



**Royal Belgian Academy Council
of Applied Science**

CAWET

**Comité van de Academie
voor
Wetenschappen en Techniek**

**BIOMEDISCHE INGENIEURSWETENSCHAPPEN:
SPEERPUNTTECHNOLOGIE
VAN EEN MODERNE GEZONDHEIDSZORG**

**BIOMEDICAL ENGINEERING SCIENCES:
KEY TECHNOLOGY FOR MODERN HEALTH CARE**



december 2003

**Koninklijke Vlaamse Academie van België
voor Wetenschappen en Kunsten
Paleis der Academiën
Hertogsstraat 1, 1000 Brussel**

Het Comité van de Academie voor Wetenschappen en Techniek werd opgericht door de Klasse der Wetenschappen van de Koninklijke Vlaamse Academie van België voor Wetenschappen en Kunsten.

Het Comité, dat ten hoogste 50 leden telt, is paritair samengesteld uit vertegenwoordigers van de academische en van de industriële wereld.

Het heeft tot doel in een dialoog tussen wetenschap en industrie een op de toekomst gerichte evaluatie te maken van de wisselwerking tussen de wetenschappen in het algemeen, de techniek in het bijzonder, de maatschappij en de cultuur.

CAWET is het Vlaamse lid van de "Royal Belgian Academy Council of Applied Science" (BACAS).

De CAWET-verslagen worden gratis toegezonden aan openbare instellingen, universiteiten, hogescholen en (medewerkers van) steunende bedrijven. Anderen kunnen onze werking steunen door een vrijwillige bijdrage (€ 12,50) voor het dekken van de rapportkosten te betalen op rekening 000-1667153-14 van de Koninklijke Vlaamse Academie van België/CAWET, Hertogsstraat 1, 1000 Brussel.

Met dank voor de steun aan:

Alcatel Bell, Bekaert, Electrabel, Etex Group, ExxonMobil, Gevaert, IBM, Janssen Pharmaceutica, LMS International, Maes Bouwbedrijf, REM-B, BCK-CEN, Sidmar, Siemens, Tractebel, Triakon, Vanhout, Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening, Vetex, VITO.

INHOUDSLIJST

Executive Summary	
1. Nieuwe masteropleiding steunt toekomst Vlaanderen	4
2. Biomedische ingenieurswetenschappen: gebiedsafbakening	5
2.1. Wat is een biomedisch ingenieur	5
2.1.1. Intro	5
2.1.2. Definitie van het vakgebied biomedische ingenieurswetenschappen	5
2.1.3. Een biomedisch ingenieur is een integrator	5
2.1.4. Typische beroepen van een biomedisch ingenieur	6
2.1.5. Opleidingsbehoefte in Vlaanderen	6
2.2. Relatie met aanverwante disciplines	7
2.2.1. Intro	7
2.2.2. Biomedische ingenieurswetenschappen versus bio-engineering	7
2.2.3. Biomedische ingenieurswetenschappen versus biomedische wetenschappen	7
2.2.4. Biomedische ingenieurswetenschappen omvat klinische ingenieurstechnieken	7
2.2.5. Biomedische ingenieurswetenschappen versus medische fysica	8
2.2.6. Biomedische ingenieurswetenschappen versus medisch ingenieurs	9
2.2.7. Biomedische ingenieurswetenschappen versus de technische medicus	9
2.3. Besluit	10
3. Stimulans voor gezondheidszorg, economie en arbeidsmarkt	10
3.1. Doorbraak in moderne gezondheidszorg	10
3.2. Stimulans voor de Vlaamse economie	10
3.3. Impact voor de Vlaamse arbeidsmarkt	10
3.4. Besluit	11
4. Internationale doorbraak	11
4.1. Intro	11
4.2. Internationale verenigingen	11
4.2.1. International Union for Physical and Engineering Sciences in Medicine, "IUPSM"	11
4.2.2. International Federation for Medical and Biological Engineering, "IFMBE"	11
4.2.3. European Alliance for Medical and Biological Engineering and Sciences, "EAMBES"	11
4.2.4. European Society for Engineering and Medicine "ESEM"	12
4.2.5. Belgian Society for Medical and Biological Engineering and Computing, "BSMBEC"	12
4.2.6. Nationaal Comité voor Biomedical Engineering, "NCBME"	12
4.2.7. Genootschap Biomedische Techniek en Gezondheidszorg, Technologisch Instituut K.VIV	12
4.3. Opleidingsprogramma's in het buitenland	12
5. Vlaanderen mee aan de top ?	13
5.1. Onderwijsactiviteiten in Vlaanderen	13
5.1.1. KULeuven	13
5.1.2. UGent	14
5.1.3. VUB	14
5.2. Onderzoek in Vlaanderen	14
6. Aanbevelingen	15
6.1. Uitbouwen van onderwijsprogramma's	15
6.2. Promoten van het vakgebied	15
6.3. Stimulansen	16
APPENDIX A	16
APPENDIX B	17
APPENDIX C	18
Samenstelling van de werkgroep	19

Executive summary

In the past few decades, medicine and health care have evolved into a highly specialized technological branch, offering tremendous possibilities for the prevention, diagnosis and treatment of disease. This (r)evolution was made possible thanks to breakthroughs in genetics and molecular biology, supported by advanced engineering realizations in 3-dimensional high resolution (medical) imaging, new (bio)materials and biomechanics, robot assisted minimally invasive surgery, artificial organs, automation of laboratory research, bio-informatics, information and communication technology, ... Health care is no longer the domain of clinicians alone. Modern health care runs on versatile, multidisciplinary teams, where biomedical engineers play an important role as problem-solvers, balancing technological, socio-economic and ethical considerations. At present, health care accounts for 8% of the Belgian Gross Domestic Production. Given the demographic evolution, it is expected that this number will further rise (14% in United States). Obviously, biomedical engineering is an important growth pole.

At present, Flemish universities offer graduate programs in life sciences, but the focus is on molecular cell biology and genetics. In an attempt to fill in the urgent need for biomedicine trained engineers, the universities of Leuven (KULeuven), Gent (UGent) and Brussels (VUB) offer nowadays postgraduate courses in 'Biomedical and Clinical Engineering Technology'. These courses, open to students with versatile background, do not provide an in-depth training in engineering technology. As such, and in contrast to many other European countries and the United States, Flanders has no dedicated master programs to encounter this urgent need of 'biomedical engineers'.

To achieve these goals, action should be taken in :

(i) Education of Biomedical Engineers

- The implementation of the Bachelor-Masters structure offers a unique opportunity to give an answer to an urgent need for biomedical engineers and to set-up a Masters of Science in Biomedical Engineering within the engineering faculties of the Flemish universities, accessible for Bachelors in Engineering Science.
- In addition, given the excellent international reputation of several Flemish research teams, active in biomedical engineering, we should make use of this potential to set up an international interuniversity 'Advanced Masters' program in Biomedical Engineering.
- The Flemish biomedical engineering community should strive for international collaboration and international accreditation of the programs.

(ii) Promotion of Biomedical Engineering

The Flemish government should recognize and correctly promote biomedical engineering as a self-standing **engineering** discipline next to biotechnology and life sciences. The use of correct terminology is mandatory to delineate the different disciplines.

(iii) Stimulation of Biomedical Engineering Research

At present, funding of biomedical engineering research is not evident, as there are no specific funds or evaluation committees to evaluate project proposals. Following the United States (National Institute of Health) it is recommended that specific resources and support are provided to allow universities, research institutes and companies active in biomedical engineering to compete at a high international level. On the other hand, there is a need for well documented, evidence-based reports on the cost-effectiveness of medical health technology.

1. Nieuwe masteropleiding steunt toekomst Vlaanderen

De biomedische ingenieurswetenschappen, een opleiding met toekomst

De technologie zal in de nabije toekomst een nog ingrijpender impact hebben op de preventieve, diagnostische en therapeutische mogelijkheden van de geneeskunde en de gezondheidszorg. Deze evolutie wordt mede gestuurd door de doorbraak in de klinische praktijk van de moleculaire geneeskunde enerzijds en de beschikbaarheid van geavanceerde ingenieursontwikkelingen anderzijds: de mogelijkheden van driedimensionale beeldopbouw, minimaal invasieve interventies, kunstmatige organen, robotiseren van preventieve, diagnostische en therapeutische ingrepen evenals geautomatiseerd laboratoriumonderzoek en databeheer. De toekomstige geneeskunde vereist een kwantitatieve en hoogtechnologische benadering. Hierbij dient de biomedisch ingenieur in een multidisciplinair team steeds een oplossing te ontwikkelen die een evenwicht vormt tussen technologische, socio-economische en ethische randvoorwaarden.

Zowel met het oog op een moderne, efficiënte gezondheidszorg, op de positieve effecten voor de Vlaamse economie, als op de positieve inbreng op de arbeidsmarkt is er een dringende nood aan biomedisch ingenieurs, gevormd op masterniveau aan de Vlaamse faculteiten Toegepaste Wetenschappen.

Internationale doorbraak

Op internationaal vlak, is de biomedische ingenieurswetenschappen heden een erkende discipline.

Getuige daarvan is de erkenning van het vakgebied door de International Council for Scientific Unions in 1999 evenals talrijke wetenschappelijke internationale en nationale biomedische ingenieursverenigingen en de beschikbaarheid van masteropleidingen aan vooraanstaande Amerikaanse en Europese universiteiten.

Inhaalbeweging in Vlaanderen

Ook in Vlaanderen bestaan er al verscheidene opleidingsinitiatieven die echter vaak nog fragmentarisch en onvoldoende uitgebouwd zijn (cf. 5.1). De Vlaamse onderzoekers in biomedisch onderzoek behoren daarentegen tot de wereldtop; een reputatie die ook in de toekomst moet veilig gesteld worden door een weloverwogen onderbouw van academische opleidingsprogramma's op master en postacademisch niveau.

Promotie van biomedische ingenieurswetenschappen is noodzakelijk

Hoewel Vlaanderen zeker niet slecht scoort ten overstaan van internationale standaarden inzake opleiding en onderzoek, is het duidelijk dat de overheid biomedische ingenieurswetenschappen moet blijven promoten en dit door

- de opleiding verder gestructureerd uit te bouwen,
- de richting te promoten bij jongeren,
- het beroep van biomedisch ingenieur officieel te erkennen
- internationale en nationale samenwerking op het vlak van onderwijs en onderzoek te stimuleren.

