

Landelijk Opleidingsprofiel

Hbo-bachelor

Technische Natuurkunde



Landelijk Overleg HBO-Technische Natuurkunde
December 2016

INHOUD

Voorwoord.....	3
1. Inleiding.....	4
2. Gebruikte begrippen in het Landelijk opleidingsprofiel.....	6
3. Technische Natuurkunde.....	7
3.1. Wat is Technische Natuurkunde(TN)?	
3.2. Body of Knowledge	
3.3. Body of Skills	
3.4. Karakteristieke werkwijze en de daarbij behorende attitude	
4. Het beroepenveld van de Hbo-bachelor TN.....	14
4.1. Het werkveld verdeeld in contexten en de rollen van een Hbo-bachelor TN	
4.2. Algemene aard en kenmerken van het beroepenveld TN	
4.3. Kwalificaties en competenties	
4.4. Engineering en Applied Science: Positionering TN	
4.5. HBO-TN opleidingen: nationaal en internationaal perspectief	
5. De competenties van de Hbo-bachelor TN.....	20
5.1. Doelen van de competentielijst	
5.2. Omschrijving van de competenties	
5.3. Competentie en kwalificatieniveaus	
Referenties.....	32
Bijlagen.....	33
I. Doelgroepen	
II. Leden BVC commissies	
III. Dublin Descriptoren en generieke kernkwalificaties	
IV. De 10 generieke kernkwalificaties voor de Hbo-bacheloropleidingen	

Voorwoord

Voor u ligt een herziene editie van het Landelijk Opleidingsprofiel Hbo-bachelor Technische Natuurkunde. Deze derde editie van het Landelijk Opleidingsprofiel Hbo-bachelor Technische Natuurkunde vervangt de eerdere versies uit 2002 en 2011 [1].

Dit document is het resultaat van gezamenlijk overleg tussen de drie Hbo-opleidingen Technische Natuurkunde in Nederland. Het werkveld is bij de vaststelling betrokken geweest via de beroepenveldcommissies die aan de drie TN-opleidingen verbonden zijn. Na enkele consultatierondes hebben de leden van deze beroepenveldcommissies dit Landelijk Opleidingsprofiel goedgekeurd.

Aanvankelijk waren de Hbo-opleidingen Technische Natuurkunde ondergebracht in twee domeinen, het domein Applied Science en het domein Engineering. Daarvoor was voor beide domeinen een op competenties gebaseerde profielbeschrijving opgesteld: 'Bachelor of Engineering' (2006) [2] en 'Bachelor of Applied Science' (2013) [3].

Het brede karakter van de opleidingen Technische Natuurkunde maakt dat het zich leent voor aansluiting bij zowel het domein Engineering als Applied Science. Landelijk overleg in 2011 tussen de drie opleidingen in Nederland heeft geresulteerd in het feit dat Fontys (Eindhoven) zich aansloot bij het domein Applied Science, terwijl de overige opleidingen, de Haagse Hogeschool (Delft) en Saxion (Enschede), zich aansloten bij het domein Engineering. Dit besluit heeft geleid tot het landelijk opleidingsprofiel van 2011, waarin de aansluiting bij beide domeinen is beschreven.

In 2014 kwamen de drie opleidingen tot de conclusie dat de overeenkomst met het domein Applied Science toch het grootst is vanwege de kerncompetentie onderzoeken. Alle drie opleidingen hebben zich vervolgens bij dit domein aangesloten. Ook de beschrijving van de competentie "Ontwikkelen" gaf aanleiding tot discussie. Daartoe is een nieuwe beschrijving van deze competentie gemaakt en voor TN een extra competentie "Modelleren" beschreven.

Deze veranderingen zijn de aanleiding geweest voor deze herziening van het landelijk opleidingsprofiel.

Bij deze herziening is de, op competenties gebaseerde, profielbeschrijving van het domein Applied Science (september 2016) die onlangs is herzien een belangrijke referentie. In deze profielbeschrijving is de beschrijving van de competentie "Ontwikkelen" zodanig aangepast dat deze beschrijvend is voor alle opleidingen binnen DAS.

In de loop van 2015 hebben de opleidingen TN een extra competentie "Modelleren" beschreven. Ook deze 9-de extra competentie is nu in de profielbeschrijving TN opgenomen.

Een andere relevante referentie is het document 'Specification Description for European Physics Bachelor Studies' (2009) [7], voortgebracht door de European Physical Society, met daarin een beschrijving waaraan een bachelor opleiding in de Fysica dient te voldoen. In 2010 heeft de HBO-raad een standaard voor bachelor-opleidingen in het HBO vastgesteld. Dit landelijk Opleidingsprofiel is op deze standaard afgestemd.

Het spreekt voor zich dat dit nieuwe Landelijk Opleidingsprofiel hierop is afgestemd.

Inleiding

Dit Landelijk Opleidingsprofiel Hbo-bachelor Technische Natuurkunde (Hbo-bachelor TN) geeft een beschrijving van het beroepenveld waarin Hbo-bachelors TN werkzaam zijn. Er wordt aan de hand van de begrippen 'contexten' en 'rollen' een beeld geschetst van de typische kenmerken van dit beroepenveld en de vereiste kwalificaties om in dit beroepenveld te kunnen acteren. Hierin staat een uitgebreid overzicht van competenties centraal.

Om het bovenstaande beeld compleet te maken wordt in dit Landelijk Opleidingsprofiel ingegaan op de vraag: "Wat is Technische Natuurkunde". Dit vindt plaats aan de hand van een definitie van Natuurkunde en een overzicht van de zogenaamde 'Body of Knowledge' van de natuurkunde. Tevens komen de in het beroepenveld kenmerkende en veelvuldig gehanteerde werkwijzen en hulpmiddelen aan bod.

HBO-opleidingen in Nederland zijn beroepsopleidingen. Dit betekent dat de curricula en onderwijsprogramma's van de opleidingen gericht moeten zijn op het beroepenveld. Er dient dus overeenstemming te zijn tussen de eindkwalificaties van de opleiding en de vereisten die het beroepenveld stelt aan een startende beroepsbeoefenaar. De HBO-raad heeft in de accreditatie-eisen vastgelegd dat alle opleidingen dienen te beschikken over een actueel en door het beroepenveld geaccordeerd Landelijk Opleidingsprofiel. Daarnaast heeft de HBO-raad in 2010 een standaard voor bachelor-opleidingen in het HBO geformuleerd en vastgesteld. De standaard houdt in dat een opleiding er zorg voor dient te dragen dat - gevat in een zowel nationale als internationale context - studenten:

- een gedegen theoretische basis verkrijgen;
- het onderzoekend vermogen verwerven dat hen in staat stelt om bij te kunnen dragen aan de ontwikkeling van het beroep;
- over voldoende professioneel vakmanschap beschikken;
- de beroepsethiek en maatschappelijke oriëntatie ontwikkelen die past bij een verantwoordelijke professional.

Deze vier ijkpunten zijn in dit document uitgewerkt. De theoretische basis is uitgewerkt in paragraaf 3.2 'Body of Knowledge'. De ijkpunten betreffende het onderzoekend vermogen, ontwikkeling van het beroep en het professioneel vakmanschap komen in hoofdstukken 3 en 4 uitgebreid aan de orde en zijn in hoofdstuk 5 uitgewerkt in de competenties 'Onderzoeken', 'Experimenteren', 'Ontwikkelen en Toepassen' en 'Modelleren'. Het ijkpunt betreffende beroepsethiek en maatschappelijke oriëntatie is eveneens onderdeel van hoofdstukken 3 en 4 en is in hoofdstuk 5 verder uitgewerkt in competenties 'instrueren, leren | leren en zelfsturing en leidinggeven'.

Het voorliggende Landelijk Opleidingsprofiel Hbo-bachelor TN heeft twee belangrijke hoofddoelen: (1) voldoen aan de bovenstaande accreditatie-eis en (2) een kader bieden aan de drie opleidingen Technische Natuurkunde in Nederland op basis waarvan een eigen opleiding specifiek profiel vastgesteld kan worden.

Daarnaast dient dit Landelijk Opleidingsprofiel voor opleidingen als hulpmiddel in de communicatie met een groot aantal doelgroepen zoals studenten, docenten en personen uit het beroepenveld.

Nederland kent drie Hbo-opleidingen Technische Natuurkunde: Fontys Hogescholen (locatie Eindhoven), De Haagse Hogeschool (locatie Delft) en Saxion (locatie Enschede). Aan elk van deze drie opleidingen is een zogenaamde Beroepenveld-commissie (BVC) verbonden. Deze BVC's bestaan uit vertegenwoordigers uit het beroepenveld Technische Natuurkunde (bedrijfsleven en onderzoeksinstellingen). De BVC's vormen een soort raad

van advies voor de opleidingen en fungeren daarbij afwisselend als klankbord of stuurgroep. Hierdoor hebben de BVC's grote invloed op de keuzes die de opleidingen maken betreffende de structuur, inhoud en vormgeving van de onderwijsprogramma's. Zie bijlage II voor de namen van BVC-leden ten tijde van goedkeuren.

Er is structureel overleg tussen de drie opleidingen HBO-TN, Landelijk Overleg Technische Natuurkunde (LO-TN) genaamd. In het LO-TN worden afspraken gemaakt over samenwerking en uitwisseling van informatie. Tijdens LO-TN in 2014 is overeengekomen dat de opleidingen de beste aansluiting vinden bij het domein Applied Science. Dit heeft geleid tot deze meest recente herziening van het landelijk opleidingsprofiel. De realisatie hiervan heeft plaatsgevonden onder regie van de vertegenwoordigers van de drie opleidingen in het LO-TN:

- Ir. Ruud Sniekers, Saxion;
- Drs. Ron Mantel, De HHS;
- Ing. Pé Philipsen, Fontys Hogescholen.

Het concept van de herziene versie van het Landelijk Opleidingsprofiel is in 2014 voorgelegd aan de leden van de beroepenveldcommissies en aan de docententeams van de opleidingen. Zij hebben het concept bestudeerd en daar waar nodig voorzien van aanvullingen en/of wijzigingen. Uiteindelijk is dit Landelijk Opleidingsprofiel in het voorjaar van 2015 definitief door de leden van de beroepenveldcommissies en door de opleidingen zelf goedgekeurd en daarmee vastgesteld.

De belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de vorige versie (2011) van het Landelijk Opleidingsprofiel zijn:

- In dit Landelijk Opleidingsprofiel wordt aansluiting gezocht bij de omschrijving van de Landelijk Opleidingsprofiel binnen het domein Applied Science. Ten tijde van het vorige landelijke opleidingsprofiel waren de verschillende opleidingen verdeeld over de domeinen Applied Science en Engineering. Sinds 2014 zijn alle drie opleidingen aangesloten bij het domein Applied Science.
- De omschrijving van de Body of Knowledge en de Body of Skills zijn verhuisd naar hoofdstuk 4.
- Bij de beschrijving van de competenties (hoofdstuk 5) is de beschrijving zoals gegeven door het DAS. Voorheen werd bij de specifieke competenties een duidelijk onderscheid gemaakt tussen 'kerncompetenties' en 'optionele competenties'. Dit is niet meer het geval.
- De competentie Ontwikkelen is herschreven door DAS en is door de LO-TN overgenomen.
- Hoewel de competentie Modelleren geen deel uitmaakt van de DAS competenties, is in het LO-TN besloten om competentie 9. Modelleren als aparte competentie op te nemen.

De hoofddoelstelling van dit document is om te voorzien in een actuele beschrijving van het Landelijk Opleidingsprofiel van de Hbo-bachelor TN.

Na deze inleiding wordt in hoofdstuk 2 een aantal belangrijke begrippen gedefinieerd. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 ingegaan op de vraag: "Wat is Technische Natuurkunde?".

In hoofdstuk 4 wordt een uitvoerig beeld geschetst van het beroepenveld waarin de Hbo-bachelor TN doorgaans werkzaam is. Binnen de contexten wordt ingegaan op de

verschillende rollen die een Hbo-bachelor TN hierin vervult en de kenmerkende beroepsproducten die de Hbo-bachelor TN voortbrengt.
In hoofdstuk 5 worden competenties van een Hbo-bachelor Technisch Natuurkundige beschreven.
Tot slot wordt in de bijlagen I t/m VII relevante achtergrondinformatie verschaft.

Noot: Overall waar in dit document sprake is van “hij” of “zijn” dient “hij/zij” respectievelijk “zijn/haar” gelezen te worden.

2 Gebruikte begrippen in het Landelijk Opleidingsprofiel

Er zijn in de literatuur van eenzelfde begrip vaak verschillende definities te vinden. In dit document wordt getracht om daar zo dicht mogelijk bij aan te sluiten. Daar waar bestaande definities niet goed bruikbaar bleken heeft de werkgroep “Landelijk Opleidingsprofiel TN” een eigen definitie opgesteld. In dit hoofdstuk worden de in het Landelijk Opleidingsprofiel gebruikte begrippen kort toegelicht.

Het **werkveld** is de *verzameling van alle beroepen / functies* waarin de afgestudeerde bachelor TN werkzaam is.

Een **context (of sector)** is de (toegepaste) *natuurwetenschappelijke omgeving waarin de bedrijven en laboratoria werken.*

Een **beroepsdomein** is een *onderdeel van een context* die door één kenmerkend woord (of korte woordcombinatie) gekarakteriseerd wordt.

Een **rol (of functieprofiel)** is een *verzameling van beroepsspecifieke activiteiten* uitgevoerd door één of meerdere personen die werkzaam zijn in een bepaalde context om een bijdrage te leveren aan een concreet tussen- of eindproduct of dienst.

