

BACHELOROPLEIDING NATUURKUNDE

FACULTEIT WISKUNDE EN NATUURWETENSCHAPPEN

UNIVERSITEIT LEIDEN

QANU
Catharijnesingel 56
PO Box 8035
3503 RA Utrecht
The Netherlands

Telefoon: +31 (0) 30 230 3100
E-mail: support@qanu.nl
Internet: www.qanu.nl

Projectnummer: Q0727

© 2019 QANU

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



INHOUDSOPGAVE

| | |
|--|-----------|
| RAPPORT OVER DE BACHELOROPLEIDING NATUURKUNDE VAN DE UNIVERSITEIT LEIDEN | 5 |
| ADMINISTRATIEVE GEGEVENS VAN DE OPLEIDING | 5 |
| ADMINISTRATIEVE GEGEVENS VAN DE INSTELLING | 5 |
| SAMENSTELLING VAN HET PANEL..... | 5 |
| WERKWIJZE VAN HET PANEL | 6 |
| SAMENVATTEND OORDEEL VAN HET PANEL | 9 |
| BEHANDELING VAN DE STANDAARDEN UIT HET BEOORDELINGSKADER VOOR DE BEPERKTE OPLEIDINGSBEOORDELING | 11 |
| BIJLAGEN | 21 |
| BIJLAGE 1: DOMEINSPECIFIEK REFERENTIEKADER..... | 23 |
| BIJLAGE 2: BEOOGDE LEERRESULTATEN | 26 |
| BIJLAGE 3: OVERZICHT VAN HET PROGRAMMA | 27 |
| BIJLAGE 4: BEZOEKPROGRAMMA | 28 |
| BIJLAGE 5: BESTUDEERDE EINDWERKEN EN DOCUMENTEN | 29 |

Dit rapport is vastgesteld op 23 september 2019

RAPPORT OVER DE BACHELOROPLEIDING NATUURKUNDE VAN DE UNIVERSITEIT LEIDEN

Dit rapport volgt het Beoordelingskader Accreditatiestelsel Hoger Onderwijs Nederland voor de beperkte opleidingsbeoordeling van de NVAO (d.d. september 2018).

ADMINISTRATIEVE GEGEVENS VAN DE OPLEIDING

Bacheloropleiding Natuurkunde

| | |
|------------------------------|-------------------|
| Naam van de opleiding: | Natuurkunde |
| CROHO-nummer: | 50206 |
| Niveau van de opleiding: | bachelor |
| Oriëntatie van de opleiding: | academisch |
| Aantal studiepunten: | 180 EC |
| Locatie: | Leiden |
| Varianten: | voltijd, deeltijd |
| Onderwijstaal: | Nederlands |
| Indiendatum accreditatie: | 01/11/2019 |

Het bezoek van het visitatiepanel Natuur- en Sterrenkunde aan de Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen van de Universiteit Leiden vond plaats op 23 en 24 april 2019.

ADMINISTRATIEVE GEGEVENS VAN DE INSTELLING

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| Naam van de instelling: | Universiteit Leiden |
| Status van de instelling: | bekostigde instelling |
| Resultaat instellingstoets: | positief |

SAMENSTELLING VAN HET PANEL

De NVAO heeft op 1 februari 2019 ingestemd met de samenstelling van het panel. Het panel dat de bacheloropleiding Natuurkunde beoordeelde bestond uit:

- Prof. dr. R. (Reinder) Coehoorn, hoogleraar in de groep Molecular Materials and Nanosystems en leerstoelhouder Fysica en Applicatie van Nanostructuren aan de TU Eindhoven [voorzitter];
- Prof. dr. M.J. (Margriet) Van Bael, hoogleraar op de afdeling Vaste-stoffysica en Magnetisme en programmadirecteur van POC Fysica en Sterrenkunde aan de Faculteit Wetenschappen van de KU Leuven (België);
- Prof. dr. G. (Garrelt) Mellema, hoogleraar bij het Sterrenkunde-instituut van de Universiteit van Stockholm, alsmede opleidingsdirecteur aldaar;
- Prof. dr. S. (Sjoerd) Stallinga, hoogleraar en hoofd van de afdeling Imaging Physics aan de TU Delft;
- L. (Laura) Scheffer BSc, masterstudent Physics aan de Universiteit Utrecht [studentlid].

Het panel werd ondersteund door Peter Hildering MSc, die optrad als secretaris.

WERKWIJZE VAN HET PANEL

De bacheloropleiding Natuurkunde aan de Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen van de Universiteit Leiden maakt onderdeel uit van de visitatiegroep Natuur- en Sterrenkunde. In de periode april 2019 tot en met juni 2019 beoordeelde het panel in totaal 17 opleidingen aan 5 universiteiten.

Het visitatiepanel bestond uit de volgende leden:

- Prof. dr. R. (Reinder) Coehoorn, hoogleraar in de groep Molecular Materials and Nanosystems en leerstoelhouder Fysica en Applicatie van Nanostructuren aan de TU Eindhoven [voorzitter];
- Prof. dr. M.J. (Margriet) Van Bael, hoogleraar op de afdeling Vaste-stoffysica en Magnetisme en programmadirecteur van POC Fysica en Sterrenkunde aan de Faculteit Wetenschappen van de KU Leuven (België);
- Prof. dr. G. (Garrelt) Mellema, hoogleraar bij het Sterrenkunde-instituut van de Universiteit van Stockholm, alsmede opleidingsdirecteur aldaar;
- Prof. dr. S. (Sjoerd) Stallinga, hoogleraar en hoofd van de afdeling Imaging Physics aan de TU Delft;
- Prof. dr. H. A.J. (Harro) Meijer, hoogleraar Isotopenfysica bij het Centrum voor Isotopen Onderzoek (CIO) en daarnaast directeur van het natuurwetenschappelijke energie-instituut ESRIG aan de Rijksuniversiteit Groningen;
- Prof. dr. G. (Geert) Vanpaemel, deeltijds hoogleraar aan de VU Brussel en deeltijds hoogleraar wetenschapsgeschiedenis aan de Faculteit Wetenschappen van de KU Leuven, waar hij ook coördinator is van het postgraduaat wetenschapsonderwijs;
- J. (Jeffrey) van der Gucht BSc, masterstudent Physics and Astronomy aan de Radboud Universiteit [studentlid];
- B. N. R. (Bram) Lap BSc, masterstudent Astronomy aan de Rijksuniversiteit Groningen [studentlid];
- L. (Laura) Scheffer BSc, masterstudent Physics aan de Universiteit Utrecht [studentlid].

Voor elk bezoek is een (sub)panel samengesteld, waarbij rekening is gehouden met de expertise, onafhankelijkheid en beschikbaarheid van de panelleden.

Projectleider van de visitatiegroep Natuur- en Sterrenkunde was Peter Hildering MSc, medewerker van QANU. Hij was tevens secretaris van het panel tijdens het bezoek aan de Universiteit Leiden en de Universiteit Utrecht. Om de consistentie van de beoordelingen te waarborgen bezocht hij ook de slotbijeenkomsten van het panel van de 4 andere bezoeken en las en becommentarieerde elk conceptrapport. Dr. Barbara van Balen trad op als secretaris tijdens de bezoek aan de Rijksuniversiteit Groningen en het bezoek aan joint degree-opleidingen in Amsterdam. Tijdens het bezoek aan de Radboud Universiteit werd het panel ondersteund door drs. Mariëtte Huisjes.

Vorbereiding

Op 24 januari 2019 vond een vooroverleg plaats met de voorzitter waarin de projectleider hem informeerde over de taakstelling en werkwijze van het panel in het algemeen en de rol van de voorzitter in het bijzonder, en een toelichting gaf op de van toepassing zijnde beoordelingskaders.

Op 15 maart 2019 hield het panel zijn startvergadering, waar de projectleider de panelleden informeerde over de taakstelling, algemene werkwijze en de formele kaders. Het panel maakte tijdens de startvergadering afspraken over de werkwijze in voorbereiding op de bezoeken en heeft de inhoud en toepassing van het domeinspecifieke referentiekader besproken.

De opleidingen schreven ter voorbereiding op de visitatie een zelfevaluatie-rapport en stelden een bezoekprogramma op. Voor elke gespreksronde werden representatieve gesprekspartners geselecteerd. Het bezoekprogramma is in dit rapport opgenomen als Bijlage 4. De zelfevaluatie-rapporten werden na ontvangst door de projectleider gecontroleerd op kwaliteit en volledigheid en vervolgens doorgestuurd aan de panelleden. De panelleden bestudeerden de zelfevaluatie-rapporten en bijlagen en formuleerden op basis hiervan vragen en aandachtspunten ter

voorbereiding op het bezoek. Ook formuleerden de panelleden per opleiding punten die hen in positieve zin opvielen.

Naast de zelfevaluatie rapporten bestudeerde het panel voorafgaand aan het bezoek een selectie van eindwerken. Het panel maakte op basis van de lijst afgestudeerden van de periode 2016-2018 een selectie van 12 eindwerken, met een evenwichtige spreiding in cijfers, afstudeervarianten en begeleiders. Het panel heeft hierbij gebruik gemaakt van de mogelijkheid om een lager aantal eindwerken te selecteren dan voorgeschreven in het kader in het geval van significante overlap tussen de beoordeelde opleidingen in één visitatiebezoek. In het geval van de bacheloropleiding Natuurkunde bestaat dit uit een duidelijke curriculaire overlap met de bacheloropleiding Sterrenkunde en een gezamenlijke examencommissie met de masteropleiding Physics. Daarnaast zijn de procedures van de examencommissies Natuurkunde en Sterrenkunde aangaande de (beoordeling van de) eindwerken sterk op elkaar afgestemd, en is er sprake van interne 'benchmarking' van het niveau van eindwerken via de dubbele bachelor natuur- en sterrenkunde, en de overlap in docententeams die eindwerken beoordelen.

