

***Opleidings specifieke bijlage
van het opleidingsdeel van het studentenstatuut
inclusief de onderwijs- en examenregeling
van de bacheloropleiding Biomedische Technologie***

(art. 7.13 en 7.59 WHW)

Inhoud

Preambule.....	1
Artikel 1 Doel van de opleiding	2
Artikel 2 Aansluitende masteropleiding.....	2
Artikel 3 Eindtermen van de opleiding	2
Artikel 4 Het bachelorexamen	5
Artikel 4a Reparatie en geldigheidsduur toetsresultaten	7
Artikel 5 Aanvullende eis (bindend) studieadvies	7
Artikel 6 Taal.....	7
Artikel 7 Overgangsregeling.....	7
Artikel 8 Veiligheid.....	7
Artikel 9 Volgorde onderwijseenheden	8
Artikel 10 Studiebegeleiding.....	8
Artikel 11 Kwaliteitszorg	8
Artikel 12 Wijziging.....	8
Artikel 13 Inwerkingtreding.....	8
Bijlage	9

Preambule

1. De regels in deze bijlage zijn van toepassing op de voltijds bacheloropleiding Biomedische Technologie.
2. Deze opleidings specifieke bijlage vormt samen met het algemeen gedeelte (TNW19280/vdh) het opleidingsdeel van het studentenstatuut inclusief de onderwijs- en examenregeling van de bacheloropleiding Biomedische Technologie van de faculteit Technische Natuurwetenschappen van de Universiteit Twente.
3. De regels over de uitvoering van haar taken en bevoegdheden, die de examencommissie Biomedische Technologie heeft vastgesteld volgens artikel 7.12b van de wet, zijn opgenomen in de 'Regels van de examencommissie Biomedische Technologie'.

Kenmerk: TNW 19282/jh/kh/vdh
Datum: 19 juli 2019

Artikel 1 Doel van de opleiding

Biomedische Technologie is een interdisciplinair vakgebied waarbinnen technologie, geneeskunde en natuurwetenschappen worden samengebracht. Een Biomedisch ingenieur gebruikt wetenschappelijke en technologische concepten en methoden om wetenschappelijke kennis te verkrijgen en medische vraagstukken op te lossen. Het doel is om:

- 1) Nieuwe kennis en inzicht te genereren over levende systemen door innovatie en het toepassen van experimentele, analytische en ontwerpstechnieken.
- 2) Nieuwe apparaten, algoritmen, processen en systemen die bijdragen aan de biomedische technologie in de gezondheidszorg te ontwerpen en te ontwikkelen.
- 3) Problemen in de gezondheidszorg op te lossen op basis van doelgerichte strategieën en inzicht in de context.
- 4) Oplossingen te implementeren in de gezondheidszorg op basis van uitstekende communicatie en samenwerking met andere disciplines.

Een Biomedisch ingenieur dient over de volgende competenties te beschikken:

1. is kundig in de discipline van de Biomedische Technologie;
2. is bekwaam in onderzoeken;
3. is bekwaam in ontwerpen;
4. heeft een wetenschappelijke benadering;
5. beschikt over intellectuele basisvaardigheden;
6. is bekwaam in samenwerken en communiceren;
7. houdt rekening met de temporele en maatschappelijke context.

Deze competenties horen bij een afgeronde opleiding Biomedische Technologie / Biomedical Engineering, dus zowel Bachelor of Science als Master of Science. De hieronder gespecificeerde toetsbare doelstellingen zijn echter specifiek voor het Bachelor niveau.

Artikel 2 Aansluitende masteropleiding

Het met goed gevolg afleggen van het bachelorexamen geeft onder andere toegang tot de masteropleiding Biomedical Engineering van de faculteit TNW.

Artikel 3 Eindtermen van de opleiding

Achter iedere eindterm wordt tussen haken weergegeven of het gaat om het aanleren van kennis (k), vaardigheid (v) en/of houding (h).

Een afgestudeerde Bachelor student Biomedische Technologie

1. *Is kundig in de discipline van de Biomedische Technologie*

Een Biomedisch ingenieur is vertrouwd met bestaande wetenschappelijke kennis en heeft de competentie deze door studie uit te breiden.

- 1a. Begrijpt de kennisbasis van de relevante vakgebieden in de biomedische technologie (theorieën, methoden, technieken). Deze vakgebieden omvatten kernbegrippen uit de Natuurkunde, Chemie, Werktuigbouwkunde, Elektrotechniek, Wiskunde, Biologie en Medische Wetenschappen (Geneeskunde). [kv]
- 1b. Begrijpt de structuur van de Biomedische Technologie en de samenhang tussen deelgebieden. [kv]
- 1c. Bezit kennis van en enige vaardigheid in de wijze waarop waarheidsvinding, theorievorming en modelvorming plaatsvinden binnen de Biomedische Technologie. [kv]
- 1d. Bezit kennis van en enige vaardigheid in de wijze waarop interpretaties (van teksten, data, problemen, resultaten) plaatsvinden binnen de Biomedische Technologie. [kv]
- 1e. Bezit kennis van en enige vaardigheid in de wijze waarop experimenten, gegevensverzameling en simulaties plaatsvinden binnen de Biomedische Technologie [kv]
- 1f. Bezit kennis van en enige vaardigheid in de wijze waarop besluitvorming plaatsvindt binnen de Biomedische Technologie. [kv]
- 1g. Is zich bewust van de vooronderstellingen van standaardmethoden en van het belang daarvan. [kvh]
- 1h. Is in staat onder begeleiding eigen kennishiaten te signaleren en door studie kennis te herzien en uit te breiden. [kv]

2. **Is bekwaam in onderzoeken**

Een Biomedisch ingenieur heeft de competentie door onderzoek nieuwe wetenschappelijke kennis te verwerven. Onderzoeken betekent hier: het op doelgerichte en methodische wijze ontwikkelen van nieuwe kennis en nieuwe inzichten.

- 2a. Is in staat om slecht gestructureerde onderzoeksproblemen te herformuleren. Betreft daarbij ook de systeemgrenzen. Kan deze nieuwe interpretatie verdedigen tegenover de betrokken partijen. [kvh]
- 2b. Is opmerkzaam en heeft de creativiteit en het vermogen om in ogenschijnlijk triviale aangelegenheden bepaalde verbanden en nieuwe gezichtspunten te ontdekken. [kvh]
- 2c. Kan onder begeleiding een onderzoeksplan maken en dit uitvoeren. [kv]
- 2d. Kan op verschillende abstractieniveaus werken. [kv]
- 2e. Ziet waar nodig het belang in van andere disciplines (interdisciplinariteit). [kh]
- 2f. Is zich bewust van de veranderlijkheid van het onderzoeksproces door externe omstandigheden of voortschrijdend inzicht. [kh]
- 2g. Is in staat onderzoek binnen de Biomedische Technologie op bruikbaarheid te schatten. [kv]
- 2h. Is in staat onder begeleiding op één of enkele deelgebieden van de Biomedische Technologie een bijdrage te leveren aan de ontwikkeling van wetenschappelijke kennis. [kv]

3. **Is bekwaam in ontwerpen**

Veel Biomedisch ingenieurs zullen naast onderzoeken ook ontwerpen. Ontwerpen is een synthetische activiteit gericht op de totstandkoming van nieuwe of gewijzigde artefacten of systemen, met de bedoeling waarde te creëren conform vooraf gestelde eisen en wensen (bijv. mobiliteit, gezondheid).

- 3a. Is in staat om slecht gestructureerde ontwerpproblemen te herformuleren. Betreft daarbij ook de systeemgrenzen. Kan deze nieuwe interpretatie verdedigen tegenover de betrokken partijen. [kvh]
- 3b. Bezit creativiteit en synthetische vaardigheden ten aanzien van ontwerpproblemen. [kvh]
- 3c. Kan een ontwerpplan maken en dit uitvoeren (onder begeleiding). [kv]
- 3d. Kan op verschillende abstractieniveaus werken, waaronder het systeemniveau. [kv]
- 3e. Ziet waar nodig het belang in van andere disciplines (interdisciplinariteit). [kv]
- 3f. Is zich bewust van de veranderlijkheid van het ontwerpproces door externe omstandigheden of voortschrijdend inzicht. [kh]
- 3g. Kan bestaande kennis integreren in een ontwerp. [kv]
- 3h. Heeft de vaardigheid ontwerpbeslissingen te nemen en deze op systematische wijze te rechtvaardigen en te evalueren. [kv]

4. **Heeft een wetenschappelijke benadering.**

Een Biomedisch ingenieur heeft een systematische aanpak, gekenmerkt door de ontwikkeling en het gebruik van theorieën, modellen en samenhangende interpretaties, heeft een kritische houding en heeft inzicht in de eigen aard van wetenschap en technologie.