Een **competentie** is een *cluster van kennis, vaardigheden en attitude* die nodig is voor het uitvoeren van een bepaalde rol in een bepaalde context en

- die kan worden gemeten en getoetst aan aanvaarde normen en
- die kan worden verbeterd door middel van training en ontwikkeling.

Een **kwalificatie** is een van een *niveauaanduiding voorziene competentie.*

Het **Landelijk Opleidingsprofiel** is de *verzameling van kwalificaties* die het werkveld stelt aan een Hbo-bachelor *met enkele jaren ervaring* in het werkveld.

Het **opleidingsprofiel van een opleiding** is de *verzameling van kwalificaties* waaraan een *pas afgestudeerde* moet voldoen.

De **Body of Knowledge** is de *verzameling van theoretische basiskennis, bestaande uit elementaire sleutelconcepten, basisprincipes en fundamentele wetten, waarover een pas afgestudeerde* moet beschikken.

De **Body of Skills** is de *verzameling van vaardigheden* waarover een *pas afgestudeerde* moet beschikken in de uitoefening van zijn werkzaamheden.

3 Technische Natuurkunde

In dit hoofdstuk wordt eerst stilgestaan bij de vraag: “wat is Technische Natuurkunde”. Er wordt een definitie gegeven van (Technische) Natuurkunde. Daarbij wordt ook aandacht besteed aan de rol die natuurkunde in de maatschappij vervult en de karakteristieke aspecten van het werkveld van de natuurkundige. Vervolgens wordt in de rest van dit hoofdstuk ingegaan op de belangrijkste kenniselementen van de natuurkunde (‘Body of Knowledge’), de kenmerkende vaardigheden (‘Body of Skills’) met bijbehorende hulpmiddelen en tot slot de karakteristieke werkwijze binnen de natuurkunde en de daarbij behorende attitude aspecten.

3.1 Wat is Technische Natuurkunde?

De European Physical Society (EPS) geeft in een EPS-publicatie, “Specification Description for European Physics Bachelor Studies”, in 2009 een uitvoerige beschrijving van de kenmerken van de Europese Bacheloropleidingen in de natuurkunde. Hierbij wordt de volgende definitie voor natuurkunde gegeven:

“Physics is concerned with the quantitative observation, understanding and prediction of natural phenomena and the behaviour of man-made systems. It deals with profound questions about the nature of the universe and with some of the most important practical, environmental and technical issues of our time. Its scope is broad and involves mathematics and theory, measurement, i.e. quantitative experimentation and observations, computing, technology, materials and information theory”.

Een bijzonder uitgangspunt van de natuurkunde is dat zelfs complexe systemen beschreven en begrepen kunnen worden aan de hand van slechts een beperkt aantal universele sleutelconcepten.

Door middel van gestructureerd toegepast onderzoek vergaart een natuurkundige nieuwe kennis en informatie. De activiteiten zijn erop gericht om een onderzoeksvraag te beantwoorden of een probleemstelling op te lossen. Deze vraag of probleemstelling kan wetenschappelijk van aard zijn, maar het kan ook gaan om een technologische toepassing. In dat geval wordt doorgaans ook gesproken van **Technische Natuurkunde**. Er kan gekozen worden voor een theoretische / modelmatige aanpak of voor een experimentele aanpak.

De **theoretische of modelmatige benadering** wordt gekenmerkt door de volgende aspecten:

- Opbouwen van kennis, inzicht en begrip van verschijnselen en deze in een theorie op mathematische wijze beschrijven,
- Berekeningen (simulaties) uitvoeren aan de hand van de opgestelde theorie en daaruit voortvloeiende rekenmodellen.

De **experimentele benadering** wordt gekenmerkt door de volgende aspecten:

- Systematisch bestuderen van verschijnselen door middel van experimenten,
- Valideren van theorieën en berekeningen met behulp van experimenten,
- Gebruik maken van bestaande technologische methoden, concepten en hulpmiddelen.

Hoewel dit verschillende benaderingswijzen zijn wordt binnen de Technische Natuurkunde vaak juist een combinatie van deze twee gekozen. Het is dus kenmerkend voor de werkwijze van een technisch natuurkundige dat hij opereert op het grensvlak tussen theorie, modelberekening en experiment. Hij tracht daarbij voortdurend de koppeling tussen de resultaten van deze benaderingen te leggen. Bovendien dienen theorieën altijd geverifieerd te worden door middel van experimenten. De op deze wijze verkregen kennis

en informatie draagt bij aan oplossingen voor technologische vraagstukken en biedt mogelijkheden voor nieuwe technologische ontwikkelingen. Dit alles maakt Technische Natuurkunde tot een zeer dynamisch vakgebied, dat voortdurend in ontwikkeling is.

Om als technisch natuurkundige in het werkveld te acteren is uiteraard een gedegen kennis van en inzicht in de theorie van basisvakgebieden binnen de Natuurkunde noodzakelijk. De technisch natuurkundige heeft inzicht in de bovengenoemde sleutelconcepten en kan deze in praktijksituaties hanteren. De verzameling van theoretische basiskennis, bestaande uit elementaire sleutelconcepten, basisprincipes en fundamentele wetten, wordt de Body of Knowledge (BOK) genoemd.

In de theoretische en modelmatige benadering binnen de natuurkunde vormt wiskunde een onmisbare schakel. Praktijksituaties, hoe complex ook, worden zoveel mogelijk vereenvoudigd, beschreven in wiskundige vergelijkingen, die samen een model vormen. Het spreekt voor zich dat dit model een benadering is van de werkelijkheid. De oplossingen en resultaten, met behulp van dergelijke modellen gegenereerd, worden waar mogelijk getoetst aan experimentele resultaten. Niet zelden is een bepaald mathematisch model toepasbaar voor uiteenlopende onderwerpen of situaties. Dit alles maakt dat wiskunde een belangrijk onderdeel is van de Body of Knowledge van een natuurkundige. Computers en geavanceerde software zijn essentiële hulpmiddelen in de modelmatige benadering. De experimentele benadering is eveneens een belangrijke aanpak binnen de Technische Natuurkunde. Dit maakt dat de bijbehorende experimenteervaardigheden en hulpmiddelen zoals instrumentatie en sensoren een integraal onderdeel van de natuurkunde zijn. In de experimentele benadering komt men in aanraking met concepten, principes en wetten uit aangrenzende engineering disciplines, zoals elektrotechniek, werktuigbouwkunde en mechatronica. Elementen uit deze vakgebieden behoren daarom ook tot de Body of Knowledge van een technisch natuurkundige.

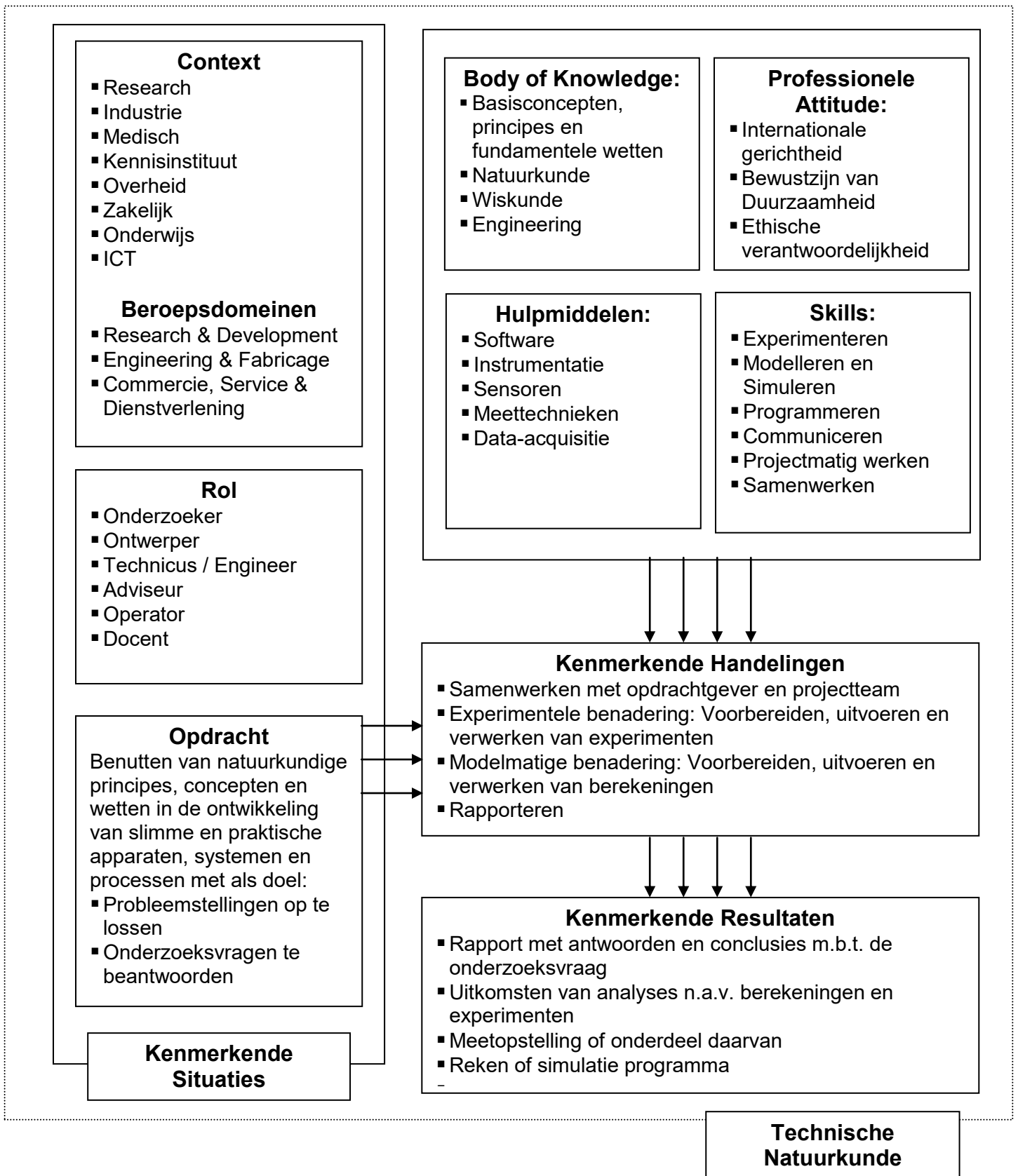
Ontwikkelingen op wetenschappelijk en technologisch gebied hebben een sterk internationaal karakter. Technisch natuurkundigen opereren bijna altijd in een internationale context. Aangezien natuurkundigen in hun werk doorgaans betrokken zijn bij nieuwe ontwikkelingen hebben ook zij een nadrukkelijke maatschappelijke verantwoordelijkheid voor de thema's veiligheid, duurzaamheid, milieu en ethiek.

Bovenstaande werkwijze binnen de natuurkunde leidt tot het volgende profiel van een technisch natuurkundige. De technisch natuurkundige:

- heeft kennis en overzicht (begrip, inzicht in samenhang).
- redeneert vanuit concepten en analogieën.
- vertaalt naar toepassingen.
- onderzoekt (systematisch, nauwgezet en verantwoordelijk).
- experimenteert.
- verklaart, berekent, simuleert en voorspelt.
- gebruikt technologische methoden, concepten en tools.
- verwerkt informatie door met een kritische houding te luisteren en te lezen.
- presenteert complexe informatie op heldere en begrijpelijke wijze.
- raadpleegt internationale bronnen.
- handelt volgens vastgestelde richtlijnen en procedures op het gebied van veiligheid, milieu en ethiek.
- is zich bewust van het belang van duurzaamheid en handelt daar ook naar.

In figuur 3.1 staat een overzicht gegeven van het vakgebied van een technisch natuurkundige aan de hand van het competentiemodel van competent HTNO. Het werkgebied van een technisch natuurkundige wordt volgens dit model beschreven aan de hand van 1) kenmerkende situaties, 2) kenmerkende handelingen en 3) kenmerkende resultaten.

1. De kenmerkende situaties waarin een technisch natuurkundige (verder afgekort als TN-er) werkzaam is wordt beschreven aan de hand van de context (de omgeving waarin de TN-er werkt), de rol en opdracht. Rol en opdracht kan men samen zien als de functie (taak) van de TN-er. In de kern gaat het meestal om het oplossen van probleemstellingen of beantwoorden van onderzoeksvragen vanuit een natuurkundige benadering. In hoofdstuk 4 wordt nader ingegaan op de voor TN-ers kenmerkende contexten en rollen.
2. De kenmerkende handelingen zijn de belangrijkste werkzaamheden waarmee de TN-er zich bezig houdt om binnen de gestelde context te voldoen aan de gestelde opdracht/taak. Hierin komen de experimentele en modelmatige benadering tot uiting. Belangrijke handelingen zijn ook het verzamelen en verwerken van informatie en het bundelen en rapporteren van resultaten. Om deze kenmerkende handelingen te kunnen uitvoeren dient de TN-er met een professionele attitude gebruik te maken van de elementen uit de Body of Knowledge, Body of Skills en de daarbij behorende hulpmiddelen. Alleen kennis en inzicht is onvoldoende om te komen tot realisatie van de beoogde producten, processen of systemen. Gebruik maken van geavanceerde hulpmiddelen en interactie met andere technische disciplines is onmisbaar.
3. De kenmerkende resultaten zijn de beroepsproducten die een TN-er doorgaans voortbrengt.



Figuur 3.1: Het werkgebied van de Technisch Natuurkundige

3.2 Body of Knowledge van de Technische Natuurkunde

De Body of Knowledge van een Technisch Natuurkundige is te splitsen in drie belangrijke delen: 1) natuurkunde, 2) wiskunde en 3) engineering.