Bezoek

Het visitatiebezoek aan de Universiteit Leiden vond plaats op 23 en 24 april 2019.

Bij de start van het bezoek hield het panel een vooroverleg waarin de eerste bevindingen en vragen en aandachtspunten werden besproken en waarin het panel afspraken maakte over de taakverdeling. De panelleden bespraken ook hun bevindingen ten aanzien van de (beoordeling van de) bestudeerde scripties.

Tijdens het bezoek heeft het panel eveneens onderwijs- en toetsmateriaal en verslagen van de opleidings- en examencommissie bestudeerd. Een overzicht van het bestudeerde materiaal is opgenomen in Bijlage 5. Het panel sprak met studenten en docenten, het management en verantwoordelijken en vertegenwoordigers van de examencommissie. Tevens bood het panel studenten en docenten de gelegenheid om informeel met het panel te spreken tijdens een inloopspreekuur. Van deze gelegenheid is geen gebruik gemaakt.

Het panel gebruikte het laatste deel van het bezoek voor een intern overleg om de voorlopige bevindingen vast te stellen. Ter afsluiting gaf de voorzitter een korte mondelinge toelichting aan alle belangstellenden, waarin hij de belangrijkste observaties van het panel deelde.

Rapportage

De secretaris schreef een conceptrapport op basis van de bevindingen van het panel en legde dat vervolgens voor aan de projectleider voor een collegiale toets. Daarna vroeg de secretaris de panelleden om het rapport te bekijken en van feedback te voorzien. Na verwerking van de feedback en na akkoord van het panel stuurde de projectleider het rapport naar de faculteit met het verzoek om feitelijke onjuistheden te melden. De feitelijke onjuistheden werden na overleg tussen de projectleider en de voorzitter door de secretaris gecorrigeerd. Vervolgens werd het rapport door het panel vastgesteld en toegestuurd aan de Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen en aan het College van Bestuur van de Universiteit Leiden.

Definitie oordelen

In overeenstemming met het Beoordelingskader voor de beperkte opleidingsbeoordeling van de NVAO heeft het panel de volgende definities voor de beoordeling van de afzonderlijke standaarden gehanteerd:

Basiskwaliteit

De kwaliteit die in internationaal perspectief redelijkerwijs mag worden verwacht van een associate degree-, bachelor- of masteropleiding binnen het hoger onderwijs.



Voldoet

De opleiding voldoet op de standaard aan basiskwaliteit.

Voldoet ten dele

De opleiding voldoet in belangrijke mate aan basiskwaliteit op de standaard maar er zijn verbeteringen nodig om volledig aan de standaard te voldoen.

Voldoet niet

De opleiding voldoet niet aan basiskwaliteit op de standaard.

In overeenstemming met het Beoordelingskader voor de beperkte opleidingsbeoordeling van de NVAO heeft het panel de volgende definities gehanteerd voor de beoordeling van de opleiding als geheel:

Positief

Op alle standaarden 'voldoet'.

Positief onder voorwaarden

Standaard 1 'voldoet' en maximaal op twee standaarden een 'voldoet ten dele' waarbij het panel het opleggen van voorwaarden adviseert.

Negatief

In de volgende situaties:

- 'voldoet niet' op een of meer standaarden;
- 'voldoet ten dele' op standaard 1;
- 'voldoet ten dele' op een of twee standaarden waarbij het panel niet adviseert om voorwaarden op te leggen;
- op drie of meer standaarden 'voldoet ten dele'.

SAMENVATTEND OORDEEL VAN HET PANEL

De bacheloropleiding Natuurkunde profileert zich overtuigend als een gedegen, disciplinaire opleiding met een experimentele oriëntatie. Het onderwijs is nauw verweven met het onderzoek, en beoogt studenten op te leiden die voorzien in een behoefte aan primair disciplinair geschoolde natuurkundigen met goede academische en experimentele vaardigheden. De beoogde leerresultaten zijn via een Europees domeinspecifiek referentiekader aangesloten bij de verwachtingen van het vakgebied en het beroepenveld, en zijn qua oriëntatie en niveau passend bij een academische bacheloropleiding. Het panel waardeert de mogelijkheid die de opleiding biedt om een dubbele bachelor met sterrenkunde of wiskunde te behalen.

De onderwijsleeromgeving van de opleiding is zo ingericht dat het studenten in staat stelt de beoogde leerresultaten te behalen, zowel voor de voltijd- als de deeltijdvariant. Het curriculum is degelijk vormgegeven via heldere leerlijnen en vormt een sterke basis in de natuurkunde, met de mogelijkheid tot verbreding of verdieping via keuzevakken. De docenten zijn bekwaam, enthousiasmerend en bereikbaar voor studenten, en geboden onderwijsfaciliteiten zijn passend bij het onderwijs dat de opleiding beoogt te geven. Het panel waardeert de inspanning die de opleiding levert om de studeerbaarheid en het studiesucces in het eerste jaar te vergroten en de extra uitdaging die het studenten biedt door hen in staat te stellen een dubbele bachelor te volgen. De keuze om de Engelse onderwijstaal geleidelijk in de opleiding te introduceren is volgens het panel passend. Het panel moedigt de opleiding aan om door te gaan en docenten te ondersteunen bij de ingezette onderwijsvernieuwingen, om via actieve werkvormen onderwijs te bieden dat beter past bij grotere studentenaantallen. Het adviseert om docenten verder te ondersteunen om een activerende werkvorm te vinden die passend is voor hun vak.

De bacheloropleiding Natuurkunde heeft een adequaat systeem van toetsing waarin studenten in voldoende mate op alle beoogde leerresultaten worden getoetst. De toetsvormen zijn gevarieerd en passend bij de leerdoelen. Een kwaliteitszorgsysteem met een vierogenprincipe rondom het opstellen van toetsvragen en het beoordelen van eindprojecten, en een nieuw ingevoerd beoordelingsformulier voor het eindwerk bevordert de validiteit en transparantie van de toetsing. Het panel adviseert beter toe te zien op het volledig invullen van de beoordelingsformulier en te differentiëren tussen de rubric van de bachelor- en de masteropleiding. De examencommissie vervult haar rol in de kwaliteitsborging van toetsing adequaat, maar zou zich proactiever en normatiever kunnen opstellen rondom het opvolgen van aanbevelingen tot verbetering.

Het panel stelt vast dat de eindwerken van de bacheloropleiding Natuurkunde een goede tot hoge kwaliteit hebben, en laten zien dat studenten de beoogde leerresultaten van de opleiding realiseren. Het grote belang dat de opleiding hecht aan het bacheloronderzoek en de goede onderzoeksomgeving waarin de studenten worden ondergedompeld tijdens hun onderzoekswerk stralen volgens het panel af op de kwaliteit van de bacheloreindwerken. De alumni van de opleiding stromen grotendeels door naar een masteropleiding Physics of een gerelateerde opleiding en ervaren daarbij een goede aansluiting tussen beide opleidingen.



Het panel beoordeelt de Standaarden uit het Beoordelingskader voor de beperkte opleidingsbeoordeling als volgt:

Bacheloropleiding Natuurkunde

| | |
|---|----------|
| Standaard 1: Beoogde leerresultaten | voldoet |
| Standaard 2: Onderwijsleeromgeving | voldoet |
| Standaard 3: Toetsing | voldoet |
| Standaard 4: Gerealiseerde leerresultaten | voldoet |
| Algemeen eindoordeel | positief |

De voorzitter van het panel, prof. dr. Reinder Coehoorn, en de secretaris, Peter Hildering MSc, verklaren hierbij dat alle panelleden kennis hebben genomen van dit rapport en instemmen met de hierin vastgestelde oordelen. Zij verklaren ook dat de beoordeling in onafhankelijkheid heeft plaatsgevonden.

Datum: 23 september 2019

BEHANDELING VAN DE STANDAARDEN UIT HET BEOORDELINGSKADER VOOR DE BEPERKTE OPLEIDINGSBEOORDELING

Standaard 1: Beoogde leerresultaten

De beoogde leerresultaten passen bij het niveau en de oriëntatie van de opleiding en zijn afgestemd op de verwachtingen van het beroepenveld en het vakgebied en op internationale eisen.

Bevindingen

De bacheloropleiding Natuurkunde wordt, net als de masteropleiding Physics, georganiseerd door het Leids Instituut voor Onderzoek in de Natuurkunde (LION), dat onderdeel is van de Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen (FWN) van de Universiteit Leiden. Het LION werkt daarbij nauw samen met de Leidse Sterrewacht, het instituut binnen FWN dat de verwante bacheloropleiding Sterrenkunde en masteropleiding Astronomy aanbiedt.

