

Toegepaste wiskunde in perspectief

*Beroepsprofiel voor de HBO-opleiding
Toegepaste wiskunde (Mathematical Engineering)*

(versie 11 november 2014)

DE HAAGSE
HOGESCHOOL


Fontys
Hogescholen

NHL
HOGESCHOOL


Hogeschool van Amsterdam

inholland
hogeschool

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
1 Inleiding	4
2 Positionering.....	6
3 Focusgebieden	8
Bijlage 1: Competentieprofiel Toegepaste wiskunde	12
Bijlage 2: Kennisbasis (BOKS) Toegepaste wiskunde.....	13

Voorwoord

Dit document is een beroepsprofiel voor de HBO-opleiding Toegepaste wiskunde en beoogt het beroepenveld van de afgestudeerde Toegepaste wiskundige te schetsen, en overige informatie over de opleiding overzichtelijk te presenteren. De aanleiding voor het opstellen van een nieuw beroepsprofiel is de herziening van het opleidingsaanbod in de sector Techniek die per 1 september 2015 in gaat. De opleiding Toegepaste wiskunde heet nu nog Bedrijfswiskunde, en zal vanaf die datum onder de nieuwe naam met een nieuw beroepsprofiel opereren, in het domein Engineering.

Dit beroepsprofiel is bedoeld voor allen die er belang bij hebben kennis te nemen van de doelen van de opleiding Toegepaste wiskunde. De belangrijkste doelgroepen zijn:

- bedrijven en overheidsorganisaties waar afgestudeerden werken of kunnen werken;
- organisaties in en voor het HBO, zoals de NVAO, de Vereniging Hogescholen, het domein HBO-Engineering;
- verenigingen van wiskundige beroepsbeoefenaren, zoals de Vereniging voor Statistiek en de Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren;
- het management (in verschillende lagen) en de docenten van de opleidingen Toegepaste wiskunde;
- studenten van de opleidingen Toegepaste wiskunde.

Dit document is in mei 2014 in concept opgesteld door het Landelijk Opleidingsoverleg Toegepaste wiskunde. Dit is op 24 juni 2014 in Diemen op een gezamenlijke bijeenkomst van de opleidingen besproken met het beroepenveld. Naar aanleiding daarvan zijn nog enkele aanpassingen gedaan, resulterend in deze versie van november 2014.

De auteurs waren:

drs A.S. van der Flier (Aleid)	-	Hogeschool van Amsterdam
dr V. Hollink (Vera)	-	Hogeschool Inholland
drs R.A. Mantel (Ron)	-	Haagse Hogeschool
ir J.J.J.M. Otten (Joost)	-	Fontys Hogescholen
drs K.J. Wieringa (Klaas-Jan)	-	NHL Hogeschool