2. Biomedische ingenieurswetenschappen: gebiedsafbakening

2.1. Wat is een biomedisch ingenieur ?

2.1.1. Intro

Een biomedisch ingenieur is een burgerlijk ingenieur afgestudeerd aan een faculteit Toegepaste Wetenschappen, die ingenieurswetenschappen toepast op levende materie gaande van de genetische code van de cel, over de cel tot op het niveau van het orgaan en het organisme om de gezondheidszorg en de levenskwaliteit van het individu en de gemeenschap te verbeteren en te waarborgen.

Biomedische ingenieurswetenschappen (BMIW) is bijgevolg een tak van de ingenieurswetenschappen waarbij studenten kennis opbouwen en vaardigheden ontwikkelen die kunnen worden toegepast om complexe problemen op te lossen in geneeskunde, biologie, en gezondheidswetenschappen. Een wetenschappelijk gebaseerde gezondheidszorg is essentieel in de actuele samenleving. Aandoeningen zoals

cardiovasculaire, neurologische en oncologische ziekten vragen veel meer een hoogtechnologisch en kwantitatieve benadering dan traditioneel, zowel op het vlak van diagnosevorming, als van therapie en nazorg. Hierbij ontwikkelt de biomedisch ingenieur steeds een oplossing die een evenwicht vormt tussen technologische, socio-economische en ethische randvoorwaarden.

2.1.2. Definitie van het vakgebied biomedische ingenieurswetenschappen

Biomedische ingenieurswetenschappen (BMIW) *integreert* wiskunde, natuurkunde, chemie en gezondheidswetenschappen met ingenieurswetenschappen voor de vooruitgang van geneeskunde, biologie en gezondheid. Biomedische ingenieurswetenschappen *creëert* kennis van moleculen tot orgaaniveau, ontwikkelt materialen, apparatuur, hulpmiddelen, systemen en methoden voor de vroege diagnose, preventie, diagnose en behandeling van ziekte om de gezondheidszorg en de levenskwaliteit van het individu en de gemeenschap te verbeteren en te waarborgen. Wanneer deze activiteiten geïntegreerd worden in de gezondheidszorgvoorziening (met inbegrip van infrastructuur en beheersactiviteiten in een kliniek) spreekt men van klinische ingenieurstechnieken.

2.1.3. Een biomedisch ingenieur is een integrator

Biomedische ingenieurswetenschappen omvat een uitgebreide waaier aan ingenieursactiviteiten toegepast in biologie, geneeskunde en gezondheidszorg. Het is een relatief jonge ingenieursdiscipline die oorspronkelijk gekenmerkt was als een toepassingsdomein waarbij gebruik werd gemaakt van methodes, theorieën en instrumenten van meer traditionele ingenieursdisciplines (werktuigkunde en elektrotechniek). Inmiddels zijn de BMIW geëvolueerd tot een geïntegreerde multidisciplinaire ingenieursdiscipline met een eigen methodologie, maar uiteraard nog steeds gebruik makend van andere kennisdomeinen eigen aan een burgerlijk ingenieur.

De biomedisch ingenieur is dus niet langer een elektrotechnisch of werktuigkundig burgerlijk ingenieur met enige kennis in het toepassingsveld van biologie en geneeskunde. De biomedisch ingenieur is een integrator met kennis in de diverse ingenieurstechnieken en is bijgevolg een actueel burgerlijk ingenieur die maatschappelijk breed inzetbaar is, niet louter beperkt tot ziekenhuizen en de biomedische industrie.

Biomedische ingenieurswetenschappen vormt een multidisciplinair ingenieursvakgebied dat het enorme domein van de wetenschap bestrijkt gaande van de mechatronica over de informatietechnologie en de stralingsfysica naar de chemie, maar met één gemene deler: het is een wetenschap die technologiegericht is en toegepast wordt in de medische techniek.

2.1.4. *Typische beroepen van een biomedisch ingenieur*

Een biomedisch ingenieur wordt in Vlaanderen en België tewerkgesteld in de industrie (medische apparatuur ontwikkelaar en/of producent en distributie, farmaceutische, cosmetische, levensmiddelenindustrie of het management ervan), in ziekenhuizen, de gezondheidsvoorziening, in universiteiten en onderzoeksinstituten en bij de overheid (beleids- en voorlichtingsfunctionaris). Een biomedisch ingenieur is aldus zeer polyvalent en van vele markten thuis.

In de industrie ontwikkelt de biomedisch ingenieur nieuwe producten en materialen inzetbaar in de gezondheidszorg. De ontwikkeling, het gericht testen van nieuwe apparatuur, algoritmen, processen en systemen staan hierbij centraal. De biomedisch ingenieur staat eveneens in het bijzonder in voor de kwaliteit en de veiligheid van medische apparatuur. Karakteristieke taken van een biomedisch ingenieur kunnen bijvoorbeeld zijn:

- Ontwerp, productie en evaluatie van biomaterialen voor kunstmatige organen (van kunstmatige hartkleppen tot pacemakers).
- Ontwerp van beeldvormende technieken, sensoren en informatietechnologie voor het monitoren van patiënten in een ziekenhuis.
- Verzamelen, opslag, analyse en simulatie van bio-data.

De biomedisch ingenieur geeft aldus leiding aan onderzoek, ontwikkeling en implementatie van medische apparatuur en draagt bij tot het verbeteren van behandelingen, waarbij de rol van de techniek aansluit bij de behoeften van patiënten en zorgverleners. Onderzoek en ontwikkeling gebeurt zowel aan universiteiten en wetenschappelijke instellingen als in het Vlaams bedrijfsleven.

De biomedisch ingenieur heeft een belangrijke bijdrage tot het bedrijfseconomisch gebeuren. Aangezien de gezondheidszorg een sterke groeimarkt vormt, zijn er ook uitstekende kansen voor de biomedisch ingenieur die een nieuw bedrijf wil starten.

Een biomedisch ingenieur bij de overheid of zorgverzekeraar is actief betrokken bij kwaliteitsbewaking, regelgeving en standaardisering van medische apparatuur en medische procedures (Ministerie van Volksgezondheid, Farmaceutische Inspectie, Notified Body). Bij deze instanties is er een grote behoefte aan „Regulatory Affairs Managers”, ingenieurs met een bijkomende vorming in de biomedische ingenieurswetenschappen en met interesse voor de normalisatie en de wetgeving i.v.m. actieve en niet-actieve medische hulpmiddelen. De „Regulatory Affairs Manager” in de medische industrie heeft als taak advies te geven i.v.m. ontwerp en productie van medische hulpmiddelen en de nodige stappen te ondernemen opdat

de ontwikkelde producten op de wereldmarkt kunnen gebracht worden. Het beantwoorden aan de eisen van de CE-markering, voor de Europese markt, en de naleving van de criteria voor de FDA-approval (Food and Drug Administration in de VS) zijn conditio sine qua non voor het op de markt brengen van medische apparatuur. Bij de Belgische overheid op het Ministerie van Volksgezondheid is tot op heden geen enkel biomedisch ingenieur tewerkgesteld. De marktcontrole van de actieve medische hulpmiddelen (een overheidstaak die opgelegd werd door het KB van 18 maart 1999) wordt uitgevoerd door industrieapothekers.

2.1.5. *Opleidingsbehoefte in Vlaanderen*

De actuele behoefte van de industrie is ofwel een polyvalent multidisciplinair burgerlijk ingenieur ofwel een specifiek opgeleid burgerlijk ingenieur (hetzij master, hetzij doctoraat toegepaste wetenschappen). De Master of Science in biomedische ingenieurswetenschappen voldoet in het bijzonder aan het eerste generalistisch profiel waarbij een burgerlijk ingenieur wordt gevormd op hoog wetenschappelijk niveau met kennis van materiaal- en informatietechnologie, modelleringstechnieken en toegepaste natuurkunde, met in het bijzonder aandacht voor mechanica en elektronica uitgediept voor biologische systemen.

De opleiding tot Master of Science in de biomedische ingenieurswetenschappen heeft tot doel academische ingenieurs te vormen van internationaal niveau die wiskunde, natuurkunde, chemie en gezondheidswetenschappen met ingenieurstechnieken integreren voor de vooruitgang van geneeskunde, biologie en gezondheidszorg. Deze biomedisch ingenieur creëert kennis van moleculen tot orgaaniveau, ontwikkelt materialen, apparatuur, hulpmiddelen, systemen en methoden voor de preventie, diagnose en behandeling van ziekte om de gezondheidszorg en de levenskwaliteit van het individu en de gemeenschap te verbeteren en te waarborgen.

De biomedisch ingenieur functioneert steeds in een multidisciplinair team. Hij kan hierbij als integrator fungeren. De afgestudeerde is zich bewust van de ethische en sociaal-economische aspecten van de biomedische ingenieurstechnieken en de gezondheidszorg evenals de maatschappelijke verantwoordelijkheid van een burgerlijk ingenieur. De afgestudeerde wordt getraind in grensverleggend, methodisch systematisch en probleemoplossend denken.

Specifieke kennisdomeinen van een burgerlijk biomedisch ingenieur zijn:

Ingenieurswetenschappen toegepast op levende materie:

- Biomechanica
- Biomaterialen

- Bio-elektronica
- Bio-informatica
- Biotransport
- Biowiskunde
- Biostatistiek
- Biomedische signaal- en beeldanalyse

Ingenieurstechnieken en medische technologie:

- Biosensoren
- Medische informatietechnologie
- Medische beeldvorming
- Kunstmatige organen
- Revalidatietechnologie
- Klinische ingenieurstechnieken
- Geneeskundige apparatuur
- Kunstmatige intelligentie
- Robotica en navigatie
- Medisch textiel
- Computerondersteunde biologie en simulatie
- Bio-optica

Medisch-klinische wetenschappen:

- Systeemfysiologie, biologie en anatomie
- Nanobiosystemen
- Moleculaire, cellulair- en weefselengineering
- Genetica
- Biochemie

Veiligheid en regelgeving

Management en bedrijfskunde

Een student kan zich bekwalen in het vakgebied van de biomedische ingenieurswetenschappen - na het behalen van een diploma Bachelor of Science in de ingenieurswetenschappen - via de volgende opleidingstrajecten:

- Master of Science biomedische ingenieurswetenschappen (2-jarige masteropleiding)
- Master of Science in één van de andere ingenieurswetenschappen gevolgd door een Advanced Master in de biomedische ingenieurswetenschappen
- Master of Science in één van de ingenieurswetenschappen gevolgd door een doctoraat in het vakgebied biomedische ingenieurswetenschappen.