Visie en profilering

Het LION heeft de bacheloropleiding Natuurkunde ingericht als een sterk academisch en experimenteel georiënteerde opleiding. Naast een stevige disciplinaire basis in de natuurkunde besteedt de opleiding ruim aandacht aan academische en experimentele vaardigheden, en bereidt studenten daarmee voor op het doen van onderzoek binnen één van de onderzoeksgroepen van het LION tijdens het laatste half jaar van de opleiding. Het onderwijs in de opleiding is daarmee nauw verweven met het onderzoek van het LION, en beoogt studenten op internationaal competitief bachelorniveau in de natuurkunde te brengen. Deze visie van de opleiding komt overeen met het beeld dat het panel van de opleiding heeft gekregen op basis van de documentatie en de gesprekken tijdens het visitatiebezoek. Studenten leren in een hoogwaardige onderzoeksomgeving (experimenteel) onderzoek te doen. Daarbij krijgen zij zeer gedegen, disciplinair onderwijs in de natuurkunde.

Het panel heeft tijdens de visitatie met de opleiding van gedachten gewisseld over deze keuze om de opleiding sterk disciplinair in te richten. De grote uitdagingen waar de wetenschap voor staat, zoals vraagstukken rondom energie en duurzaamheid, vragen immers om een multidisciplinaire benadering. De opleiding heeft daarbij toegelicht dat dit een bewuste keuze is. Om een multidisciplinair team tot een succes te maken zijn niet alleen multidisciplinaire onderzoekers nodig, maar juist ook gespecialiseerde disciplinaire onderzoekers op verschillende vakgebieden die met elkaar samenwerken. Het LION wil deze specialisten in de natuurkunde leveren en biedt daarom bewust een *core* curriculum aan. Het panel onderschrijft deze visie en is van oordeel dat de opleiding hiermee een weloverwogen keuze maakt die voorziet in een behoefte van het veld.

Beoogde leerresultaten

Om een gedegen basis te bieden in de natuurkunde hanteert de opleiding de beoogde leerresultaten uit het domeinspecifiek referentiekader Natuurkunde (zie Bijlage 1). Dit referentiekader, dat alle natuur- en sterrenkundeopleidingen in Nederland gebruiken, is de internationale standaard voor opleidingen in het vakgebied. Het is ontwikkeld in een gemeenschappelijk proces op Europees niveau (Tuning Physics) om de opleidingen natuur- en sterrenkunde internationaal op elkaar af te stemmen. Deze beoogde leerresultaten beschrijven aan de hand van de vijf Dublin-descriptoren de kennis, inzicht en vaardigheden die iedere bachelorstudent natuur- of sterrenkunde zou moeten bezitten, onafhankelijk van zijn of haar specialisatie-richting. Naast de domeinspecifieke leerresultaten hanteert de opleiding acht facultaire beoogde leerresultaten, die alle bachelorstudenten van de faculteit FWN dienen te bereiken. Deze beoogde leerresultaten beschrijven op generiek niveau welke kennis, inzicht en vaardigheden een bachelorstudent van de faculteit zou moeten bezitten na afronding van de opleiding.



De opleiding heeft het panel een overzicht getoond waarin deze domeinspecifieke en facultaire leerresultaten volgens de Dublin-descriptoren zijn geordend tot een coherent geheel (zie Bijlage 2). Het panel heeft dit overzicht bestudeerd en is van oordeel dat deze twee sets beoogde leerresultaten gezamenlijk een adequaat en inzichtelijk beeld geven van de eindkwalificaties die studenten van de opleiding dienen te bezitten. De academische oriëntatie en het niveau van de opleiding zijn duidelijk zichtbaar door de expliciete koppeling aan de Dublin-descriptoren. Het panel is positief over de gelijkgeschiktheid van de opleidingen natuur- en sterrenkunde op Europees niveau, en is van oordeel dat dit studenten in een uitstekende positie brengt om een masteropleiding in zowel Nederland als elders in de wereld te kunnen volgen. Bovendien stelt dit de opleidingen in staat om een eenduidig profiel van hun afgestudeerden te communiceren naar zowel het vakgebied als het beroepenveld.

Dubbele bachelor

De opleiding biedt studenten de mogelijkheid tot het volgen van een dubbele bachelor met Sterrenkunde of Wiskunde aan dezelfde faculteit. Hiermee maakt de opleiding gebruik van de overlap die tussen deze vakgebieden bestaat om studenten een curriculum van 210 EC te bieden waarmee zij beide bacheloropleidingen overdekken. Bijna de helft van de studenten Natuurkunde maakt gebruik van deze mogelijkheid en behaalt hiermee aan het einde van hun opleiding twee bachelordiploma's.

Het panel waardeert deze mogelijkheid die de opleiding biedt. De opleiding biedt hiermee studenten een extra uitdaging en extra keuzemogelijkheden aan het einde van hun bacheloropleiding voor een vervolgopleiding en –carrière. Studenten waarderen de inspanning die de opleiding levert om deze combinatie mogelijk te maken, wat het panel weerspiegeld ziet in de brede interesse voor deze trajecten.

Overwegingen

De bacheloropleiding Natuurkunde profileert zich overtuigend als een gedegen, disciplinaire opleiding met een experimentele oriëntatie. Het onderwijs is nauw verweven met het onderzoek, en beoogt studenten op te leiden die voorzien in een behoefte aan primair disciplinair geschoolde natuurkundigen met goede academische en experimentele vaardigheden. De beoogde leerresultaten zijn via een Europees domeinspecifiek referentiekader aangesloten bij de verwachtingen van het vakgebied en het beroepenveld, en zijn qua oriëntatie en niveau passend bij een academische bacheloropleiding. Het panel waardeert de mogelijkheid die de opleiding biedt om een dubbele bachelor met sterrenkunde of wiskunde te behalen.

Conclusie

Bacheloropleiding Natuurkunde: het panel beoordeelt Standaard 1 als 'voldoet'.

Standaard 2: Onderwijsleeromgeving

Het programma, de onderwijsleeromgeving en de kwaliteit van het docententeam maken het voor de instromende studenten mogelijk de beoogde leerresultaten te realiseren.

Bevindingen

Curriculum

Het curriculum van de bacheloropleiding Natuurkunde bestaat voor 115 EC uit verplichte vakken, 41 EC aan keuzevakken en 24 EC voor het afstudeeronderzoek. De verplichte vakken zijn onderverdeeld in vijf leerlijnen: kernvakken natuurkunde (52 EC), wiskunde (30 EC), experimentele vaardigheden (16 EC), computervaardigheden (7 EC) en academische vaardigheden (10 EC). De leerlijnen natuurkunde, wiskunde en experimentele vaardigheden concentreren zich in de eerste twee jaar van de opleiding. Studenten krijgen hier een brede basis in de natuurkunde, en leren de wiskunde die daarvoor benodigd is. De experimentele vaardigheden verkrijgen studenten door zelf experimenten uit te voeren in practica, waarbij de opleiding door de leerlijn heen een toenemende mate van zelfstandigheid en creativiteit van studenten vraagt. In de leerlijn computervaardigheden bekwamen

studenten zich in de programmeertaal Python. De opleiding heeft recent gekozen voor deze taal ter vervanging van C++, omdat Python in toenemende mate door het veld wordt gebruikt in natuurkundig onderzoek. De academische vaardigheden omvatten een verzameling vakken rondom presenteren en communiceren, ethiek en voorbereiding op het afstudeeronderzoek.

Binnen de keuzeruimte kunnen studenten zich verder verdiepen of verbreden binnen de natuurkunde of (deels) daarbuiten. De opleiding biedt zelf 17 keuzevakken aan, gegroepeerd in vier categorieën: Fundamenten (verdiepingsvakken natuurkunde), Sterrenkunde (verbredingsvakken sterrenkunde), Biofysica (verbredingsvakken biologie en levenswetenschappen) en Maatschappij (verbredingsvakken gericht op maatschappelijke thema's). Daarnaast kunnen studenten ook kiezen om in hun derde jaar een verbredende minor bij een andere opleiding binnen of buiten de Universiteit Leiden te volgen.

Het afsluitende afstudeeronderzoek van de opleiding is met 24 EC relatief groot. Dit reflecteert het grote belang dat de opleiding aan onderzoeksvaardigheden hecht. Omdat experimentele vaardigheden in de opleiding een belangrijke plek innemen, moet het onderzoek altijd een experimentele component bevatten. Studenten voeren dit onderzoek individueel uit in één van de onderzoeksgroepen van het LION onder dagelijkse begeleiding van een onderzoeker van het instituut.

Het panel heeft het curriculum van de bacheloropleiding Natuurkunde en de inhoud van een aantal vakken bestudeerd en is van oordeel dat de opleiding een sterk en solide curriculum biedt dat alle componenten bevat die van een bacheloropleiding natuurkunde verwacht mogen worden. De leerlijnen garanderen samenhang binnen het curriculum. Het panel is positief over de aandacht voor academische vaardigheden en de expliciete inbedding hiervan in leerlijnen. Wel gaven studenten bij het panel aan dat deze academische vaardigheden ongelijk over de semesters verdeeld zijn, met een grotere aandacht voor dit onderwerp in aanloop naar het eindwerk in het derde jaar. Zij zouden de voorkeur hebben om in elk semester vaardigheden zoals presenteren en communiceren te ontwikkelen. Het panel geeft de opleiding in overweging om een vaardighedencomponent binnen de reguliere vakken in ieder semester op te nemen, met het doel deze leerlijn gelijkmatiger over de opleiding te verdelen.