1. **Natuurkunde:** Op basis van het EPS-document [6] maken de volgende onderdelen deel uit van de Body of Knowledge van een Technisch Natuurkundige:

- Klassieke mechanica
- Elektromagnetisme
- Quantummechanica
- Thermodynamica
- Golven en trillingen
- Optica
- Eigenschappen van de materie: de elementaire bestanddelen en hun wisselwerkingen

Daarnaast dienen Hbo-bachelors TN vertrouwd te zijn met toepassingen van de fundamentele vakken in:

- Atoomfysica
- Kern- en deeltjesfysica
- Akoestiek
- Materialen
- Stromingsleer

2. **Wiskunde:**

- Calculus: elementaire analyse en algebra
- Lineaire algebra
- Laplace en Fourier transformaties
- Complexe rekenwijze
- Numerieke algebra
- Statistiek en kansrekening

3. **Engineering:** Bij de realisatie van vele toepassingen zijn er ook diverse technische disciplines waar de Technische Natuurkunde gebruik van maakt. Enkele voorbeelden zijn:

- Meet- en Regeltechniek
- Vacuümtechniek
- Energietechniek
- Elektronica
- Signaalbewerking
- Micro- en Nanotechnologie
- Lasertechniek
- Programmeren en data-acquisitie

Deze disciplines kenmerken zich door een grote mate van 'know why' naast een hoog 'knowhow' gehalte. In al deze disciplines hebben jarenlang sterke ontwikkelingen plaatsgevonden. Het eind van deze ontwikkelingen lijkt voorlopig nog niet in zicht. Dit betekent dat mensen die in deze disciplines werkzaam zijn hun kennis en vaardigheden voortdurend moeten vernieuwen om in eigen vakgebied bij te blijven. Ook technisch natuurkundigen, die vaak van deze disciplines gebruik maken of samenwerken met mensen uit deze disciplines zullen van deze ontwikkelingen op de hoogte moeten zijn.

3.3 Body of Skills

De vaardigheden of skills van een technisch natuurkundige houden verband met de kenmerkende handelingen die een TN-er in zijn werk uitvoert. Naast een aantal belangrijke algemene beroepsvaardigheden heeft een TN-er een aantal specifieke vaardigheden

behorende bij de modelmatige en de experimentele benaderingswijzen die in het werkgebied van de natuurkunde gebruikelijk zijn.

1 Algemene vaardigheden:

- Communiceren
- Samenwerken
- Projectmatig werken / Systematische probleemaanpak
- Informatie verzamelen, analyseren en verwerken
- Kennis verwerven
- Nieuwe vaardigheden ontwikkelen

2 Vaardigheden behorende bij de experimentele benadering:

- Meetmethoden beoordelen en selecteren
- Gebruik maken van instrumentatie en sensoren
- Bouwen en beheren van meetopstellingen en meetsystemen
- De data-acquisitie bij een meetsysteem realiseren, programmeren
- Voorbereiden, uitvoeren van experimenten en vervolgens verwerken en evalueren van resultaten

De hulpmiddelen die een TN-er hierbij gebruikt zijn:

- Een breed scala van instrumenten en sensoren
- Computers en Software zoals Labview, Excel, Matlab
- Programmeertalen

3 Vaardigheden behorende bij de modelmatige benadering:

- Rekenmethoden beoordelen en selecteren
- Gebruik maken reken- en simulatiesoftware
- Ontwerpen van een reken- of simulatie programma, programmeren
- Uitvoeren van berekeningen en vervolgens verwerken en evalueren van resultaten

De hulpmiddelen die een TN-er hierbij gebruikt zijn:

- Software zoals Excel, Matlab/Simulink, Maple, Comsol Multiphysics, Ansys
- Computers en Programmeertalen

3.4 Karakteristieke werkwijze en de daarbij behorende attitude.

Veel karakteristieken van het werkveld van een technisch natuurkundige zijn in voorgaande reeds besproken. Hieronder volgt een opsomming van een aantal aspecten die in het werkveld van een TN-er ook van belang zijn:

- Veel belangrijke ontdekkingen zijn gedaan met nieuwe experimentele technieken. De TN-er maakt daarbij vaak gebruik van zeer geavanceerde en kostbare apparatuur. Nauwgezetheid en nauwkeurigheid zijn daarbij erg belangrijk.
- In de experimentele natuurkunde wordt gebruik gemaakt van materialen en technieken waarbij ten gevolge van onjuist of onvoorzichtig gebruik onveilige situaties kunnen ontstaan. Een TN-er houdt zich altijd aan geldende richtlijnen en procedures op het gebied van veiligheid.
- Het rapporteren van bevindingen is cruciaal voor TN-ers. Aangezien TN-ers in een internationale context opereren is het noodzakelijk dat rapporteren volgens internationale regels en formats plaatsvindt. Aangezien hierbij vaak gebruik gemaakt of vergeleken wordt met voorgaande bevindingen van anderen is een correcte bronvermelding van groot belang.
- TN-ers werken nagenoeg altijd samen met personen uit andere disciplines. Het is belangrijk om ook vooral op vakinhoudelijk niveau goed met elkaar te kunnen communiceren.

- TN-ers werken in een internationale context. Hierbij is communicatie in de Engelse taal cruciaal.
- De werkzaamheden van TN-ers hebben doorgaans een hoog innovatief karakter. TN-ers werken aan of met nieuwe technologieën. Het is belangrijk deze ontwikkelingen goed te volgen en op de hoogte te blijven van relevante actuele ontwikkelingen. Een TN-er houdt zijn kennis, vaardigheden en ook contacten up-to-date.
- Aangezien TN-ers mede aan de wieg van nieuwe producten en technologieën staan hebben zij een grote verantwoordelijkheid op het gebied van duurzaamheid en milieu.
- Om een bijdrage aan innovatieve ontwikkelingen te kunnen leveren wordt ook van de TN-er een grote mate van creativiteit en voorstellingsvermogen gevraagd.

4 Het beroepenveld van de Hbo-bachelor Technische Natuurkunde

In dit hoofdstuk wordt een beeld geschetst van het beroepenveld waarin HBO-ers Technische Natuurkunde doorgaans werkzaam zijn. Het beroepenveld wordt verdeeld in contexten en er wordt ingegaan op de verschillende rollen die een HBO-er TN hierin vervult. Bovendien worden de kenmerken van dit beroepenveld en de vereiste kwalificaties om in dit beroepenveld te kunnen acteren besproken. Verder wordt in dit hoofdstuk ingegaan op het onderscheid tussen de in Nederland bestaande domeinen 'Applied Science' en 'Engineering' en de positionering van Technische Natuurkunde hierin.

4.1 Het werkveld verdeeld in contexten en de rollen van een Hbo-bachelor TN

In de profielen van de Bachelor of Engineering [2] en de Bachelor of Applied Science [3] zijn de vereiste generieke competenties vastgelegd. Door deze competenties te koppelen aan specifieke contexten komt men tot een Landelijk Opleidingsprofiel. Het samenstellen van het Landelijk Opleidingsprofiel voor een bachelor-opleiding gebeurt door de beschrijving van de contexten en rollen die voor de betreffende opleiding kenmerkend zijn. Het vereiste ontwikkelingsniveau van de competenties volgt uit de beschrijving van:

- de context, waaruit zijn complexiteit blijkt
- de begeleiding of assistentie die de beroepsbeoefenaar krijgt.

Op deze wijze is voor Technische Natuurkunde bijvoorbeeld in het "profiel van de Bachelor of Engineering" de rol van *onderzoeker* beschreven in de context van *een research afdeling, onderdeel van een multinational* en in de context van *een fysisch onderzoeksinstituut*. Aangezien een dergelijke beschrijving van de vele rollen in verschillende contexten erg uitgebreid wordt, is ervoor gekozen om de rollen en de contexten slechts globaal in schema's te verwerken.

In 2007 heeft de NNV middels een landelijke enquête onder werkgevers de arbeidsmarkt voor fysici in kaart gebracht [4]. In dat onderzoek wordt het werkveld verdeeld in 8 sectoren, die in de terminologie van de profielbeschrijvingen ook contexten genoemd kunnen worden. Deze 8 sectoren of contexten zijn: ICT, industrie, medisch, universiteit, onderwijs, overheid, research, zakelijk

De meest voorkomende rollen (functieprofielen) volgens het onderzoek van de NNV [4] van een Hbo-bachelor TN zijn:

1. technicus
2. docent
3. onderzoeker
4. ontwerper, productontwikkelaar
5. projectleider/teamleider
6. adviseur automatisering/ICT
7. adviseur technologisch
8. proces operator
9. staf/beleidsmedewerker
10. algemeen manager/bestuurder

Startende HBO-ers TN werken vaak als technicus, docent, onderzoeker of productontwikkelaar. Als vervolgfunctie komt projectleider/teamleider veel voor.

In tabel 4.1 worden functieprofielen in de verschillende contexten weergegeven. Uit het onderzoek van de NNV is verder gebleken dat Hbo-bachelors TN vooral werkzaam zijn in de contexten (sectoren) industrie, universiteit, onderwijs, en research. Ook in de medische sector verwacht men een toename van het aantal Hbo-bachelors TN.

Tabel 4.1: Rollen in de verschillende contexten, uit arbeidsmarkt voor fysici [4]

Context of Sector	Rol (functieprofiel)
ICT	6, 7, 4
Industrie	1, 4, 3, 6, 7, 8, 9
Medisch	5, 7, 3, 1, 6, 2, 4, 8
Universiteit	1, 8, 6, 4
Onderwijs	2, 8, 1, 6
Overheid	9, 7
Research	1 t/m 10
Zakelijk	6, 7

4.2 Algemene aard en kenmerken van het beroepenveld TN

In het Landelijk Opleidingsprofiel van de Hbo-bachelor TN is de *context* waarbinnen de TN-Bachelor werkzaam is ook te verdelen in drie *beroepsdomeinen*, n.l.

- Research en Development (R&D)
- Engineering en Fabricage (E&F)
- Commercie, Service en Dienstverlening (C, S&D).

Zo zijn er drie verschillende beroepsdomeinen waarin een verzameling van functies uitgeoefend kan worden. Enkele jaren na de start van zijn carrière kan hij doorgroeien naar leidinggevende functies, zoals bijvoorbeeld projectmanager of afdelingshoofd, hij kan terecht komen in dienstverlenende functies, zoals bij adviesbureaus of bij de overheid, maar kan natuurlijk ook een technisch specialistische carrière maken.

4.2.1 Onderzoek en Ontwikkeling (Research & Development, R&D)

Grote bedrijven hebben meestal een goed geëquipeerde R&D-afdeling, waar research en productontwikkeling door verschillende groepen worden beoefend. Hoewel de nadruk altijd ligt op toepasbaarheid voor het bedrijf, wordt in research veelal gewerkt aan technische vernieuwingen met een sterk innovatief karakter; hierbij wordt zonnodig fundamenteel onderzoek niet geschuwd. Voorop staat echter begripsvorming om de potentie van vernieuwingen voor toekomstige producten te kunnen inschatten. In Development worden nieuwe producten ontworpen waarbij vanuit een concept met commerciële potentie eerst een werkend model van het nieuwe product op laboratoriumschaal wordt vervaardigd. Het onderzoek wordt als volgt gestuurd. Over de technisch meest onzekere delen van een idee of ontwerp worden onderzoeksvragen geformuleerd, die tot doel hebben zekerheid te verkrijgen over de toepasbaarheid van materialen of technologieën. De HBO- Bachelor werkt daarbij primair aan het beantwoorden van door anderen (leidinggevendenden, meer ervaren professionals) gestelde vragen door middel van experimenteel of modellerend onderzoek, vaak in samenwerking met academici, die de meer abstracte/theoretische kant van het werk doen. In een later stadium, wanneer hij ervarener is, zal de HBO- Bachelor zelf ook een actieve rol spelen in het formuleren en prioriteren van de onderzoeksdoelen. In kleine bedrijven is een R&D-afdeling gewoonlijk veel kleiner, zodat de verschillende rollen meestal verenigd worden in een beperkt aantal personen. Men ziet hier vaak dat het R&D-proces minder lange doorlooptijden kent, eerder op snelle realisatie van producten gericht is, en dat de HBO- Bachelor alle geledingen van de R&D-afdeling bemensen of zelfs verschillende rollen in één persoon combineren.

In de R&D-omgeving is de Hbo-bachelor TN betrokken bij de ontwikkeling van nieuwe of de verbetering van bestaande producten, methoden en processen, waarbij de aandacht gericht is op de ontrafeling of benutting van de daarbij optredende natuurkundige verschijnselen.

4.2.2 Engineering en Fabricage (E&F)

HBO- Bachelors TN ziet men hier vaak (doch niet altijd!) in een vervolgfunctie. De engineeringomgeving is dan het vervolgtraject op R&D. Nadat hij eerst bij de ontwikkeling van een product betrokken is geweest, verhuist hij als specialist met het product mee naar de (voorbereiding van de) fabricage. In dit beroepsdomein zijn HBO- Bachelors TN actief omdat in hedendaagse productieprocessen en productiehulpmiddelen natuurkundige principes een belangrijke rol spelen zoals bijv. optische, ultrasone of radioactieve principes. Natuurkundige basiskennis wordt toegepast in samenwerking met andere technici (met name op het gebied van werktuigbouwkunde, elektrotechniek) om de gewenste fabricage voor elkaar te krijgen.

Tenslotte kan de HBO- Bachelor TN in dit beroepsdomein werkzaam zijn in "kwaliteits-aangelegenheden", zoals bijv. ijk-, test- of serviceafdelingen.