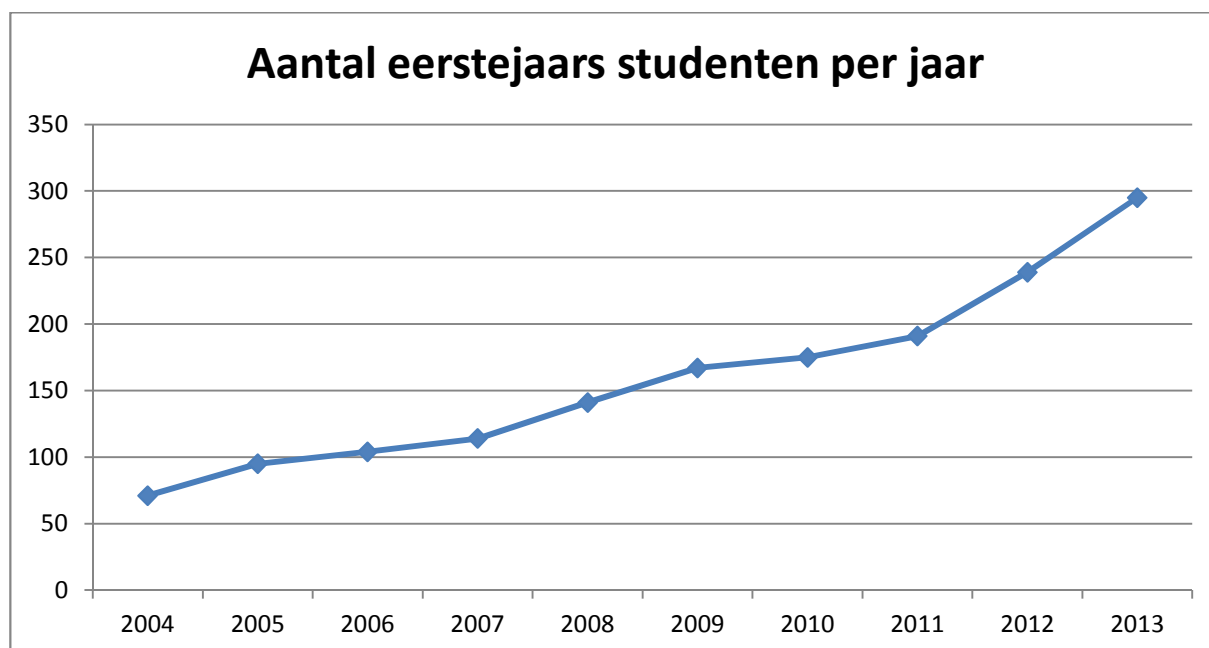
1 Inleiding

De opleiding Toegepaste wiskunde wordt aan de volgende vijf hogescholen aangeboden, tot dusverre onder de naam Bedrijfswiskunde:

Naam	Plaats
Fontys Hogescholen	Tilburg
De Haagse Hogeschool	Rijswijk
Hogeschool van Amsterdam	Amsterdam
Hogeschool InHolland	Diemen
NHL Hogeschool	Leeuwarden

In 1985 ontstond, na landelijk overleg tussen het VNO (Verbond van Nederlandse Ondernemingen) en de overlegraad MO (middelbaar onderwijs), een niet-lerarenvariant van de (deeltijd) tweedegraads lerarenopleiding wiskunde (MO-A). Het VNO had geconstateerd dat veel leraren wiskunde in het bedrijfsleven uitstekend functioneerden en verzocht om een variant waarin de typische leraarsvaardigheden behouden bleven, maar meer zouden worden gericht op bruikbaarheid buiten het onderwijs. In 1993 is de opleiding uitgebreid van een tweejarige naar een volwaardige vierjarige voltijdse opleiding Bedrijfswiskunde, afzonderlijk van de lerarenopleiding wiskunde.

Hieronder een grafiek van de ontwikkeling van het totaal aantal eerstejaars studenten Bedrijfswiskunde per studiejaar in de periode 2004-2013. Het aantal studenten is in deze periode gestaag en sterk gegroeid.



Grafiek 1: totaal aantal eerstejaars studenten Bedrijfswiskunde van vijf hogescholen per jaar

De opleiding is ingedeeld in het Hoger Technisch Onderwijs in het domein Engineering. Met ingang van 1 september 2015 verandert de naam van de opleiding van Bedrijfswiskunde in Toegepaste wiskunde. De belangrijkste overweging bij deze naamswijziging is dat deze naam beter past bij het Engineering-profiel. Tegelijkertijd met de naamswijziging wordt het beroeps- en competentieprofiel geactualiseerd. Daarbij wordt vanuit de profielbeschrijving

van Bachelor of Engineering¹ een nadere uitwerking gegeven voor Toegepaste wiskunde. Ook de Engelstalige naam voor de opleiding wordt aangepast. Dit was Mathematics and applications voor Bedrijfswiskunde, en dit wordt Mathematical engineering voor Toegepaste wiskunde.

In dit document wordt eerst de algemene positionering van de opleiding Toegepaste wiskunde gegeven, waaronder een beschrijving van relevante werkgevers. Daarna worden de beroepscontexten beschreven aan de hand van een aantal focusgebieden: Actuarieel, Data science, Operations research en logistiek, Software ontwikkeling, Statistiek.

In bijlage 1 staat het competentieprofiel Toegepaste wiskunde, dat een nadere uitwerking is van de acht competenties in de domeinbeschrijving van Bachelor of Engineering, namelijk: Analyseren, Ontwerpen, Realiseren, Beheren, Managen, Adviseren, Onderzoeken, Professionaliseren.