De experimentele oriëntatie van de opleiding is volgens het panel duidelijk zichtbaar in de ruime aandacht voor experimentele vaardigheden, computervaardigheden en de grote omvang van het eindwerk. De experimenteevakken dagen studenten uit hun onderzoeksvaardigheden en creativiteit te ontwikkelen, en sluiten daarmee aan bij het experimentele eindwerk. De opleiding biedt een brede disciplinaire basis in de natuurkunde, maar studenten die dat willen kunnen zich via een ruim aanbod van keuzevakken en minoren interdisciplinair verbreden.

Dubbele bachelors

De opleiding faciliteert het combineren van de bacheloropleiding natuurkunde met sterrenkunde of wiskunde binnen drie jaar. Studenten volgen hierbij een curriculum van 210 EC (N+S) of 250 EC (N+W). Bij deze combinatiebachelors is de keuzeruimte ingevuld met vakken van de tweede opleiding, en is het toegestaan om één eindwerk te schrijven over een onderwerp op het snijvlak van beide disciplines. Na afronding van dit gecombineerde curriculum ontvangen studenten voor beide opleidingen een bachelordiploma. De dubbele bachelor is populair: meer dan de helft van de studenten maakt gebruik van deze mogelijkheid. Hierbij is vooral de gecombineerde bachelor natuurkunde-sterrenkunde populair: 40% van alle natuurkundestudenten volgt beide bachelors.

Het panel is positief over de mogelijkheid een dubbele bachelor te volgen. Vanwege de overlap tussen de drie vakgebieden is het een voor de hand liggende mogelijkheid. Het panel waardeert de inspanning die de opleiding levert om deze combinatie voor studenten rooster-technisch te realiseren, zodat ambitieuze en hardwerkende studenten dit zelfs zonder studievertraging zouden kunnen afronden.



Deeltijdvariant

Bijna alle studenten volgen het onderwijs op fulltime basis, maar als extra service biedt de opleiding ook een deeltijdvariant. Ongeveer 1-2 studenten per jaar kiezen deze optie. Met deze studenten spreekt de opleiding op individuele basis coherente en op elkaar aansluitende vakkenpakketten van 30 EC per jaar af. Deze studenten volgen voor deze vakken het reguliere onderwijs, waarbij de opleiding ervoor zorgt dat het individuele deeltijdcurriculum de benodigde samenhang vertoont. Het panel heeft kennis genomen van deze deeltijdvariant, en oordeelt dat deze opzet studenten voldoende in staat stelt de beoogde leerresultaten te realiseren in deeltijd.

Didactiek

De bacheloropleiding Natuurkunde is lange tijd een relatief kleine opleiding geweest met een instroom van 50-75 studenten per jaar. De opleiding heeft hierdoor van origine een kleinschalig karakter dat door zowel studenten als docenten zeer gewaardeerd wordt. De didactiek van de opleiding sluit hierbij aan. In de opleiding staan traditionele hoor- en werkcolleges centraal, waarbij er veel ruimte is voor interactiviteit, discussies en oefening. Door stijgende studentenaantallen in de laatste jaren staat deze vorm van onderwijs onder druk. De opleiding is hierdoor bezig met het ontwikkelen van actievere werkvormen om de effectiviteit van het onderwijs te vergroten. Dit sluit ook aan bij de universitaire onderwijsvisie om activerend onderwijs over de hele universiteit in te zetten. De opleiding wil dit niet top-down aan haar onderwijzend personeel opleggen, maar individuele docenten de gelegenheid geven om bottom-up met nieuwe initiatieven te komen. Diverse docenten maken hier gebruik van en zetten bijvoorbeeld verschillende varianten van de 'flipped classroom' in, waarbij studenten thuis materiaal voorbereiden en de docent de contactmomenten inzet voor verwerking van de materie.

Het panel heeft tijdens de visitatie uitgebreid gesproken met management, docenten en studenten over deze onderwijsvernieuwingen. Het heeft daarbij vernomen dat binnen de opleiding een brede diversiteit aan meningen bestaat over dit onderwerp. Studenten waarderen de inspanning van docenten die vernieuwende werkvormen inzetten, maar zijn soms kritisch op de effectiviteit hiervan. Volgens de studenten bestaat bij een deel van de studentpopulatie ook veel waardering voor traditionelere onderwijsvormen waarbij docenten uitleg geven op een schoolbord. Docenten herkennen dit, en hebben gezien dat vakken met innovatieve werkvormen door studenten vaak lager geëvalueerd worden.

Het panel stimuleert de opleiding om de discussie over actieve werkvormen voort te zetten. Het inzetten van deze werkvormen is volgens het panel geen doel op zich, maar stijgende studentenaantallen zetten de bestaande onderwijsvormen onder druk, en vragen om een andere aanpak. Het panel waardeert de vrijheid die de opleiding docenten geeft om bottom-up te ontwikkelen, maar beveelt aan om hen hier nog verder in te ondersteunen om vernieuwingen een grotere kans van slagen te geven. De opleiding zou bijvoorbeeld kunnen overwegen om docenten die hun vak willen innoveren hierbij extra te ondersteunen met (extern) onderwijskundig advies. Daarbij geeft het panel de opleiding mee om verder te kijken dan alleen de 'flipped classroom' waar de discussie zich nu vooral op lijkt toe te spitsen. Er zijn ook vele andere vormen van activerend onderwijs, die met een goede onderwijskundige ondersteuning ingezet zouden kunnen worden in de opleiding. Het panel adviseert daarnaast om studenten te betrekken bij het ontwikkelen van nieuwe onderwijsvormen om de slagingskansen hiervan te vergroten.

Binnen de experimentele vakken werken studenten aan practica. In deze practica laat de opleiding studenten zo veel mogelijk werken aan open experimenten. Dit zijn vraagstukken die geen vastgesteld antwoord kennen, maar waar studenten (onder begeleiding) zelf een experiment moeten opzetten. Soms kunnen studenten hierbij ook aan een eigen ingediend onderwerp werken. Het panel heeft tijdens de visitatie het practicum van één van de experimentele vakken kunnen bezoeken. Het is positief over deze werkvorm, die aansluit bij het doel van de opleiding om de experimentele vaardigheden van studenten te ontwikkelen. Daarnaast bereidt het studenten goed voor op het uitvoeren van het grotere bacheloreindwerk, waarin zij individueel een experimenteel onderzoek naar een open probleem in één van de onderzoeksgroepen uitvoeren.

Onderwijstaal

De taal binnen de bacheloropleiding Natuurkunde is een combinatie van Nederlands en Engels. Het eerste jaar is volledig in het Nederlands, in het tweede jaar is ongeveer de helft van de vakken in het Engels, en het derde jaar is het onderwijs volledig in het Engels. De opleiding wil op deze manier studenten geleidelijk vertrouwd maken met Engelstalig onderwijs. Dit is voor de opleiding essentieel, omdat zowel voor aansluitende masteropleidingen als de (internationale) arbeidsmarkt beheersing van de Engelse taal nodig is. Door het aandeel Engelstalige vakken in de opleiding geleidelijk te laten toenemen, ervaren studenten een geleidelijke overgang tussen het middelbaar onderwijs en Engelstalig academisch onderwijs, en is het mogelijk om niet-Nederlandstalige docenten in te zetten in het bacheloronderwijs.

Het panel heeft met instemming kennisgenomen van deze keuze. Het is van oordeel dat beheersing van de Engelse taal voor een natuurkundige van groot belang is, en waardeert de manier waarop de opleiding de overgang hiernaar voor studenten vergemakkelijkt. De studenten die het panel hierover heeft gesproken heeft, waarden deze opzet en melden dat deze hen heeft geholpen om te wennen aan het volgen van Engelstalig onderwijs. Zij zijn daarnaast tevreden over de kwaliteit van het Engels van hun docenten, wat geholpen wordt door het feit dat docenten die liever in het Nederlands onderwijzen, hier ook de kans toe hebben binnen de opleiding.

Studeerbaarheid

De bacheloropleiding Natuurkunde besteedt veel zorg aan het bevorderen van de studeerbaarheid van de opleiding. De opleiding staat bekend als zwaar vanwege het hoge aantal contacturen per week in de eerste semesters (30+ uur) en de grote hoeveelheid wiskunde in het eerste jaar. Op dit laatste punt heeft de opleiding ervaren dat niet alle studenten hier op voorbereid zijn. De uitval in het eerste jaar ligt de laatste jaren steeds boven 40%, waarbij de opleiding een sterke correlatie heeft gevonden tussen het eindcijfer wiskunde op het vwo en de kans op uitval in het eerste jaar. Als studenten eenmaal het eerste jaar door zijn, behalen de meesten ook het diploma. Om dit aan te pakken heeft de opleiding voorafgaand aan het collegejaar 2018-2019 verplichte matching geïntroduceerd. Hierbij doorlopen aspirant-studenten voor inschrijving een programma met een wiskundetoets en proefcollege en leveren een cijferlijst en motivatiebrief aan. Op basis hiervan voert de opleiding een matchingsgesprek met de student, en krijgt deze advies over inschrijving in de opleiding. Een trendbrekende 20% daling van het aantal studenten in 2018-2019 lijkt te wijzen op succes van deze matching en de opleiding hoopt aan het einde van het collegejaar ook een daling in de uitval onder eerstejaars te kunnen opmerken.