Via diverse - meestal individuele – schakelprogramma's kunnen ook andere bachelordiploma's toegang geven tot één van de bovenvermelde trajecten.

2.2. Relatie met aanverwante disciplines

2.2.1. Intro

Het vakgebied biomedische ingenieurswetenschappen wordt vaak ten onrechte verward met aanverwante disciplines zoals bio-engineering, biomedische wetenschappen of biotechnologie. Anderzijds heerst

er ook soms enige overlapping tussen het werkveld van de medische fysicus, een klinisch ingenieur en een biomedisch ingenieur.

De volgende paragrafen geven hierover enige verduidelijking.

2.2.2. „Biomedische Ingenieurswetenschappen” versus „Bio-engineering”

Bio-engineering wordt gedefinieerd door de National Institute of Health (NIH) in 1998 (Bio-engineering: building the Future of Biology and Medicine, Natcher Conference Center, NIH, 1998), als „een systeemgeïntegreerde benadering waarbij moleculaire en genomische aspecten met kwantitatieve aspecten van fysische-biologische interacties in ruimte en in tijd ontwikkeld worden naar een duidelijk gerichte, toepassingsgerichte oplossing”. Een biomedisch ingenieur kan hiervan gebruik maken (cf. definitie van biomedische ingenieurswetenschappen) maar de eindtermen zijn ruimer.

Bijgevolg is het aangewezen om steeds te spreken over biomedische ingenieurswetenschappen (bio-medical engineering and sciences) en niet over bio-engineering.

2.2.3. „Biomedische ingenieurswetenschappen” versus „Biomedische Wetenschappen”

De biomedische wetenschappen bestuderen het menselijke genoom, de gentechologie en de gentherapie met het oog op een tewerkstelling in laboratoria van bedrijven, ziekenhuizen en overheidsinstellingen. Recente ontwikkelingen in de beeldvorming en beeldverwerking, diagnostische en therapeutische mogelijkheden in de virologie, de immunologie, de oncologie en de bio-informatica zorgen ervoor dat deze wetenschappers een belangrijke rol kunnen spelen in het moderne biomedische onderzoek. De biomedische wetenschappen beogen dus eerder een meer fundamentele onderzoeksloopbaan voor het ondersteunen van de ontwikkeling van medische behandelingen.

De biomedische ingenieurswetenschappen koppelen echter de toepassing van ingenieursvaardigheden aan de kennis van zowel ingenieursvakken als medische en biomedische basisvakken om tot nieuwe procedures en toestellen te komen voor een betere gezondheidszorg en om de levenskwaliteit van het individu en de gemeenschap te verbeteren en te waarborgen. Hierbij staat technologie steeds centraal.

2.2.4. „Biomedische Ingenieurswetenschappen” omvat „Klinische Ingenieurstechnieken”

De klinisch ingenieur is verantwoordelijk voor de coördinatie, de ontwikkeling, de engineering, de implementatie, de integratie, het beheer en de exploitatie van medische uitrustingen en technologieën met als

doel de verzorgingsinstelling een kwalitatief en technologisch hoogstaand medisch apparatenpark geïntegreerd in de dagelijkse, multidisciplinaire werking te verzekeren, conform de Europese richtlijnen, de nationale wetgeving en normering.

In het ziekenhuismanagement is er actueel – naast uiteraard de focus op de kernactiviteit gezondheidszorg – ook heel wat aandacht voor de ondersteunende functies, waaronder de technische dienst. De opdracht van de technische dienst is het beheer van de middelen om de gebouwen, de infrastructuur en uitrusting (medische en civiele) in stand te houden, te actualiseren en te optimaliseren. Een verstandig beleid van de technische dienst werkt immers kostenbesparend.

Met betrekking tot de technische dienstverlening zijn de voorbije jaren binnen de gezondheidszorg twee disciplines ontwikkeld:

- Ingenieurstechnieken betreffende de medische uitrustingen en technologie:

Hier stelt men vast dat het technische beleid van de medische uitrustingen en technologie hoofdzakelijk terug te vinden is in de grotere ziekenhuizen waar een afzonderlijke dienst, met name de biomedisch of medisch-instrumentele dienst, is opgericht. In kleine en middelgrote ziekenhuizen maakt deze activiteit deel uit van de technische dienst waar één of meerdere ingenieurs en technici de activiteiten waarnemen (health technology management).

- Ingenieurstechnieken betreffende het gebouwenmanagement:

De technische dienst dient hier kwaliteitsbewust, professioneel en competitief in te staan voor het beheer, het instandhouden, de exploitatie en het vernieuwen van de gebouwen, infrastructuur en uitrustingen (medische gassen, energie, water, ventilatie, sanitair, communicatie) die de verzorgingsinstelling moeten toelaten haar opdracht optimaal te vervullen.

In deze discipline stelt men vast dat bijna alle ziekenhuizen over een eindverantwoordelijke beschikken, vaak een ingenieur die aanvullende studies in de biomedische ingenieurstechnieken heeft afgevolgd. In grote lijnen is de uit te voeren taak met de daaraan gekoppelde competenties in feite dezelfde als deze die het facility-managementteam hanteert in niet-ziekenhuizen zoals de industrie, bankinstellingen, onderwijscentra, enz.

De laatste jaren hebben er zich een aantal belangrijke evoluties voorgedaan in het domein van de elektromedische uitrustingen en de installaties:

Op juridisch vlak:

- De toepassing van de Europese richtlijnen met betrekking tot de medische hulpmiddelen,

en de omzetting van deze richtlijnen in Belgisch recht.

- De erkenning van het recht van de patiënt op een kwalitatief goede verzorging.
- Een groeiende druk op het gebied van het welzijn op het werk en de bescherming van het leefmilieu.

Op het vlak van de normalisatie:

- De regelmatige publicatie van nieuwe normen.
- Een nieuwe benadering van de filosofie en het concept van normen, zoals de welgekende IEC 60601-1.
- De uitbreiding van de toepassing van normen en kwaliteitssystemen, ook in de gezondheidszorg.

Op technisch vlak:

- De voortdurende verbetering van de karakteristieken en de prestaties van medische uitrustingen.
- De noodzakelijkheid om medische uitrustingen te combineren met andere uitrustingen, en dus de alomtegenwoordigheid van het begrip „systeem”.
- De niet te stuiten ontwikkelingen in de telecommunicatie, de digitale gegevensverwerking en de multimedia, en de integratie van deze ontwikkelingen in medische uitrustingen en installaties.

In een verzorgingsinstelling is het de taak van de klinisch ingenieur om deze evoluties te vertalen in de dagelijkse praktijk. Dit laat toe dat de verzorgingsinstelling haar opdracht optimaal kan vervullen.

2.2.5. „Biomedische Ingenieurwetenschappen” versus „Medische Fysica”

Wat het onderscheid tussen de biomedisch ingenieur en de medische fysicus betreft kan verwezen worden naar het eindrapport van het EU SOCRATES netwerk „TEMPERE Thematic network for Training and Education in Medical Physics and Biomedical Engineering”¹. In dit rapport worden onder meer volgende definities geformuleerd:

- **Biomedical Engineer**

An individual, competent to practice independently within one or more of the sub-specialities of Biomedical Engineering.

- **Biomedical Engineering**

An interdisciplinary branch of engineering that involves the application of electrical, mechanical, chemical, optical and other engineering principles to understand, modify or control biologic systems, as well as manufacture products that can monitor physiologic functions and assist in the diagnosis and treatment of patients [Bronzino].

¹ Z. Kolitsi ed., “Towards a European Framework for Education and Training in Medical Physics and Biomedical Engineering”, IOS Press, 2001, ISBN 1 58603 151 1 (IOS Press).

- **Medical Physicist**

An individual, competent to practice independently within one or more of the sub-specialities of medical physics [EFOMP].

- **Medical Physics**

The scientific branch of physics that is concerned with the application of the concepts and methods of physics in medicine [EFOMP].

- **Medical Physics Expert (MPE)**

An expert in radiation physics or radiation technology applied to exposure, within Directive 97/43/Euratom, whose training and competencies to act is recognised by the competent authorities; and who, as appropriate, acts or gives advice on patient dosimetry, on the development and use of complex techniques and equipment, on optimisation, on quality assurance, including quality control, and on matters relating to radiation protection, concerning exposure within the scope of this Directive [Directive 97/43/Euratom].

Hierbij kan worden vastgesteld dat de definitie van Medical Physics Expert, aansluit bij de taakomschrijving van een expert in de medische stralingsfysica, zoals hieronder gespecificeerd. Het is duidelijk dat er een behoefte bestaat aan een onderscheid tussen de begrippen „Medisch Fysicus” en „Expert in de Medische Stralingsfysica”. Rond het gebruik van deze twee termen wenst de werkgroep de volgende aanbevelingen te formuleren. Met een „Expert in de Medische Stralingsfysica” (of kortweg „Stralingsdeskundige”), wordt een deskundige aangeduid die door een bevoegde instantie als dusdanig wordt erkend op basis van een specifieke erkenningsprocedure. Met een medisch fysicus wordt, net als voor een biomedisch ingenieur, een persoon aangeduid met competenties, ontleend aan een opleiding en eventueel aan een beroepspraktijk. Het betreft hier dus niet noodzakelijk een stralingsdeskundige. Voor de medisch fysicus is de competentie meer modelgericht, terwijl voor de biomedisch ingenieur de competentie oplossingsgericht is.

Er dient op gewezen dat waar in deze tekst sprake is van straling, het specifiek ioniserende straling betreft: niet-ioniserende straling valt m.a.w. niet onder de specifieke en exclusieve bevoegdheid van de stralingsdeskundige.

