetbaarheid van de afgestudeerden stemmen de commissie tevreden. Het diplomarendement en de drop-out in het eerste jaar blijven aandachtspunten. De commissie besluit dat de opleidingen de basiskwaliteit systematisch overschrijden en kent daarom de score 'goed' toe.

Integraal eindoordeel van de commissie

Bachelor of Science in de fysica

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau	G
Generieke kwaliteitswaarborg 2 – Onderwijsproces	G
Generieke kwaliteitswaarborg 3 – Gerealiseerd eindniveau	G

Vermits generieke kwaliteitswaarborg 1 als goed wordt beoordeeld, generieke kwaliteitswaarborg 2 als goed en generieke kwaliteitswaarborg 3 als goed, is het eindoordeel van de opleiding Bachelor of Science in de fysica, conform de beslisregels, goed.

Master of Science in de fysica/physics

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau	V
Generieke kwaliteitswaarborg 2 – Onderwijsproces	G
Generieke kwaliteitswaarborg 3 – Gerealiseerd eindniveau	G

Vermits generieke kwaliteitswaarborg 1 als voldoende wordt beoordeeld, generieke kwaliteitswaarborg 2 als goed en generieke kwaliteitswaarborg 3 als goed, is het eindoordeel van de opleiding Master of Science in de fysica/physics, conform de beslisregels, goed.

Samenvatting van de aanbevelingen in het kader van het verbeterperspectief

Generieke kwaliteitswaarborg 1 – Beoogd eindniveau

- Ontwikkel een doorgedreven onderwijskundige visie voor de master.

Generieke kwaliteitswaarborg 2 – Onderwijsproces

- Bekijk de invulling en de plaats in het curriculum van het opleidingsonderdeel Fysica van het dagelijkse leven.
- Introduceer de grondbeginselen van de algemene relativiteitstheorie in één of meerdere verplichte mastercolleges.
- Versterk de leerlijn informatica en trek ze door naar de master. Stem hiervoor af met studenten en alumni.
- Professionaliseer de docenten en assistenten systematisch. Dit komt de onderwijsvernieuwingen in het programma ten goede.
- Verhoog de instroom en heb speciale aandacht voor meisjes. Werk hiervoor samen met de andere Vlaamse fysica en sterrenkunde opleidingen.

Generieke kwaliteitswaarborg 3 – Gerealiseerd eindniveau

- Verhoog het studierendement en verlaag de drop-out in het eerste jaar van de bachelor.
- Versterk de inbedding van de bachelorproefstudenten in de onderzoeksgroepen.

BIJLAGE I

Personalia van de leden
van de visitatiecommissie

Urbaan M. Titulaer (1941) studeerde natuurkunde aan de Rijksuniversiteit Utrecht, waar hij, na een researchjaar aan Harvard University, ook promoveerde. Aansluitend was hij postdoctoral fellow aan het Massachusetts Institute of Technology en wetenschappelijk medewerker aan de Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule te Aken, waar hij zijn Habilitation (venia docendi) in natuurkunde behaalde. In 1984 werd hij benoemd tot gewoon hoogleraar in de theoretische natuurkunde en hoofd van de afdeling theorie van de gecondenseerde materie aan de Johannes Kepler Universität in Linz, Oostenrijk. Vanaf 2009 is hij emeritus. Zijn voornaamste werkgebied is de statistische fysica. Van 1990 tot 2008 was hij voorzitter van de opleidingscommissie technische natuurkunde. In 1991 en 1992 was hij voorzitter van de Oostenrijkse Natuurkundige Vereniging en van 1993 tot 1996 decaan van de technisch-natuurwetenschappelijke faculteit. Hij was voorzitter van de groep van experts voor het Cross Border Quality Assessment in Physics (Duitsland, Nederland en Vlaanderen, 2000-2001) en voor de reaccreditering van de Debye Graduate School in Utrecht (2003); hij werkte mee aan visitaties Natuur- en Sterrenkunde en Mathematics and Science Education in Nederland. Hij is bestuurslid van de Physics Education Division van de European Physical Society (portefeuille hoger onderwijs) en voorzitter van de commissie voor de accreditatie van opleidingen van het Accreditatieagentschap AQAS in Keulen.