In bijlage 2 wordt de body of knowledge en skills (BOKS) beschreven. Deze BOKS is gebaseerd op 'A Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education' van SEFI (een Europese organisatie voor Engineering opleidingen)². Voor de meer algemene disciplines (Algebra, Analyse en Calculus, Discrete wiskunde, Meetkunde en goniometrie, Lineaire algebra, Kansrekening en statistiek) zijn de onderdelen in de BOKS een deelverzameling van de onderdelen van het SEFI-framework. Daarnaast zijn er een aantal aanvullingen die inhoudelijk aansluiten bij de focusgebieden van Toegepaste wiskunde, voor zover deze niet in het SEFI-framework zijn opgenomen.

Op dinsdag 24 juni 2014 is een bijeenkomst georganiseerd voor advies over dit beroepsprofiel Toegepaste wiskunde. Hiervoor zijn de leden van afzonderlijke veldadviescommissies van de opleidingen uitgenodigd, alsmede een aantal andere stakeholders. Naar aanleiding van die bijeenkomst wordt dit document waar nodig aangepast en/of aangevuld.

¹ Bachelor of Engineering, Een competentiegerichte profielbeschrijving. HBO-Engineering (2012). www.hbo-engineering.nl

² A Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education. SEFI (2013). www.sefi.be

2 Positionering

In dit hoofdstuk wordt beschreven welke plaats afgestudeerden van de opleiding Toegepaste wiskunde innemen in hun werkomgeving, en op hoofdlijnen welke rollen zij daarbij kunnen vervullen.

De oplossing van praktische problemen bij bedrijven, non-profit-organisaties en overheidsinstellingen is gebaat bij een systematische en analytische aanpak, waarbij in toenemende mate kwantitatieve modellen en methoden een belangrijke rol spelen. In veel bedrijven en organisaties bestaat een groeiende behoefte aan kwantitatieve onderbouwing van beslissingsprocessen. Essentieel in de beroepsuitoefening is vrijwel altijd de abstrahering van een bedrijfsprobleem. Dit houdt in de (wiskundige) modellering van het (in niet-wiskundige termen geformuleerde) praktijkprobleem, in een verantwoorde (wiskundige) oplossing en in de vertaling van deze (wiskundige) oplossing in praktische termen. Het meest kenmerkende beroepsproduct van een Toegepast wiskundige is dus een wiskundig model.

Er zijn veel toepassingen die een steeds intensiever beroep doen op het gebruik van wiskundige technieken. De toenemende beschikbaarheid van grote hoeveelheden gegevens ('big data') zorgt ervoor dat er toenemend beroep op wiskundige technieken wordt gedaan om deze gegevens om te zetten in informatie waarmee bedrijfsprocessen worden ondersteund. Ook in veel technische toepassingen vormt wiskunde een vast en steeds belangrijker wordend hulpmiddel.

De groei van de informatietechnologie en de toepassing daarvan op grote schaal heeft geleid tot een grotere behoefte aan wiskundige expertise in bedrijven en andere organisaties. Door de toegenomen beschikbaarheid van en kennis over IT-hulpmiddelen, zowel hardware als software, lenen steeds meer toepassingen zich voor de inzet van automatisering. Voor een toegepast wiskundige is het essentieel om goede kennis en vaardigheden op gebieden uit de Informatica te hebben. Er zijn nauwelijks wiskundige technieken waarbij het gebruik van computers geen belangrijke rol speelt. Aan de andere kant ontstaat door het toenemende gebruik van IT een grotere behoefte aan wiskundige analyses. Bijvoorbeeld bij de verantwoorde omzetting van omvangrijke bestanden van ongestructureerde gegevens in begrijpelijke en zinvolle informatie.

De opleiding Toegepaste wiskunde richt zich op een breed beroepenveld. De samenleving wordt steeds complexer, met name door de groei van informatie die beschikbaar is en de snelheid waarmee veranderingen plaats kunnen vinden. Het bedrijfsleven vraagt naar personen die kunnen bijdragen aan het aansturen van deze steeds complexer wordende praktijk. Puur specialisten op een specifiek gebied zijn niet voldoende. Personen die de bredere context zien en als zodanig breed inzetbaar zijn in multidisciplinaire teams, of zelfstandig een breed gebied kunnen bestrijken zijn nodig.