- 4a. Is nieuwsgierig en heeft een houding van levenslang leren. [kh]
- 4b. Heeft een systematische aanpak, gekenmerkt door de ontwikkeling en het gebruik van theorieën, modellen en samenhangende interpretaties. [kvh]
- 4c. Bezit de kennis en de vaardigheid voor het gebruiken, rechtvaardigen en op waarde schatten van modellen voor onderzoek en ontwerpen (model breed opgevat: van wiskundig model tot maquette). Kan modellen voor eigen gebruik aanpassen. [kv]
- 4d. Heeft inzicht in de eigen aard van wetenschap en technologie (doel, methoden, verschillen en overeenkomsten tussen wetenschapsgebieden, aard van wetten, theorieën, verklaringen, rol van experiment, objectiviteit, enz.) [k]
- 4e. Heeft inzicht in de wetenschappelijke praktijk (onderzoekstelsel, relatie met opdrachtgevers, publicatiesysteem, belang van integriteit, enz.). [k]
- 4f. Is in staat de resultaten van onderzoek en ontwerpen adequaat te documenteren met de bedoeling bij te dragen aan de kennisontwikkeling in de Biomedische Technologie en daarbuiten. [kvh]
- 4g. Kan op academische wijze wetenschappelijke literatuur verwerven en is in staat deze te begrijpen en te interpreteren. [khv]

5. **Beschikt over intellectuele basisvaardigheden**

Een Biomedisch ingenieur is competent in redeneren, reflecteren en oordeelsvorming. Dit zijn vaardigheden die in de context van een discipline worden geleerd of aangescherpt en daarna generiek toepasbaar zijn.

- 5a. Kan kritisch reflecteren op eigen denken, beslissen en handelen en dit bijsturen. [kv]
- 5b. Kan logisch redeneren in het vakgebied en daarbuiten, bijvoorbeeld 'waarom' en 'wat-als' redeneringen. [kv]
- 5c. Kan redeneerwijzen (inductie, deductie, analogie, enz.) in het vakgebied herkennen. [kv]
- 5d. Kan adequate vragen stellen en heeft een kritisch-constructieve houding bij het analyseren en oplossen van eenvoudige problemen in de gezondheidszorg. [kv]
- 5e. Kan een beredeneerd oordeel vormen zelfs in het geval van incomplete of irrelevante data. [kv]
- 5f. Kan een standpunt innemen ten aanzien van een wetenschappelijk betoog in de biomedische technologie. [kvh]
- 5g. Beschikt over numerieke basisvaardigheden en heeft besef van grootteordes. [kv]

6. **Is bekwaam in samenwerken en communiceren**

Een Biomedisch ingenieur heeft de competentie met en voor anderen te kunnen werken. Dat vraagt om adequate interactie, verantwoordelijkheidsgevoel en leiderschap, maar ook goede communicatie met vakgenoten en niet-vakgenoten. Ook is hij of zij in staat deel te nemen aan een wetenschappelijk of publiek debat.

- 6a. Kan schriftelijk communiceren over de resultaten van leren, denken en beslissen, met vakgenoten en niet-vakgenoten. [kv]
- 6b. Kan mondeling communiceren over de resultaten van leren, denken en beslissen, met vakgenoten en niet-vakgenoten. [kv]
- 6c. Idem als hierboven (mondeling en schriftelijk). Maar dan in de Engelse taal.
- 6d. Kan debatten volgen over het vakgebied en de plaats van het vakgebied in de maatschappij. [kv]
- 6e. Kenmerkt zich door professioneel gedrag. Dit houdt in: betrouwbaarheid, betrokkenheid, en zelfstandigheid. Heeft respect voor de mening van anderen. [kvh]
- 6f. Kan projectmatig werken: bezit pragmatisme en verantwoordelijkheidsbesef; kan omgaan met beperkte bronnen; kan omgaan met risico's; kan compromissen sluiten. [kvh]
- 6g. Is in staat om in een multidisciplinair team te werken. [kv]
- 6h. Heeft inzicht in en kan omgaan met teamrollen en sociale dynamiek. [kv]

7. **Houdt rekening met de temporele en maatschappelijke context.**

Wetenschap en technologie zijn niet geïsoleerd en hebben altijd een temporele en maatschappelijke context. Opvattingen en methodes hebben hun herkomst; beslissingen hebben maatschappelijke consequenties in de tijd. Een Biomedisch ingenieur is zich hiervan bewust en heeft de competentie deze inzichten te integreren in zijn of haar wetenschappelijk werk.

- 7a. Begrijpt relevante (interne en externe) ontwikkelingen in de geschiedenis van de Biomedische Technologie. Hieronder valt ook de interactie tussen de interne (ideeën) ontwikkeling en de externe (maatschappelijke) ontwikkeling. [kv]
- 7b. Is in staat de maatschappelijke consequenties (economisch, sociaal, cultureel) van nieuwe ontwikkelingen in de Biomedische Technologie te analyseren en te bespreken met vakgenoten en niet-vakgenoten. [kv]
- 7c. Is in staat de ethische en normatieve aspecten van de gevolgen en aannames van wetenschappelijk denken en handelen te analyseren en te bespreken met vakgenoten en niet-vakgenoten (zowel in onderzoek als ontwerpen). [kv]
- 7d. Heeft oog voor de verschillende rollen van professionals in de samenleving. [kv]

Artikel 4 Het bachelorexamen

Het bachelorexamen bestaat uit het programma van het eerste, tweede en derde studiejaar (B1, B2 en B3).

De bacheloropleiding Biomedische Technologie is georganiseerd in modules van 15 EC. Elke module kent twee tot vijf theoretische vakdomeinen, en deze worden toegepast in een overkoepelend project. In projectgroepen van 4-8 studenten werken studenten, begeleid door een tutor, aan het eindproduct van het project. Naarmate studenten vorderen in de bachelor wordt een hogere mate van zelfstandig projectwerk verwacht.

Het project wordt mondeling, schriftelijk en/of via practica getoetst. Voorbeelden van eindproducten zijn schriftelijke rapportages, eindpresentaties, posters, debat en gezamenlijk of individueel mondeling. Voor de ondersteunende vakdomeinen gelden meestal schriftelijke deel- en eindtoetsen. Voor de algemene modulebeschrijving zie bijlage (wijzigingen onder voorbehoud). Detailinformatie omtrent de leerdoelen per module-onderdeel is na inschrijving voor de module terug te vinden in de modulehandleiding.

Onderstaande programma's gelden in 2019-2020. Voor studenten van generaties 2017 en eerder gold een ander bachelorprogramma. Nadere informatie over overgangsregelingen is overeenkomstig artikel 7 van deze bijlage te vinden op de website van de opleiding.

Het B1-programma heeft een studielast van 60 EC. De onderdelen van het B1-programma zijn:

Naam	Inhoud	EC's	Weging ¹	Minimumcijfer	Totaal EC
De maakbare mens, construeren met moleculen, M1	Project	4,00	27%	5,5	15
	Algemene chemie	3,00	20%	5,5	
	Biochemie	2,00	13%	5,5	
	Anatomie	2,00	13%	5,5	
	Introduction to Mathematics + Calculus 1A	4,00	27%	5,5	
Microscopische detectie van kanker, M2	Project	5,00	40%	5,5	15
	Geometrische optica	4,00	24%	5,5	
	Celbiologie	3,00	18%	5,5	
	Calculus 1B	3,00	18%	5,5	
Meten is weten, basisprincipes van medische sensoren, M3	Project	2,50	34%	5,5	15
	Medische sensoren en meetsystemen	5,00	66%	5,5	
	Anatomie en fysiologie	2,50	33%	5,5	
	Optisch meten op weefsel	2,00	27%	5,5	
	Linear Algebra	3,00	40%	5,5	
Adapterende botten, belastingen op en rond implantaten, M4	Project	5,25	30%	5,5	15
	Mechanica	4,49	33%	5,5	
	Harde materialen en beeldvorming	2,24	17%	5,5	
	Calculus 2	3,02	20%	5,5	

Het B2-programma heeft een studielast van 60 EC. De onderdelen van het B2-programma zijn:

Naam	Inhoud	EC's	Weging	Minimumcijfer	Totaal EC
Creating biological tissues, M5	Project	6,30	90%	5,5	15
	Structuuranalyse	1,95	36%	5,5	
	Toegepaste celbiologie	4,80	48%	5,5	
	Vector Calculus	1,95	26%	5,5	
Transport phenomena in biological systems, M6	Project	6,00	80%	5,5	15
	Inleiding transportverschijnselen	2,00	25%	5,5	
	Biofysische transportverschijnselen	2,00	25%	5,5	
	Fysische chemie	3,00	45%	5,5	
	Reactiekinetiek	2,00	25%	5,5	
Meten is missen, M7	Project	2,50	17%	5,5	15
	Ultrasound imaging	2,00	13%	5,5	
	Computed tomography	2,00	13%	5,5	
	Fysische optica	3,00	20%	5,5	
	Anatomie en fysiologie	2,00	13%	5,5	
	Signalen en systemen	3,50	24%	5,5	
Brein in balans, M8	Project	4,05	54%	5,5	15
	Mechanica	1,95	26%	5,5	
	Biomedische regelsystemen	3,00	40%	5,5	
	Neurofysiologie	3,00	40%	5,5	
	Medische elektronica	3,00	40%	5,5	

¹ Percentages tellen op tot 100% of 200%. De weging staat niet per definitie in verhouding tot de EC's.