2.2.6. „Biomedische Ingenieurswetenschappen” versus „Medisch Ingenieurs”

De Technische Universiteit Eindhoven startte in 1997, in samenwerking met de Universiteit Maastricht, de ingenieursopleiding Biomedische Technologie (BMT). Deze opleiding beoogt biomedisch burgerlijk ingenieurs met een vijfjarige opleiding (drie jaren bachelor en twee jaren master). De belangrijkste eindtermen van deze opleiding zijn onderzoeksvaardigheden te ontwikkelen in de biomedische ingenieurswetenschappen

en daarom minder geschikt om de taken van een klinisch ingenieur waar te nemen. Maar in academische ziekenhuizen en andere centra voor topklinische zorg is er door de snelle technologische ontwikkelingen grote behoefte aan op de praktijk gerichte (bio)medisch ingenieurs. Dergelijke academisch gevormde medisch-technologen kunnen zelfs, dixit de TU Eindhoven verantwoordelijken, een specifiek deel van het werk van artsen gaan doen. Aan de TU Eindhoven startte daarom in september 2002 de nieuwe masteropleiding „Medical Engineering”. In 2004 zullen de eerste medisch ingenieurs afstuderen. Studenten die deze afstudeerrichting gaan volgen zijn na afloop in staat een specifieke technologische inbreng te leveren in de dagelijkse praktijk van de gezondheidszorg.

We onderschrijven deze zienswijze niet. Men gaat immers volledig voorbij aan het feit dat er al jaren een goed gestructureerde en kwalitatief verantwoorde manier bestaat om afgestudeerde burgerlijk ingenieurs en licentiaten in het algemeen en licentiaten natuurkunde in het bijzonder (cf. medische fysica) en doctorandi kennis en ervaring bij te brengen om de bovengenoemde specifieke technologische inbreng in de gezondheidszorg te leveren zodat het niet is aangewezen om biomedisch ingenieurs en medisch fysici te onderscheiden van medisch ingenieurs.

2.2.7. „Biomedische Ingenieurswetenschappen” versus „Technisch Medicus”

De opleiding Technische Geneeskunde is een zesjarige combinatie van een Bachelor- en Masteropleiding aan een medische faculteit. De voorgestelde Masteropleiding Technische Geneeskunde aan Nederlandse universiteiten kent vier afstudeerdifferentiaties:

- Beeldvorming en minimaal invasieve Technische Geneeskunde, gericht op het in beeld brengen van het menselijk lichaam, alsmede op minimaal invasieve interventie. Bij de interventies wordt in belangrijke mate gebruikgemaakt van robotica.
- Biomechatronische Technische Geneeskunde gericht op de technologie en geneeskunde rondom het bewegingsapparaat.
- Signaalanalytische Technische Geneeskunde, gericht op de meet- en regelsystemen van het diagnostisch- en het therapeutisch proces. Deze variant betreft het gebied van de sturing van (patho)fysiologische processen, zoals toegepast bij de diagnose en de behandeling van onder andere long-, hart- en vaatfunctiestoornissen.
- Orgaanfunctievervangende Technische Geneeskunde. Dit is bij uitstek een specialisatie gericht op de technologie van de toekomst. Deze variant betreft het toepassen van orgaan- en functievervangende en herstellende technologie met behulp van de cel- en weefseltechnologie alsmede de nanotechnologie.

Het is evident dat de biomedisch ingenieur uitermate geschikt is om met dergelijk geschoolde artsen een multidisciplinair team te vormen. Niettemin zou dit mogelijk moeten zijn met alle artsen.

2.3. Besluit

In de verwijzing naar het vakgebied biomedisch ingenieurswetenschappen en zijn actoren dient men steeds een correct taalgebruik en terminologie te hanteren.

Klinisch ingenieurs zijn biomedisch ingenieurs die activiteiten ontwikkelen in de gezondheidszorgvoorziening. Klinische ingenieurstechniek is een onderdeel van de biomedische ingenieurswetenschappen. Biomedische ingenieurswetenschappen hebben raakvlakken met bio-engineering en biomedische wetenschappen in het bijzonder voor de toepassing inzake moleculaire geneeskunde.

De benaming medisch ingenieur is uit den boze.

Het competentiedomein van de medisch fysicus omvat medische fysica en is meestal modelgericht. Een 'Expert in de Medische Stralingsfysica' of 'Stralingsdeskundige' is meestal een medisch fysicus of een biomedisch ingenieur erkend op basis van een specifieke erkenningsprocedure.

3. Stimulans voor gezondheidszorg, economie en arbeidsmarkt

3.1. Doorbraak in moderne gezondheidszorg

De techniek zal in de nabije toekomst een nog belangrijker impact hebben op de preventieve, diagnostische en therapeutische mogelijkheden van de geneeskunde. Deze evolutie wordt mede gestuurd door de doorbraak in de klinische praktijk van de moleculaire geneeskunde enerzijds en de beschikbaarheid van geavanceerde ingenieursontwikkelingen anderzijds: de mogelijkheden van driedimensionale beeldopbouw, minimaal invasieve interventies, robotiseren van preventieve, diagnostische en therapeutische ingrepen evenals geautomatiseerd laboratoriumonderzoek en databeheer.

Biomedische ingenieurswetenschappen is een groei-pool in Vlaanderen en in België. De gezondheidszorg staat in voor meer dan 8 % van het BNP. Dit percentage zal stijgen gelet op de huidige evolutie in andere landen zoals Duitsland waar het percentage reeds is gestegen boven de 10 % of zelfs tot 14 % in de Verenigde Staten.

De gezondheidszorg in Vlaanderen omvat 1 arts per 274 personen en 5,4 ziekenhuisbedden per

1000 inwoners. In de zorgsector werkt de biomedisch ingenieur aan allerlei nieuwe methoden en systemen die de gezondheidszorg zo efficiënt mogelijk maken. Dit geldt voor de processen die zich binnen een ziekenhuis afspelen maar ook voor de samenwerking met rust- en verpleeghuizen, verpleeg- en thuiszorg of in de revalidatie. Daarnaast zijn er de diverse beleidsfuncties in een ziekenhuis (algemeen directeur, technisch directeur, ICT-coördinator, ...) Uiteraard is de biomedisch ingenieur ook betrokken bij het ontwerp, de bouw en het beheer van een ziekenhuis.

3.2. Stimulans voor de Vlaamse economie

In Vlaanderen kan in de geneesmiddelensector worden verwezen naar de aanwezigheid van de wereldspelers zoals Johnson & Johnson, Schering-Plough, Astra Zeneca, Alcon, Pfizer. De Europese markt wordt geschat op 38 biljoen euro (bron: Flanders Foreign Investment office, 2002). In Vlaanderen zijn er onderzoeks- en ontwikkelingsfaciliteiten, productiecentra en distributiecentra voor medische apparatuur. In de medische beeldvorming is er Agfa Gevaert (Agfa Diagnostic center, Picture archiving and communications), Barco (medische beeldschermen), Siemens, General Electric en Philips. In de sector geneeskundige apparatuur hebben Becton Dickinson, Terumo, Cyberonics en Guidant hun Europees hoofdkantoor in Vlaanderen.

Een goed beeld van de toegevoegde waarde van de sector kan verkregen worden via de jaarrapporten van beroepsverenigingen zoals Unamec en Agoria.

De omzet die in 2002 werd gegenereerd in Vlaanderen door de vervaardiging van medische apparatuur bedraagt 900 miljoen euro. De totale omzet inclusief import/export activiteiten 2,8 miljard euro. Dit is een stijging van 82% ten overstaan van 1997 en 38% ten overstaan van 1999.

3.3. Impact voor de Vlaamse arbeidsmarkt

De 193 leden die Unamec per 1 mei 2001 telt, staan in voor een omzet op de Belgische markt van meer dan 8 miljard euro en een tewerkstelling van ongeveer 5000 mensen (waarvan een 3500 in productiefuncties).

Uit nog niet officieel gepubliceerde cijfers van Agoria volgt dat in 2002 in Vlaanderen 749 bedienden en 1281 arbeiders of een totaal van 2030 mensen actief waren voor het vervaardigen van medische apparatuur, instrumenten en orthopedische artikelen wat een stijging is van 20 % ten overstaan van de cijfers van 1997. Daarbij komt nog de tewerkstelling bij bedrijven waarvan één afdeling actief is in de medische sector. Deze bedraagt eveneens 2000 personen.

Gebaseerd op bovenvermelde gegevens kunnen we het personeelsbestand schatten op minimaal 9000 werknemers exclusief de ziekenhuissector, de overheid en de universiteiten.

Over de tewerkstelling van biomedisch ingenieurs maken we melding van twee bronnen: een enquête uitgevoerd door de KULeuven in 2000 en gegevens uit de Verenigde Staten.

Tewerkstelling in sector	Procent
Doctoraatsstudent	11
Universiteit	3
Ziekenhuis	15
Medische industrie	28
Medische instelling	2
Overige	41

*Tewerkstelling op basis van 117 antwoorden (van de 167 KUL-afgestudeerden)
(Bron: enquête KULeuven 2000)*

Industrie	Aantal ingenieurs 1998	Aantal ingenieurs 2008 (schatting)	Procentverandering
Alle industrieën	1.461.801	1.752.059	19,9
Medische instrumentatie	15.095	20.131	33,4
Gezondheidszorg	6.390	7.745	21,2

Tewerkstelling van de ingenieurs in de USA (bron: U.S. Departement of Labor, 2001)

Dit toont aan dat de tewerkstelling van ingenieurs in de medische sector duidelijk meer zal stijgen (30%) over een periode van tien jaar dan de tewerkstelling in alle klassieke industriële sectoren (20%). Het is mede een bewijs van de polyvalentie en brede inzetbaarheid van biomedisch ingenieurs.

Een randdomein van BMIW waar ook een groeiende nood aan tewerkstelling is voor biomedische ingenieurs, is de biotechnologie (Innogenetics, Devgen, Virco groep, CropDesign, Tibotec) evenals 'Clinical trial companies' zoals LabCorp.

3.4. Besluit

Uit voorliggende cijfers en gegevens is duidelijk aangetoond dat biomedische ingenieurswetenschappen een vooraanstaande rol zullen spelen in de moderne gezondheidszorg. Dit betekent meteen een belangrijke rechtstreekse toegevoegde waarde voor de Vlaamse economie en staat inherent garant voor een stimulans voor de arbeidsmarkt. Jongeren verdienen

aangemoedigd te worden om biomedische ingenieurswetenschappen te studeren en daarin hun beroepsloopbaan te realiseren.