Een toegepast wiskundige kan een belangrijke rol spelen bij valorisatie, waarbij ontwikkelde toepassingen in de praktijk geïmplementeerd worden, op basis van concepten die ontwikkeld zijn door bijvoorbeeld wiskundigen met een academische achtergrond. Hierbij kan de HBO-opgeleide wiskundige ook zorg dragen voor de diffusie van nieuw ontwikkelde methoden van aanpak binnen een organisatie. Het ontwikkelen, aanpassen, selecteren of beschrijven van bijbehorende software kan ook onderdeel van de implementatie zijn.

Het doen van onderzoek neemt tegenwoordig in het hbo als geheel een belangrijke rol in. Voor de opleiding Toegepaste wiskunde is het doen van onderzoek een zeer belangrijk aspect, omdat onderzoek behoort tot de kern van de beroepsuitoefening van een Toegepast wiskundige.

Toegepast wiskundigen hebben een praktische en resultaatgerichte werkhouding. De afgestudeerden komen daarom het beste tot hun recht in uitvoerende, ondersteunende en adviserende functies. Afhankelijk van hun individuele capaciteiten kunnen ze van daaruit doorgroeien naar een leidinggevende of beleidsbepalende functie.

Een recent rapport van Deloitte, opgesteld in opdracht van Platform Wiskunde Nederland, laat zien dat de wiskunde verantwoordelijk is voor dertig procent van het Nederlandse bruto nationaal product en dat een stevige wiskundige basis van wezenlijk belang is voor een moderne economie.³ De opleiding Toegepaste Wiskunde heeft hierbij een unieke positie, als enige HBO-opleiding die specifiek gericht is op de toepassing van wiskunde.

Werkgevers

De opleiding Toegepaste wiskunde is gericht op ondersteunende functies in het bedrijfsleven en andere organisaties. Veel grote bedrijven laten hun bedrijfsvoering optimaliseren met wiskundige methoden en ondersteunen daarmee hun managementbeslissingen. Toegepast wiskundigen kunnen hun werkkring vinden in een bedrijf dat zelf wiskundige expertise in huis heeft, of in een bedrijf dat met deze expertise diensten verleent aan andere bedrijven.

Afgestudeerden van de opleiding Toegepaste wiskunde zijn werkzaam in bedrijfstakken van uiteenlopende aard. We noemen hier:

- banken (met werkgevers als ABN-AMRO, De Nederlandsche Bank, ING, Fortis, Generali);
- consultancy (met werkgevers als CQM, Goudappel Coffeng, Ortec, Watson Wyatt);
- handel (met werkgevers als winkelketens en internetdienstverleners);
- industrie (met werkgevers als Akzo-Nobel, Gasunie, Philips, Shell, Unilever);
- overheid en semi-overheid (met werkgevers als Belastingdienst, gemeenten en provincies, ziekenhuizen);
- transport- en communicatiebedrijven (met werkgevers als Air France KLM, KPN, NS);
- verzekeraars en pensioenfondsen (met werkgevers als AEGON, Achmea en SVB);
- onderzoeksinstituten (met werkgevers zoals CBS, RIVM, TNS-NIPO, KNMI);
- ICT-dienstverleners (met werkgevers zoals Atos, Capgemini, CGI).

Uiteraard zijn er ook legio voorbeelden te geven van innovatieve bedrijven in het MKB waar Toegepast wiskundigen werken, maar omwille van de herkenbaarheid zijn deze niet in bovenstaande opgenomen.

Focusgebieden

Toegepast wiskundigen zijn breed inzetbaar. In een specifieke werkkring zullen de werkzaamheden een accent hebben op een focusgebied. In hoofdstuk 3 zal het beroepsprofiel nader worden toegespitst op een aantal focusgebieden. Per hogeschool kan de nadruk op de diverse focusgebieden verschillen.

³ Bron: Formulas for Insight and Innovation, Mathematical Sciences in the Netherlands, Vision document 2025. Platform Wiskunde Nederland (2014). <http://www.platformwiskunde.nl>

3 Focusgebieden

In het voorgaande zijn algemene aspecten van het beroepsprofiel geschetst. Om het beeld te verduidelijken geven we voor een aantal focusgebieden een meer specifieke beschrijving. De volgende focusgebieden komen aan de orde:

- actuaariaat;
- data science;
- operations research en logistiek;
- software-ontwikkeling;
- statistiek.