Petra Rudolf (1957) werd geboren in München, Duitsland. Zij studeerde natuurkunde aan de La Sapienza Universiteit van Rome, waar zij zich specialiseerde in Vaste Stof Natuurkunde. In 1987 trad zij toe tot het National Surface Science laboratory TASC INFN in Triëste, Italië voor vijf achtereenvolgende jaren, onderbroken door twee langere periodes in 1989 en in 1990/1991 in de Bell Labs in de Verenigde Staten, waar zij onderzoek startte met de recentelijk ontdekte fullerenen. In 1993 verhuisde zij naar de Universiteit van Namen, België, waar zij in 1995 haar doctoraat behaalde en snel opklom van postdoctoraal onderzoeker tot universitair docent en vervolgens tot universitair hoofddocent, alvorens zij een aantrad als hoogleraar in de Experimentele Vaste Stof Fysica aan de Universiteit van Groningen in 2003. Haar voornaamste onderzoeksinteresses bevinden zich op het gebied van gecondenseerde materie en oppervlakte natuurkunde, in het bijzonder moleculaire motoren, grafen, organische dunne films en inorganische-organische hybriden. Zij heeft 191 wetenschappelijke artikelen en 26 boekhoofdstukken geschreven, en heeft op uitnodiging 70 presentaties op internationale en nationale conferenties gegeven. In de loop van haar carrière leidde zij het afstudeerwerk van 22 master studenten en 23 doctoraatsonderzoeken.

Dr. Rudolf is lid van de redactie van het New Journal of Physics en van EPL. Zij was voorzitter van de Belgische Natuurkundige Vereniging (BPS) in 2000-2001 en is lid van de Raad van Bestuur van de Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie (FOM). Zij werd verkozen tot Fellow van de American Physical Society (2010), Fellow of the Institute of Physics (2001) en Lid van verdienste van de Nederlandse Natuurkundige Vereniging (2006). Voor haar werk op het gebied van moleculaire motoren ontving zij in 2007 de Descartes Prijs van de Europese Commissie. Zij speelde een belangrijke rol bij de vernieuwing van het bachelor- en mastercurriculum (resp. 2009-2010 en 2012-2013) aan de Rijksuniversiteit Groningen in verband met het Sectorplan Natuur- en Scheikunde. Sinds het voorjaar van 2014 is Dr. Rudolf tevens directeur van de Groningen Graduate School of Science. In 2013 werd zij benoemd tot Officier in de Orde van Oranje Nassau door H.M. Beatrix, Koningin der Nederlanden.

Gerard van der Steenhoven (1959) is hoofddirecteur van het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KNMI) sinds begin 2014. Daarvoor was hij decaan van de Faculteit Technische Natuurwetenschappen van de Universiteit Twente. Hij is daar in 2008 benoemd, en werd in 2009 tevens belast met het opbouw en leiding van de Twente Graduate School, een universiteitsbreed instituut voor de opleiding van onderzoekers in opleiding. Van der Steenhoven was van 1989 tot 2008 verbonden aan het Nationaal Instituut voor Subatomaire Fysica, Nikhef, in Amsterdam, van waar uit hij betrokken is geweest bij grote internationale projecten in Lund, Hamburg en Marseille. Hij werd in het jaar 2000 benoemd als bijzonder hoogleraar aan de Rijksuniversiteit Groningen. Na zijn opleiding aan de VU (promotie in 1987) heeft hij tot 1989 als postdoc aan het M.I.T. (Cambridge, Massachusetts) gewerkt. Van der Steenhoven is op verschillende manieren als bestuurder en beleidsmaker betrokken bij de Nederlandse (natuur)wetenschappen. Zo heeft hij in 2004 de Commissie voor de Astrodeeltjesfysica in Nederland opgericht, was hij voorzitter van de Nederlandse Natuurkundige Vereniging (2007-2013), voorzitter van de Onderzoeksschool voor de Procestechnologie (2008-2011) en voorzitter van de Scientific Advisory Committee van het FOM-instituut voor energieonderzoek DIFFER (2009-heden). In de jaren 2012-2013 was hij ook betrokken bij het Topsectorenbeleid van Economische Zaken als vicevoorzitter van het bestuur van het Topconsortium voor Kennis en Innovatie (TKI) voor energiebesparing in de industrie en bestuurslid van de stichting LNG TRD voor onderzoek en ontwikkeling van vloeibaar aardgas. In 2012 is hij benoemd als lid van de beurzencommissie van het Prins Bernhard Cultuurfonds en de tripartite KNAW - NWO - VSNU evaluatiecommissie die het nieuwe SEP-protocol voor onderzoeksevaluaties heeft opgesteld. Van der Steenhoven is getrouwd en heeft twee studerende kinderen.