In het derde jaar worden er vanuit de drie disciplinaire lijnen in het bacheloronderwijs drie BMT-modules aangeboden. Studenten kiezen minimaal één BMT-module behorend bij de onderzoeksrichting waar zij hun bacheloropdracht uitvoeren. Deze module vormt samen met de bacheloropdracht de afstudeerfase (totaal dus 30 EC).

De overige 30 EC in het 3^e jaar kan verder als volgt worden ingevuld worden:

- 3^e jaars BMT-modules.
- High Tech Human Touch-modules zoals beschreven op de centrale minoren-website.
- Minoren van andere opleidingen zoals beschreven op de centrale minoren-website.
- Keuzevakken aan een andere universiteit in Nederland of het buitenland.

Voor UT-modules die niet door de opleiding BMT worden aangeboden geldt de volgende restrictie:

- Alleen gehele modules kunnen worden gekozen. De overlap met reeds behandelde stof mag niet meer zijn dan maximaal 50% van de module. Indien de overlap de wiskundeleerlijn betreft moet de student een verdiepend wiskunde-onderdeel volgen.
- De mogelijke modules zijn zichtbaar in de minorkeuzetool

Voor niet UT-modules gelden de volgende restricties:

- De modules en/of vakken dienen van academisch niveau te zijn.
- De keuze dient vergezeld te gaan van een schriftelijke motivatie via het webformulier "verzoek examencommissie"
- De overlap met reeds behandelde stof mag niet meer dan maximaal 50% zijn.

De keuze en motivatie voor niet UT onderwijs worden getoetst op bovenstaande criteria door de examencommissie.

De door BMT aangeboden modules voor het B3-programma zijn:

Naam	Inhoud				Totaal EC
BioRobotics, M9	Project	6,50	43%	5,5	15
	Control of robotic systems	3,00	20%	5,5	
	Robot Kinematics	2,50	17%	5,5	
	Biomedical Signal Analysis	3,00	20%	5,5	
Imaging & Diagnostics, M10	Project	3,00	20%	5,5	15
	Molecular spectroscopy for imaging	3,00	20%	5,5	
	Magnetic resonance imaging	6,00	40%	5,5	
	Tissue imaging	3,00	20%	5,5	
Bionanotechnology en weefselregeneratie, M11	Project	5,00	40%	5,5	15
	Cel-materiaalinteracties	2,50	15%	5,5	
	Bio-organische chemie	3,00	18%	5,5	
	Polymeerchemie & biomaterialen	4,50	27%	5,5	
Bacheloropdracht, M12					15

Artikel 4a Reparatie en geldigheidsduur toetsresultaten

1. Voor alle vakdomeinen van de module worden per jaar 2 reguliere gelegenheden aangeboden waar de student aan mee mag doen, ook indien het 2^e reguliere moment buiten de kwartielgrenzen ligt.
2. Indien een module niet met een voldoende is afgerond, gelden voor alle modules uit het BMT bachelorprogramma de volgende regels voor de geldigheidsduur van toetsresultaten:
 - a. alle deelresultaten hebben een onbeperkte geldigheid, mits:
 - het gewogen gemiddelde van de vakdomeinen minimaal een 5,0 is (NB het project is geen vakdomein);
 - het project met een voldoende afgerond isOntbrekende cijfers worden gerekend als een 1,0. Pas als alle onderdelen van de module zijn afgerond, is de module behaald en worden EC's toegekend
 - b. Deelresultaten die niet aan de hierboven gestelde eisen voldoen, vervallen na afloop van het collegejaar
 - c. In alle andere gevallen kan de student een verzoek indienen bij de examencommissie om de geldigheidsduur van toetsresultaten te verlengen.
3. Gedurende de modulebeoordelingsvergadering (cijfervergadering) kunnen de examinatoren (de docenten en de modulecoördinator) in individuele gevallen bepalen of een student de module mag repareren binnen het lopende studiejaar. Hierbij wordt gelet op de cijfers die binnen de module behaald zijn en mogelijke omstandigheden.

Artikel 5 Aanvullende eis (bindend) studieadvies

Aan het definitieve studieadvies als bedoeld in artikel 6.3 lid 1 van de algemene OER kan een afwijzing verbonden worden, indien de student minder dan 75% van de studielast succesvol heeft afgerond. Hiertoe worden resultaten geteld van module-onderdelen die langer dan het lopend academisch jaar geldig zijn (zie artikel 4a lid 2a). Daarnaast is de opleidingsspecifieke aanvullende eis dat 3 van de 4 wiskunde-onderdelen uit het eerste jaar van het bachelorprogramma met een voldoende ($\geq 5,5$) afgerond moeten zijn. Indien de student een wiskunde-onderdeel compenseert middels de gecompenseerde-vijf-regel (art. 11.8 van de regels van de examencommissie), telt deze mee als voldoende.

Artikel 6 Taal

1. De bacheloropleiding Biomedische Technologie is een Nederlandstalige opleiding. Hierbij gelden de bepalingen uit Artikel 3.3 van het Gemeen gedeelte.
2. De modules uit het derde jaar kunnen in het Engels worden aangeboden.
3. Onderdelen van bachelor jaar 1 en 2 kunnen in het Engels gegeven worden indien de docent niet-Nederlandstalig is.

Artikel 7 Overgangsregeling

1. Bij wijziging van het algemeen gedeelte of deze opleidingsbijlage wordt zo nodig door de decaan een overgangsregeling vastgesteld en bekendgemaakt.
2. In art. 8.4 van het algemeen gedeelte is vastgelegd aan welke voorwaarden een overgangsregeling moet voldoen.
3. De overgangsregeling wordt gepubliceerd op de website van de opleiding Biomedische Technologie.

Artikel 8 Veiligheid

Aan het werken in een laboratorium worden veiligheidseisen gesteld. De student is verplicht kennis te nemen van deze regels² en deze na te leven.

Voor het werken in een laboratorium is het een vereiste dat een student daadwerkelijk als student is ingeschreven bij de UT.

² Zie het 'Arbo- en milieureglement' op <http://www.tnw.utwente.nl/intra/diensten/amh/> en de informatie van de Practicumgroep TNW, te vinden op http://www.tnw.utwente.nl/onderwijs_overig/practica/.

Artikel 9 **Volgorde onderwijseenheden**

1. De student moet voor begin van een onderwijseenheid voldoen aan de voorkennisvereisten van die onderwijseenheid.
2. De student moet bij aanvang van een minor minimaal 75 EC hebben gehaald, waarbij minimaal de vier eerstejaars modules geheel afgerond moeten zijn. Bij de resterende 15 EC mag gerekend worden met de module-onderdelen die op basis van art 4a lid 2 geldig blijven.
3. Voor een student gelden de volgende voorwaarden om te mogen beginnen met het examenonderdeel bacheloropdracht:
 - De student heeft alle examenonderdelen van het B1-programma (60 EC) gehaald.
 - De student heeft uit het B2- en B3-programma maximaal twee modules (30 EC) nog niet afgerond.
 - Voor aanvang van de bacheloropdracht dient de student de module te hebben afgerond die wordt aangeboden door de onderzoeksrichting waar de opdracht wordt uitgevoerd.
4. De examencommissie kan op verzoek van de student ontheffing verlenen van de in lid 1, 2 en 3 genoemde voorwaarden, indien strikte toepassing van het aldaar bepaalde een niet te rechtvaardigen vertraging in de studievoortgang met zich mee zou brengen.

Artikel 10 **Studiebegeleiding**

1. De studieadviseur houdt actief contact met studenten met een studiesnelheid lager dan 75% van de nominale snelheid van 60 EC per jaar.
2. De studieadviseur heeft enerzijds als taak de studenten individueel te adviseren over alle aspecten van hun studie en anderzijds de opleidingsdirecteur en de examencommissie in te lichten over de studievoortgang van de studenten.