De keuze voor deze focusgebieden is ingegeven door de overweging dat in deze focusgebieden een relatief grote vraag naar Toegepaste wiskundigen bestaat. De profielen van vacatures waarin tot dusverre afgestudeerden Bedrijfswiskunde (dan wel afgestudeerden van een hbo-opleiding met een sterke wiskundecomponent) worden gevraagd maken dat zichtbaar. Het werkveld is echter zeker niet beperkt tot deze focusgebieden. De opsomming heeft niet de bedoeling om een beperking aan te geven, maar om de meest concrete mogelijkheden te benoemen. Naast de bovengenoemde focusgebieden zijn er nog vele andere gebieden waarop wiskundigen werk vinden.

Voor elk focusgebied zijn de volgende aspecten beschreven:

- algemene beschrijving van het focusgebied;
- illustratie van één of meer beroepssituaties
- voorbeelden van werkzaamheden en/of beroepsproducten.

Actuaariaat

Algemene beschrijving

In de maatschappij worden we veelvuldig geconfronteerd met risico's. Om deze risico's te beperken verzekeren we ons tegen deze schades, zoals brandschade, autoschade, financiële schade bij overlijden. Een ziektekostenverzekering is ook een schadeverzekering. Toegepaste wiskundigen geven praktische uitvoering aan het in kaart brengen van risico's en het bepalen van de kansen dat schades zich voordoen.

Andere terreinen zijn die van pensioenen en sociale voorzieningen, bijvoorbeeld invulling aan beleid hoe een pensioenbreuk opgelost kan worden, of op welke wijze flexibilisering binnen een pensioenregeling kan worden geïntroduceerd. Maar ook een bijdrage aan het oplossen van automatiseringsvraagstukken. Ook Risk Management behoort tot de aandachtspunten.

Illustratie van een beroepssituatie

Bijdragen aan het in kaart brengen van een bestand pensioengerechtigden, en de financiële verplichtingen die daaraan voor de verzekeraar zijn verbonden.

Bijdragen aan het onderzoeken van verschillen in het beroep dat deelgroepen binnen een verzekering doen op uitkeringen, met het oog op bijvoorbeeld de positionering van het merk.

Voorbeelden van werkzaamheden en beroepsproducten

- in kaart brengen van risico's;
- uitvoeren van berekeningen en analyses;
- rapportages uitvoeren;
- ondersteunen van collega's en andere interne klanten.

Data science

Algemene beschrijving

De hoeveelheid data die in bedrijven verzameld wordt is gigantisch en groeit nog altijd sterk. Denk bijvoorbeeld aan gegevens die supermarkten, banken en webwinkels verzamelen over hun klanten, en aan de data in social media. In die data liggen patronen verscholen, waaruit onze interesses en ons gedrag kan worden afgeleid. Door middel van het vaststellen en interpreteren van die patronen kunnen bedrijven betere beslissingen nemen en hun klanten beter bedienen. De kunst is dus om deze gegevens om te zetten in informatie die een bijdrage levert aan de bedrijfsvoering. En omgekeerd om ook het proces van de verzameling van data zo in te richten dat hieruit efficiënt informatie kan worden afgeleid.

Illustratie van een beroepssituatie

Stel er is een database beschikbaar met allerlei achtergrondkenmerken van mensen en gegevens over het wel of niet voorkomen van een bepaald feit (zoals interesse hebben in een bepaald product, een bepaalde ziekte krijgen, een lening terugbetalen). Bepaal welke van deze achtergrondkenmerken dit feit vooral beïnvloeden, en of (en zo ja hoe) we uitgaande van de achtergrondkenmerken van een bepaalde persoon met redelijke zekerheid kunnen voorspellen of het feit zal optreden.

Stel de zojuist genoemde database is nog niet beschikbaar. Geef een advies over wat er nodig is om deze data beschikbaar te krijgen. Denk hierbij onder meer aan wat de gebruikers van de informatie nodig hebben, de selectie van de hiervoor relevante data en afspraken over de wijze waarop de data worden verzameld.