Jan Kuijpers is hoogleraar emeritus Theoretische Sterrenkunde en oud-decaan van de Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica aan de Radboud Universiteit Nijmegen. Hij studeerde Theoretische Sterrenkunde aan de Universiteit Utrecht en behaalde een doctoraat in de Wiskunde en Natuurwetenschappen in 1975. In de periode 1975-1976 werd hem een NWO-stipendium toegekend voor een verblijf aan het Institute of Astronomy, Cambridge, England. Van 1976 tot 2001 was hij Universitair Docent en later Universitair Hoofddocent aan het Sterrenkundig Instituut van de Universiteit Utrecht. Vanaf 1991 was hij deeltijdhoogleraar aan de Radboud Universiteit Nijmegen. In 2001 werd hij daar gewoon hoogleraar Sterrenkunde met de opdracht een volwaardig bachelor- en master curriculum sterrenkunde op te zetten. In de periode 2001-2006 was hij hoofd van de Afdeling Sterrenkunde. Van 2006-2010 was hij decaan van FNWI, vanaf 2006 hoogleraar Theoretische Sterrenkunde en vanaf 2011 emeritus. Kuijpers heeft zich intensief met onderwijsvernieuwing bezig gehouden in Utrecht en in Nijmegen. In 1999 ontving hij zijn Onderwijskwalificatie Senior Docent aan de Universiteit Utrecht, Van 2000-2001 nam hij deel aan de eerste leergang van het Center of Excellence in University Teaching, Universiteit Utrecht. Zijn onderzoeksgebied is de plasma- en hoge-energie astrofysica, in het bijzonder magnetische verschijnselen op de zon, bij vlamsterren, de magnetosferen van radiopulsars en de werking van zwaartekrachtsgolven op magneetvelden. Hij is (co)-auteur van ruim 150 wetenschappelijke artikelen en leidde 15 doctoraatsonderzoeken. Als decaan was hij verantwoordelijk voor de onderwijsvisitaties van de vijf exacte disciplines binnen zijn faculteit en voor de Nijmeegse Sectorplannen Natuur- en Scheikunde. Op gebied van onderwijs was hij lid en voorzitter van het bestuur van het Julius Instituut van de UU, lid en voorzitter van de NOVA Onderwijs Commissie en de Landelijke Onderwijs Commissie van NOVA, voorzitter van de Kamer Sterrenkunde van de VSNU, lid van de adviesraad voor het Honours Programma/Sirius Programma, lid van de Raad van Bestuur van het Instituut voor Leraar en School van de RU, lid van de Raad voor Natuur- en Sterrenkunde van de KNAW en lid van expertcommissies van het Platform Beta Techniek. Hij ontving onderwijsprizen in 1968, 2000 en 2002, respectievelijk als student, als docent van de studenten natuur- en sterrenkunde van de UU en van die aan de RU. Voor zijn verdiensten voor de sterrenkunde werd hij in 2009 benoemd tot Ridder in de Orde van de Nederlandse Leeuw.