Artikel 11 **Kwaliteitszorg**

De kwaliteit van het onderwijs wordt systematisch bewaakt. Het systeem van kwaliteitszorg wordt beschreven in het Kwaliteitszorghandboek BMT. De evaluatiecyclus bestaat uit verschillende onderdelen, waaronder een evaluatiegesprek van elke module door een vertegenwoordiging van de studenten o.l.v. een studentvertegenwoordiger, een evaluatiegesprek met docenten en een vertegenwoordiging van de studenten, vragenlijsten per module en, gevraagde en ongevraagde, feedback vanuit de opleidingscommissie.

Artikel 12 **Wijziging**

Bij wijzigingen van de opleidingsbijlage is het bepaalde in de artikelen 8.3 en 8.4 van het algemeen gedeelte van toepassing.

Artikel 13 **Inwerkingtreding**

Deze opleidingsbijlage treedt in werking op 1 september 2019 en treedt in de plaats van de regeling d.d. 1 oktober 2017.

Vastgesteld door het bestuur van de Faculteit TNW na advies bij de Opleidingscommissie Biomedische Technologie te hebben ingewonnen, met instemming van de Faculteitsraad TNW met de artikelen 4a en 5 en met instemming van de Opleidingscommissie Biomedische Technologie met de artikelen 3, 4, 8 en 11.

Enschede, 19 juli 2019

Bijlage

Omschrijving module 1: De Maakbare Mens - construeren met moleculen

De student kan:

- Omschrijven welke stappen moeten worden doorlopen om tot een biomateriaal te komen.
- Aangeven wat het verschil is tussen een synthetische en natuurlijke kunststof en op welke wijze deze toegepast kunnen worden als biomateriaal.
- Aangeven aan welke voorwaarden/eisen een biomateriaal moet voldoen om in aanmerking te komen voor vervanging van een weefsel/orgaan in het menselijk lichaam.
- Uitgaande van een weefsel/orgaan aangeven hoe een biomateriaal in aanmerking kan komen voor vervanging of verbetering van het weefsel/orgaan.
- Uitgaande van een (bestaand) materiaal een nieuwe/betere functie van het materiaal in een weefsel/orgaan definiëren.
- Aangeven hoe een biomateriaal zich gedraagt onder invloed van inspanning.
- Aangeven wat de toegevoegde waarde en de beperkingen zijn van 3D printing en 3D bioprinting in de verwerking van een biomateriaal.
- Aangeven welke 3D printing technieken er zijn en wat hun voor- en nadelen zijn.
- Aangeven hoe 3D printing biomedisch wordt toegepast en wat de relatie met 3D bioprinting is.
- De basis-workflow voor het ontwerpen en printen van 3D objecten doorlopen.
- In een individueel verslag op een basisniveau reflecteren op academische vaardigheden die tijdens het kwartiel aan bod zijn gekomen.
- In groepsverband samenwerken aan een projectopdracht.
- Het resultaat van de projectopdracht mondeling presenteren.

Deze module zal bestaan uit een projectopdracht met een aantal deelopdrachten die in 10 weken zullen worden uitgevoerd. Daarnaast zijn er gedurende deze periode een aantal ondersteunende vakken waarin kennis en vaardigheden worden aangeboden die nodig zijn voor het succesvol afronden van het project. De opdracht waar in het project in groepen aan gewerkt wordt is: Beschrijf, met behulp van literatuuronderzoek en 3D printing workshops, hoe de ontwikkeling van een biomateriaal tot stand wordt gebracht en welke factoren hierbij een rol spelen. Een belangrijk deel van de informatie en het materiaal dat nodig is voor het uitvoeren van het project zullen de studenten zelf moeten verzamelen en verwerven, bijvoorbeeld door middel van literatuurstudie en practica 3D printing, maar ook door informatie uit de literatuurstudie te combineren met andere vakken, practica en projectcolleges.

In het ondersteunende vak Chemie wordt ingegaan op een aantal onderwerpen die betrekking hebben op biomaterialen. Het gaat hierbij vooral om het begrijpen hoe moleculen worden gevormd en hoe ze interactie met elkaar hebben. Biochemie gaat in op de structuur en functie van de belangrijkste biochemische moleculen en de functie van enzymen en membranen. Naast kennis van materialen moet ook worden ingegaan op de weefsels en organen waar de biomaterialen op kunnen worden toegepast. In het vak Anatomie wordt globaal behandeld hoe weefsels en organen zijn opgebouwd en zal aan de hand van enkele organen/orgaansystemen (specifiek het hart, het bloedvatstelsel en de nieren) een voorbeeld worden gegeven van hun functies. Dit kwartiel zal er ook aandacht besteed worden aan Wiskunde, en komen er enkele groepsopdrachten aan bod, waarbij het belang van wiskunde voor de biomedische technologie duidelijk zal worden.

Omschrijving module 2: Kanker, microscopische detectie

Deze module zal bestaan uit een projectopdracht met een aantal deelopdrachten die in 10 weken zullen worden uitgevoerd. Daarnaast zijn er gedurende deze periode een aantal ondersteunende vakken en workshops waarin kennis en vaardigheden worden aangeboden die nodig zijn voor het succesvol afronden van het project.

De opdracht waar binnen het project in groepen aan gewerkt wordt is: 'Hoe goed kun je met geschikte biomarkers en een zelfgebouwde zgn. compound microscoop de oorsprong van een metastase achterhalen'.

Dit weefsel wordt vervolgens geanalyseerd met behulp van zowel de zelf gebouwde microscoop als een standaardmicroscoop (validatie). Studenten dienen op basis hiervan verbetervoorstellen aan te dragen voor hun eigen ontwerp.

Een belangrijk deel van de informatie en materiaal dat benodigd is voor het uitvoeren van het project zullen studenten zelf moeten verzamelen en verwerven. Daardoor worden kennis en vaardigheden aangeboden in ondersteunende vakken, practica, projectcolleges, gastcolleges en projectworkshops.

Het speerpunt in deze module betreft academische vorming en het leren samenwerken in projectgroepen. Daarnaast wordt aandacht besteed aan de academische informatieverwerking en verslaglegging (in de vorm van een posterpresentatie) en labjournalen. Ook zal de Wetenschapsfilosofielijn, die is gestart in de eerste module, voortgezet worden in deze tweede module. Hierbij ligt de focus op het zelf verrichten van wetenschappelijk onderzoek. Kanker wordt gekenmerkt door een ongeremde celgroei. Het is daarnaast een ziekte van de genen. Tijdens het vak Celbiologie zal worden ingegaan op de moleculaire basis van kanker. Hiervoor zal eerst het centrale dogma binnen de biologie DNA-->RNA--> eiwit worden besproken als ook de regulatie hiervan. Speciale aandacht zal besteed worden aan de regulatie van de celcyclus. Ook zal in de verschillende microscopiepractica gekeken worden naar de relatie tussen vorm en functie van cellen in weefsels en de multistaps tumorigenese van kanker.

Tijdens het vaardighedenpracticum uit module 1 hebben studenten de labskills opgedaan om de practica behorend bij het project te weten het immunohistochemische (IHC) en het in situ hybridisatiepracticum (CISH) uit te kunnen voeren. De door de studenten zelf vervaardigde coupes zullen onder de zelf gebouwde microscoop worden bekeken. Een succesvolle uitvoering van het project eist een goede functionering in basiskennis in de theorie en de praktijk van Geometrische optica. Dit kunnen studenten vergaren tijdens hoorcolleges, werkcolleges en voorbereidende practica. Er worden een aantal experimenten met licht gedaan (lenzen en afbeeldingen, endoscopie) . Van deze experimenten wordt verslaglegging in een labjournaal gevraagd.

In deze module zal natuurlijk ook aandacht besteed worden aan wiskunde in het vak Calculus 1B Deze wiskunde is niet direct relevant voor de uitvoer van het project, maar er zal wel een case studie aan de orde worden gesteld die (gedeeltelijk) gerelateerd is aan de celbiologie (bijv. over tumorgroei).

De beoordeling van dit kwartiel 'Microscopische Detectie van Kanker' zal bestaan uit één eindcijfer. Dit cijfer moet $\geq 6,0$ zijn. Het eindcijfer is opgebouwd uit een gewogen gemiddelde van de verschillende onderdelen van de module (afgerond op 1 decimaal) zoals in de modulehandleiding staat weergegeven. Er zijn verder deelttoetsen (vakttoetsen, posterpresentatie, procesverslagen, opdrachten en labjournaals

Omschrijving module 3: Meten is weten, basisprincipes van medische sensoren

In deze cursus beschouwen we de anatomie en fysiologie van het hart-long systeem van de mens. Om te kunnen meten zal kennis en inzicht verworven moeten worden over de meetketen, de componenten waaruit deze is opgebouwd en de fysische principes die aan een meting ten grondslag liggen. Wanneer een meting gedaan wordt zal beoordeeld moeten worden of de uitkomst van een meting goed is, aspecten als betrouwbaarheid van een meting, validiteit van een meting zijn hierbij van essentieel belang. Verder zullen belangrijke karakteristieken van de meetketen begrepen en toegepast moeten kunnen worden.