De opleiding begeleidt studenten in het eerste jaar extra intensief: eerst via een mentoraat met ouderejaarsstudenten in de eerste maanden, en daarna via een (vrijwillig) tutoraat met kleine tutorgroepen van maximaal 5 studenten die elkaar onder begeleiding van een ouderejaarsstudent coachen en steunen. Door de hele opleiding heen heeft de studieadviseur een belangrijke rol in het monitoren van de voortgang van studenten, en is onder andere betrokken bij het opstellen van het persoonlijk studieplan voor iedere student in het tweede en derde jaar, waarbij zij hun onderwijsinteresses en keuzes voor het vervolg van de opleiding inplannen.

De studenten die het panel gesproken heeft noemen de opleiding zwaar, maar haalbaar. Zij stellen de studentbegeleiding vanuit de opleiding op prijs. De studentgerichte houding van de opleiding en docenten noemen zij als groot pluspunt: de opleiding is altijd bereid een extra stap te zetten om tegemoet te komen aan wensen en behoeftes van studenten. Naast oog voor studenten die moeite hebben met het hoge niveau, heeft de opleiding ook te maken met studenten die juist behoefte hebben aan een extra uitdaging. Voor deze studenten is de dubbele bachelor met wiskunde of sterrenkunde in drie jaar bedoeld. Studenten waarden deze mogelijkheid zeer, en maken hier veelvuldig gebruik van: ongeveer de helft van de studenten binnen de opleiding volgt een tweede bachelor sterrenkunde of wiskunde, of is een wis- of sterrenkundestudent die natuurkunde als tweede bachelor volgt.



Het panel waardeert de inspanning die de opleiding levert rondom de studeerbaarheid van de opleiding en studentbegeleiding, en ziet de waardering die studenten hiervoor hebben. De panelleden herkennen de uitdaging die een bacheloropleiding natuurkunde heeft om studenten adequaat voor te lichten over de aard en het niveau van de opleiding. Het ziet verplichte matching als een goed middel om dit te bereiken en hoopt met de opleiding dat dit het studiesucces in het eerste jaar positief zal beïnvloeden.

Tijdens de visitatie heeft het panel met studenten, docenten en opleidingsmanagement gesproken over het gebruik van online communicatiemiddelen binnen de opleiding naar aanleiding van klachten hierover in het studenthoofdstuk. Studenten merken hier op dat docenten niet allemaal het officiële online platform Blackboard gebruiken, maar in sommige gevallen eigen websites voor vakken hanteren, wat de vindbaarheid van informatie niet ten goede komt. Het opleidingsmanagement geeft desgevraagd aan dat het gebruik van Blackboard ook de afspraak is en heeft al tijdens de visitatie toegezegd deze afspraak strakker te zullen handhaven.

Docenten

De docenten binnen de opleiding zijn allen werkzaam als onderzoeker bij het LION of één van de andere instituten aan de FWN. Zij zijn allen gepromoveerd en aangesteld als universitair (hoofd)docent of hoogleraar. Elke nieuwe docent is sinds 2008 verplicht een Basiskwalificatie Onderwijs (BKO) te behalen, wat ertoe heeft geleid dat op dit moment ongeveer 90% van de docenten binnen de opleiding in het bezit van deze kwalificatie is. Daarnaast organiseert de opleiding in samenwerking met de faculteit minimaal vier keer per jaar themamiddagen over onderwijs en nodigen docenten regelmatig collega-docenten uit om hun colleges te volgen en hen daarna van feedback te voorzien.

De opleiding is van mening dat vakken het beste gegeven kunnen worden door specialisten in het betreffende veld. Wiskunde- en informaticavakken worden daarom bijvoorbeeld gegeven door docenten van de wiskunde- en informatica-instituten binnen de faculteit. Elke docent geeft typisch 1-2 vakken per jaar. De opleiding kiest er daarbij voor om vakken elke vier jaar van docent te laten wisselen. Dit is bedoeld om automatisen te voorkomen, en het onderwijs voor docenten uitdagend te houden. De docenten die het panel heeft gesproken ondersteunen deze visie van harte en melden dat dit hen uitdaagt om hun vakken te blijven vernieuwen.

Studenten vertellen dat zij hun docenten als zeer deskundig, enthousiasmerend en bereikbaar ervaren. Zij merken dat, ondanks de stijgende studentenaantallen, de opleiding nog altijd kleinschalig voelt door de korte lijnen tussen studenten en docenten en de extra inspanning die docenten altijd bereid zijn te leveren voor hun studenten. Het panel onderschrijft dit oordeel van de studenten. Het is daarnaast positief over de keuze om vakken regelmatig van docent te laten wisselen, en ziet dit als een mooi middel om vakken vernieuwend te houden. Het enthousiasme van docenten voor deze werkwijze ondersteunt volgens het panel de waardering van docenten voor het geven van onderwijs in de opleiding.

Faciliteiten

De opleiding gebruikt de onderwijsfaciliteiten die de faculteit FWN aanbiedt. Daarnaast heeft het LION beschikking over een aantal eigen practicum-, computer- en zelfstudieruimtes. Hierbij hoort een studio classroom, een speciale onderwijsruimte die de opleiding samen met de bacheloropleiding Sterrenkunde heeft ingericht om actieve werkvormen te ondersteunen, en werkplekken voor studenten die aan hun bacheloronderzoek werken. Het panel heeft deze faciliteiten tijdens de visitatie bezocht en studenten gevraagd naar hun mening hierover. Het panel is van oordeel dat deze passend zijn voor de doelen van de opleiding. De practicumruimtes zijn uitgerust met een ruime hoeveelheid materialen en instrumenten om studenten de mogelijkheid te geven experimenten naar eigen inzicht op te zetten. Het panel is daarnaast positief over de studio classroom, die aansluit bij de stappen die de opleiding wil zetten op het gebied van actieve werkvorm en over de mogelijkheid voor studenten om op een eigen werkplek aan hun bacheloronderzoek te werken. Studenten en docenten zien dat de stijgende studentenaantallen bij Natuurkunde en Sterrenkunde deze faciliteiten onder druk

kunnen zetten, maar de opleiding heeft er vertrouwen in dit in de toekomst te kunnen blijven ondervangen met passende roostering en waar nodig uitbreiding van het aantal plekken.

Overwegingen

De onderwijsleeromgeving van de opleiding is zo ingericht dat het studenten in staat stelt de beoogde leerresultaten te behalen, zowel voor de voltijd- als de deeltijdvariant. Het curriculum is degelijk vormgegeven via heldere leerlijnen en vormt een sterke basis in de natuurkunde, met de mogelijkheid tot verbreding of verdieping via keuzevakken. De docenten zijn bekwaam, enthousiasmerend en bereikbaar voor studenten, en geboden onderwijsfaciliteiten zijn passend bij het onderwijs dat de opleiding beoogt te geven. Het panel waardeert de inspanning die de opleiding levert om de studeerbaarheid en het studiesucces in het eerste jaar te vergroten en de extra uitdaging die het studenten biedt door hen in staat te stellen een dubbele bachelor te volgen. De keuze om de Engelse onderwijstaal geleidelijk in de opleiding te introduceren is volgens het panel passend.

Het panel moedigt de opleiding aan om door te gaan en docenten te ondersteunen bij de ingezette onderwijsvernieuwingen, om via actieve werkvormen onderwijs te bieden dat beter past bij grotere studentenaantallen. Het adviseert om docenten verder te ondersteunen om een activerende werkvorm te vinden die passend is voor hun vak.

Conclusie

Bacheloropleiding Natuurkunde: het panel beoordeelt Standaard 2 als 'voldoet'.

Standaard 3: Toetsing

De opleiding beschikt over een adequaat systeem van toetsing.

Bevindingen

Systeem van toetsing

De opleiding gebruikt verschillende vormen van toetsing om kennis, inzicht en vaardigheden van studenten te toetsen. De meest gebruikelijke vorm voor het toetsen binnen vakken is een afsluitend schriftelijk tentamen met open vragen over de volledige lesstof. De vakdocent stelt de toetsvragen en een antwoordmodel op en laat deze door een tweede lezer checken op validiteit, bruikbaarheid, betrouwbaarheid en transparantie. Deze tweede lezer is meestal de docent die voor de vierjaarlijkse wissel van docenten het vak verzorgde. De tentamens vermelden van tevoren duidelijk wat het gewicht is van de verschillende onderdelen. Sommige vakken hanteren vrijwillige zelfstudieopdrachten die bij correcte voltooiing een kleine bonus op het tentamencijfer kunnen opleveren, waarbij het tentamen zelf minimaal met een 5,0 afgesloten moet worden om het vak te halen. Sommige vakken gebruiken in plaats van een afsluitend tentamen een aantal opdrachten die studenten in de loop van het vak voltooien. Dit zijn bijvoorbeeld een essay of een presentatie over een geselecteerd onderwerp. Met deze opdrachten toetst de opleiding niet alleen kennis en inzicht, maar ook vaardigheden zoals schrijven en presenteren.

Programmeervaardigheden toetst de opleiding met het schrijven van computerprogramma's. Dit komt niet alleen terug in de programmeervakken, maar ook in andere vakken als onderdeel van de Python-leerlijn. De beoordeling van practica en onderzoekopdrachten is een gewogen oordeel waarbij de begeleider de (experimentele) vaardigheden in de praktijk, de vastlegging in de vorm van een verslag en in sommige gevallen de mondelinge presentatie allen meeweegt. Deze zijn vastgelegd in een rubric. Studenten krijgen altijd een individuele beoordeling, ook als zij de experimenten in duo's uitvoeren.