4.2.3 Commercie, Service & Dienstverlening (C,S&D)

In de commercie (handel) is de HBO- Bachelor TN vooral werkzaam als productspecialist. Hij werkt als adviseur of verkoper of hij verricht inkoopactiviteiten betreffende producten, systemen, diensten en installaties. Ook kan hij actief zijn op het gebied van marketing. In al deze gevallen hebben zijn activiteiten een relatie met natuurkundige principes / systemen of technische automatisering.

Bij service gaat het veelal om ondersteunende technische afdelingen, zoals een technisch fysische dienst of een technische automatiseringsafdeling van bijvoorbeeld een ziekenhuis. Bij bedrijven die complexe apparatuur leveren, is de Field Service Engineer een veel voorkomende TN-functie.

In de dienstverlenende sfeer werkt hij b.v. bij adviesbureaus, milieuorganen of is betrokken bij kennisoverdracht in het algemeen, waaronder onderwijs (LBO, MBO, HBO, WO).

4.3 Kwalificaties en competenties

In tabel 4.2 zijn de rollen (functieprofielen) onderverdeeld over de drie beroepsdomeinen. In de onderste rij van de tabel zijn de meest relevante beroepsspecifieke competenties met een nummer aangegeven. Deze nummers verwijzen naar competenties in hoofdstuk 5

Tabel 4.2: Indeling in de drie beroepsdomeinen

Voorbeelden van rollen van een Hbo-bachelor Technische Natuurkunde in de verschillende beroepsdomeinen		
R&D	E&F	C&S&D
Natuurkundig onderzoeker / -assistent Development engineer Meettechnicus Natuurkundig ontwerper Software engineer	Meettechnicus Development engineer / ontwerper Productontwikkelaar Proces engineer IC-technoloog Fotonicus Medisch Fysicus	(Field) Service engineer Bouwfysicus Stralingsfysicus Audioloog Fotonicus Meteoroloog Energietechnicus Medisch fysicus
Manager R&D Projectleider	Hoofd instrumentatie Hoofd testafdeling Projectleider	Hoofd afdeling milieu Hoofd veiligheid / arbo

Quality engineer Projectleider	Kwaliteitsdeskundige / Quality engineer	Adviseur / consultant Sales engineer / manager Inkoop manager Helpdesk specialist Trainer / docent Medewerker octrooizaken Redacteur technische documentatie
1, 2, 3, 7, 8, 9	1, 3, 4, 6, 7, 8, 9	1, 2, 6, 7, 8, 9

4.4 Hbo-opleidingen TN: nationaal en internationaal perspectief De situatie in Nederland.

De drie Hbo-bachelor opleidingen Technische Natuurkunde in Nederland onderscheiden zich van de WO-bachelor opleidingen in die zin dat zij studenten opleiden die directe toegang tot de arbeidsmarkt hebben. Bij de WO-bachelor opleidingen is het curriculum gericht op een vervolgstudie in een aansluitende masteropleiding.

De diverse studieprogramma's laten dit verschil duidelijk zien. Bij de Hbo-bachelor TN ligt de nadruk op analyseren en experimenteren, het "meten is weten" en is de focus van het curriculum gericht op industriële toepassingen. De WO-bachelor kiest hier voor een meer fundamentele (vaak theoretische) benadering. De research in industrie en in universitaire onderzoeksgroepen is daarbij veelal het oogmerk.

De drie HBO-TN bacheloropleidingen zijn landelijk gesitueerd in dezelfde steden als de drie Technische Universiteiten: Delft, Eindhoven en Enschede. Deze universiteiten verzorgen ook een WO-opleiding Technische Natuurkunde. Dit maakt dat goede contacten en samenwerking op bepaalde gebieden mogelijk zijn en ook gerealiseerd worden. Het voordeel voor de student zit hier o.a. in de overstapmogelijkheden in het begin van de TN-studie, de doorstroomminors tijdens de studie, en de HBO-(pre-) masterprogramma's die de Tu's aanbieden na voltooiing van een Hbo-bachelor opleiding. Daarnaast geeft deze samenwerking TN-studenten aan de Technische Universiteiten de mogelijkheid af te stromen naar de verwante TN-opleiding in het HBO.

Internationale positionering

Technische natuurkunde is een vakgebied dat net als veel andere disciplines internationaal geïntereerd is. Voor de Hbo-bachelor TN betekent dit dat deze kennis/ervaring heeft met internationale studieboeken en literatuur, stages in het buitenland, etc.

Met betrekking tot het curriculum is van belang datgene wat in Europees verband is vastgelegd in het z.g. Bologna Process [5], het vervolg op de Bologna Declaration uit 1999. De 3 cycli-structuur (BSc/MSc/PhD) die hierin wordt aangegeven als model voor European Higher Education Area (EHEA) zal in heel het Bologna-gebied, dat nu uit 46 landen bestaat, worden ingevoerd.

De European Physical Society (EPS) heeft voor de Natuurkunde discipline de 3 cycli nader uitgewerkt (Specification Description Series). Voor de *Physics*-bachelor (1^{ste} cyclus of ook EQF niveau 6 genoemd, EQF= European Qualification Framework) is de specifieke situatie beschreven in het document: "Specification description for *European Physics Bachelor Studies*" [6]. Het beschrijft de kennis en vaardigheden met vakspecifieke en algemene (generieke) competenties die bij de bachelor TN ontwikkeld moeten zijn binnen de fysische context.

Naast fundamentele kennis op de vakgebieden die in het document worden beschreven, wordt van de bachelor TN verwacht dat hij in staat is om:

- natuurkunde problemen te formuleren en op te lossen
- een experiment of onderzoek op te zetten en uit te voeren

- de wiskunde te gebruiken om de fysische werkelijkheid te beschrijven.

In Europees verband is de "TUNING Methodology" als nieuwe methodiek in opkomst om de opleidingen met elkaar te kunnen vergelijken [7]. In deze methodiek staan leeruitkomsten naast competenties. Beide zijn noodzakelijk om studieprogramma's en hun studieonderdelen of modules student-centraal en output-gericht te maken.

Leeruitkomsten en competenties zijn in het Europese model gedefinieerd als:

"Learning outcomes are statements of what a learner is expected to know, understand and/or be able to demonstrate after completion of learning. They can refer to a single course unit or module or else to a period of studies, for example, a first or a second cycle program. Learning outcomes specify the requirements for award of credit."

"Competences represent a dynamic combination of knowledge, understanding, skills and abilities. Fostering competences is the object of educational programs. Competences will be formed in various course units and assessed at different stages."

De introductie van een 2 of 3 cycli-systeem maakt het nodig dat bestaande studieprogramma's die niet gebaseerd zijn op het concept van de cycli worden herzien. Kenmerkend voor een systeem met cycli is dat iedere cyclus moeten worden gezien als een zelfstandige eenheid. Op basis van dit uitgangspunt dienen de eerste twee cycli niet alleen toegang te geven tot de volgende cycli maar ook tot de arbeidsmarkt. Hier komt het belang naar voren van het hanteren van leeruitkomsten naast dat van competenties. De (Nederlandse) Hbo-bachelor was vanuit het verleden al sterk gericht op de arbeidsmarkt en beantwoordt aan het karakter van een zelfstandige eenheid.

5 De competenties van de Hbo-bachelor TN

5.1 Doelen van de competentielijst

De doelen die met de competentielijst worden nagestreefd zijn de volgende:

1. Het Landelijk Opleidingsprofiel bevat een uitgebreide lijst met competenties. Voor elke functie of rol die een Hbo- bachelor TN vervult, is een bepaalde combinatie van deze competenties nodig. De opleidingen maken hieruit een selectie en komen hiermee tot een opleiding specifiek opleidingsprofiel.
2. Bij onderwijseenheden kunnen de inhoudelijke leerdoelen gekoppeld worden aan competenties zodat duidelijk is welke competenties bij de betreffende onderwijseenheid aan bod komen. De verdeling van competenties over de diverse onderwijseenheden (modulen, projecten, thema's) vormt een "vingerafdruk" van de opleiding.
3. De competenties zijn zo geformuleerd dat de lijst een instrument kan zijn in de coaching en beoordeling van studenten.
4. De competenties moeten duidelijk en herkenbaar zijn voor studenten. Dat betekent dat de competenties zodanig geformuleerd zijn dat studenten deze begrijpen en er zich iets bij voor kunnen stellen. Studenten moeten hiermee een duidelijk beeld krijgen van wat in de latere beroepsuitoefening van hen wordt verwacht.
5. De lijst van competenties kan ook gebruikt worden bij het geven van voorlichting over de opleiding aan potentiële studenten.

5.2. Omschrijving van de competenties

Het Landelijk Opleidingsprofiel TN voldoet aan de beroepsdomeinen en de beroepscompetenties die zijn opgesteld binnen het Domeinprofiel Bachelor of Applied Sciences (BAS).

De acht domeincompetenties BAS zijn gerelateerd aan de Dublin-descriptoren. Het Landelijk Opleidingsprofiel TN beschrijft het basis competentieprofiel voor een beginnend beroepsbeoefenaar met deze acht BAS-competenties, aangevuld met de competentie Modelleren. Achter de competentiebenaming staat het minimaal te behalen competentieniveau (zie par. 5.4).

Competentie	Niveau	Omschrijving
1. Onderzoeken	III (3)	De Bachelor of Applied Science doet onderzoek dat bijdraagt aan de oplossing van een probleem, of tot groter inzicht leidt in een onderwerp binnen de eigen werkomgeving.
2. Experimenteren	III (3)	De Bachelor of Applied Science voert experimenten zodanig uit dat aantoonbaar betrouwbare resultaten worden verkregen.
3. Ontwikkelen	II (2)	De Bachelor of Applied Science ontwikkelt, verbetert of implementeert producten, processen of methoden op basis van bestaande kennis.
4. Beheren / coördineren	I (1)	De Bachelor of Applied Science ontwikkelt, implementeert en onderhoudt een (data)beheersysteem of onderdelen daarvan, zodat het voldoet aan wet- en regelgeving, kwaliteitsnormen en normen en waarden van de organisatie.

5. Adviseren / in en verkopen	II (2)	De Bachelor of Applied Science geeft goed onderbouwde adviezen over het ontwerpen, processen en methoden en brengt renderende transacties tot stand met goederen of diensten.
6. Instrueren/ begeleiden/coachen	I (1)	De bachelor of Applied Science instrueert en begeleidt medewerkers en klanten bij het aanleren van nieuwe kennis en vaardigheden.
7. Leidinggeven / managen	I (1)	De Bachelor of Applied Science geeft richting en sturing aan organisatieprocessen en de daarbij betrokken medewerkers, om zo de doelen van te realiseren van het organisatieonderdeel of project waaraan hij leiding geeft.
8. Zelfsturing	II (2)	De Bachelor of Applied Science stuurt zichzelf in zijn functioneren en in zijn ontwikkeling en zorgt dat hij qua kennis en vaardigheden op de hoogte is van de nieuwste ontwikkelingen, ook in relatie tot ethische dilemma's en maatschappelijk geaccepteerde normen en waarden.
9. Modelleren	III (3)	De Bachelor of Applied Science kan fenomenen uit de praktijk omzetten naar fysisch / mathematische modellen met behulp waarvan relevante aspecten kunnen worden gesimuleerd.
Totaal niveau	18	

5.3 Competenties en gedragscriteria

Voor elke competentie is een tabel gereserveerd. In de kop van de tabel staat de naam van de betreffende competentie. Daaronder staat de betekenis van die competentie in een zin beschreven, telkens beginnend met: "De Hbo-bachelor TN (doet, ontwikkelt, voert uit, etc.) ". Ten slotte wordt die betekenis aangevuld met een lijst van indicatoren, ofwel karakteristieke voorbeelden, die illustreren in welke contexten de betreffende competentie speelt, welke soort hulpmiddelen een rol spelen, welke soort activiteiten verricht worden, welke resultaten bereikt worden. Deze karakteristieke voorbeelden worden telkens ingeleid met de woorden: "Hij laat dit zien door

De indicatoren gelden voor een ervaren beroepsbeoefenaar. De tussenniveaus die de opleiding hanteert, zijn daar rechtstreeks van afgeleid.

1 Onderzoeken

De Hbo-bachelor TN doet onderzoek dat bijdraagt aan de oplossing van een probleem, of tot groter inzicht leidt in een onderwerp binnen de eigen werkomgeving.

Hij laat dat zien door:

- a. over voldoende deskundigheid en initiatief te beschikken door op natuurwetenschappelijk gebied problemen op te sporen en te analyseren;
- b. de doelstellingen van een gewenst onderzoek vanuit de vraagstelling te formuleren;
- c. zelfstandig (wetenschappelijke) literatuur te selecteren en te verkrijgen om zich verder in het probleem te verdiepen, daarbij de betrouwbaarheid van de verschillende informatiebronnen correct inschattend;
- d. een werkbaar en duurzaam werkplan (met budget) te maken waarbij rekening wordt gehouden met aspecten als kwaliteitszorg, veiligheid en milieu;
- e. het werkplan planmatig uit te (laten) voeren door gebruik te maken van relevante methoden, technieken en apparaten;
- f. resultaatgericht met anderen samen te werken in multidisciplinair verband;
- g. de resultaten samen te vatten, te structureren en te interpreteren in relatie tot de onderzoeksvraag;
- h. resultaten te rapporteren volgens de in het werkveld geldende standaard;

- i. op basis van de verkregen resultaten voorstellen te doen voor vervolgonderzoek.

2 Experimenteren

De Hbo-bachelor TN voert experimenten zodanig uit dat aantoonbaar betrouwbare resultaten worden verkregen.