Deze cursus bevat een project waarin ontwerpen centraal staat. Doel van het project is om een meetsysteem te ontwerpen voor een nader te definiëren toepassing.

Naast het project is er een aantal ondersteunende vak domeinen: Anatomie en Fysiologie, Medische Sensoren en Optisch Meten op Weefsel.

In Anatomie en Fysiologie worden de anatomie en fysiologie van het hart-long systeem bestudeerd en wordt in de bijbehorende practicumopdrachten experimenten gedaan die verdere verdieping geeft van de samenhang tussen relevante grootheden zoals long capaciteit, zuurstof opname, inspanning, hartslag.

In Optisch Meten op Weefsel leert de student de wisselwerking tussen licht en menselijk weefsel en hoe hier gebruik van kan worden gemaakt om bijv zuurstof opname / saturatie in het bloed te bepalen. Naast de theorie bevat dit vakdomein een practicum opdracht.

In Medische sensoren leert de student de belangrijkste elektromechanische en elektrische meetprincipes, de biomedische meetketen en de modelvorming en analyse van meetprincipes. Omdat elektrische verschijnselen en grootheden hierbij een essentiële rol spelen zal een eerste kennismaking met de netwerkanalyse worden gemaakt waarbij de student leert om eenvoudige elektrische netwerken te analyseren in het tijddomein. Diverse meetprincipes worden in vier practicum opdrachten nader onderzocht (bewegingsmetingen, ECG metingen, EMG metingen en Pulse-oximeting. De wiskunde component in dit kwartiel is Lineaire algebra en is voorbereidend op kwartiel 4.

In deze cursus werken studenten wederom in projectgroepen, deze bestaan dit keer uit groepen van 4 studenten. Practicumopdrachten worden in groepjes van 2 studenten gedaan. Naast de vak inhoud maken de studenten kennis met ontwerpen en verslaglegging van een technisch ontwerp. Daartoe worden project specifieke colleges georganiseerd.

Omschrijving module 4: Adapterende botten, belastingen op en rond implantaten

Het kwartiel omvat de vakgebieden Wiskunde, Mechanica, Harde Materialen, Beeldvorming en Anatomie. De kennis die wordt opgedaan in de vier laatstgenoemde vakgebieden wordt toegepast in het project. In het project moeten de studenten een implantaat ontwikkelen. Hierbij moet een systematische ontwerpmethodode worden toegepast zoals aangeleerd in K3. Op communicatief gebied wordt verondersteld dat studenten in staat zijn een (ontwerp)rapport te schrijven (kennis K3), maar wordt nieuwe kennis aangereikt op het gebied van mondeling presenteren.

Project

De student kan:

- op systematische manier een ontwerptraject doorlopen;
- een versimpeld mechanisch model van een deel van het menselijk lichaam opstellen;
- een eenvoudige geometrie ontwerpen en tekenen;

- beperkingen van het eigen model aangeven en voorstellen doen om het eigen model te verbeteren;
- stijfheid en sterkte van materialen bepalen (in een practicum situatie?);
- met behulp van een mechanisch model belastingen op een implantaat berekenen en op basis hiervan het implantaat dimensioneren;
- voorstellen doen om een implantaat te verbeteren, wat betreft materiaal en geometrie, op basis van een eigen model, meetgegevens en literatuur;
- basisvaardigheden op het gebied van projectmanagement toepassen in het project;
- projectresultaten mondeling presenteren aan medestudenten, waarbij gebruik wordt gemaakt van een heldere structuur, ondersteunende media, goede mondelinge vaardigheden en contact met het publiek.

Mechanica

De student kan:

- een (eenvoudige) werkelijke situatie vertalen in een technisch model (vrije lichaamsstructuur) zodat er aan gerekend kan worden;
- m.b.v. de evenwichtsvergelijkingen reactie krachten & momenten en interne krachten & momenten uitrekenen voor eenvoudige constructies;
- de spanningen en rekken in eenvoudige constructies (balken) uitrekenen voor eenvoudige belastingssituaties (axiale krachten, buigmomenten, torsie momenten, schuifkrachten);
- omgaan met het enkele aspecten van het mechanische gedrag van technische en biologische materialen (stijfheid, sterkte, visco-elasticiteit, anisotropie, niet-lineair gedrag).

Materialen

De student:

- kent de bindingstypen en kristalstructuren in keramische materialen, metalen en polymeren:
- Ionogene binding
- Metaal binding
- Kristalroosters
- Covalente bindingen.
- heeft begrip van breuk in brosse materialen (o.a. keramische materialen) en is bekend met het begrip breuktaaiheid;
- heeft kennis van de elektrochemische processen, die een rol spelen bij corrosie van metalen;
- kan een onderbouwde keuze maken voor (bulk)materialen voor de verschillende componenten in botvervangende implantaten.

Beeldvorming

De theorie rond het gebruik en opwekking van röntgenstraling voor DEXA wordt behandeld in een aantal hoor- en responsiecolleges voorafgaande aan het practicum.

Aan de orde komen:

- korte introductie opwekking röntgenstraling met daarbij overzicht van belangrijkste historische ontdekkingen;
 - het ontstaan van een röntgen energie spectrum;
 - belangrijkste interactie mechanismen röntgen met materialen / weefsels, energie afhankelijkheid;
 - de detectie van röntgenstraling, overzicht detectoren;
 - principe van DEXA in historisch perspectief;
 - elementaire inleiding dosis begrip en gevaren van straling;
- (zie bijvoorbeeld: R.A. Kruger, S.J. Riederer, Basic concepts of digital subtraction angiography, G.K. Hall Medical Publishers, 1984)

Anatomie/Fysiologie

De student kan:

- de bouw en structuur van een bepaald bot (welk bot dat is hangt samen met het project) beschrijven
- beschrijven hoe dit bot samenhangt met de algehele bouw van het skelet en hoe het articuleert
- de verschillende weefsels zoals banden, spieren, bloedvaten en zenuwbanen in de onmiddellijke omgeving van dit bot benoemen en deze onderscheiden op basis van bouw, vorm, functie en locatie in het lichaam
- de mechanische functie van spieren en de krachtlijnen afleiden uit de anatomie

Wiskunde

work with partial derivatives and applications

- apply the parametrization of a curve and the tangent vector
- apply the chain rule (in several forms)
- calculate a directional derivative, and apply its properties
- calculate the gradient (vector)
- apply the relations between gradient and level sets
- calculate the tangent plane and normal line
- apply a linearization (standard linear approximation)
- estimate a change using differentials
- calculate Taylor polynomials (first and second order, two variables)
- apply the first and second derivative tests
- calculate the absolute extreme values on closed bounded regions

- apply the method of Lagrange multipliers define and evaluate double and triple integrals over bounded regions
- sketch the region and find the limits of integration
- calculate an iterated integral (by changing the order of integration)
- define area, volume, mass or the average value as an integral
- apply polar, cylindrical or spherical coordinate substitutions, or a given transformation

Omschrijving module 5: Creating Biological Tissues

In het project zullen de studenten een tweetal strategieën gaan ontwikkelen voor de behandeling van een (musculoskeletair) ziektebeeld met behulp van stamcellen. Een belangrijk deel van de informatie en materiaal dat benodigd is voor het uitvoeren van het project, zullen studenten zelf moeten verzamelen en verwerven. Hiertoe is wel ondersteuning onder andere in de vorm van de workshop Academisch Informatie Verwerven.

In de praktijkopdracht gaan de studenten op basis van literatuurgegevens een groot experiment vormgeven en uitvoeren waarin mesenchymale humane stamcellen gedifferentieerd gaan worden naar een celtype uit het bind-en steunweefselstelsel (bijv. vetcel, botcel, kraakbeencel). Tevens moeten studenten een keuze maken uit verschillende moleculair biologische en cytochemische analyse technieken om te bepalen of de differentiatie inderdaad geslaagd is. Over dit deel moeten studenten een onderzoeksverslag schrijven en een labjournaal bijhouden. Nieuw dit jaar is dat we de e-functionaliteit LabBuddy zullen gaan toepassen binnen het project.