Het panel heeft kennis genomen van het systeem van toetsing en een aantal voorbeelden van toetsen binnen de opleiding gezien. Daarnaast heeft het panel het toetsplan van de opleiding bekeken, waarin de opleiding inzichtelijk heeft gemaakt hoe zij de beoogde leerresultaten over de verschillende



vakken toetst. Het panel oordeelt positief over de gebruikte toetsvormen. De toetsen beoordelen kennis, inzicht en (onderzoeks)vaardigheden van de student, en toetsen in voldoende mate de beoogde leerresultaten van de opleiding. Onder andere de check door een tweede lezer op alle tentamenopgaven en de individuele beoordeling bij alle practica zijn goede methoden om de validiteit van de toetsing te verhogen. Het is het panel opgevallen dat de opleiding geen fraudecontrole hanteert op practicumverslagen. Het panel adviseert de opleiding hier aandacht aan te besteden, bijvoorbeeld door de plagiaatchecker te gebruiken die zij ook voor het eindwerk hanteert. Vanwege de vergelijkbaarheid van bachelorpractica tussen de cohorten en soms ook tussen instellingen, circuleren er op internet practicumverslagen van natuurkundeproeven. De opleiding zou er goed aan doen uit te sluiten dat studenten deze verslagen gebruiken.

Een aantal vakken uit het eerste jaar gebruikt als onderdeel van een pilot de elektronische leeromgeving Sowiso om automatisch opdrachten na te kijken. De ervaringen hiermee zijn onder zowel docenten als studenten niet positief, met name vanwege de zeer beperkte feedback die studenten op hun nagekeken werk ontvangen. De opleiding heeft aan het panel aangegeven dat zij niet verder willen met dit systeem, wat het panel gezien de klachten van studenten hierover een verstandige beslissing vindt.

Beoordeling eindwerken

Studenten sluiten hun opleiding af met een bachelorproject van 24 EC, dat zij binnen een onderzoeksgroep van het LION uitvoeren. Zij stellen in overleg met hun begeleider zelf een onderwerp vast, met als voorwaarde dat het project altijd een experimentele component bevat, en door de student individueel kan worden uitgevoerd binnen een semester. De beoordeling van dit project gebeurt in principe door twee examinatoren: de directe begeleider en een onafhankelijke tweede beoordelaar. Deze beoordeling valt uiteen in drie delen: het onderzoek zelf (20 EC), de vastlegging hiervan in de scriptie (3 EC) en de mondelinge presentatie (1 EC). De twee beoordelaars stellen in overleg het oordeel op alle drie de onderdelen vast, en motiveren en administreren dit op een beoordelingsformulier. Als de twee beoordelaars niet tot een gemeenschappelijk cijfer kunnen komen, geldt als eindcijfer het gemiddelde cijfer van beide beoordelaars. Iedere scriptie wordt daarnaast via Turnitin gecontroleerd op plagiaat en opgeslagen in een online scriptiearchief.

Het beoordelingsformulier is in 2018 vernieuwd, en voorzien van zeven beoordelingscriteria die beoordelaars aan de hand van een rubric kunnen invullen. De bedoeling van dit nieuwe formulier en de rubric is om de uniformiteit van de beoordelingen verder te bevorderen. Het panel oordeelt dat het beoordelingsproces van het bacheloreindwerk adequaat is opgezet. Het gehanteerde vierogenprincipe en de scheiding tussen onderzoek, scriptie en presentatie verhogen de validiteit en transparantie van het oordeel. Het panel heeft een aantal oude en nieuwe beoordelingsformulieren ingezien, behorend bij de eindwerken die zij voorafgaand aan het bezoek heeft bestudeerd. Het heeft daarbij kunnen vaststellen dat het nieuwe beoordelingsformulier een betere scheiding tussen de evaluatie van onderzoek, scriptie en presentatie toelaat en inzichtelijker maakt hoe het oordeel tot stand is gekomen. Wel ontbreekt bij een aantal formulieren de uitgeschreven kwalitatieve feedback of is deze onvolledig, waardoor het oordeel niet altijd navolgbaar is. Ook kan de student hierdoor niet over een schriftelijke motivatie van zijn of haar beoordeling beschikken. Het opleidingsmanagement en de examencommissie melden dat dit niet de bedoeling is en dat ieder formulier voldoende kwalitatieve feedback zou moeten bevatten. Het panel adviseert de opleiding hier strenger op toe te zien.

Omdat het panel ook een aantal beoordelingsformulieren van de masteropleiding Physics heeft ingezien, heeft het opgemerkt dat deze dezelfde rubric hanteren als de bacheloropleiding. De opleiding licht hierbij toe dat de beoordelaars binnen de criteria zelf de weging naar bachelor- of masterniveau maken, maar geeft daarbij toe zelf ook niet helemaal tevreden te zijn met de huidige situatie en naar twee verschillende formulieren toe te willen. Het panel moedigt de opleiding aan dit door te zetten. De doelen van de bachelor- en masteropleiding zijn niet hetzelfde en zouden daarom ook niet volgens dezelfde criteria beoordeeld moeten worden. Het adviseert de opleiding te differentiëren tussen beide opleidingen en de rubrics hierop aan te passen.

Dubbele bachelor

Studenten die een dubbele bachelor met sterrenkunde of wiskunde volgen, schrijven één scriptie over een onderzoek dat bij voorkeur op het grensvlak van beide vakgebieden ligt. De opleiding natuurkunde stelt hieraan dezelfde eisen als aan het eindwerk van reguliere bachelorstudenten: het dient individueel uitgevoerd te worden en een experimentele component te bevatten. Beide opleidingen beoordelen het eindwerk onafhankelijk van elkaar volgens hun eigen beoordelingssystematiek om te garanderen dat studenten de doelen van beide opleidingen bereiken. Studenten ontvangen daarmee twee beoordelingen met ieder een eigen beoordelingsformulier. Het panel acht deze systematiek passend voor een dubbele bachelor en stelt dat het voldoende waarborgt dat de beoogde leerresultaten van beide opleidingen gedekt zijn.

Functioneren examencommissies

De bacheloropleiding Natuurkunde heeft samen met de masteropleiding Physics samen één examencommissie. Deze examencommissie Natuurkunde heeft vier leden vanuit de opleidingen en één extern lid. Deze examencommissie benoemt de examinatoren voor de opleiding en controleert steekproefsgewijs de kwaliteit van de toetsing van de vakken, practica en het eindproject. De commissie doet deze controle zelf en schakelt daar waar nodig vakinhoudelijk experts bij in. Tijdens deze beoordeling bekijkt de examencommissie of de toetsen representatief zijn voor de onderzeten stof, de leerdoelen van het vak volledig afdekken en betrouwbaar beoordeeld kunnen worden. Ieder vak komt hierbij gemiddeld eens per vier jaar aan bod. De laatste jaren heeft de commissie hierbij geen grote tekortkomingen aangetroffen. Speciaal aandacht heeft de commissie voor de eindwerken van de opleiding. Deze controleert zij jaarlijks steekproefsgewijs om te zien of deze adequaat worden beoordeeld. Recent heeft de examencommissie hierover opgemerkt dat de cijfers van de eindwerken aan de hoge kant zijn, wat heeft geleid tot de invoering van de eerder genoemde rubric om de resultaten te harmoniseren.

Het panel heeft de examencommissie gesproken en een aantal jaarverslagen van de commissie bekeken. Het oordeelt dat de examencommissie haar taak in de kwaliteitsborging van de toetsing in het opleiding adequaat uitvoert, maar op punten voortvarender zou kunnen oppakken. De door het panel opgemerkte punten rondom de niet kwalitatief ingevulde beoordelingsformulieren en de identieke formulieren die bij de bachelor- en masteropleiding in gebruik zijn, waren ook door de examencommissie als verbeterpunt opgemerkt, maar de opvolging hiervan is niet direct opgepakt. Het panel adviseert de examencommissie zich in dit opzicht proactiever en normatiever naar het opleidingsmanagement op te stellen.

Overwegingen

De bacheloropleiding Natuurkunde heeft een adequaat systeem van toetsing waarin studenten in voldoende mate op alle beoogde leerresultaten worden getoetst. De toetsvormen zijn gevarieerd en passend bij de leerdoelen. Een kwaliteitszorgsysteem met een vierogenprincipe rondom het opstellen van toetsvragen en het beoordelen van eindprojecten, en een nieuw ingevoerd beoordelingsformulier voor het eindwerk bevordert de validiteit en transparantie van de toetsing. Het panel adviseert beter toe te zien op het volledig invullen van de beoordelingsformulier, en te differentiëren tussen de rubric van de bachelor- en de masteropleiding. De examencommissie vervult haar rol in de kwaliteitsborging van toetsing adequaat, maar zou zich proactiever en normatiever kunnen opstellen rondom het opvolgen van aanbevelingen tot verbetering.

Conclusie

Bacheloropleiding Natuurkunde: het panel beoordeelt Standaard 3 als 'voldoet'.



Standaard 4: Gerealiseerde leerresultaten

De opleiding toont aan dat de beoogde leerresultaten zijn gerealiseerd.