Voorbeelden van werkzaamheden

- analyseren van data;
- adviseren over dataverzameling, dataopslag en dataverwerking;
- ondersteuning en advisering van, en rapportage aan andere bedrijfsonderdelen, zoals marketing.

Operations research en logistiek

Algemene beschrijving

Bijna ieder bedrijf van enige omvang heeft te maken met problemen op het gebied van logistiek en “operations research” (ook wel besliskunde genoemd). Het doel van logistiek is om de juiste producten, in de juiste hoeveelheid, op de juiste tijd, op de juiste plaats, tegen de juiste kosten te leveren. De toegevoegde waarde van een toegepast wiskundige ligt in het verzamelen en structuren van relevante informatie en het kunnen toepassen van een breed arsenaal aan wiskundige modellen en technieken om logistieke problemen aan te pakken. De toegepast wiskundige werkt vaak in multidisciplinaire teams. Het werk ligt bij uitstek bij vervoersbedrijven en distributiecentra, maar Toegepast wiskundigen kunnen ook werken voor supermarkten en ziekenhuizen. Bij deze bedrijven kan een Toegepast wiskundige worden aangenomen als voorraad- of transportplanner, control engineer of efficiency-onderzoeker.

Illustratie van een beroepssituatie

Binnen de logistiek houdt een toegepast wiskundige zich bezig met het optimaliseren van bedrijfsprocessen. Te denken valt aan het voorraadbeheerproces: wanneer moet welke hoeveelheid producten worden besteld, zodat voldaan kan worden aan de vraag van de klant? Ook in het transportproces moeten keuzes worden gemaakt: met welke producten en in welke hoeveelheid moeten vrachtwagens worden beladen en welke route moeten zij rijden om klanten vanuit een distributiecentrum te bevoorraden? Ook de korte termijn planning op

de productieafdeling ('scheduling') is een complex en dynamisch probleem: wanneer moeten welke producten op welke machine verwerkt worden en hoe moet worden omgegaan met machinestoringen en ziekte van productiemedewerkers? Tevens kan gedacht worden aan het verbeteren van interne processen, zoals het versnellen van de doorstroom op een productieafdeling of het verbeteren van de inrichting van een magazijn. De toegepaste wiskundige is gezien zijn achtergrond uitermate goed in staat om bij zo'n procesverbetering het gewenste eindresultaat te vertalen naar specificaties voor de programmeurs die de onderliggende logistieke systemen moeten aanpassen.

Voorbeelden van werkzaamheden/beroepsproducten

- Er bestaan soms verschillen tussen de verwachte voorraad en de werkelijke voorraad van een winkelketen. Analyseer hoe groot deze verschillen zijn en bepaal de belangrijkste oorzaken van deze discrepantie.
- Analyseer het dagelijkse transport en het laad- en losproces tussen twee fabrieken en een distributiecentrum. Ontwikkel een model om het laad- en losproces te versnellen.
- Onderzoek het dagelijkse werkaanbod van een bedrijf dat kopieerautomaten produceert. Ontwikkel daarnaast een rekenmodel dat de dagelijkse werkplanning opstelt.
- Bij een productiebedrijf worden producten regelmatig te laat geleverd aan de klant. Onderzoek wat de oorzaken van het te laat leveren zijn en doe voorstellen voor verbetering.

Software-ontwikkeling

Algemene beschrijving

Software is niet meer weg te denken uit de huidige maatschappij. Van financieel tot communicatie, van administratie tot productie, in alle sectoren speelt software een rol. Om aan te blijven sluiten bij nieuwe ontwikkelingen wordt constant nieuwe software ontwikkeld en bestaande software aangepast en uitgebreid. Software ontwikkelaars zijn betrokken bij het hele proces van het ontwikkelen en aanpassen van software: van het onderzoeken wat de vereiste specificaties zijn, via het ontwerpen en implementeren van de software, tot het testen en uitrollen van het systeem. Om te kunnen garanderen dat de software veilig, efficiënt, en schaalbaar is moet de ontwikkelaar gebruik maken van de juiste algoritmes en data structuren.