4. Internationale doorbraak

4.1. Intro

Biomedische Ingenieurswetenschappen is een erkend wetenschapsgebied. Getuige hiervan zijn de diverse internationale en nationale verenigingen die biomedisch ingenieurs verenigen. Hieronder wordt een opsomming gegeven van de wetenschappelijke verenigingen en geeft men de lezer een beeld van de internationale context. Deze verenigingen omvatten allen vele actieve leden en hebben gemeenschappelijk een bijzondere aandacht voor de kwaliteit van de opleiding zowel op mondiaal, Europees als nationaal vlak.

4.2. Internationale verenigingen

4.2.1. International Union for Physical and Engineering Sciences in Medicine, „IUPSM”

Deze vertegenwoordigt meer dan 40.000 biomedisch ingenieurs en medische fysici wereldwijd. De voornaamste activiteiten zijn de organisatie van een driejaarlijks wereldcongres voor medische fysica en biomedische ingenieurswetenschappen (2000 Chicago, 2003 Sydney, 2006 Seoul, 2009 München) en de vertegenwoordiging van het vakgebied in ICSU, de 'International Council for Science', met impact op de wetenschapspolitiek op wereldniveau, in samenwerking met UNO, UNESCO, WHO.

4.2.2. International Federation for Medical and Biological Engineering, „IFMBE”

Dit is een federatie op wereldniveau die nationale en transnationale verenigingen omvat die actief zijn in het vakgebied biomedische ingenieurswetenschappen. De federatie werd reeds gesticht in 1959 en omvat heden meer dan 25.000 leden via 43 geaffilieerde verenigingen.

Doelstelling van IFMBE is om op wereldniveau een coördinerende en stimulerende rol te spelen, vooral op wetenschappelijk vlak maar ook educatief en professioneel, met betrekking tot biomedische ingenieurswetenschappen.

4.2.3. European Alliance for Medical and Biological Engineering and Sciences, „EAMBES”

Binnen Europa was er nood aan een organisatie die de verschillende nationale en transnationale verenigingen voor biomedische ingenieurswetenschappen, evenals de verschillende instituten en universiteiten die opleidingen verzorgen en onderzoek doen rond biomedische ingenieurswetenschappen, zou verenigen.

Vanuit de bezorgdheid om een organisatie uit te bouwen die op een krachtige manier een gesprekspartner kan zijn voor nationale en Europese financieringsorganismen (onder meer de Europese Commissie) nam de wereldfederatie IFMBE (International Federation for Medical and Biological Engineering) het initiatief voor de oprichting van de EAMBES, een Europese alliantie voor medische en biologische ingenieurswetenschappen. Deze alliantie werd opgericht in juni 2003, met daarin een divisie voor wetenschappelijke verenigingen (met twee secties: één voor de nationale verenigingen en één voor de transnationale verenigingen) en een divisie voor academische instituten. Van bij de oprichting is het de verwachting dat deze alliantie een dertigtal verenigingen met alles samen ongeveer 7000 leden vertegenwoordigt en meer dan vijftig instituten. Later worden nog een industriële divisie en een divisie van fellows toegevoegd.

4.2.4. *European Society for Engineering and Medicine, „ESEM”*

Deze bestaat sinds 1991 met als doel de samenwerking te bevorderen tussen ingenieurs en medici. Dit is essentieel voor de verdere evolutie van onze gezondheidszorg waarin technologie meer en meer een prominente rol speelt. ESEM realiseert zijn objectieven door de organisatie van een tweejaarlijks congres (bv. in 2003 in Halle-sur-Saale), de publicatie van een wetenschappelijk tijdschrift (Technology and Health Care) en door als co-organisator bij te dragen tot andere symposia en workshops rond biomedische technologie. ESEM onderhoudt nauwe contacten met diverse diensten van de Europese Commissie.

4.2.5. *Belgian Society for Medical and Biological Engineering and Computing, „BSMBEC”*

Deze is opgericht in 1987. De vereniging heeft tot doel het organiseren van wetenschappelijke bijeenkomsten voor personen actief in het domein van de biomedische en klinische ingenieurstechnieken. Het is een vereniging zonder winstoogmerk met maatschappelijke zetel gevestigd op de Universitaire Stichting in Brussel. De BSMBEC is een erkende nationale affiliatie van de International Federation for Medical and Biological Engineering IFMBE. Deze vereniging werkt nauw samen met het Nationaal Comité voor Biomedical Engineering NCBME.

4.2.6. *Nationaal Comité voor Biomedical Engineering, „NCBME”*

Het is opgericht in 2000 door de gezamenlijke vergadering van de Klasse van de Natuurwetenschappen van de Koninklijke Vlaamse Academie van België voor Wetenschappen en Kunsten en de Classe des Sciences van de Académie royale de Belgique. Als voornaamste taak neemt het Comité zich voor om alle collegae te contacteren en te informeren die in België

actief zijn in het multidisciplinaire vakgebied van de biomedische ingenieurswetenschappen (op de kruising van geneeskunde, wetenschappen en toegepaste wetenschappen) en via de bestaande wetenschappelijke verenigingen, netwerken en instellingen het Comité en zijn leden kenbaar te maken. Hierbij wordt jaarlijks een wetenschappelijk contactforum ingericht (steeds meer dan honderd deelnemers) in de maand oktober en een interuniversitaire doctoraatscursus in diverse vakgebieden (2001: biomechanica; 2002: biomedische signaalverwerking; 2003: tissue engineering).

4.2.7. *Genootschap Biomedische Techniek en Gezondheidszorg van het Technologisch Instituut van de Koninklijke Vlaamse Ingenieurs Vereniging*

Het genootschap Biomedische Techniek en Gezondheidszorg werd opgericht in 1979 binnen het Technologisch Instituut K.VIV. Dit genootschap groepeerde geïnteresseerden uit de sector van de biomedische ingenieurswetenschappen en organiseert vormingsactiviteiten voor ingenieurs, artsen, vorsers en studenten die actief zijn in het biomedisch onderzoek, de biomedische industrie of de gezondheidszorg. Het genootschap tracht tevens een coördinerende rol te spelen tussen alle Vlaamse onderwijsinstellingen die de discipline van de biomedische ingenieurswetenschappen in hun programma hebben opgenomen.

4.3. Opleidingsprogramma's in het buitenland

Aan Europese universiteiten komt BMIW meestal aanbod in tweede-cyclus-programma's (masterprogramma's) en voortgezet academisch onderwijs (VAO). Slechts enkele opleidingsprogramma's zijn gestart met het onderwijzen van BMIW op bachelorniveau (TU Eindhoven Nederland, 1997; Aalborg Universiteit Denemarken, 2000; TU Twente Nederland, 2001).

Nieuwe programma's zijn in voorbereiding of in de opstartfase zoals ETH Zürich, RWTH Aachen, TU Delft, University College London, ... Niettemin hebben reeds meer dan 100 verschillende Europese universiteiten BMIW in hun opleidingsaanbod, vaak nog als postgraduaatopleiding.

In de Verenigde Staten is BMIW reeds langer ingeburgerd in het bachelor-master systeem. Getuige daarvan is de indrukwekkende lijst van 120 universiteiten die BMIW aanbieden (waaronder Harvard University MIT, Georgia Tech, Stanford University, University of California Berkeley) waarvan er 23 undergraduate programma's (waaronder Duke University, University of Illinois Chicago, John Hopkins University, University of Pennsylvania, Vanderbilt University) reeds geaccrediteerd zijn door de Whitaker foundation.

De hieronder vermelde tabel schetst de evolutie van het aantal ingenieursstudenten in de Verenigde Staten de voorbije decennia. Hieruit volgt dat de biomedisch ingenieursstudenten op 20 jaar verdubbeld zijn : van 2 naar 4 % van alle ingenieursstudenten.

	1980	1990	2000
Ingenieursstudenten (algemeen)	50.000	73.000	82.000
Ingenieursstudenten (biomedisch)	1000	2200	3300

Een zeer belangrijke vaststelling in de hoger vermelde Europese en Amerikaanse opleidingsprogramma's is dat de biomedisch ingenieursstudenten niet louter traditionele studenten zijn die een andere diploma-richting kiezen in een faculteit toegepaste wetenschappen. Getuige daarvan is dat er gemiddeld 30 à 50 % meisjesstudenten zijn in een opleiding biomedisch ingenieur.

5. Vlaanderen mee aan de top?

Op onderzoeksvlak draaien verschillende Vlaamse onderzoeksgroepen momenteel mee aan de internationale top. Op onderwijsvlak blijven de bestaande initiatieven vaak fragmentarisch (er is geen interuniversitair voortgezette academische opleiding in het vakgebied) en ontoereikend (er zijn vooralsnog geen masteropleidingen in het vakgebied). Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de beschikbare onderwijsinitiatieven en van het Vlaams onderzoekspotentieel.

5.1. Onderwijs in Vlaanderen

Op onderwijsvlak blijven de bestaande initiatieven in biomedisch ingenieursonderwijs vaak fragmentarisch (er is geen interuniversitair voortgezet academische opleiding in het vakgebied) en ontoereikend (er zijn vooralsnog geen masteropleidingen in het vakgebied). Aan dit laatste wordt volop gewerkt. De inrichting van masteropleidingen biomedische ingenieurswetenschappen kan de basis vormen voor een interuniversitaire en internationale (Engelstalige) advanced master in het vakgebied. Deze laatste dient aangevuld te worden met postacademische opleidingen om biomedisch ingenieurs bij te scholen in de snelle evolutie van de medische spits technologie. Ook de coördinatie van dit postacademisch onderwijs gebeurt best in een gezamenlijk interuniversitair overleg.

5.1.1. KULeuven

Inrichting van een postgraduaat programma in de Biomedische Ingenieurstechnieken. Dit postgraduaat, dat diploma's afleverde van burgerlijk ingenieur in de Biomedische Technieken, en licentiaatsdiploma's voor de studenten zonder voorafgaande ingenieursoplei-

ding, bestaat uit een studieprogramma van één jaar, waarbinnen ook een eindwerk gerealiseerd wordt. De diploma's werden later omgevormd tot een GAS diploma (Gediplomeerde in de aanvullende studies „Biomedische en Klinische Ingenieurstechnieken”). Het programma wordt nog steeds aangeboden, en wordt jaarlijks gevolgd door ongeveer 10 studenten.