Hij laat dat zien door:

- a. een onderzoeksvraag te vertalen naar een adequate experimentele opzet inclusief werkvoorschriften;
- b. zodanige kennis, inzicht, creativiteit en vaardigheid te tonen dat de werkzaamheden op een verantwoorde, veilige en kritische wijze kunnen worden uitgevoerd met gebruik van de juiste methoden, technieken en apparatuur;
- c. zich zelfstandig verder te verdiepen in methodieken en achtergronden (waaronder mogelijkheden en beperkingen van de apparatuur);
- d. werkvoorschriften nauwgezet te volgen en zo nodig bij te stellen, zodat aantoonbaar betrouwbare en reproduceerbare resultaten worden verkregen;
- e. rekening te houden met veiligheid, gezondheid, milieu en hygiëne en de experimenten zo duurzaam mogelijk uit te voeren;
- f. (statistische) technieken toe te passen om de resultaten te verwerken/valideren en de kwaliteit ervan te borgen;
- g. resultaten te rapporteren volgens de in het werkveld geldende standaard;
- h. op basis van de onderzoeksresultaten voorstellen te doen voor vervolgonderzoek;
- i. snel en efficiënt het beoogde doel te bereiken door middel van het toepassen van projectplanning.

3 Ontwikkelen

De Hbo-bachelor TN ontwikkelt, verbetert of implementeert producten, processen of methoden op basis van bestaande kennis.

Hij laat dat zien door:

- a. de meest geschikte parameters vast te stellen waarmee het productieproces, product of de methode beïnvloedt kunnen worden;
- b. criteria op te stellen waaraan product, proces of methode moet voldoen;
- c. geschikte fysische, chemische en biologische modellen vanuit de natuurwetenschappen toe te passen;
- d. de meest geschikte grondstoffen en unit-operations te selecteren, zowel kwalitatief (welke) als kwantitatief (hoeveelheid, dimensies);
- e. op een verantwoorde manier de productieprocessen op- en terug te schalen (upscaling/downscaling);
- f. resultaten te rapporteren volgens de in het werkveld geldende standaard;
- g. voorstellen te doen voor vervolgonderzoek.

4 Beheren / Coördineren

De Hbo-bachelor TN ontwikkelt, implementeert en onderhoudt een (data)beheersysteem of onderdelen daarvan, zodat het voldoet aan wet- en regelgeving, kwaliteitsnormen en normen en waarden van de organisatie.

Hij laat dat zien door:

- a. het analyseren van eventuele problemen met betrekking tot de ontwikkeling, uitvoering en het onderhoud van een (data)beheersysteem;
- b. het opstellen, uitvoeren en evalueren van een verbeterplan waarmee de problemen creatief, gestructureerd en economisch verantwoord kunnen worden opgelost;
- c. rekening te houden met wet- en regelgeving en (internationaal) geldende normen en waarden, met name op het vlak van duurzaamheid en betrouwbaarheid;
- d. het coördineren van activiteiten rond het ontwikkelen, implementeren en onderhouden van het (data)beheersysteem (of onderdelen daarvan);
- e. het rapporteren en presenteren van informatie volgens de in het werkveld geldende standaard;
- f. medewerkers adequaat te informeren over de inhoud en toepassing van het (data)beheersysteem en eventuele wijzigingen.

5 Adviseren / In- en verkoop

De Hbo-bachelor TN geeft goed onderbouwde adviezen over het ontwerpen, verbeteren of toepassen van producten, processen en methoden en brengt renderende transacties tot stand met goederen of diensten.

Hij laat dat zien door:

- a. een servicegerichte houding;
- b. de vraagstelling van de opdrachtgever te verhelderen;
- c. het opzetten en uitvoeren van (markt)onderzoek;
- d. het opstellen van (delen van) advies;
- e. in overleg met onderzoekers en ontwikkelaars wensen en vragen van klanten te vertalen naar haalbare oplossingen of adviezen;
- f. relaties met klanten op een adequate wijze te onderhouden;
- g. het opstellen van (delen van) een marketingplan;
- h. het hanteren van onderhandelingstechnieken bij in- en verkoop.

6 Instrueren / Coachen

De Hbo-bachelor TN instrueert en begeleidt medewerkers en klanten bij het aanleren van nieuwe kennis en vaardigheden.

Hij laat dat zien door:

- a. het zelfstandig verzorgen van theoretische inleidingen, instructies en demonstraties aan medewerkers, leerlingen, studenten of cursisten inzake praktische experimenten, het gebruik van apparaten, materialen, etc;
- b. het begeleiden van medewerkers, leerlingen, studenten of cursisten op het gebied van te gebruiken methodes en apparatuur, alsmede bij het verrichten van literatuuronderzoek bij (praktijk)opdrachten;
- c. in diverse onderwijssituaties didactische vaardigheden toe te passen;
- d. medewerkers en teams te coachen bij de ontwikkeling van deskundigheid;
- e. de resultaten van de instructies, training of scholing te evalueren en beoordelen.

7 Leiding geven

De Hbo-bachelor TN geeft richting en sturing aan organisatieprocessen en de daarbij betrokken medewerkers, om zo de doelen te realiseren van het organisatieonderdeel of project waaraan hij leiding geeft.

Hij laat dat zien door:

- a. het hebben en uitdragen van een visie betreffende het organisatieonderdeel;
- b. project- en planmatig te werken;
- c. het coachen van medewerkers door te inspireren, te overtuigen, te motiveren, respect te tonen, samenwerking te stimuleren en te delegeren;
- d. zelf het voorbeeld naar medewerkers te geven;
- e. medewerkers een gevoel van gedeelde verantwoordelijkheid te geven;
- f. het voorzitten van vergaderingen en werkoverleg;
- g. taak- en procesgericht te communiceren;
- h. het beheersen van een project in termen van tijd, geld, kwaliteit, informatie en organisatie.

8 Leren leren / Zelfsturing

De Hbo-bachelor TN stuurt zichzelf in zijn functioneren en in zijn ontwikkeling en zorgt dat hij qua kennis en vaardigheden op de hoogte is van de nieuwste ontwikkelingen, ook in relatie tot ethische dilemma's en maatschappelijk geaccepteerde normen en waarden.

Hij laat dat zien door:

- a. op zelfstandige wijze een leerdoel en een leerstrategie te bepalen en uit te voeren, en het resultaat terug te koppelen naar het leerdoel;
- b. zich snel aan te passen aan veranderende werkomgevingen;
- c. bij beroepsmatige en ethische dilemma's een afweging te maken en een besluit te nemen, rekening houdend met geaccepteerde normen en waarden;
- d. feedback te geven en te ontvangen;
- e. eigen handelen en denken kritisch te evalueren en verantwoording af te leggen en te verwerken.

9 Modelleren

De Hbo-bachelor TN werkt met, veelal mathematische, modellen van de werkelijkheid en voert aan de hand daarvan simulaties uit.

Hij laat dat zien door:

- a. uitgangspunten van modellen te begrijpen en te omschrijven;
- b. geldigheid van modellen te omschrijven en te controleren;
- c. modellen op de juiste wijze toe te passen en te interpreteren;
- d. gebruik te maken van relaties en analogieën tussen modellen;
- e. zelf vergelijkingen van een eenvoudig model op te stellen;
- f. eerst hoofdlijnen in model te beschrijven en details pas later toe te voegen;
- g. modelberekeningen en simulaties uit te voeren;
- h. resultaten van modelberekeningen en simulaties te interpreteren en te vergelijken met experimentele resultaten.

5.4 Competentie en kwalificatieniveaus

Een **kwalificatieniveau** geeft het stadium weer van ontwikkelingsniveau in een competentie uitgedrukt in gedragskenmerken.

Er worden vier kwalificatieniveaus onderscheiden:

Tabel 3: Kwalificatieniveaus van een competentie

I	U (uitvoerend)	Effectief gedrag vertonen als de omgeving daartoe directe aanleiding geeft. Trefwoorden: uitvoeren, in opdracht van
II	O (oplossend)	Effectief gedrag vertonen op basis van eigen initiatief. Trefwoorden: oplossen, analyseren
III	I (integrerend)	Effectief gedrag van de directe omgeving versterken Trefwoorden: integreren, ontwikkelen, transfer van kennis en vaardigheden
IV	G (genererend)	Effectief gedrag van de beroepsgroep verhogen Trefwoorden: genereren van kennis, vaardigheden

In de bijlage IV staan bij de indicatoren van elke competentie voorbeelden genoemd van situaties die typerend zijn voor de genoemde kwalificatieniveaus.

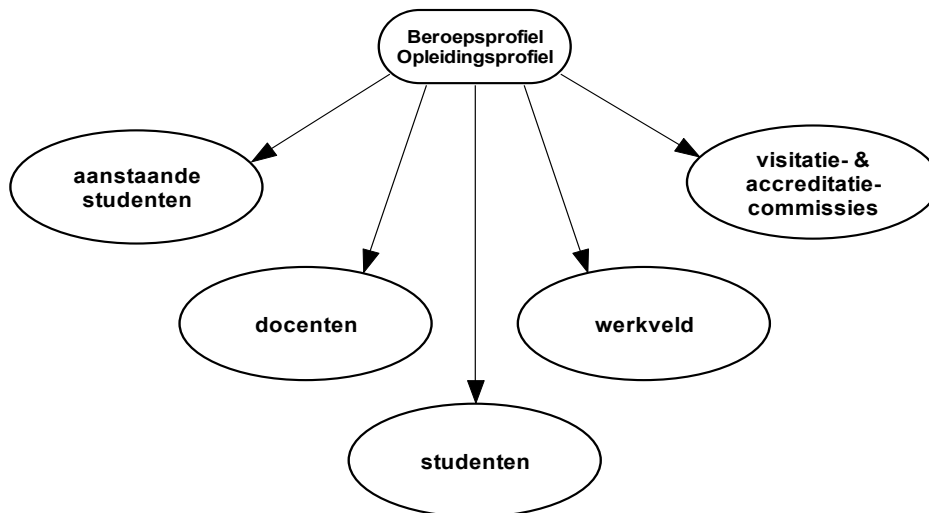
Referenties

- [1] Landelijk Beroepsprofiel HBO-ingenieur Technische Natuurkunde, maart 2002.
- [2] Profiel van de Bachelor of Engineering 2006
- [3] Profiel van de Bachelor of Applied Science 2008
- [4] Arbeidsmarkt voor fysici, NNV januari 2007
- [5] The Bologna Process – Towards the European Higher Education Area', European Commission, Brussels, 2009
<http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/bologna/>
- [6] Specification Description for European Physics Bachelor Studies', European Physical Society, EPS Publications 2009
<http://www.eps.org>
- [7] Tuning Educational Structures in Europe', Subject Area Physics, Deusto & Groningen.
http://tuningacademy.org/wp-content/uploads/2014/02/TuningEUI_Final-Report_EN.pdf
- [8] Gids voor het beschrijven van de landelijke kwalificaties in het HTNO; Handreiking voor het beschrijven van de landelijke beroeps- en opleidingskwalificaties in het Hoger Technisch en Natuurwetenschappelijk Onderwijs op basis van competenties. Projectgroep "Competent HTNO", 15 november 2000, projectnotitie N-00.047
http://www.appliedscience.nl/doc/Landelijk_Opleidingsprofiel_TN_def.pdf

Bijlage I

DOELGROEPEN LANDELIJK OPLEIDINGSPROFIEL

Het Landelijk Opleidingsprofiel en het daaruit afgeleide opleiding specifieke opleidingsprofiel wordt in de communicatie met een aantal doelgroepen aangewend. Zie figuur 1.



Figuur 1 - Doelgroepen van het Landelijk Opleidingsprofiel

Aanstaande studenten

Aan aankomende studenten kan met het beroeps-/opleidingsprofiel, mits herkenbaar geformuleerd, verduidelijkt worden in welke contexten en/of welke functies afgestudeerden hun werk vinden. Een vertaling in een voor deze doelgroep leesbare en begrijpbare versie kan gebruikt worden voor pr- en voorlichtingsactiviteiten.

Docenten

Het beroeps-/opleidingsprofiel geeft sturing aan de eigen onderwijsontwikkeling. Doordat het beroeps-/opleidingsprofiel in termen van competenties geformuleerd wordt, kan op een innovatieve manier het onderwijs doorgelicht en aangepast worden.

Studenten

In studiewijzers en overig informatiemateriaal kunnen duidelijk de onderwijskundige doelstellingen van een onderwijsmodule en de relaties met het opleidings- en Landelijk Opleidingsprofiel worden uitgelegd.

Werkveld

Door middel van het Landelijk Opleidingsprofiel wordt de discussie met het werkveld in modern formalisme voortgezet. Het geeft een handvat voor validatie door het werkveld.

Visitatie- en accreditatiecommissies

Het beroeps- en opleidingsprofiel geven visitatie- en accreditatiecommissies inzicht in de uitgangspunten waarop het onderwijs is gebaseerd en de manier waarop dat is uitgewerkt. Het geeft een handvat voor validatie door de wetgever.

BIJLAGE II

Leden van de beroepenveldcommissies , opleiding TN, januari 2015:

De Haagse Hogeschool, Delft

Ir U. Stelwagen	TNO Industrie en Techniek
dr. Ir A.W.F. Volker	TNO Industrie en Techniek
Prof. dr. G.C. van Rhoon	Erasmus MC
Ing. M.Sc B.Sc M.J. van der Hoek	van der Hoek Photonics
Ing. J.Kooistra	FME-CWM
Ing. Th. van Diepen	Peutz akoestiek
Ing. K.Hoogendijk	EKO Instruments Europe B.V.