Bevindingen

Eindwerken

Het panel heeft voorafgaand aan het bezoek 12 bachelorscripties van de opleiding bestudeerd (zie Werkwijze). Deze eindwerken hadden volgens het panel een goede tot hoge kwaliteit, met een opvallend grote rol voor experimentele vaardigheden. Dit is passend bij de experimentele oriëntatie van de opleiding, en laat zien dat de studenten in dit aspect van de beoogde leerresultaten grondig zijn onderwezen. Het grote belang dat de opleiding hecht aan het bacheloronderzoek (zowel de grote omvang als de persoonlijke begeleiding) en de goede onderzoeksomgeving waarin de studenten worden ondergedompeld tijdens hun onderzoekswerk stralen volgens het panel af op de kwaliteit van de bacheloreindwerken.

Bij de bestudeerde werken zaten vier eindwerken van dubbelstudenten Natuurkunde en Sterrenkunde en twee van dubbelstudenten Natuurkunde en Wiskunde. Volgens het panel waren ook deze eindwerken in voldoende mate experimenteel van opzet en toonden studenten aan de beoogde leerresultaten van de opleiding Natuurkunde te realiseren.

Functioneren alumni

Alumni van de bacheloropleiding stromen grotendeels door naar een masteropleiding Physics, of een gerelateerde masteropleiding zoals Astronomy, Computer Science, Climate Science of Earth Sciences. Van de alumni kiest 60% voor de aansluitende masteropleiding Physics in Leiden. Incidenteel kiest een afgestudeerde van de bacheloropleiding voor de arbeidsmarkt, meestal als docent natuurkunde in het middelbaar onderwijs. Tijdens de visitatie heeft de opleiding een aantal alumni gesproken die de masteropleiding Physics hebben gekozen. Zij zijn zeer tevreden over de aansluiting tussen de bachelor- en masteropleiding en zien geen noemenswaardige belemmeringen. De grote doorstroom van de bachelor- naar de masteropleiding in Leiden laat volgens het panel zien dat studenten zeer tevreden met zowel het niveau als de opleiding zelf zijn.

Overwegingen

Het panel stelt vast dat de eindwerken van de bacheloropleiding Natuurkunde een goede tot hoge kwaliteit hebben, en laten zien dat studenten de beoogde leerresultaten van de opleiding realiseren. Het grote belang dat de opleiding hecht aan het bacheloronderzoek en de goede onderzoeksomgeving waarin de studenten worden ondergedompeld tijdens hun onderzoekswerk stralen volgens het panel af op de kwaliteit van de bacheloreindwerken. De alumni van de opleiding stromen grotendeels door naar een masteropleiding Physics of een gerelateerde opleiding, en ervaren daarbij een goede aansluiting tussen beide opleidingen.

Conclusie

Bacheloropleiding Natuurkunde: het panel beoordeelt Standaard 4 als 'voldoet'.

ALGEMEEN EINDOORDEEL

Het panel beoordeelt alle standaarden van het NVAO Beoordelingskader 2018 voor de beperkte opleidingsbeoordeling van de bacheloropleiding Natuurkunde aan de Universiteit Leiden (voltijd en deeltijd) als 'voldoet'. Volgens de beslisregels behorend bij het beoordelingskader is het eindoordeel over de opleiding daarmee positief.

Conclusie

Het panel beoordeelt de *bacheloropleiding Natuurkunde (voltijd en deeltijd)* als 'positief'.

BIJLAGEN

BIJLAGE 1: DOMEINSPECIFIEK REFERENTIEKADER

Uitgangspunten

Het doel van universitaire opleidingen in een vakwetenschap is de studenten voor te bereiden op de zelfstandige beoefening van het vak en de toepassing van de verworven kennis en vaardigheden. Algemeen wordt als uitgangspunt aanvaard dat de Nederlandse universitaire opleidingen in het domein natuur- en sterrenkunde een niveau moeten hebben waarmee de afgestudeerde zich op de internationale markt kan meten met afgestudeerden uit andere landen die gezichtsbepalend zijn voor het onderzoek. Het domeinspecifieke referentiekader bedoelt een maatstaf te geven voor dit uitgangspunt.

Het hier gepresenteerde kader is een update van het in de onderwijsvisitatie 2013 gebruikte referentiekader. Het leunt sterk op het document 'Reference points for the design and delivery of degree programmes in physics' (2009), geproduceerd in het kader van het Tuning Project¹, en is waar nodig aangevuld met informatie uit het document 'A European Specification for Physics Bachelor Studies' van de European Physical Society (2009). Ten opzichte van het in 2013 gebruikte referentiekader zijn de volgende verbeteringen doorgevoerd: (1) voor de indeling van de eindtermen is nu gekozen voor de vijf Dublin descriptoren die ook bij veel andere opleidingen worden gebruikt, (2) de omschrijving van enkele eindtermen is aangepast, (3) de competentie 'estimation skills' en 'lifelong learning' zijn toegevoegd.

De eindtermen zijn geformuleerd in termen van competenties van de afgestudeerde. Dit leidt tot daarop gebaseerde eisen aan het curriculum, namelijk aan welke kennis en vaardigheden in het curriculum aandacht moet worden besteed. Opleidingen met dezelfde naam zijn overigens niet identiek. Naast bijvoorbeeld verschillen die ontstaan door verschil in onderzoeksspecialisatie van de wetenschappelijke staf en keuzemogelijkheden die studenten daardoor geboden worden, is er een meer structureel verschil tussen opleidingen aan algemene en technische universiteiten. Er zijn dan ook meerdere manieren om te voldoen aan de vereisten van het referentiekader. Essentieel is dat de eigen inkleuring past binnen de algemene, internationaal geaccepteerde maatstaven.

Het Referentiekader

Voor de bacheloropleidingen natuurkunde, sterrenkunde en technische natuurkunde zijn de eindkwalificaties die in het Tuning Physics (2008) document worden genoemd over de gebruikelijke vijf Dublin descriptoren verdeeld. Hierbij is steeds gekozen voor de indicator met het hoogste niveau of het meeste gewicht. Om aansluiting te houden met de eerder genoemde documenten worden de eindkwalificaties hier in het Engels omschreven. Het getal in de tweede kolom toont de prioritering uit het Tuning Physics document. De vaardigheid 'Estimation Skills' is samengevoegd met de daaraan verwante vaardigheid 'Problem solving skills' (prioritering 1 en 5). De drie kleuren duiden het type competentie, en wel op de volgende manier: lichte kleur = kern curriculum, middelste tint = bekendheid met natuurkundig onderzoek, donkere kleur = algemene vaardigheden.

¹ In mei 2018 is een nieuwe versie van het Tuning document gepubliceerd, als onderdeel van het CALOHEE project (<https://www.calohee.eu/>). Hierin is voor een andere opzet gekozen (negen 'disciplines', die elk zijn onderverdeeld in 'knowledge', 'skills' en 'wider competences'). De samenstellers van het huidige referentiekader hebben de voorkeur gegeven aan de structuur van het 2008 rapport, maar waar aanvullend, elementen van het nieuwe document mee genomen.



(A) KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING

| | Rating of importance | Specific competence | Description. On completion of the degree course, the student should |
|----|----------------------|--|---|
| A1 | 3 | Knowledge and understanding of Physics | have knowledge of the foundations of modern physics and a good understanding of the important physical theories (logical and mathematical structure, experimental support, physical phenomena described). |
| A2 | 7 | Understanding of the Physics culture | be familiar with the most important areas of physics and with those approaches, which span many areas in physics; have acquired a qualitative understanding of current developments at the frontiers of the physics discipline. |

(B) APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING

| | | Specific competence | Description. On completion of the degree course, the student should |
|----|------|---|--|
| B1 | 1, 5 | Problem solving skills, Estimation skills | be able to frame, analyze and break down a problem in phases defining a suitable algorithmic procedure; be able to evaluate clearly the orders of magnitude in situations which are physically different, but show analogies, thus allowing the use of known solutions in new problems. |
| B2 | 6 | Modelling skills | be able to identify the essentials of a process/situation and to set up a working model of the same; be able to perform the required approximations; i.e. critical thinking to construct physical models. |
| B3 | 2 | Mathematical skills | be able to understand and master the use of the most commonly used mathematical and numerical methods. |
| B4 | 4 | Experimental skills | have become familiar with most important experimental methods and be able to perform experiments independently, as well as to describe, analyse and critically evaluate experimental data; be able to scientifically report the findings. |
| B5 | | Computer skills | be able to use appropriate software, programming language, computational tools and methods in physical and mathematical investigations. |
| B6 | 8 | Familiarity with basic and applied research | acquire an understanding of the nature and ways of physics research and of how physics research is applicable to many fields other than physics, e.g. engineering; be able to design experimental and/or theoretical procedures for: (i) solving current problems in academic or industrial research; (ii) improving the existing results. |

(C) JUDGEMENT

| | | | |
|----|----|--|---|
| C1 | 11 | Human / professional skills | be able to develop a personal sense of responsibility, given the free choice of elective/optional courses; be able to gain professional flexibility through the wide spectrum of scientific techniques offered in the curriculum; be able to organize the personal learning process, evaluate personal work, consult experts for information (e.g. about further studies and career opportunities) and support when appropriate; have had the opportunity to take courses that prepare for teaching physics at secondary schools and to take courses on interdisciplinary aspects of science. |
| C2 | 12 | Absolute standards | have become familiar with highly regarded research in the field with respect to physical discoveries and theories, thus developing an awareness of the highest standards. |
| C3 | 13 | Ethical awareness (relevant for physics) | be objective, unbiased and truthful in all aspects of their work and recognise the limits of their knowledge; appreciate that to fabricate, falsify or misrepresent data or to commit plagiarism constitutes unethical scientific behaviour; be able to conduct processes of decision making and inspect the consequences of actions taking into account principles, norms, values and standards both from a personal and a professional standpoint. |