Invoering van de optie Biomedische Technieken in de departementen Elektrotechniek en Werktuigkunde en in de postgraduaatopleiding zelf. Ze worden aangeboden naast de reeds bestaande opties, en leiden tot het diploma van Burgerlijk Ingenieur. Vanaf oktober 2001 staat deze optie open voor alle vierdejaarsstudenten uit beide departementen. Het programma is voor een groot deel gemeenschappelijk, aangevuld met een reeks departement-eigen technische vakken.

Concreet betekent dit dat de medische basisvakken en de medisch-technologische vakken voor de beide richtingen samen en op hetzelfde ogenblik gedoceerd worden (de 3 laatstvermelde vakken zijn keuzevakken voor de richting mechanica, maar verplicht voor elektrotechniek). Deze vakken werden grotendeels overgenomen uit het studieprogramma van de aanvullende opleiding Biomedische en klinische ingenieurstechnieken. In het vijfde jaar kan de ingenieursstudent zijn kennis in de medische technologie nog meer verfijnen door bijkomende vakken te selecteren uit het aangeboden keuzepakket biomedische vakken.

Bijkomend worden ook seminars in de Medische Technologie ingericht waarin de studenten in kleine groepjes een ontwerp opdracht uitvoeren en hierbij de opgedane medisch-technologische kennis praktisch leren toepassen en integreren. De andere vakken zijn bestaande technische vakken uit de gekozen richting, hetzij Elektrotechniek, hetzij Werktuigkunde.

In het laatste jaar vormt het afstudeerwerk het kroonstuk op de studies. De studenten krijgen een waaier aan onderwerpen aangeboden en krijgen de kans om enkele maanden actief mee te werken in een van de onderzoekslabo's van de docenten.

Verdere planning:

In het Bachelor-Master systeem wordt een interdepartementale masteropleiding voorzien in de Biomedische Technieken (of Technologie). Het programma zal in hoofdzaak opgebouwd zijn uit de vakken van de bestaande optie.

Voor het postgraduaat programma bestaat de intentie om het bestaande programma op te nemen in een interuniversitair initiatief (Advanced Master opleiding), dat zal georganiseerd worden over twee jaar. Dit initiatief moet nog gestalte krijgen door een geëigende werkgroep die dit momenteel voorbereidt.

5.1.2. UGent

Inrichting van een postgraduaat programma Gediplomeerde in de gespecialiseerde studies in de Biomedische en Klinische Ingenieurstechnieken. Dit tweejarig postgraduaat, behorend tot de voortgezette academische opleidingen en ingericht door Ibitech (het Instituut voor Biomedische Technologie van de Universiteit Gent), levert diploma's af aan burgerlijk ingenieurs, industrieel ingenieurs (mits slagen in een toelatingsproef) en licentiaatsdiploma's voor de studenten zonder voorafgaande ingenieursopleiding, na een studieprogramma van 120 studiepunten (twee studiejaar) waarbinnen ook een eindwerk gerealiseerd wordt. Er zijn drie opties:

- Algemene biomedische ingenieurstechnieken
- Kunstmatige organen
- Medische stralingsfysica

Sinds kort wordt het opleidingsprogramma ook in de Engelse taal aangeboden (GGS Biomedical and Clinical Engineering Technology) met dezelfde drie opties (General Biomedical Engineering Techniques, Artificial Organs en Radiation Physics). De optie 'Artificial Organs' is erkend door INFA, International Faculty for Artificial Organs: een Europees netwerk van universiteiten actief in kunstmatig organenonderzoek (Universiteit van Bologna, Universiteit Gent, Rijksuniversiteit Groningen, RWTH Aachen, Technische Universiteit Wenen, Universiteit van Strathclyde, ...). Het programma wordt jaarlijks gevolgd door gemiddeld 25 studenten.

Invoering van de minor biomedische techniek in de burgerlijk-ingenieuropleidingen: bouwkundig ingenieur, natuurkundig ingenieur, scheikundig ingenieur en materiaalkundig ingenieur. Deze minor omvat 30 studiepunten (10 % van de totale opleiding burgerlijk ingenieur) gespreid over het vierde en vijfde jaar. De vakken zijn:

- * Kwantitatieve celbiologische technieken
- * Modelleren van fysiologische systemen
- * Biomaterialen
- * Kunstmatige organen
- * Medische beeldvorming
- * Medische Informatica en ziekenhuisorganisatie
- * Mens en milieu.

Verdere planning:

In het Bachelor-Master systeem wordt een interuniversitaire initiële opleiding Master of Science in Biomedische Ingenieurwetenschappen voorzien in samenwerking met de VUB.

5.1.3. VUB

Op dit ogenblik bestaat aan de VUB een programma van Voortgezette Academische Opleiding dat leidt tot de titel van Gediplomeerde in de Gespecialiseerde

Studie (GSS) Biomedische en Klinische Ingenieurstechnieken (in het academiejaar 1979-1980 aan de faculteit Toegepaste Wetenschappen gestart als een 3^e cyclusopleiding onder de benaming „Bijzondere licentie in de Biomedische en Klinische Ingenieurstechnieken”). Dit programma omvat 2 studiejaar (60 studiepunten per jaar).

De opleiding heeft twee optierichtingen: Medische Fysica en Biomedische en Klinische Ingenieurstechnieken. De optierichting Medische Fysica voldoet aan de criteria van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) voor een beroepserkenning van expert in de stralingsfysica.

Voor het eerste jaar bestaat het opleidingsprogramma uit:

- een voor beide optierichtingen gemeenschappelijk pakket verplichte opleidingsonderdelen ter waarde van 32 studiepunten;
- een voor beide optierichtingen afzonderlijk pakket keuzevakken ter waarde van 28 studiepunten.

Voor het tweede jaar bestaat het opleidingsprogramma uit:

- een voor beide optierichtingen gemeenschappelijk pakket verplichte opleidingsonderdelen ter waarde van 6 studiepunten met opleidingsonderdelen:
 - Arbeidswetgeving en ARAB
 - Algemene veiligheids- en gezondheidstechnieken
 - Analyse van biomedische meetgegevens
 - Machinevisie en beeldanalyse.
- een voor beide optierichtingen afzonderlijk pakket keuzevakken ter waarde van 54 studiepunten. Hierin zijn voor 25 studiepunten stages inbegrepen - voor de Medische Fysica zijn dit klinische stages in de radiotherapie of radiologie, nucleaire geneeskunde in vivo - en 10 studiepunten voor de eindverhandeling.

Verdere planning:

In het Bachelor-Master systeem wordt een interuniversitaire initiële opleiding Master of Science in Biomedische Ingenieurwetenschappen voorzien in samenwerking met de UGent.

5.2. Onderzoek in Vlaanderen

Vlaamse onderzoekers behoren tot de wereldtop in biomedisch onderzoek. Dit wordt zowel bevestigd via metingen van wetenschappelijke output als de vaststelling van de vele integraties van Vlaamse onderzoeksteams in internationale onderzoeksprojecten meestal in samenwerking met multinationale ondernemingen.

	Medische informatie en communicatietechnologie	Biomechanica Biomaterialen Kunstmatige Organen
Gefinaliseerde doctoraten 1998-2002	50	40
Lopende doctoraten 2003	53	44
Onderzoeksmiddelen in kEuro 1998-2002	24.000	9000

CAWET heeft collegae aangeschreven die heden actief zijn in het onderzoek in biomedische ingenieurswetenschappen aan Vlaamse universiteiten. Bovenstaande tabel geeft een kwantitatieve samenvatting. Hierbij is het onderzoeksveld opgedeeld in „Medische informatie en communicatietechnologie’ en ‘Biomechanica, Biomaterialen en Kunstmatige Organen’.

Binnen de Vlaamse academische wereld werden de voorbije jaren 90 doctorale proefschriften verdedigd in de biomedische ingenieurswetenschappen met een totaal budget van 33 miljoen euro. De lopende doctoraten in de biomedische ingenieurwetenschappen worden op 97 geraamd.

In deze tabel en samenvatting is nog geen melding gemaakt van de 25 doctoraten in de bio-informatica. Bio-informatica is een groeipool en staat voor de integratie van wiskunde, chemie, fysica, biologie en ingenieurswetenschappen, door gebruik te maken van data-analyse en data-miningstechnieken op genoominformatie voor bijvoorbeeld het begrijpen van nieuwe moleculen met toepassing in geneesmiddelenonderzoek. Andere spectaculaire evoluties kunnen verwacht worden waaraan Vlaamse onderzoekers een significante bijdrage zullen leveren. Kunstmatige orgaantechnologie (van kunsthart tot kunstlever) zal meer en meer verschuiven naar hybride technieken tot zelfs exclusieve celgebaseerde oplossingen (tissue engineering). Intelligente materialen (polymeren, keramieken, textiel,...) zullen ook hun continue toepassingen hebben voor „tailor made” behandelingen zoals bijvoorbeeld voor geneesmiddelen afgiftesystemen. De medische beeldvorming zal verder doorbreken in klinische toepassingen door hogere resolutie en sensitiviteit. Hierbij zal medische beeldvorming ook mede geïntegreerd worden met biomechanica voor continue on-line analyse van de structuur en functie van diverse organen en weefsels. Ook de diverse multimedia- en telecommunicatietechnieken met inbegrip van virtuele realiteit zullen niet langer beperkt blijven tot pilootprojecten maar deel uitmaken van het dagelijkse beslissingsproces van artsen en chirurgen via simulatie en navigatietechnieken. Verfijning en versnelling van zelflerende systemen en algoritmen voor een verder doorgedreven en betrouwbaar gebruik bij de diagnose en therapie van patiënten evenals de ont-

wikkeling van intelligente sensoren om op eerder ontoegankelijke plaatsen in het menselijk lichaam metingen te verrichten. De gezondheidssector zal uitgerust worden met een veilig en efficiënt informatiesysteem met bescherming van het individu.