Fontys Hogescholen, Eindhoven

Ir. T. Overes	ASML, Veldhoven
Ir. M. van Eekhout	R&D dept, Océ-Technologies B.V. Venlo
drs. C. Westerbaan Van der Meij	Kamer van Koophandel, Eindhoven
ing. J. Wijn	VDL, Eindhoven
drs. A. Elevelt	Philips Research, Medical Devices, Eindhoven

Saxion, Enschede

Ir. S. Boelens	XTREME technologies GmbH , Aken
dr. Ir. F. Blom	R&D dept, Océ-Technologies B.V. Venlo
ing. D. Kramer	RISO, Deventer
dr. Ir. R. Moerland	TU Delft
Dr. W. Hoving	Anteryon
ir. P. Teunisse	Thales, Hengelo
Ir. H. Velten	Sensata Technologies, Almelo

Bijlage III:

Dublin descriptoren

Het is een dwingende accreditatie-eis dat de startcompetenties van de Hbo-bachelor aansluiten bij het internationaal geaccepteerde niveau van de bachelor. Dit niveau is beschreven in de Dublin-descriptoren. De descriptoren zijn:

- ***knowledge and understanding:***
have demonstrated knowledge and understanding in a field of study that builds upon and supersedes their general secondary education, and is typically at a level that, whilst supported by advanced textbooks, includes some aspects that will be informed by knowledge of the forefront of their field of study
- ***applying knowledge and understanding:***
can apply their knowledge and understanding in a manner that indicates a professional approach to their work or vocation, and have competences typically demonstrated through devising and sustaining arguments and solving problems within their field of study
- ***making judgements:***
have the ability to gather and interpret relevant data (usually within their field of study) to inform judgements that include reflection on relevant social, scientific or ethical issues
- ***communication:***
can communicate information, ideas, problems and solutions to both specialist and non-specialist audiences
- ***learning skills:***
have developed those learning skills that are necessary for them to continue to undertake further study with a high degree of autonomy

Vervolgens zijn de competenties gekoppeld aan de Dublin descriptoren middels de volgende tabel.

Tabel VI-1: Koppeling opleidingscompetenties met Dublin descriptoren.

Opleidings-competenties		Dublin descriptoren				
		'Knowledge and understanding'	'Applying knowledge and understanding'	'Making judgments'	'Communication'	'Learning skills'
1.Onderzoeken	III	■	■	■	■	■
2.Experimenteren	III	■	■	■	g,h	■
3.Ontwikkelen	II	■	■	■	■	■
4.Beheren coördineren	-	■	■		e, f	■
5.Adviseren	-	■	■	■	■	
6.Instrueren coachen	I	■	■	■	■	
7. Leidinggeven managen	I	■	■	■	■	
8. Leren leren zelfsturing	II			■	■	
9. Modelleren	II	■	■	■	■	■

*) een ■ houdt in dat de desbetreffende competentie in zijn geheel (alle beschreven gedragscriteria) bijdragen aan de invulling van de Dublin descriptor. In andere gevallen zijn specifieke gedragscriteria beschreven die deze koppeling verduidelijken.

Bijlage IV

Competentieniveaus I, II en III

De profielbeschrijving hbo-bachelor Technisch Natuurkunde, gebaseerd op de profielbeschrijving Bachelor of Applied Science, is uitgewerkt in tussenniveaus van de domeincompetenties. De uitwerking per opleiding kan binnen de verschillende hogescholen variëren, op basis van de eigen profilering van de opleiding en de toepassing van de competenties binnen de opleiding, zoals die zijn uitgewerkt in eigen opleidingsbeleid en opleidingscompetentieprofielen.

De niveauopbouw is cumulatief: elk opvolgend niveau omvat ook de onderliggende niveaus.

Voor Technische Natuurkunde is een extra 9-de competentie "COMPETENTIE MODELLEREN" opgenomen.

1. COMPETENTIE ONDERZOEKEN

De Bachelor of Science doet binnen het domein Applied Science onderzoek dat ofwel bijdraagt aan de oplossing van een probleem of de ontwikkeling van een methode, ofwel leidt tot groter inzicht in een onderwerp binnen de eigen werkomgeving.

	Niveau I	Niveau II	Niveau III	Niveau IV
	De student voert een eenvoudig onderzoek uit n.a.v. een aangereikte vraagstelling Hij laat dat zien door:	De student vertaalt een aangereikt probleem in concrete vraagstellingen, kiest onder begeleiding een onderzoeksstrategie en voert het onderzoek uit. Hij laat dat zien door:	De student vertaalt een probleem naar een onderzoek-strategie en voert het onderzoek uit. Hij laat dat zien door:	Ervaren beroepsbeoefenaar (zie beschrijving competentie hierboven). Hij laat dat zien door:
a	Inhoudelijk met de opdrachtgever over de opdracht te communiceren (bv. interne of externe opdracht-gever); een gegeven casus te analyseren, een onderzoeksvraag te formuleren en deze op te delen in deelvragen.	Op basis van relevante deelvragen het probleem te analyseren en de gekozen onderzoeksstrategie te verantwoorden.	De gekozen onderzoeksstrategie te verantwoorden.	Over voldoende deskundigheid en initiatief te beschikken om op natuurwetenschappelijk gebied problemen op te sporen en te analyseren.
b	(Zo nodig) in overleg met de opdrachtgever de vraagstelling te verhelderen. In overleg met de opdrachtgever doelstellingen te formuleren vanuit een aangereikte eenvoudige doelstelling.	Deelvragen van het uit te voeren onderzoek te formuleren. In overleg met de opdrachtgever doelstellingen te analyseren en om te zetten in het gewenste onderzoek.	Voorstel(len) te doen over te volgen strategie en uitvoering.	De doelstellingen van een gewenst onderzoek vanuit de vraagstelling op te stellen.
c	Gebruik te maken van aangereikte literatuur om de vraag te verhelderen.	Relevante bronnen te selecteren en te gebruiken om zich verder in de onderzoeksvraag te verdiepen.	Gebruik te maken van relevante criteria om de betrouwbaarheid van bronnen in te schatten.	Zelfstandig (wetenschappelijke) literatuur te selecteren en te verkrijgen om zich verder in het probleem te verdiepen, daarbij de betrouwbaarheid van de verschillende informatiebronnen correct inschattend.
d	Voor de opdracht een werkplan/plan van aanpak te maken volgens een aangereikt protocol (met doel, opzet, tijdsduur en planning, rekening houdend met veiligheids- en milieuvoorschriften).	Een werkplan te maken, in overleg met opdrachtgever, zelfstandig een aanpak voor uitvoering van het onderzoek te ontwerpen, rekening houdend met veiligheid, kwaliteit, milieu, e.d.	Zelfstandig een werkplan te ontwerpen en de daarin verwerkte randvoorwaarden te motiveren.	Een uitvoerbaar en duurzaam werkplan (met budget) te maken, waarbij rekening wordt gehouden met kwaliteitszorg, veiligheid, gezondheid, welzijn, milieu, duurzaamheid en ethiek.
e	Bij uitvoering van de opdracht te werken conform het werkplan/stappenplan.	Bij uitvoering van de opdracht te werken conform werkplan. Het werkplan efficiënt uit te voeren en zo nodig tussentijds aan te passen.	Het werkplan effectief en efficiënt uit te voeren en zo nodig tussentijds aan te passen.	Het werkplan planmatig uit te (laten) voeren door gebruik te maken van relevante methoden, technieken en apparaten.
f	Actief mee te werken in een team.	Te functioneren als volwaardig teamlid in de eigen werkomgeving (d.m.v. reflectie en feedback).	Afhankelijk van het karakter van de opdracht als volwaardig lid te functioneren en samen te werken in een team waarin ook medewerkers uit andere vakgebied(en) zitten.	Resultaatgericht samen te werken in multidisciplinair verband.
g	Het resultaat van de opdracht zo nodig rekenkundig/statistisch te bewerken en samen te vatten, te structureren in het licht van de onderzoeksvraag en overzichtelijk in beeld te brengen.	(Deel)resultaten samen te vatten en te interpreteren in relatie tot de opdracht/onderzoeksvraag.	(Deel)resultaten logisch en overzichtelijk te combineren en in relatie tot de onderzoeksvraag conclusies te trekken.	De resultaten samen te vatten, te structureren en te interpreteren in relatie tot de onderzoeksvraag.
h	Mondeling en/of schriftelijk volgens aangegeven richtlijnen over de opdracht te rapporteren.	De (deel)resultaten te combineren in één rapportage volgens de geldende richtlijnen/standaard.	Over het onderzoek te rapporteren volgens de in het werkveld geldende standaard.	Resultaten te rapporteren volgens de in het werkveld geldende standaard.
i	Conclusies te formuleren uit de onderzoeksresultaten en zo nodig een voorstel te doen om uitvoering van de opdracht/het onderzoek te verbeteren.	Een voorstel tot vervolgstappen te doen op basis van de combinatie van deelresultaten.	Een strategie voor vervolgonderzoek te formuleren; een voorstel tot vervolgstappen te doen op basis van analyse van resultaten.	Op basis van de verkregen resultaten voorstellen te doen voor een vervolg op het onderzoek.

2. COMPETENTIE EXPERIMENTEREN

De Bachelor of Science voert experimenten uit binnen het domein Applied Science zodat aantoonbaar betrouwbare resultaten worden verkregen.

	Niveau I	Niveau II	Niveau III	Niveau IV
	De student voert een experiment uit volgens voorschrift. Hij laat dat zien door:	De student kiest een geschikt voorschrift, past dit zo nodig aan en voert het uit. Hij laat dat zien door:	De student zet met begeleiding experimenten op en voert deze zelfstandig en systematisch uit. Hij laat dat zien door:	Ervaren beroepsbeoefenaar (zie beschrijving competentie hierboven). Hij laat dat zien door:
a	Desgevraagd uit te leggen wat de bedoeling van het experiment is.	Een voorschrift te kiezen en uit te leggen waarom het geschikt is voor het experiment.	Een globaal beschreven procedure of vooropgezet synthesesdoel om te zetten naar (een) werkvoorschrift(en) en meerdere methoden te combineren tot een proefopzet.	Een onderzoeksvraag te vertalen naar een adequate experimentele opzet inclusief werkvoorschriften.
b	Desgevraagd het principe van de gebruikte methode uit te leggen.	Beschikbare methoden en voorschriften op geschiktheid te beoordelen en experimentele problemen op te lossen (troubleshooting).	Methoden en technieken te kiezen en te anticiperen op mogelijke experimentele problemen.	Zodanige kennis, inzicht en vaardigheid te tonen dat werkzaamheden op een verantwoorde, veilige en kritische wijze kunnen worden uitgevoerd met de juiste methoden, technieken en apparatuur.
c	Apparatuur volgens voorschrift te bedienen.	Beschikbare apparatuur op geschiktheid te beoordelen en zo nodig instellingen aan te passen.	Bij opzet en uitvoering van experimenten rekening te houden met mogelijkheden en beperkingen van de te gebruiken apparatuur.	Zich zelfstandig verder te verdiepen in methodieken en achtergronden (waaronder mogelijkheden en beperkingen van de apparatuur).
d	Op basis van een voorschrift een experiment adequaat voor te bereiden, uit te voeren en binnen de gestelde tijd resultaten te verkrijgen in overeenstemming met de veiligheids- en milieu voorschriften.	Een werkplanning te maken voor uitvoering van een voorschrift, dit te beoordelen op veiligheids- en milieuaspecten en uit te voeren, en binnen de gestelde tijd reproduceerbare resultaten te verkrijgen.	Een planning te maken voor een aantal experimenten, deze uit te voeren en binnen de gestelde tijd reproduceerbare resultaten te verkrijgen.	Werkvoorschriften nauwgezet te volgen en zo nodig bij te stellen, zodat aantoonbaar betrouwbare en reproduceerbare resultaten worden verkregen.
e	Een voorschrift uit te voeren volgens de veiligheidsvoorschriften.	De milieu- en veiligheidsaspecten van een voorschrift te beoordelen.	Bij de proefopzet rekening te houden met milieu- en veiligheidsaspecten en hierover met zijn omgeving te communiceren.	Rekening te houden met veiligheid, gezondheid, milieu en hygiëne en de experimenten zo duurzaam mogelijk uit te voeren.
f	Meetresultaten adequaat en correct te bewerken en in te schatten of een gevonden uitkomst realistisch is.	De betrouwbaarheid van een resultaat te beoordelen op basis van statistische overwegingen.	Een (statistische) methode te kiezen om de betrouwbaarheid van het gevonden resultaat te beoordelen.	(Statistische) technieken toe te passen om de resultaten te verwerken/valideren en de kwaliteit ervan te borgen.
g	Een nauwkeurig en overzichtelijk labjournaal bij te houden.	Een nauwkeurig en overzichtelijk labjournaal bij te houden en adequate conclusies uit de experimentele resultaten in de rapportage op te nemen.	Een nauwkeurig en overzichtelijk labjournaal bij te houden met adequate conclusies en in de rapportage de betrouwbaarheid van de gevonden resultaten te verantwoorden.	Resultaten te rapporteren volgens de in het werkveld geldende standaard.
h	Zo nodig een voorstel te doen om uitvoering van een voorschrift te verbeteren.	Voorstellen te doen tot verbetering van het voorschrift.	Voorstellen te doen tot verbetering van het voorschrift en zo nodig methoden voor te stellen voor vervolggexperimenten.	Op basis van de onderzoeksresultaten voorstellen te doen voor vervolggexperimenten.
i	Een planning te maken voor het werk dat op een practicumdag(deel) gedaan moet worden, teneinde dit efficiënt uit te kunnen voeren.	Een planning te maken voor het uitvoeren van experimenteel werk binnen een afgebakend project dat qua tijdsduur van beperkte omvang is (enkele weken).	Een planning te maken voor de opzet en uitvoering van experimenteel werk binnen een project van langere duur (minimaal een half jaar, zoals bij de afstudeeropdracht), waarbij regelmatige aanpassing van de planning op basis van de voortgang vereist is.	Snel en efficiënt het beoogde doel te bereiken door middel van het toepassen van projectplanning.