Illustratie van een beroepssituatie

Een junior software ontwikkelaar bij een financiële instelling werkt in een team van ontwikkelaars dat gezamenlijk verantwoordelijk is voor de ontwikkeling en het beheer van alle software in de organisatie. Ze overleggen met interne klanten over wensen en mogelijkheden ten aanzien van software en stellen op basis daarvan functionele specificaties op. Nieuwe programmatuur en uitbreidingen aan bestaande programmatuur worden ontworpen en geïmplementeerd. Testen worden opgesteld en uitgevoerd. Financiële modellen die in de instelling worden gebruikt worden in de software ingebouwd en gevalideerd. Verder schrijft de junior ontwikkelaar mee aan technische reviews van softwareproducten en denk hij/zij mee over de architectuur.

Voorbeelden van werkzaamheden/beroepsproducten

- adviseren van klanten over of het uitvoeren van onderhoud aan software systemen.
- analyseren van informatie voor het bepalen van, adviseren over, of plannen van de installatie van nieuwe systemen of aanpassingen aan bestaande systemen.
- opstellen van specificaties of prestatie-eisen voor nieuwe software.
- het coördineren en uitvoeren software-installaties.
- het gebruik van mathematische modellen om de resultaten van designkeuzes te

- voorspellen.
- het opstellen en uitvoeren van softwaretesten.
 - het coördineren en uitvoeren van software-implementatie.
 - het opstellen van software-documentatie.
 - het analyseren en oplossen van fouten in bestaande software.
 - het analyseren en verbeteren van de prestaties van bestaande software.
 - het leiden van projecten waarin software wordt ontwikkeld.

Statistiek

Algemene beschrijving

Binnen de opleiding Toegepaste wiskunde is de statistiek zowel een focusgebied voor zelfstandige toepassing, maar is het ook essentieel ter ondersteuning van de andere focusgebieden. Immers, ook voor bijvoorbeeld logistieke toepassingen zullen eerst gegevens verzameld moeten worden als input voor optimaliseringsproblemen, bijvoorbeeld voor het bepalen van een kansverdeling van de vraag naar een product of dienst.

Illustratie van een beroepssituatie

Uitvoeren van statistisch onderzoek ter ondersteuning en aansturing van bedrijfsprocessen. Dat houdt onder meer in:

- het hebben van inzicht in de aard van problemen bij het verzamelen en verwerken van data,
- de relevantie van (benodigde) data kunnen bepalen,
- het verzamelen van statistisch materiaal,
- het uitvoeren van statistische analyses (waarbij zowel theoretische kennis als praktische computer-vaardigheid gebruikt wordt),
- de presentatie van resultaten (zowel mondeling als schriftelijk).

Voorbeelden van werkzaamheden/beroepsproducten

- statistisch onderzoek: het trekken van verantwoorde conclusies over een populatie op basis van een steekproef, bijvoorbeeld bij een survey-onderzoek;
- het zoeken van verbanden in grote datasets, bijvoorbeeld met regressie en andere multivariate technieken;
- bij toepassingen in de industrie gaat het om bijvoorbeeld levensduuranalyse en proefopzetten.

Bijlage 1: Competentieprofiel Toegepaste wiskunde

In 'Bachelor of Engineering, een competentiegerichte profielbeschrijving' wordt in hoofdstuk 7 aangegeven hoe een specifieke Engineering-opleiding geconcretiseerd kan worden binnen dit profiel. In deze profielbeschrijving zijn acht domeincompetenties beschreven (analyseren, ontwerpen, realiseren, beheren, managen, adviseren, onderzoeken, professionaliseren). Bij elke competentie zijn de gedragskenmerken beschreven.