In de theoretische opdracht (Theoretical Design) komen de studenten met een voorstel om een ziektebeeld naar keuze te gaan behandelen met stamcellen die genetisch gemanipuleerd worden. In het verslag gaan de studenten met name in op de techniek die gebruikt wordt om de cellen genetisch te manipuleren alsmede hoe deze gemanipuleerde cellen teruggeplaatst kunnen worden in de patiënt. Het gebruik van stamcellen en genetische manipulatie is onderwerp van uitgebreide maatschappelijke discussies. Het project wordt dan ook in een ethisch- maatschappelijk kader geplaatst en wordt afgesloten met een debat. Tijdens een workshop worden studenten geleerd hoe een debat te voeren. Studenten maken tijdens een aantal hoorcolleges en werkcolleges kennis met ethiek en leren vanuit verschillende ethische theorieën te argumenteren. Om interactie en discussie te bevorderen zullen deze bijeenkomsten in kleine groepen worden gegeven. Tot slot schrijven de studenten een kort individueel procesverslag waarin zij reflecteren op hun bijdrage aan de verschillende onderdelen van het project en de ontwikkeling van hun ethische en morele overtuiging.

Een groot deel van de theorie en de moleculair biologische technieken voor het succesvol uitvoeren van het project wordt aangeboden in de practica, colstructies en werkcolleges behorend bij het vak Toegepaste Celbiologie. In de hoor- en werkcolleges Ethiek wordt aandacht besteed aan het plaatsen van het gebruik van stamcellen en genetisch gemodificeerde cellen in een maatschappelijk kader. Tevens heeft het vak Structuuranalyse ook raakvlakken met het project en het vak Toegepaste Celbiologie. Dit vak geeft een overzicht van, en introductie tot, de moderne spectroscopische technieken die gebruikt worden in de kwantitatieve en kwalitatieve analyse van moleculen. In dit kwartiel wordt daarnaast het lijnonderwijs Vector Calculus gegeven. Dit vak maakt geen deel uit van het project.

Voor specifieke leerdoelen van het project en de ondersteunende vakken in deze module wordt verwezen naar de modulehandleiding op Canvas.

Project Creating Biological Tissues 6 EC weegt 42% mee in eindcijfer

Onder te verdelen in:

- Onderzoeksverslag van projectexperimenten incl. labjournaal voldoende + werkhouding op lab is voldoende is =40% Groepscijfer.
- Theoretical design Creating Biological Tissues using Genetic Manipulation (in silico experiment) is 30%. Groepscijfer
- Debat Ethiek stamcellen & genetische manipulatie incl. diagnostische -toets en opdrachten voldoende is 25%. Groepscijfer met individuele component (uit toets en opdrachten).
- Individueel procesverslag is 5 %. Individueel cijfer.
- Voldaan aan aanwezigheidseis bij (gast)colleges ihkv project om eindcijfer voor project te verkrijgen..

De ondersteunende vak domeinen zijn alle Individuele cijfers

Onder te verdelen in:

- Toegepaste Celbiologie 5 EC, 32%
- Structuuranalyse 2 EC, 13%
- Vector Calculus 2 EC, 13%

Omschrijving module 6: Transport Phenomena in Biological Systems

Het menselijk lichaam is een complex systeem waarin zowel chemische reacties als het transport van massa, impuls en energie prominente rollen spelen. Voor de bestudering van het functioneren van het menselijk lichaam en het ontwikkelen van therapieën voor de bestrijding van ziekten is een gedegen kennis van deze vakgebieden essentieel.

De doelstelling van de huidige module is om studenten basiskennis te laten opdoen omtrent reactiekinetiek en biofysische transportverschijnselen en deze kennis toe te laten passen in een project. De module wordt gedreven door een viertal biofysische systemen:

- Het thermische systeem (lichaamstemperatuur en warmtehuishouding)
- Het ademhalingssysteem (longen en zuurstofopname)
- Cellen en organen (cellen, nieren, stofwisseling)
- Het hart- en vaatstelsel (zuurstof transport)

Een belangrijk doel van het project is dat studenten leren om een biofysisch transportprobleem te modelleren in termen van algebraïsche- of differentiaalvergelijkingen, en om de kwaliteit van een dergelijk model te beoordelen aan de hand van limietgevallen en experimentele gegevens.

Vakdomeinen

1. Fysische Chemie en Thermodynamica

Dit moduleonderdeel gaat over thermodynamische processen en hun belang voor biologische verschijnselen. Het bestaat uit acht hoorcolleges van twee uur en acht werkcolleges van twee uur. In de hoorcolleges wordt de lesstof uitgelegd en in de werkcolleges worden opgaven gemaakt. De werkcolleges vinden plaats in een plenaire zaal waarbij in eerste instantie individuele uitleg wordt gegeven, maar veelvuldig gestelde vragen plenair kunnen worden behandeld.

2. Reactiekinetiek

Dit moduleonderdeel gaat over reactiekinetiek in het menselijk lichaam. Het bestaat uit zes hoorcolleges van twee uur en zes werkcolleges van twee uur. In de hoorcolleges wordt de lesstof uitgelegd en in de werkcolleges worden opgaven gemaakt.

3. Inleiding Transportverschijnselen

Dit moduleonderdeel gaat over elementaire transportverschijnselen (convectie, diffusie, straling) van massa (stoftransport), impuls (viscositeit), en energie (warmtetransport). Het bestaat uit zes hoorcolleges van twee uur en zes werkcolleges van twee uur. In de hoorcolleges wordt de lesstof uitgelegd en in de werkcolleges worden opgaven gemaakt.

4. Biofysische Transportverschijnselen

Dit moduleonderdeel gaat over transportverschijnselen die specifiek binnen het lichaam plaats vinden; het is dus sterk gekoppeld aan bovenstaande vak. Het bestaat uit zes hoorcolleges van twee uur en zes werkcolleges van twee uur. In de hoorcolleges wordt de lesstof uitgelegd en in de werkcolleges worden opgaven gemaakt.

Project

Het project bestaat uit een aantal samenhangende componenten op het gebied van

- Wiskundig modelleren met behulp van differentiaalvergelijkingen
- Reactiekinetiek
- Kunstnieren

Hierbij werken studenten in projectgroepen van circa 8 personen.

De eerste twee componenten bestaan uit een onderzoeks- of ontwerpvrage die door middel van modellen en simulaties beantwoord dient te worden. De laatste component bestaat uit een hoorcollege en een practicum. Van deze componenten wordt een integraal verslag gemaakt door elke groep. Bovendien doet elke groep een mondeling tentamen waarbij iedere student individueel wordt beoordeeld. Het eindcijfer van de module bestaat uit een gewogen gemiddelde van het projectcijfer en de cijfers voor de vakdomeinen. De opbouw en de weging van dit cijfer staat beschreven in de kwartielhandleiding.

Omschrijving module 7: Imaging Technologies

Onderstaande doelstellingen zijn zeer algemeen geformuleerd. Definitieve doelstellingen op het niveau van de onderdelen, en toetsbaar geformuleerd, volgen in de kwartielhandleiding.

- De student beheerst de in dit kwartiel onderwezen, bestudeerde en getoetste begrippen, methoden en technieken (incl. de hierbij horende voorkennis) op het gebied van de anatomie en fysiologie van de gewrichten
- Wiskunde (Systemen en Signalen)
- Fysische Optica
- Ultrasound imaging
- Computed Tomography toepassen voor het analyseren, en onderzoeken van medische afbeeldingstechnologie.

Verder kan de student begrippen uit de foutenleer toepassen op resultaten verkregen met één van de technologieën Fysische Optica, Ultrasound Imaging en Computer Tomography.

- Anatomie en fysiologie van de gewrichten
- Wiskunde (Systemen en Signalen)
- Fysische Optica
- Ultrasound imaging
- Computed Tomography
- Project (met de nadruk op foutanalyse)

Voorgestelde voorkennis: Geometrische optica (K2):

- Lenzenformule, vergroting, brekingsindex, breking, wet van Snellius, kritische hoek, totale interne reflectie, numerieke apertuur glasvezels;
- Met behulp van de lenzenformule eenvoudige lenzen systemen door te rekenen;
- Vergroting van een lenzen stelsel te bepalen;
- Met behulp van stralen reconstructie beeldafstanden en vergrotingen van eenvoudige lenzen systemen te bepalen;

- Optische werking van de lichtmicroscop.

Optisch meten aan weefsel (K3):

- Verstrooiing van licht;
- Absorptie van licht;
- Lichtbronnen;
- Lichtdetectoren.

Wiskunde:

- Goniometrie;
- Complexe getallen;
- Vectoren;
- Eerste en tweede orde lineaire differentiaalvergelijking..

Mechanica:

- Elasticiteit, stijfheid, Young's modulus

Beeldvorming:

- Het ontstaan van een röntgenenergie spectrum;
- Belangrijkste interactie mechanismen röntgen met materialen/weefsels, energie afhankelijkheid;
- De detectie van röntgenstraling, overzicht detectoren;
- Principe van DEXA in historisch perspectief;
- Elementaire inleiding dosis begrip en gevaren van straling.