Noot: Waar 'apparatuur' staat, kan voor een bio-informaticus 'software/ computer/ besturingsplatform' worden gelezen; waar 'experiment' staat, kan voor een bio-informaticus vaak 'analyse' worden ingevuld. Waar 'labjournaal' staat, geldt voor een bio-informaticus 'logboek'.

3. COMPETENTIE ONTWIKKELEN

De Bachelor of Science ontwikkelt of verbetert een proces, instrument, product of materiaal of schaaft een proces op of terug in het domein Applied Science.

	Niveau I	Niveau II	Niveau III	Niveau IV
	De student ontwikkelt of verbetert volgens een aangereikte aanpak. Hij laat dat zien door:	De student ontwikkelt of verbetert door een aanpak te selecteren of aan te passen. Hij laat dat zien door:	De student ontwikkelt of verbetert door zelfstandig een aanpak op te stellen. Hij laat dat zien door:	De ervaren beroepsbeoefenaar ontwikkelt of verbetert zelfstandig, waarbij de situatie complex is of transfer vanuit een ander vakgebied een rol speelt. Hij laat dat zien door:
a. criteria programma van eisen (PvE)	De criteria, waaraan het product, proces, instrument of materiaal moet voldoen (PvE), te gebruiken.	Waar nodig, de criteria aan te passen, waaraan het product, proces, instrument of materiaal moet voldoen (PvE).	De criteria op te stellen, waaraan het product, proces, instrument of materiaal moet voldoen vanuit eisen of wensen van de opdrachtgever (PvE).	De criteria op te stellen waaraan het product, proces, instrument of materiaal moet voldoen in een complexe situatie, vanuit eisen of wensen van de opdrachtgever (PvE).
b. concepten	Aangereikte vakspecifieke concepten te identificeren (beoordelen of en waar ze herkenbaar zijn) in het programma van eisen.	Uit een aangereikte verzameling van vakspecifieke concepten een keuze te maken bij de identificatie van die concepten in het programma van eisen.	Zelfstandig vakspecifieke concepten te identificeren in het programma van eisen.	In een complexe situatie zelfstandig vakspecifieke concepten te identificeren in het programma van eisen.
c. parameters	Aangereikte vakspecifieke ontwerpparameters te selecteren waarmee het proces, product, instrument of materiaal beïnvloed kan worden.	Uit aangereikte vakspecifieke ontwerpparameters de meest geschikte te selecteren, waarmee het proces, product, instrument of materiaal beïnvloed kan worden.	De meest geschikte vakspecifieke ontwerpparameters te selecteren waarmee het proces, product, instrument of materiaal beïnvloed kan worden.	In een complexe situatie de meest geschikte vakspecifieke ontwerpparameters te selecteren, waarmee het proces, product, instrument of materiaal beïnvloed kan worden.
d. modellen	Van aangereikte vakspecifieke modellen te controleren of ze in overeenstemming zijn met het PvE, ze toe te passen en ze te valideren.	Uit aangereikte vakspecifieke modellen de geschikte te selecteren, te controleren of ze in overeenstemming zijn met het PvE, ze toe te passen en ze te valideren.	Zelfstandig geschikte vakspecifieke modellen te kiezen, te controleren of ze in overeenstemming zijn met het PvE, toe te passen en te valideren.	In een complexe situatie geschikte vakspecifieke modellen te selecteren, te controleren of ze in overeenstemming zijn met het PvE, toe te passen en te valideren.
e. haalbaarheid, duurzaamheid	Met een aangereikte methode de vakspecifieke haalbaarheid van het resultaat te onderzoeken.	De vakspecifieke haalbaarheid en duurzaamheid van het resultaat te onderzoeken.	De vakspecifieke en economische haalbaarheid en duurzaamheid van het resultaat te onderzoeken.	In een complexe situatie de vakspecifieke en economische haalbaarheid en duurzaamheid van het resultaat te onderzoeken.
f. grondstoffen en unit operations	Van de aangereikte grondstoffen de hoeveelheid te bepalen en – zo nodig – van de unit operations de dimensies.	Uit aangereikte grondstoffen en unit operations de meest geschikte te selecteren, zowel kwalitatief (welke) als kwantitatief (hoeveelheid, dimensies).	Zelfstandig de meest geschikte grondstoffen en unit operations te selecteren, zowel kwalitatief (welke) als kwantitatief (hoeveelheid, dimensies).	In een complexe situatie de meest geschikte grondstoffen en unit operations te selecteren, zowel kwalitatief (welke) als kwantitatief (hoeveelheid, dimensies).
g. documentatie	De documentatie van de ontwikkeling en het resultaat op te stellen in een aangereikt format.	De documentatie van de ontwikkeling en het resultaat op te stellen volgens gedetailleerde richtlijnen.	De documentatie van de ontwikkeling en het resultaat op te stellen volgens de in het werkveld geldende standaard.	De documentatie van de ontwikkeling en het resultaat op te stellen volgens de in het werkveld geldende standaard voor een complexe situatie.

Noot: Begrippenlijst:

- **'ontwikkelen'** kan ook 'ontwerpen', 'verbeteren', 'optimaliseren' of 'up- of downscaling van een proces' zijn;
- we spreken van een **'proces'** als een 'component' een bewerking ondergaat in een 'apparaat', 'toestel' of ander voorwerp. Bijvoorbeeld een destillatiekolom, een reactor of een warmtewisselaar;
- een **'instrument'** is een 'apparaat', 'toestel' of ander voorwerp dat een fysische, chemische of biologische functie heeft. Bijvoorbeeld een magneet, een analyse instrument of een versterker;
- een **'component'** is een materiaal of (tussen)product dat wordt bewerkt in een proces;
- een situatie is **'complex'** door een grote hoeveelheid concepten, een grote samenhang tussen concepten of een samenhang met een ander vakgebied;
- **'of'** is de 'inclusive or', dus 'en/of';
- **'vakspecifiek'** is een bijvoeglijk naamwoord dat past binnen de context van Applied Science. Bijvoorbeeld chemisch, fysisch, biologisch, technisch;
- een **'vakspecifiek concept'** is een onderwerp uit het vakgebied waarvoor theorie of modellen zijn beschreven. Bijvoorbeeld reactiekinetiek (chemisch), destillatie (fysisch), groei van biomassa (biologisch) of elektromagnetisme (technisch);
- een **'vakspecifiek model'** is een model van een (combinatie van) vakspecifiek(e) concept(en);
- de **'vakspecifieke haalbaarheid'** is de chemische, fysische, biologische of technische haalbaarheid, maar niet de economische haalbaarheid. De economische haalbaarheid staat apart vermeld;
- het **'resultaat'** is het ontwikkelde product, proces, instrument of materiaal of het geschaalde proces;
- de **'ontwikkeling'** is het hele proces om tot het resultaat te komen.

4. COMPETENTIE BEHEREN | COÖRDINEREN

De Bachelor of Science ontwikkelt, implementeert en onderhoudt een beheersysteem of onderdelen daarvan, zodat het systeem voldoet aan de betreffende wet- en regelgeving, kwaliteitsnormen en de normen en waarden van de organisatie.

	Niveau I	Niveau II	Niveau III	Niveau IV
	De student toetst het werk aan de eisen van verschillende beheersystemen. Hij laat dat zien door:	De student levert een bijdrage aan één of meer beheersystemen binnen de organisatie. Hij laat dat zien door:	De student implementeert en onderhoudt een beheersysteem. Hij laat dat zien door:	Ervaren beroepsbeoefenaar (zie beschrijving competentie hierboven). Hij laat dat zien door:
a	Een (eventueel) probleem bij uitvoering van een beheersysteem op te merken en te benoemen.	Voorstellen te doen ter oplossing van voorkomende problemen bij uitvoering en onderhoud van een beheersysteem.	Mogelijke problemen te voorzien bij uitvoering en onderhoud van een beheersysteem.	Eventuele problemen met betrekking tot de ontwikkeling, uitvoering en onderhoud van een (data) beheersysteem te analyseren.
b	Mogelijkheden tot verbetering van de uitvoering van een beheersysteem te inventariseren.	Voorstellen te doen ter verbetering van een beheersysteem.	Een verbeterplan voor een beheersysteem op te stellen en uit te (laten) voeren.	Een verbeterplan op te stellen, uit te voeren en te evalueren waarmee de problemen creatief, gestructureerd en economisch verantwoord kunnen worden opgelost.
c	Er blijkt van te geven op de hoogte te zijn van relevante wet- en regelgeving.	Elementen van wet- en regelgeving te vertalen in aanpassing van een beheersysteem.	Nieuwe wet- en regelgeving of maatschappelijk gewenste ontwikkelingen te verwerken in een bestaand beheersysteem.	Rekening te houden met wet- en regelgeving en (internationaal) geldende normen en waarden, met name met betrekking tot duurzaamheid en betrouwbaarheid.
d	De uitvoering van zijn werkzaamheden in te passen in de op zijn werkplek gehanteerde beheersystemen.	Naleving van de richtlijnen van algemeen geldende beheersystemen te controleren.	De op zijn werkplek gehanteerde beheersystemen te onderhouden (verbeteren) en desgewenst een nieuw systeem te implementeren.	Activiteiten te coördineren met betrekking tot de ontwikkeling, implementatie en het onderhouden van het (data)beheersysteem (of onderdelen daarvan).
e	Te rapporteren over (de naleving van de richtlijnen) van de gehanteerde beheersystemen bij uitvoering van zijn werkzaamheden.	Te rapporteren over uitvoering van één of meer beheersystemen op zijn werkplek.	Te rapporteren over en presenteren van veranderingen in één of meer beheersystemen.	Informatie te rapporteren en presenteren volgens de in het werkveld geldende standaard.
f	Medewerkers desgevraagd informatie te verschaffen over uitvoering van de gehanteerde beheersystemen.	Medewerkers adequaat te informeren over de inhoud van een beheersysteem en hen te attenderen op eventuele wijzigingen.	Medewerkers te ondersteunen in de toepassing van een beheersysteem.	Medewerkers adequaat te informeren over de inhoud en toepassing van het (data)beheersysteem en over eventuele wijzigingen.

Noot: Voor Technische Natuurkunde dient beheersysteem gelezen te worden als experimenteel systeem.

5. COMPETENTIE ADVISEREN | IN- EN VERKOPEN

De Bachelor of Science geeft goed onderbouwde adviezen over het ontwerpen, verbeteren of toepassen van producten, processen en methoden en brengt renderende transacties tot stand met goederen of diensten binnen het domein Applied Science.

	Niveau I	Niveau II	Niveau III	Niveau IV
	De student verdiept zich in de problemen en/of wensen van gebruikers. Hij laat dat zien door:	De student draagt bij aan het oplossen van een technisch probleem van een gebruiker. Hij laat dat zien door:	De student heeft een concreet advies op een specifieke vraag. Hij laat dat zien door:	Ervaren beroepsbeoefenaar (zie beschrijving competentie hierboven). Hij laat dat zien door:
a	Te luisteren naar de klant.	Relevante open vragen te stellen.	Flexibel met de veranderende eisen van de klant om te gaan.	Zich servicegericht op te stellen.
b	De opdracht helder en eenduidig te omschrijven.	De geïdentificeerde wensen van de klant te rapporteren/presenteren.	Een gemotiveerd advies uit te brengen.	De vraagstelling van de opdrachtgever te verhelderen.
c	(Markt)onderzoeksgegevens te analyseren.	(Markt)onderzoeksgegevens te interpreteren.	Marktontwikkelingen te signaleren en hierop in te spelen.	(Markt)onderzoek op te stellen en uit te voeren.
d	Acties te benoemen die op een (markt)onderzoek volgen.	Een actieplan op te stellen voor een (markt)onderzoek.	Een adviesplan op te stellen, rekening houdend met de eigen concurrentiepositie.	(Delen van) advies op te stellen.
e	De wensen van klant/opdracht-gever of gebruiker te herkennen als een relevant (technisch) probleem.	De wens van de klant te identificeren.	Met creatieve oplossingen te komen bij specifieke problemen of ontwikkelingen.	In overleg met onderzoekers en ontwikkelaars wensen en vragen van klanten te vertalen naar haalbare oplossingen of adviezen.
f	De klant/opdrachtgever of gebruiker te kennen.	Op basis van vertrouwen een band op te bouwen.	Rekening te houden met de omgeving van de klant.	Relaties met klanten op een adequate wijze te
g	Verschillende onderhandelings- technieken te herkennen.	Geschikte onderhandelings-technieken toe te passen.	Belanghebbenden te overtuigen zodat wenselijke activiteiten ondernomen kunnen worden.	Bij in- en verkoop onderhandelings-technieken toe te passen.

Noot: Voor Technische Natuurkunde dienen de woorden 'marktonderzoek' en 'marktontwikkeling', gelezen te worden als 'fysisch onderzoek', en 'fysische ontwikkeling'.

Beroepsprofiel Hbo-bachelor Technische Natuurkunde

6. COMPETENTIE INSTRUEREN | BEGELEIDEN | DOCEREN | COACHEN

De Bachelor of Science instrueert en begeleidt medewerkers en klanten bij het aanleren van nieuwe kennis en vaardigheden binnen het domein Applied Science.