6. Aanbevelingen

6.1. Uitbouwen van onderwijsprogramma's

- De onderwijsprogramma's biomedische ingenieurswetenschappen moeten verder worden uitgebouwd. Er is een dringende nood aan ingenieur-diploma's biomedische ingenieurswetenschappen (initiële masters), te behalen na een eerste specialisatie in een 'traditionele' ingenieursdiscipline van de faculteiten Toegepaste Wetenschappen. Hierbij dient de bachelor student de mogelijkheid te hebben om biologie in zijn studieprogramma op te nemen.
- Daarnaast dient er ook werk te worden gemaakt van het opstarten van een voortgezette academische opleiding (advanced master; bij voorkeur interuniversitair en internationaal) evenals het uitwerken en aanbieden van doctoraatsopleidingen en opleidingsprogramma's van permanente vorming.
- Wanneer de biomedisch ingenieur een verantwoordelijkheid opneemt in de gezondheidszorg dient hiervoor een erkenning te worden toegekend net als bij de medisch fysicus. De opleiding biomedische ingenieurswetenschappen dient hiertoe voldoende aandacht te besteden aan het bijbrengen van kennis over normering en wetgeving in verband met medische hulpmiddelen.
- Aandacht voor internationale samenwerking waar nuttig en oog voor internationale accreditering van onze opleidingen.

6.2. Promoten van het vakgebied

- De Vlaamse overheid dient mede het vakgebied biomedische ingenieurswetenschappen correct te promoten (ten overstaan van biomedische wetenschappen en biotechnologie) en te stimuleren naar

jongeren (bv. via een ambassadeurschap aan ingenieur Frank De Winne die tijdens zijn verblijf in het ruimtestation aan verscheidene biomedische experimenten heeft deelgenomen, ...)

- In de verwijzing naar het vakgebied en zijn actoren dient men steeds een correct taalgebruik en terminologie te hanteren (cf. 2.2).

6.3. Stimulansen

- De Vlaamse overheid dient het vakgebied biomedische ingenieurswetenschappen te steunen als speerpunttechnologie via diverse specifieke programma's. Medisch-technologisch wetenschappelijk onderzoek moet impulsen krijgen, via speciale financieringsprogramma's, om internationaal mee aan de top te blijven (dit geldt zowel voor universiteiten als voor bedrijven). De Verenigde Staten kennen immers specifieke medisch-technologische financieringsbronnen (cf. National Institute of Health). Ook onze bedrijven moeten worden gestimuleerd om eigen ontwikkelingen te realiseren en niet slechts verdeelpunten te zijn (FWO, IWT, universitaire programma' enz).
- Er is nood aan goed gedocumenteerde evidence-rapporten over de geneeskundige en kosteffecten van medische technologie.
- Biomedische ingenieurwetenschappers moeten ook oog hebben voor de ontwikkelingen in de biotechnologie. Een samenwerking tussen beide disciplines is essentieel voor vooruitgang in de tissue engineering, de bio-informatica, de gentechnologie. Nieuwe ontwikkelingen in de medische technologie hebben slechts zin als zij tot stand komen via een samenwerking tussen alle betrokken wetenschapsdisciplines en alle betrokken actoren: ingenieurs, medici, clinici en basiswetenschappers (alsmede actoren uit de sociale zekerheid). Hierbij kan de Koninklijke Academie een uniek platform vormen voor de stimulans van nationale en internationale samenwerking.

APPENDIX A Betreffende de reglementering rond de beroepserkenning van de stralingsdeskundige

Een belangrijke bron van informatie rond stralingsprotectie en de reglementering die hierover van kracht is in België is de documentatie van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC), welke in ons land onder meer instaat voor de beroepserkenning van de stralingsdeskundigen.

De volgende schuin gedrukte teksten zijn letterlijk uit deze documentatie ² overgenomen:

Voorstelling - Het statuut van het Agentschap

Het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) is een openbare instelling met rechtspersoonlijk-

heid (instelling van openbaar nut van categorie C) die werd opgericht door de wet van 15 april 1994 betreffende de bescherming van de bevolking en van het leefmilieu tegen de uit ioniserende stralingen voortspruitende gevaren en betreffende het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle. Dit statuut geeft aan het Agentschap de onafhankelijkheid die onontbeerlijk is bij het onpartijdig uitoefenen van haar verantwoordelijkheid tegenover de maatschappij.
(...)

Oprachten - De geneeskundige toepassingen van de ioniserende stralingen - Wettelijk kader

(...)
Voor een aantal handelingen moet de exploitant van de inrichting waarin medische stralingstoepassingen gebeuren, beroep doen op andere personen met bijzondere kwalificaties. In al deze inrichtingen, behalve in de klinische laboratoria waarin uitsluitend in vitro-toepassingen van nucleaire geneeskunde gebeuren, is de bijstand door deskundigen in de stralingsfysica vereist (art. 51.4, art. 51.7.1). Vanaf 1 september 2003 zullen deze stralingsfysici daarenboven verplicht houder moeten zijn van een erkenning (art. 51.7.2, art. 81.6., laatste lid, c)). De uitreiking van deze erkenning gebeurt volgens welbepaalde modaliteiten (art. 51.7.4). Enkel personen die voldoen aan de reglementaire criteria (art. 7.3, art. 81.6, laatste lid, a) en b)) komen voor erkenning in aanmerking.
(...)

Oprachten - De geneeskundige toepassingen van de ioniserende stralingen - De activiteiten van het Agentschap

(...)
Het Agentschap is bevoegd voor het afleveren van vergunningen en erkenningen aan de personen die zich met medische stralingstoepassingen bezig houden. De aanvragen tot het bekomen van deze vergunningen en erkenningen dienen te worden ingediend bij het Agentschap, dat deze toetst aan de reglementaire criteria. In een aantal gevallen wordt het advies van een jury van deskundigen ingewonnen. Het Agentschap kan, in voorkomend geval, bijkomende informatie vragen aan de aanvragers en uiteindelijk de vergunning of erkenning toekennen of weigeren. De inrichtingen waarin medische stralingstoepassingen plaatsvinden worden ook door het Agentschap vergund.
(...)

Reglementering

KONINKRIJK BELGIE

MINISTERIE VAN BINNENLANDSE ZAKEN

Koninklijk besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen.

(...)

² <http://www.fanc.fgov.be/newfanc/default.htm>.

HOOFDSTUK VI : Geneeskundige toepassingen van de ioniserende stralingen

(...)

Art. 51. - Algemene bepalingen

(...)

51.7.3. Criteria voor de erkenning van deskundigen in de medische stralingsfysica

Om erkend te kunnen worden als deskundige in de medische stralingsfysica, dient de kandidaat houder te zijn van één van de onder punt a) hieronder beschreven basisdiploma's en van een diploma, certificaat of een ander document welk attesteert dat de hogere universitaire of interuniversitaire opleiding in de medische stralingsfysica, beschreven in onderstaand punt b) werd gevolgd en dat de kandidaat met goed gevolg een kenniscontrole heeft ondergaan. Dit diploma, certificaat of ander document zal het (de) verworven bevoegdheidsgebied(en) moeten vermelden.

1. De kandidaat voor de erkenning als deskundige in de medische stralingsfysica dient houder te zijn van een universitair diploma van licentiaat in de fysica of scheikunde of een diploma van burgerlijk ingenieur of een diploma van industrieel ingenieur kernenergie of een in België erkend of gelijkwaardig verklaard diploma. De houders van andere basisdiploma's kunnen in aanmerking komen als kandidaat voor de erkenning indien zij het bewijs leveren dat hun opleiding gelijkwaardig is.

2. De kandidaat voor de erkenning als deskundige in de medische stralingsfysica in een bijzonder bevoegdheidsgebied moet daarenboven met vrucht een universitaire of interuniversitaire opleiding in de medische stralingsfysica hebben doorlopen welke aan de volgende voorwaarden beantwoordt: de duur van deze opleiding bedraagt minstens twee jaar, waarin minstens 600 uren theoretisch en praktisch onderricht over de drie gebieden, te weten de radiotherapie, de nucleaire geneeskunde in vivo en de radiologie, en een klinische stage van minstens één jaar in het bevoegdheidsgebied waarvoor de erkenning wordt aangevraagd.

Het theoretisch en praktisch onderricht omvat minstens volgende vakken:

- * beginselen van de anatomie
- * beginselen van de fysiologie
- * kernfysica en nucleaire scheikunde
- * beginselen van de radiobiologie
- * beginselen van de radiopathologie
- * dosimetrie
- * opsporing en meting van ioniserende stralingen
- * stralingsbescherming
- * wetgeving
- * technologie (toestellen voor radiologie, radiotherapie, nucleaire geneeskunde in vivo)
- * productie van radionucliden
- * elementen van klassieke veiligheid
- * kwaliteitsborging
- * radiologische technieken
- * speciale technieken

De kandidaat voor de erkenning als medisch stralingsfysicus in meerdere bevoegdheidsgebieden moet, bovenop de hierboven beschreven opleiding, een stage doorlopen van

minstens één jaar voor de radiotherapie en van minstens zes maanden voor de radiologie of de nucleaire geneeskunde in vivo.

Voor medische blootstelling van kinderen, uitgevoerd in het kader van een bevolkingsonderzoeksprogramma, of waarbij aan de patiënt hoge doses worden toegediend, zoals bij interventionele radiologie, computertomografie en radiotherapie, hierin inbegrepen de nucleaire geneeskunde bestemd voor therapeutische doeleinden, dient daarenboven een gepaste specifieke opleiding te zijn gevolgd.

APPENDIX B Beroepsprofiel (Uittreksel van brief Adviescommissie Onderwijsaanbod d.d. 28 oktober 2002)

De technische medicus wordt een professional in het diagnostische en therapeutische proces die zijn expertise heeft op de terreinen waar technologie en geneeskunde een belangrijke interactie hebben. Dit is een essentieel gegeven. In vergelijking met de expertise van de technisch medicus schiet de kennis van de reguliere medicus tekort waar het de technische aspecten betreft, zowel routinematig als ten aanzien van de ontwikkeling van nieuwe technologische mogelijkheden. Ook de kennis van de medisch technologen (de afgestudeerden van de ook aan de Universiteit Twente bestaande opleiding Biomedische Technologie) schiet tekort, met name waar het de medische expertise betreft op actief handelend diagnostisch en therapeutisch niveau.