Dirk Verellen (1964) is hoofd medische fysica radiotherapie in het UZ Brussel en hoofddocent biomedische fysica aan de VUB. Hij heeft een opleiding genoten in natuurkunde aan de Universiteit Antwerpen met een proefschrift over “Study of Y-Ba-Cu-O and Bi-Sr-Ca-Cu-O Superconductors by Means of Electron Microscopy” en promoveerde in de medische wetenschappen aan de Vrije Universiteit Brussel, “Practical Aspects of Medical Physics Associated with the Clinical Implementation of Conformal Radiation Therapy”. Zijn huidige onderzoek situeert zich voornamelijk in medische fysica (meer specifiek hoge precisie en beeldgestuurde radiotherapie en medische dosimetrie), met bijzondere interesse voor kwaliteit en veiligheid. Dirk Verellen is auteur van meer dan 100 wetenschappelijke artikelen met peer review (Hirsch-index, 2013: 28) en editor/author van verschillende monografieën. Hij was lid van de board of editors voor het wetenschappelijk tijdschrift “Medical Physics” waarvoor hij nog steeds de functie van associate editor waarneemt. Op academisch gebied is Dirk Verellen naast hoofddocent biomedische fysica (faculteit Geneeskunde en Farmacie), ook cursusdirecteur en docent voor verscheidene opleidingsonderdelen van de ESTRO school of radiotherapy and oncology en gastprofessor bij verscheidene internationale initiatieven voor permanente vorming (o.a. Corso Residenziale di Aggiornamento, con il patrocinio dell’Associazione Italiana di Radioterapia Oncologica, Università Cattolica S. Cuore, Facoltà di Medicina e Chirurgia, Roma, en European School of Medical Physics, European Scientific Institute and European Federation of Organisations for Medical Physics). Onder zijn begeleiding werden reeds meer dan 30 proefwerken gerealiseerd waarvan 7 doctoraatsonderzoeken. Dirk Verellen is op verschillende manieren als beleidsmaker betrokken bij de ontwikkeling van radiotherapie in België en Europa. Zo is hij momenteel als penningmeester lid van executive council en raad van bestuur van de European Society for Radiotherapy and Oncology, en lid van meerdere commissies en werkgroepen in binnen- en buitenland (o.a. het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, het International Atomic Energy Agency (IAEA) en International Committee of Clinical Cancer Research (CIR2C) Institut National du Cancer (INCa)). Hij ontving in 2009 de Spinoza leerstoel aan de Universiteit van Amsterdam (“In recognition for outstanding contributions to medicine and healthcare”) en de ESTRO Klaas Breur Award Lecture in 2015 (“ESTRO Gold Medal in recognition of the major contribution to European Radiotherapy”).

Sophie Viaene (1990) studeerde in het academiejaar 2013-2014 af als Master in de Wetenschappen, Fysica en Sterrenkunde afstudeerrichting onderzoek aan de Vrije Universiteit Brussel. Haar interesse gaat voornamelijk uit naar fotonica, de wetenschap van het licht, maar ook naar de gecondenseerde materie en de algemene relativiteitstheorie van Albert Einstein. Deze takken van de fysica zijn cruciaal voor het ontwerpen van geavanceerde, artificiële materialen – beter bekend als metamaterialen – die hun nut hebben bewezen in tal van revolutionaire toepassingen zoals perfect beeldvormende systemen (lenzen voor microscopen), optimalisaties van antennes (efficiënt uitzenden van radiogolven) en zelfs het perfect onzichtbaar maken van voorwerpen. Als Aspirant van het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek - Vlaanderen start Sophie Viaene een doctoraat aan de Vrije Universiteit Brussel dat aan dit metamateriaalonderzoek zal bijdragen.

Céline Moortgat (1991) studeerde in 2013-2014 af aan de Universiteit Gent als Master in de Wetenschappen, Fysica en Sterrenkunde. In de afstudeerrichting onderzoek specialiseerde zij zich in het gebied van de deeltjesfysica. Medische fysica, stralingsdosimetrie en radioactiviteit behoorden eveneens tot haar interesses. Ze maakte een thesis in het kader van het SoLid experiment, waarin onderzoek verricht wordt naar de reactor anti-neutrino anomalie bij de BR2 kernreactor in het SCK-CEN. Dit onderzoek kan het bestaan van een steriel neutrino aantonen of ontcrachten. Céline zal verder werken aan dit onderzoek als SCK-CEN-beurs Aspirant van het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek Vlaanderen.