Omschrijving module 8: Brein in Balans, bewegingssturing van de mens

De kennis en vaardigheden die in deze module centraal staan zijn samengevat in de volgende vakinhoudelijke, integratieve en academische leerdoelen:

Neurofysiologie: De student kan basale neurofysiologische en anatomische begrippen en mechanismen uitleggen, waaronder mechanismen van het motorisch systeem en sturing van de spieren, codering van sensorische informatie in het vestibulair, visueel en auditief systeem en mechanismen van sensorische en motorische integratie.

De student kan op basis van de wetten van Newton mathematische bewegingsvergelijkingen opstellen voor puntmassa's en starre lichamen, het mechanisch gedrag van een veer of een demper beschrijven en in samenhang met één of meerdere Vrije Lichaams Schetsen (een deel van) het menselijk lichaam modelleren.

Medische Elektronica: De student kan elektrische netwerken met meerdere stroom- en spanningsbronnen, passieve elementen en versterkers analyseren en beschrijven in het Laplace domein, kan de wijze waarop bioelektrische verschijnselen gemeten worden uitleggen vanuit netwerkanalytisch perspectief, kan de signaal/ruis eigenschappen van de bioelektrische meetomgeving bepalen en kan aangeven welke eisen gesteld moet worden aan een meetketen waarmee elektrofysiologische signalen worden geobserveerd.

Biomedische Regelsystemen: Student kan een lineair eerste of tweede orde open-lus of teruggekoppeld dynamisch systeem representeren met een differentiaalvergelijking, overdrachtsfunctie, polen/nulpunten en toestandsbeschrijving, het gedrag van dit systeem op een computer simuleren en de stabiliteit en dynamica van dit systeem analyseren.

Project – Integratie vakdomeinen: De student kan neurofysiologische, biomechanische en systeemtheoretische aspecten benoemen van een zelf geobserveerd fenomeen met betrekking tot menselijke bewegingssturing, kan essentiële mechanismen met mathematische vergelijkingen representeren in een model en kan verschillen en overeenkomsten tussen experimentele resultaten en model simulaties kritisch evalueren.

Project - Academische vaardigheden: De student kan een wetenschappelijk fenomeen door ontwikkeling en uitvoering van een experimenteel protocol observeerbaar maken, kan dit met behulp van modelvorming verklaren in termen van onderliggende mechanismen, kan hierover schriftelijk en mondeling wetenschappelijk overtuigend communiceren en kan een eigen mening vormen en verwoorden over onderzoeksbevindingen van anderen.

Deze leerdoelen worden in de modulehandleiding nader gespecificeerd.

In dit kwartiel staat de menselijke bewegingssturing centraal en in het bijzonder de handhaving van balans tijdens staan. Bij bewegingen van het menselijk lichaam is voortdurend sprake van sturing door het centraal zenuwstelsel, op basis van sensorische informatie uit het lichaam zelf en vanuit de omgeving. Bewegingen worden niet alleen vooraf gepland en aangestuurd, ook tijdens bewegingen worden stuursignalen aangepast om bewegingsdoelen te realiseren en verstoringen te corrigeren. Menselijke bewegingssturing kan daarom beschouwd worden als een gesloten regelsysteem waarin neurofysiologische en biomechanische werkingsprincipes een rol spelen.

Het kwartiel is opgebouwd uit een onderzoeksproject en verschillende ondersteunende vakken. Het onderzoeksproject is gericht op het bouwen van een mathematisch model waarmee menselijke bewegingssturing verklaard kan worden op basis van onderliggende mechanismen zoals sensorische informatie verwerking, spieractivatie, en spier-skelet mechanica. In de ondersteunende vakken – neurofysiologie, mechanica, biomedische regelsystemen en medische elektronica – worden de benodigde kennis en vaardigheden aangeboden om dit model te bouwen en te valideren middels experimenten.

In het project wordt tevens aandacht besteed aan academische vaardigheden op het gebied van wetenschappelijk onderzoek en wetenschappelijke communicatie. Studenten maken kennis met het schrijven van wetenschappelijke onderzoeksvoorstellen en artikelen en met het schrijven en ontvangen van peer review.

Omschrijving module 9: BioRobotics

- To systematically approach a design project from user requirements to device evaluation. (synthesis and evaluation, with a little bit of application and analysis)
- To design a robot for application to a biomedical problem using multidisciplinary knowledge from mechanical, electrical, control and software engineering domains. (application and synthesis)
- To design a low cost, lightweight robots (gearboxes with play and friction, limited resolution encoders, wooden structure) with high performance (accuracy, control bandwidth, speed) requires advanced knowledge of all multi-physics parameters involved in the synthesis of the multidisciplinary system.
- To create a kinematic model of the robot to control the joints to perform useful movements and tasks. (analysis, synthesis, application and evaluation)
- To extract biological signals from the human body that can be used to control a robot. (application and synthesis)

Individuals with movement disorders have difficulty to participate in daily life. Robots have the potential to assist them when needed, and in this module we will design and build a robot that does just that.

Robotics is the branch of technology that deals with the design, fabrication, operation, and application of robots, as well as computer systems for their control, sensory feedback, and information processing. These technologies deal with automated machines that can take the place of humans in dangerous environments or manufacturing processes, or resemble humans in appearance, behavior, or cognition. Worldwide scientific and industrial demand for skilled engineers with advanced systems and control knowledge of robotic systems that can apply this knowledge in biomedical or general high-tech systems is strongly increasing.

The elective module BioRobotics applies high-tech systems & control knowledge of robotic design and fabrication to the biomedical interaction with the human body, and thereby combines a vast number of disciplines. During the module, a robot has to be built that interacts with the human body to improve the quality of life for the individual with a movement disorder. To enhance student motivation and participation, such an individual will be invited to participate in the project and to grade the final results.

Much of the interdisciplinary material and skills required in this module is new to most students, but with the help of an experienced and motivated staff, the results they have been achieving since 2013 are truly amazing.

In the project, students have to design and realise a robot. During this, they will learn to:

- Go through a design trajectory systematically, by analysing impaired human function, specifying user requirements and technical requirements, generating ideas and concepts, evaluating concepts using modelling and calculation, presenting a final design, realizing the system in hard- and software, evaluating the performance with human interaction, and reporting the results verbally and in writing.
- Integrate knowledge from multiple disciplines such as biomedical, mechanical, electrical, software and control engineering.
- Make mechatronic simulation models of two-dimensional robots, by which conceptual designs can be evaluated on performance criteria such as precision, speed, stiffness, strength, play, friction, natural frequencies and crossover frequency, on the basis of which the concepts can be adjusted.
- Obtain and process biological signals (EMG) for usage in steering a robot.

The project is chosen to maximize the application of the knowledge gained in the following courses:

- Biorobotics design project
- Control of Robotic Systems
- Robot Kinematics
- Biomedical Signal Analysis
- Programming of Embedded Systems

BioRobotics Design Project:

In the project, students have to analyse the needs of the participating patient, build the mechanical construction of the robot using wood laser-cut to their specifications, to select motors and construction elements from specified catalogues, program the signal analysis and robot control methods in C++ in an embedded controller, and analyse the performance and acceptability of the device when interacting with humans. Most of this will be new to all students, but with the help of an experienced and motivated staff, the results they achieve are truly amazing. The project combined with the four courses leads to a very efficient and lasting knowledge transfer.

Control of Robotic Systems:

The students will learn how to make a dynamical model of the robot and analyze its behavior in the time-domain and frequency domain. The students learn how to translate mechatronics system requirements to PID feedback controller design to control the dynamic behavior of the robot. The course will deal with methods to determine stability in both the continuous-time and discrete-time domain.

Robot Kinematics:

The students learn to apply geometrical concepts from Lie group theory to serial robotic manipulators; in this case to design and analyse planar robot kinematics. Derivation of direct forwards kinematics and forward/backward differential kinematics allow the students to implement high-level position control in their project's embedded control solution.

Biomedical Signal Analysis:

The student learns how to convert neurophysiological signals to useable control inputs for the robots. The signals are

often highly non-linear and very noisy, and thus require extensive processing. Special attention is given to the time-frequency relation of signals, to be able to relate them to control theory of robotic systems. In agreement with the TOM philosophy, the project and courses are strongly intertwined. All global learning objectives of the module are addressed through multiple educational forms, and therefore by multiple, complementary methods of assessment.

Programming of Embedded Systems:

The students learn how to program real-time software on an embedder platform in the C++ programming language. The fundamental language principles, such as data types and storage, math operations and functions are discussed. Furthermore useful skills such as thinking about a program flow and the process of debugging will be taught to the students.