(D) COMMUNICATION

| | | | |
|----|----|----------------------|--|
| D1 | 15 | Communication skills | be able to listen carefully and to present difficult ideas and complex information in a clear and concise manner to a professional audience- |
| D2 | 14 | Language skills | have developed a sound skill for reading technical English; have had the opportunity to develop skills in writing and presenting in technical English. |

(E) LEARNING

| | | | |
|----|----|-------------------|---|
| E1 | 9 | Literature search | be able to search for and use physical and other technical literature, as well as any other sources of information relevant to research work and technical project development; have good knowledge of technical English. |
| E2 | 10 | Learning ability | have developed those learning skills that are necessary for them to continue to undertake further study with a high degree of autonomy. |



BIJLAGE 2: BEOOGDE LEERRESULTATEN

| Eindkwalificaties van faculteit | Eindtermen opleiding (ontleend aan domein-specifiek referentiekader Physics/Astronomy) |
|--|---|
| A. Kennis en inzicht / Knowledge and understanding | |
| Een afgestudeerde heeft: FA1. Kennis van en inzicht in de basisvakken, actuele concepten en werkwijzen van de gekozen discipline; FA2. Inzicht in de positie van verschillende deelgebieden binnen het geheel van de discipline en hun relatie tot aanpalende wetenschapsgebieden; | On completion of the degree, the student should: A1. Have knowledge of the foundations of modern physics ... and important physical theories ... A2. Be familiar with the most important areas of physics and with those approaches which span areas in physics... |
| B. Toepassen van kennis en inzicht / Applying knowledge and understanding | |
| Een afgestudeerde heeft: FB1. Voldoende theoretische en praktische vaardigheden op het gebied van de gekozen discipline om onder (strikte) supervisie onderzoek te kunnen uitvoeren; FB2. Inzicht in de wijze waarop gangbare hypothesen via experimenten kunnen worden getoetst, en hoe verworven kennis kan leiden tot theorievorming; | B1. Be able to frame, analyze and break down a problem in phases... B2. Be able to identify the essentials of a process/situation ... construct physical models B3. Be able to understand/master the use of the most commonly used mathematical and numerical methods. B4. ... Be able to perform experiments independently, ... critically evaluate experimental data, ... scientifically report the findings. B5. Be able to use appropriate software, programming language, computational tools ... B6. Acquire an understanding of the nature and ways of physics research ... solving problems in academic or industrial research |
| C. Oordeelvorming / Judgement | |
| Een afgestudeerde heeft: FC1. Het vermogen om kritisch te denken, te abstraheren, en een wetenschappelijke probleemstelling te analyseren; FC2. Voldoende kennis en begrip van de maatschappelijke rol van de natuurwetenschappen om vanuit opgedane kennis en inzicht te kunnen reflecteren op wetenschappelijke en maatschappelijke problemen; | C1. Be able to develop a personal sense of responsibility, ... organize the personal learning process, ... consult experts for information ... C2. Have ... developed an awareness for the highest standards (in research in the field) C3. Be objective, unbiased and truthful in all aspects of their work and recognize the limits of their knowledge ... |
| D. Communicatie / Communication | |
| Een afgestudeerde heeft: FD. De vaardigheid om met vakgenoten te communiceren over onderzoeksresultaten; | D1. Be able to listen carefully and to present difficult ideas and complex information in a clear and concise way to a professional audience. D2. Have developed a sound skill for reading technical English; ... develop skills in writing and presenting in technical English |
| E. Leervaardigheden / Learning (Skills) | |
| Een afstudeerde: FE. Is in staat om zich zelfstandig verder te verdiepen in relevante onderwerpen en om zich te bekwalimen in de noodzakelijke vaardigheden voor een vervolgstudie die een hoog niveau van autonomie veronderstelt. | E1. Be able to search for and use physical and other technical literature ... E2. Have developed those learning skills ... to undertake further study with a high degree of autonomy. |

Tabel 1: Eindkwalificaties van opleiding (links: algemeen FWN, rechts: specifiek DSRK)

BIJLAGE 3: OVERZICHT VAN HET PROGRAMMA

| Programma- onderdeel | Jaar 1 | EC | Jaar 2 | EC | Jaar 3 | EC | EC tot. |
|--|---|-----------|---|-----------|--|-----------|------------|
| Natuurkunde kernvakken | Intro. mod. natuurkunde | 6 | Statistical Physics 1 | 6 | - | - | 52 |
| | Inleiding astrofysica | 4 | Quantum Mechanics 1 | 6 | | | |
| | Optica | 5 | Quantum Mechanics 2 | 5 | | | |
| | Klassieke mechanica a | 5 | Classical Mechanics b | 3 | | | |
| | Elektromagnetische velden | 5 | Classical Electrodynamics | 4 | | | |
| | | | Intro. Solid State Physics | 3 | | | |
| Wiskunde vakken | Analyse 1* | 6 | Analyse 3* | 6 | - | - | 30 |
| | Analyse 2 * | 6 | Linear Algebra 2* | 6 | | | |
| | Lineaire Algebra 1* | 6 | | | | | |
| Experimentele vaardigheden | Experimentele Natuurkunde | 6 | Physics Experiments 1 | 2 | | | 16 |
| | | | Physics Experiments 2 | 5 | | | |
| | | | Physics Experiments 3 | 3 | | | |
| Computer vaardigheden | Programmeermethoden* | 4 | Python leerlijn (binnen andere vakken) | - | Python veel gebruikt in BRP | 7 | 7 |
| | Diffusie | 3 | | | | | |
| | Python leerlijn | - | | | | | |
| Academische vaardigheden & Communicatie | Presenteren & Communiceren Mentoraat / Tutoraat | 1 - | Modern Physics Research | 3 | On being a Scientist Research Skills / BRP | 3 3 | 10 |
| | | | | | | | |
| Eindopdracht | | | | | Bacheloronderzoek | 24 | 24 |
| Keuzevakken: | | 3 | | 8 | | 30 | 41 |
| TOTAAL | | 60 | | 60 | | 60 | 180 |

Tabel 2: Overzicht van curriculum (180 EC), verdeeld over 115 EC aan verplichte vakken in 5 basisleerlijnen, 41 EC aan keuzevakken en een eindopdracht van 24 EC.

* De wiskundevakken en het vak Programmeermethoden worden op maat aan Natuurkunde en Sterrenkunde studenten aangeboden en krijgen in de studiegids en het rooster daarom de toevoeging NA. Studenten die Natuurkunde combineren met Wiskunde of Informatica volgen een vrijwel identiek vak zonder NA label.



BIJLAGE 4: BEZOEKPROGRAMMA

Dinsdag 23 april

- 09.00 – 09.15 Aankomst en welkom
- 09.15 – 11.00 Voorbereidend overleg
- 11.00 – 12.00 **Interview Inhoudelijk verantwoordelijken**
- 12.00 – 12.30 Inloopspreekuur
- 12.30 – 13.30 Lunch / bestuderen documentatie
- 13.30 – 14.15 **Rondleiding**
- 14.15 – 14.30 Pauze / uitloop
- 14.30 – 15.30 **Interview Studenten bachelor Natuurkunde + Sterrenkunde**
- 15.30 – 15.45 Pauze
- 15.45 – 16.30 **Interview Studenten master Sterrenkunde**
- 16.30 – 17.15 **Interview Studenten master Natuurkunde**
- 17.15 – 17.45 Intern overleg

Woensdag 24 april

- 09.00 – 09.30 Aankomst en voorbereiding
- 09.30 – 10.15 **Interview docenten Sterrenkunde (bachelor + master)**
- 10.15 – 11.00 **Interview docenten Natuurkunde (bachelor + master)**
- 11.00 – 11.30 Pauze
- 11.30 – 12.15 **Interview Examencommissie**
- 12.15 – 13.15 Intern overleg (incl. lunch)
- 13.15 – 14.00 **Interview formeel verantwoordelijken**
- 14.00 – 16.00 Opstellen oordelen
- 16.00 – 16.15 **Mondelinge rapportage**
- 16.15 – 17.00 **Ontwikkelgesprek**
- 17.15 – 17.30 Afronding

BIJLAGE 5: BESTUDEERDE EINDWERKEN EN DOCUMENTEN

Het panel heeft voorafgaand aan het bezoek 12 eindwerken bestudeerd van de bacheloropleiding Natuurkunde. De gegevens van de eindwerken zijn bekend bij QANU en zijn op aanvraag beschikbaar.

Het panel heeft tijdens het bezoek onder meer de volgende documenten bestudeerd (deels in *hard copy* en deels via de elektronische leeromgeving):

- Beoogde leerresultaten
- Curriculumoverzicht
- Beschrijving opleidingsinhoud (studiegids, elektronische leeromgeving en een selectie studiematerialen)
- Selectie tentamenopgaven en uitwerkingen
- Onderwijs- en Examenreglement
- Overzicht van stafleden
- Lijst met afstudeerwerken
- Jaarverslagen examencommissie Natuurkunde
- Jaarverslagen opleidingscommissie bachelor Natuurkunde en Sterrenkunde
- Notulen opleidingscommissie bachelor Natuurkunde en Sterrenkunde
- Documentatie verplichte matching