Elk van de acht domeincompetenties kan ontwikkeld worden tot op niveaus, uitgedrukt in de cijfers I, II of III, achtereenvolgens corresponderend met:

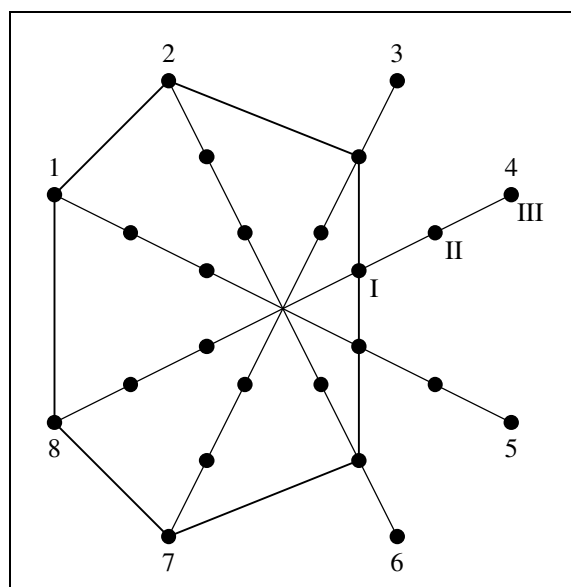
- I 'hoofdasebekwaam',
- II 'afstudeerbekwaam',
- III 'startbekwaam'.

De volgende factoren zijn van invloed op de drie niveaus:

- a de omvang en complexiteit van de taak (verkorte notatie: 'aard van de taak')
- b de complexiteit van de professionele situatie ('aard van de context')
- c de mate van zelfstandigheid en verantwoordelijkheid ('mate van zelfstandigheid')

Voor elke opleiding in het domein Engineering wordt per domeincompetentie vastgelegd wat het minimumniveau is. Daarbij stelt het domein de voorwaarde dat de som van de eindniveaus ten minste 18 bedraagt. In de tabel hieronder is voor de acht competenties het minimumniveau aangegeven voor Toegepaste wiskunde, hetgeen is geïllustreerd als spinnenweb in de figuur rechts.

domeincompetentie:	eindniveau:
1 analyseren	III
2 ontwerpen	III
3 realiseren	II
4 beheren	I
5 managen	I
6 adviseren	II
7 onderzoeken	III
8 professionaliseren	III



Voor Toegepaste wiskunde is voor elk van de acht domeincompetenties een competentiekaart opgesteld. Daarbij is voor elke competentie een uitwerking gegeven van de gedragskenmerken zoals beschreven voor het domein Engineering, voor de opleiding Toegepaste Wiskunde, uitgewerkt op drie niveaus..

De uitwerking van het competentieprofiel Toegepaste wiskunde, inclusief de gedragskenmerken, wordt als afzonderlijke bijlage meegestuurd bij dit document..

Bijlage 2: Kennisbasis (BOKS) Toegepaste wiskunde

Een werkgroep van SEFI (Europese organisatie voor Engineering opleidingen) heeft in 2013 een nieuwe versie uitgebracht van 'A Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education'. In dit SEFI-framework is een kennisbasis beschreven op de terreinen:

- algebra,
- analyse en calculus,
- discrete wiskunde,
- meetkunde en goniometrie,
- lineaire algebra,
- kansrekening en statistiek.

De inhoud van deze wiskundige terreinen is in het SEFI-framework verdeeld in vier niveaus: 0, 1, 2 en 3. De opvolging in niveaus representeert een vakinhoudelijke (wiskundige) volgorde in moeilijkheidsgraad, waarbij het hoogste niveau (3) staat voor realistische beroepscontexten voor een afgestudeerde ('integration with real-life engineering examples').

Voor Toegepaste wiskunde zijn de relevante onderdelen van de niveaus 0, 1 en 2 opgenomen in de kennisbasis. Niveau 3 is in het SEFI-framework zeer globaal beschreven, met de gedachte dat opleidingen dat zelf nader invullen. Daarom is een aanvulling op de kennisbasis beschreven voor de focusgebieden van Toegepaste wiskunde, te weten:

- actuaariaat,
- data science,
- operations research en logistiek,
- software-ontwikkeling,
- statistiek.

Voor de terreinen algebra, analyse en calculus, discrete wiskunde, meetkunde en goniometrie, lineaire algebra, kansrekening en statistiek zijn de onderdelen in de kennisbasis dus een deelverzameling van de onderdelen van het SEFI-framework. Daarnaast zijn er een aantal aanvullingen opgenomen die inhoudelijk aansluiten bij de focusgebieden van Toegepaste wiskunde,

De Kennisbasis (BOKS) van Toegepaste wiskunde wordt als afzonderlijke bijlage meegestuurd bij dit document.