General

The global learning objectives are translated into course and project specific objectives:

- Course objectives are assessed using two multiple-choice (MC) exams during the first eight weeks (on the Mondays in weeks 5 and 9), and a poster oral exam (week 10).
- Project objectives are assessed through the evaluation of the design project outcomes (report, presentation) and the oral exam in the final week (week 10), and through the inter-student assessment of device performance and inter-group cooperation.

We use MC exams for multiple reasons. One, it allows us to test students just after they have seen and used the material in the first few weeks, to allow the teachers to modify the course materials when and where needed. This is especially useful as the entrance level of the students is hard to predict. Two, the time-separated interactions with the material (through the lectures, the MC exams, the project and the oral exam) is the best method to ensure retention. The MC exams are given on Monday mornings in weeks 5 and 9 of the module, and are based on the material taught in the weeks before. We explicitly allow complicated questions that require mathematical analysis and give up to seven possible answers per questions. The final grades in the module are given per course, thus based on two times one-half of each MC exam.

One major benefit to organizing MC exams in the above manner has been the reducing in scheduled overlap between assessment, lectures and the project. By scheduling the exams on Monday morning, students can focus on the upcoming courses and project work by Monday afternoon. Furthermore, the final MC exam is scheduled for the Monday in the ninth week, leaving one full week to complete the design project without any interference from scheduled courses. Without the final exams, the final two weeks (weeks 9 and 10) are completely devoted to group demonstrations and presentations, peer exchange of knowledge, and the oral exams.

Teachers, tutors and experts, using the following four components, assess the learning objectives of the design project:

- Individual Poster oral examination: 25% of project grade, judged on ability. (knowledge, comprehension, analysis)
- Design: 25%, originality and success. (application, synthesis)
- Report: 25%, problem analysis and solution synthesis. (knowledge, comprehension, application, analysis, synthesis, evaluation)
- Presentation: 25%, content, presentation, execution. (synthesis, evaluation)

The tight integration of course and project objectives, in combination with the overlapping assessment methods using MC, written reports, verbal presentations, and device demonstration, guarantees the validity of the final module grade, and that it reflects the true abilities of the individual students. The reliability of the grade is enhanced by the wide range of evaluators (teachers, process tutors, domain experts, and even students themselves), in combination with the large number of grades (8 individual grades for the MC exams, 3 to 6 expert grades on each of the four project components, 6 peer rankings on bonus conditions) and the ability to see all grades in relation to each other by the module coordinator. Transparency is high as all grades are published as soon as they are available.

Omschrijving module 10: Imaging & Diagnostics

Thema:

Deze module in het derde jaar van de BMT opleiding staat in het teken van "Imaging &Diagnostics". Dit thema is een samenwerking van een aantal onderzoeksgroepen van het onderzoek Instituut MIRA voor Biomedische Technologie en Technische Geneeskunde.

Deze module heeft een aantal doelstellingen:

1. Deze module bevat noodzakelijke en gewenste voorinformatie en (vak)kennis voor het doen van een Bachelor opdracht bij de betreffende onderzoeksgroepen.
2. Met het onderwerp MRI in deze module is de afsluiting van de "imaging" – lijn ingezet in het eerste jaar met Röntgenstraling en in het tweede jaar met Ultrasound en CT, met de bijbehorende image processing practica. Verder completeert het onderwerp spectroscopie de optische afbeeldingstechnieken en is er aandacht voor de combinatie van optische absorptie en de generatie van ultrageluid in fotoakoestiek. Deze laatste bij uitstek geschikt voor het niet – invasief afbeelden van weefsel.
3. De module is ook een verbindend element. Een ander onderzoeksthema van MIRA gaat over cellen en weefsels. Met het kweken van cellen zijn ook weefsels samen te stellen die dan weer (delen van) falende organen kunnen vervangen. Voor de validatie van deze "Tissue Engineering" is imaging en kwantitatieve beeldanalyse van groot belang.

Project:

In het project zullen de studenten een onderzoeksrichting definiëren op het gebied van het niet - of minimaal - invasief bepalen van de status van een gekozen klinisch beeld in aansluiting op de expertise van de betreffende tutor van de

groep.

Ze ontwikkelen zelf een experiment dat gerelateerd is aan de gekozen imaging technologie, teneinde de meetmethode/ resultaten te valideren.

Ze gaan vervolgens na of het mogelijk is om (een deel van) het experiment daadwerkelijk (weliswaar in –vitro) uit te voeren.

Studenten inventariseren wat er nodig is en verwerken de resultaten zo kwantitatief mogelijk. Bovendien werken ze deze onderzoekslijn uit tot een “proof –of - concept” en presenteren dit op de slotbijeenkomst.

Er zijn een aantal verschillende projectrichtingen geformuleerd: MRI (reserve), moleculaire spectroscopie en tissue imaging.

Om dit project goed uit te kunnen voeren worden er in deze module de volgende vakdomeinen verzorgd:

Magnetic Resonance Imaging

In dit kwartiel wordt de basis imaging lijn afgesloten met essentiële onderwerpen uit de Magnetic Resonance Imaging.

Het eerste onderdeel omvat de basis principes. De kennis opgedaan in het 1e onderdeel wordt verrijkt met MRI technieken (inclusief een meet practicum laagveld MRI) voor het afbeelden van lichaamsfuncties naast de afbeelding van de anatomie. Voorbeelden van technieken zijn BOLD en diffusion weighted imaging.

Molecular spectroscopy for imaging

In dit kwartiel wordt kennis over de optica verder verdiept met spectroscopie, zowel fluorescentie als Raman spectroscopie worden behandeld.

Tissue imaging

Tissue Imaging besteedt aandacht aan technieken om met licht en ultrageluid weefsel af te beelden. Je leert de basisprincipes van verschillende technieken, en je oefent in het ontwerpen en doorrekenen van imaging systemen.

Omschrijving module 11: Bionanotechnologie en Weefselregeneratie

Betreft leerdoelen module in het algemeen:

Het verhogen van kennis over biomaterialen in het algemeen en de synthese van polymeren, biomaterialen en nano-deeltjes in het bijzonder

Het verhogen van kennis over de toepassing van biomaterialen binnen de weefselhersteltechnologie.

Het verhogen van kennis over de manier waarop cellen en het menselijk lichaam reageren op biomaterialen.

Inzicht krijgen in de wetenschappelijke methoden die gebruikt worden bij de fabricatie van biomaterialen en hun toepassingen in weefselherstelonderzoek.

Het leren opzetten en uitvoeren van chemische en celbiologische experimenten.

Het verkrijgen van praktische vaardigheden op het gebied van weefselhersteltechnologie.

Het leren analyseren, uitwerken, schriftelijk rapporteren (in artikelvorm) en presenteren (in postervorm) van onderzoeksresultaten.

Het vervaardigen van een labjournaal op gevorderd niveau.

Voor meer gedetailleerde leerdoelen van de ondersteunende vakken wordt verwezen naar de modulehandleiding.

De module start met het vak Bio-organische Chemie. Dit vak is een vervolg op het eerste jaars chemie vak en richt zich op het verbinden van synthese en reactiviteit van functionele groepen. Kennis van de onderliggende mechanismen dient als basis voor een veelheid aan chemische reacties waaronder de polymeerchemie.

In het vak Polymeerchemie & Biomaterialen leert de student meer over polymeersynthese, polymerisatiekinetiek, polymeer karakterisering. Je krijgt ook inzicht in structuur-eigenschap relaties van polymeren in relatie tot hun gebruik als medisch implantaat of-hulpmiddel.

In het vak Cel-materiaalinteracties wordt ingegaan op de verschillende manieren waarop cellen interacties aangaan met biomaterialen en hoe aanpassingen in de (samenstelling van) biomaterialen gebruikt kunnen worden om celgedrag te sturen. Ook wordt in dit vak aandacht besteed aan de immunologische processen die ten grondslag liggen aan de reactie van het immuunsysteem op een vreemd biomateriaal. Bij dit vak hoort ook een practicum waarin enerzijds de celkweektechnieken opgedaan in BMT module 5 worden opgefrist met het oog op het goed doorlopen van het project en anderzijds wordt gekeken hoe cellen reageren op verschillende kweekoppervlakken.

Bovengenoemde vakken vormen de theoretische basis van het project, getiteld ‘Fabricatie van nano-deeltjes voor afgifte van geneesmiddelen’. Studenten gaan in kleine groepjes polymeer nano-deeltjes maken voor afgifte van eiwitten.

Door te variëren in samenstelling van polymeren maakt elke groep een eigen -nano-deeltje. Dit wordt vervolgens getest in verschillende cellijnen met als uitkomst parameters uptake door de cellen en celoverleving. Studenten zullen hun bevindingen presenteren tijdens een posterpresentatie en in artikelvorm.