	Niveau I	Niveau II	Niveau III	Niveau IV
	De student: geeft op verzoek eigen kennis en vaardigheden door aan medewerkers (door demonstreren en toelichten).	De student: neemt initiatief tot instructie van medewerkers met een tekort aan kennis en vaardigheden.	De student: brengt kennis en vaardigheden op didactisch verantwoorde wijze over aan medewerkers.	Ervaren beroepsbeoefenaar (zie beschrijving competentie hierboven).
	Hij laat dat zien door:	Hij laat dat zien door:	Hij laat dat zien door:	Hij laat dat zien door:
a	Een bijdrage te leveren aan de instructie/demonstratie aan collega-medewerkers, -studenten of leerlingen inzake een praktijkproef, etc.	Het verzorgen van een instructie/ demonstratie aan collega- medewerkers, -studenten of leerlingen inzake een praktijkproef, etc.	Het zelfstandig verzorgen van een theoretische inleiding met instructie/demonstratie aan collega-medewerkers, -studenten, leerlingen of cursisten inzake praktijkproeven, etc.	Het zelfstandig verzorgen van theoretische inleidingen, instructies en demonstraties aan medewerkers, leerlingen, studenten of cursisten inzake praktische experimenten, het gebruik van apparaten, materialen en dergelijke.
b	Een bijdrage te leveren aan de begeleiding van medewerkers, leerlingen, studenten of cursisten inzake te gebruiken methodes en apparatuur, etc.	Mee te werken aan de begeleiding van medewerkers, leerlingen, studenten of cursisten inzake te gebruiken methodes en apparatuur, etc.	Een deel van de begeleiding te verzorgen van medewerkers, leerlingen, studenten of cursisten inzake te gebruiken methodes en apparatuur, etc.	Het begeleiden van medewerkers, leerlingen, studenten of cursisten inzake te gebruiken methodes en apparatuur, alsmede bij het verrichten van literatuuronderzoek, bij (praktijk)opdrachten.
c	Zaken helder uiteen te zetten.	Informatie over te brengen, rekening houdend met de doelgroep.	Complexe informatie over te brengen, rekening houdend met de doelgroep.	In diverse onderwijssituaties didactische vaardigheden toe te passen.
d	Zich bewust te zijn van het belang van voortdurende deskundigheidsontwikkeling.	Activiteiten te ontplooiën t.a.v. de eigen deskundigheidsontwikkeling en die van anderen.	Op basis van eigen ervaringen een bijdrage te leveren aan het coachen van medewerkers.	Het coachen van medewerkers en teams bij de ontwikkeling van deskundigheid.
e	Op verzoek feedback te geven op de evaluatie/beoordeling van de resultaten van instructies, etc.	Een beargumenteerde beoordeling/evaluatie te geven van de resultaten van instructies, etc.	Een bijdrage te leveren aan het opstellen van beoordelingscriteria en suggesties te doen voor verdere ontwikkeling.	Het evalueren en beoordelen van de resultaten van instructies, training en/of scholing.

7. COMPETENTIE LEIDINGGEVEN | MANAGEN

De Bachelor of Science geeft richting en sturing aan organisatieprocessen en de daarbij betrokken medewerkers, teneinde de doelen te realiseren van het organisatieonderdeel of project waar hij leiding aan geeft.

	Niveau I	Niveau II	Niveau III	Niveau IV
	De student verleent assistentie en geeft richting aan medewerkers wanneer daar om wordt gevraagd. Hij laat dat zien door:	De student verleent assistentie en geeft richting aan medewerkers om prestaties te verbeteren. Hij laat dat zien door:	De student zorgt dat doelen en rollen van leden van een team gedefinieerd zijn en ondersteunt het functioneren van de leden in het realiseren van de teamdoelen. Hij laat dat zien door:	Ervaren beroepsbeoefenaar (zie beschrijving competentie hierboven). Hij laat dat zien door:
a	Blijk te geven van begrip van plaats en functie van zijn organisatie- onderdeel (stage-/afstudeerplek).	Eigen kennis en inzichten in te brengen bij het aanpakken van (nieuwe) activiteiten in de organisatie.	Ervoor te zorgen dat medewerkers duidelijk weten wat hun rol is in het bereiken van organisatiedoelen en hen hierbij te begeleiden.	Een visie te hebben betreffende het organisatieonderdeel en deze uit te dragen.
b	Mede voor taak- en werkverdeling te zorgen.	Assistentie te verlenen bij het oplossen van knelpunten in de planning en prioriteitstelling van werkzaamheden.	Bij het plannen van werkzaam- heden een taakverdeling aan te geven, alsmede tijdpad, prioriteit stelling en andere randvoorwaarden in termen van tijd, geld, kwaliteit, informatie en organisatie.	Project- en planmatig te werken.
c	Aanspreekbaar en bereikbaar te zijn voor medewerkers, medestudenten en docenten.	Medewerkers te motiveren door hen aan te spreken op hun kwaliteiten.	Taken te delegeren aan medewerkers overeenkomstig hun functie en kwaliteiten.	Medewerkers te coachen door te inspireren, te overtuigen, te motiveren, respect te tonen, samenwerking te stimuleren en te delegeren.
d	Eerlijk en betrouwbaar te handelen naar medewerkers, medestudenten en	Medewerkers aan te spreken op hun omgang met collega's.	Open en helder te zijn over de eigen positie en conflicten helpen op te lossen.	Zelf het voorbeeld naar mede- werkers te geven.
e	Anderen te steunen in hun initiatieven.	Medewerkers te stimuleren om zelf nieuwe initiatieven te ontplooien.	Medewerkers te helpen bij het uitwerken van hun initiatieven.	Medewerkers een gevoel van gedeelde verantwoordelijkheid te geven.
f	Vanuit zijn eigen werkzaamheden bij te dragen aan vergaderingen en werkoverleggen.	In vergaderingen en werkoverleggen mee te denken met andere medewerkers en initiatief te nemen tot het oplossen van knelpunten.	De deelnemers aan de vergadering een doelgerichte bijdrage te laten leveren vanuit hun rol in het team.	Het voorzitten van vergaderingen en werkoverleg.
g	Heldere en eenduidige uitleg of instructies te geven over een te verrichten taak.	Met andere medewerkers te overleggen om een gezamenlijk einddoel te bereiken.	Medewerkers op voortgang te sturen om de gestelde doelen te halen.	Taak- en procesgericht te communiceren.
h	Medewerkers inzicht te geven in het belang van de randvoorwaarden van het project.	In overleg een gemaakte planning bij te stellen om binnen gestelde randvoorwaarden te blijven.	De taken aan de deelnemers van het project zodanig toe te delen dat de randvoorwaarden optimaal kunnen worden gerealiseerd.	Een project te beheersen in termen van tijd, geld, kwaliteit, informatie en organisatie.

8. COMPETENTIE ZELFSTURING

De Bachelor of Science stuurt zichzelf in zijn functioneren en in zijn ontwikkeling en zorgt dat hij qua kennis en vaardigheden op de hoogte is van de nieuwste ontwikkelingen, ook in relatie tot ethische dilemma's en maatschappelijk geaccepteerde normen en waarden.

	Niveau I	Niveau II	Niveau III	Niveau IV
	De student reflecteert op eigen functioneren.	De student reflecteert op eigen functioneren en ontwikkeling.	De student stuurt zichzelf in eigen functioneren.	Ervaren beroepsbeoefenaar (zie beschrijving competentie hierboven).
	Hij laat dat zien door:	Hij laat dat zien door:	Hij laat dat zien door:	Hij laat dat zien door:
a	Naar een vastgesteld leerdoel toe te werken. De leerstrategie en de daaruit voortvloeiende resultaten te bespreken; zich bewust te zijn van de functie van een leerdoel en hoe hij dat gebruikt in zijn leerstrategie.	In overleg/zelfstandig eigen leerdoel en leerstrategie te bepalen en op het resultaat te reflecteren.	Een loopbaanontwikkelingsplan te maken en zelf nieuwe leerdoelen te bepalen.	Op zelfstandige wijze een leerdoel en een leerstrategie te bepalen en uit te voeren en het resultaat terug te koppelen naar het leerdoel.
b	De eventuele noodzaak tot aanpassing van het eigen functioneren te benoemen in de studieomgeving.	Feedback op eigen functioneren te gebruiken voor aanpassing aan de werkomgeving.	Zijn functioneren aan te passen aan de eisen van de verschillende werkomgevingen.	Zich snel aan te passen aan veranderende werkomgevingen.
c	Over beroepsmatige en ethische dilemma's met anderen te communiceren en beroepsmatige of ethische dilemma's te benoemen.	Eventuele beroepsmatige en ethische dilemma's te constateren en daarover zijn mening te geven.	Aan de hand van maatschappelijk geaccepteerde beroepsmatige en ethische normen en waarden zijn standpunt te bepalen.	Bij beroepsmatige en ethische dilemma's een afweging te maken en een besluit te nemen, rekening houdend met maatschappelijk geaccepteerde normen en waarden.
d	Informatie te zoeken om eigen functioneren te verbeteren.	Kritiek op geleverd werk te verwerken en eigen functioneren met collega's te bespreken.	Eigen functioneren op grond van ervaringen aan te passen.	Feedback te geven en te ontvangen.
e	Eigen handelen en denken kritisch te evalueren. Bewust te zijn van het effect van de eigen werkhouding op anderen, zoals groepsleden bij een project.	Voor zichzelf inzake eigen handelen conclusies te trekken en die zo nodig ook naar anderen te verwoorden.	Eigen handelen naar anderen te verantwoorden en te maken keuzen te motiveren.	Eigen denken en handelen kritisch te evalueren en verantwoording af te leggen en te verwerken.

9. COMPETENTIE MODELLEREN

De Hbo-bachelor TN werkt met, veelal mathematische, modellen van de werkelijkheid en voert aan de hand daarvan simulaties uit.

	Niveau I	Niveau II	Niveau III	Niveau IV
	De student past een eenvoudig aangereikt model doelmatig toe om informatie te genereren.	De student selecteert een model of past een eenvoudig bestaand model aan om informatie te genereren.	De student past een bestaand complex model zelfstandig toe en past dat model waar nodig onder begeleiding aan om	Ervaren beroepsbeoefenaar ontwikkelt of verbetert zelfstandig modellen van in een complexe situatie of waarbij transfer vanuit een
a. Uitgangspunten en geldigheid	De uitgangspunten en het geldigheidsgebied van een eenvoudig aangereikt model te begrijpen en te hanteren.	Definieert de uitgangspunten en/of geldigheidsgebied van een eenvoudig bestaand model	De uitgangspunten en het geldigheidsgebied van een bestaand complex model te begrijpen en te hanteren.	In een complexe situatie zelfstandig de uitgangspunten en het geldigheidsgebied van een model te begrijpen en te hanteren.
b. Opstellen hoofdlijnen	onder begeleiding (de vergelijkingen van) een eenvoudig model op hoofdlijnen (zonder details) op te stellen	zelfstandig (de vergelijkingen van) een eenvoudig model op hoofdlijnen (zonder details) op te stellen	onder begeleiding (de vergelijkingen van) een complex model op hoofdlijnen (zonder details) op te stellen	zelfstandig (de vergelijkingen van) een complex model op hoofdlijnen (zonder details) op te stellen
c. Verfijnen	onder begeleiding (de vergelijkingen van) een eenvoudig model te verfijnen met details	zelfstandig (de vergelijkingen van) een eenvoudig model te verfijnen met details	onder begeleiding (de vergelijkingen van) een complex model te verfijnen met details	zelfstandig (de vergelijkingen van) een complex model te verfijnen met details
d. Modelberekeningen en simulaties uitvoeren	Met behulp van een eenvoudig aangereikt model onder toezicht informatie te genereren.	Met behulp van een eenvoudig aangereikt model zelfstandig informatie te genereren.	Met behulp van een complex bestaand model onder toezicht informatie te genereren.	Met behulp van een complex model zelfstandig informatie te genereren.
e. Tools / hulpmiddelen benutten	Onder begeleiding tools/hulpmiddelen t.b.v. de modelvorming en simulatie met een eenvoudig aangereikt	Zelfstandig tools/hulpmiddelen t.b.v. de modelvorming en simulatie met een eenvoudig aangereikt	Onder begeleiding tools/hulpmiddelen t.b.v. de modelvorming en simulatie met een complex bestaand model	Zelfstandig tools/hulpmiddelen t.b.v. de modelvorming en simulatie met een complex model toe te passen
f. Interpreteren resultaten	de met behulp van een eenvoudig aangereikt model gegenereerde informatie/data onder	de met behulp van een eenvoudig aangereikt model gegenereerde informatie/data	de met behulp van een complex bestaand model gegenereerde informatie/data onder	de met behulp van een complex model gegenereerde informatie/data zelfstandig
g. Verificatie resultaten	de met behulp van een eenvoudig aangereikt model gegenereerde informatie/data onder begeleiding te controleren op juistheid	de met behulp van een eenvoudig aangereikt model gegenereerde informatie/data zelfstandig te controleren op juistheid (validatie) en	de met behulp van een complex bestaand model gegenereerde informatie/data onder begeleiding te controleren op juistheid	de met behulp van een complex model gegenereerde informatie/data zelfstandig te controleren op juistheid (validatie) en te vergelijken
h. Aanpassen	Een eenvoudig aangereikt model onder toezicht aan te passen aan een specifieke situatie	Een eenvoudig aangereikt model zelfstandig aan te passen aan een specifieke situatie	Een complex bestaand model met begeleiding aan te passen aan een specifieke situatie	Een complex model zelfstandig aan te passen aan een specifieke situatie