Het expliciete beroepsprofiel is nog moeilijk precies te definiëren omdat het een gebied is dat binnen de huidige en vooral ook toekomstige geneeskunde nog definitief omschreven en afgeperkt dient te worden. Zo zal robotisering zonder enige twijfel binnen het profiel van de technische geneeskunde vallen, gezien de interactie tussen technologie, informatica en geneeskunde. Binnen de huidige geneeskundeopleiding en specialistische opleidingen is daarin in het geheel niet voorzien en er zijn ook geen curricula in de geneeskunde die daar op dit moment ook maar in aanvang op voorbereiden.

De technologie zal in de toekomst toenemend invloed hebben op de diagnostische en therapeutische mogelijkheden van de geneeskunde. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan de opkomst van de moleculaire biologie, de mogelijkheden van driedimensionale beeldopbouw, minimaal invasieve interventies, robotiseren van diagnostische en chirurgische ingrepen en geautomatiseerd laboratoriumonderzoek. Wie hardnekkig volhoudt dat deze ontwikkelingen binnen de reguliere geneeskundeopleidingen dienen te vallen, miskent de werkelijkheid. Evenmin valt vol te houden dat de diagnostische en therapeutische toepassing van de nieuwe technologische mogelijkheden kan plaatsvinden door het intropen van de technische expertise van de medisch ingenieurs. Deze zullen de handelingen niet zelf kunnen verrichten, hetgeen impliceert dat zij de op dit terrein onvoldoende opgeleide geneeskundigen zouden moeten assisteren. Een ongelukkige en vanuit patiëntenbelang onwenselijke situatie. De realiteit is dat de toenemende technologische mogelijkheden, bij behoud van de reguliere medische basisen specialistenopleidingen, de belasting op de artsen die niet adequaat (kunnen) worden opgeleid om deze technologieën toe te passen, alleen maar zullen doen toenemen.

Artsen zullen meer en meer aanvullend op de huidige opleiding expertise moeten ontwikkelen, die technologisch van karakter is. Veelal gaat het daarbij om unieke deskundigheden die slechts beperkt toepasbaar zijn buiten het gespecialiseerde vakgebied. Aldus wordt de verwerving van deze deskundigheden in de reguliere geneeskundeopleidingen een niet-efficiënte tijdsinvestering. Hier nu biedt de opleiding Technische Geneeskunde een bijdrage. In deze nieuwe opleiding wordt, met een aanzienlijke tijdsbesparing, de expertise bereikt die volgens de route van de reguliere geneeskundeopleidingen pas na een veel langere tijd kan worden opgebouwd. Daarnaast kan, via de nieuwe opleiding, een aantal technologisch geavanceerde deskundigheden worden verworven die voor regulier opgeleide geneeskundigen te beperkt-specialistisch zijn. Aldus biedt de opleiding Technische geneeskunde goede mogelijkheden om langs twee wegen bij te dragen aan de oplossing van het capaciteitsvraagstuk.

De technisch geneeskundigen zullen werkzaam zijn in de topklinische en topreferentie patiëntenzorg, niet in de basiszorg. De technisch geneeskundige zal werkzaam zijn in een hoog gespecialiseerd team en als diagnost of behandelaar, in afstemming binnen het team met eigen professionele verantwoordelijkheid, actief zijn. Het is niet logisch en niet gewenst dat de technisch geneeskundige een eigen instroom van patiënten heeft. Patiënten komen binnen via de bestaande poortspecialismen. In die zin is een vergelijking met de anesthesist en de intensivist en in bepaalde opzichten ook de radioloog en de patholoog relevant. Die worden in beginsel actief op aanvraag van een poortspecialist. Zo ook de technisch geneeskundige.

De technisch geneeskundige krijgt zijn patiënten dus van intern verwezen door een diagnostische of therapeutische behandeling (bijvoorbeeld: coronair catheterisatie, minimaal invasief biopsisch onderzoek van diep para-aortaal gelegen lymfeklieren, implantatie van vaatprothesen, botprothesen, heupprothesen, weefseloverbruggende implantaten bij grote defecten, etc.). De genoemde handelingen worden thans uitgevoerd door medisch specialisten die minimaal een twaalfjarige opleiding achter de rug hebben en vanwege het hoog technologisch-specialistisch karakter van deze handelingen vaak niet veel anders meer doen. De technisch geneeskundigen, die een aanzienlijk korter opleidingstraject zullen volgen, zullen de betreffende handelingen vergelijkbaar efficiënt en zorgvuldig kunnen uitvoeren.

De technisch geneeskundigen zullen hun posities moeten verwerven in de beroepen- en organisatiestructuur in de gezondheidszorg. Hun expertise zal een antwoord zijn op de ingrijpende veranderingen die in de praktijk en de structuur van de geneeskunde in de komende tien à twintig jaar zullen optreden. Dat de bestaande beroepen- en organisatiestructuur daartoe dient te worden aangepast, is vanzelfsprekend.

De regulier opgeleide medicus is uitstekend in staat de diverse behandelingen te coördineren en te begeleiden. Zij of hij zal in de toekomst veelal echter de expertise missen om een aantal technologisch hoogspecialistische verrichtingen zelf daadwerkelijk uit te voeren. Daartoe zal de regulier opgeleide behandelend specialist de expertise inroepen van de technisch geneeskundige, die vanwege zijn/haar specialistisch technisch-medische opleiding bepaalde verrichtingen uitermate goed beheerst. De technisch geneeskundige is dan ook niet een regulier opgeleid medicus maar een deskundige op een technisch-medisch deelgebied, die op zeer gespecialiseerde wijze (en altijd via een bestaande poortspecialist) zijn/haar vak uitoefent.

APPENDIX C. Beroepsverenigingen

UNAMEC (<http://www.unamec.be/>) is de erkende beroepsvereniging en representatieve vertegenwoordiger van de ondernemingen die medische hulpmiddelen produceren, invoeren en/of verdelen. Medische hulpmiddelen zijn alle producten en uitrustingen die onder het toepassingsgebied vallen van de Europese richtlijnen 'Medische Hulpmiddelen' (93/42/EEG) en 'Actief implanteerbare medische hulpmiddelen' (90/385/CEE). Het gaat dus om een heel ruim werkgebied, dat zowel disposables en implantaten dekt als (al dan niet elektrische) uitrustingsgoederen: van verbandstoffen tot pacemakers, van spuiten en naalden tot anesthesie-installaties. Hiermee ligt UNAMEC transversaal tegenover de klassieke beroepsorganisaties. De medische hulpmiddelen komen immers voort uit de chemie, de metaal- of papierverwerking, de textiel, enz. UNAMEC heeft geenszins de bedoeling de beroepsorganisaties uit deze sectoren in hun traditionele taken (zoals die van de sociale relaties en de CAO's...) te vervangen: haar taak spitst zich toe op de specifiek medische aspecten, daar waar reglementaire bepalingen of markttoestanden een gemeenschappelijk belang tussen haar leden doen ontstaan. EUCOMED (The European Medical Technology Industry Association) vertegenwoordigt de medische industrie op Europees niveau. Eucomed is gesticht in 1979 en stelt zich mede als doel om nieuwe en innovatieve technologie te ontwikkelen die toegankelijk moet zijn voor patiënten wereldwijd, naast het promoten van het ondernemerschap en de samenwerking met de Europese overheid (<http://www.eucomed.be/>).

AGORIA, de Belgische multisectorfederatie van de technologische industrie, vertegenwoordigt meer dan 1300 bedrijven uit de technologische industrie, die negen sectoren omvat. Al deze bedrijven hebben als gemeenschappelijk kenmerk dat ze veel technologie gebruiken in de sectoren: metalen en materialen, metaalproducten, kunststoffen, mechanica en mechatronica, informatie en communicatietechnologie, automobiel, elektrotechniek en elektronica... (<http://www.agoria.be/>).

**SAMENSTELLING WERKGROEP/
COMPOSITION OF THE WORKING GROUP**

Prof.dr.	Francis COLARDYN,	UGent, UZ Gent
Prof.dr.ir.	Jan CORNELIS,	VUB
Prof.dr.ir.	Carlos DEWAGTER,	UGent
Dr.ir.	Paul DELABASTITA,	Afga Gevaert
Dr.ir.	Peter DIERICKX,	UZ Leuven
Dr.ir.	Hendrik LAMBERT,	Guidant
Prof.dr.	Ignace LEMAHIEU,	UGent
Dr.ir.	Luc MEERT,	SIEMENS
Prof.dr.ir.	Edgard NYSSSEN,	VUB
Prof.dr.ir.	Marc NYSSSEN,	VUB
Prof.dr.ir.	Robert PUERS,	KULeuven
Dr.ir.	Patrick VANDENBERGHE,	Barco
Prof.dr.ir.	Georges VAN DER PERRE,	KULeuven
Prof.dr.ir.	Jos VANDER SLOTEN,	KULeuven
Prof.dr.ir.	Pascal VERDONCK,	UGent (voorzitter en verslaggever).

CAWET MEMBERS

President:

Prof. Achiel VAN CAUWENBERGHE
Control Engineering
Universiteit Gent

Vice President:

Prof. Ludo GELDERS
Industrial Management
Katholieke Universiteit Leuven

Members:

Prof. Etienne AERNOUDT
Metals and Materials Engineering, Katholieke Universiteit
Leuven

Ir. Jean BEECKMAN
Etex, Brussel

Dr. ir. Stan BEERNAERT
VMWaternvoorziening, Brussel

Prof. Jean BERLAMONT
Hydraulics, Katholieke Universiteit Leuven

Prof. Bart DE MOOR
Electrical Engineering, Katholieke Universiteit Leuven

Ir. Jean-Pierre DEPAEMELAERE
Suez-Tractebel, Brussel

Ir. Marc FRANCKEN
Gevaert, Antwerpen
Burggraaf Dirk FRIMOUT
Ministerie Economie, Brussel

Dr. ir. Paul GOVAERTS
SCK/CEN, Mol

Dr. ir. Guy HAEMERS
Bekaert, Kortrijk

Prof. Charles HIRSCH
Fluid Mechanics, Vrije Universiteit Brussel

Ir. Jan JONGBLOET
Vetex, Kortrijk

Dr. ir. Jan KRETZSCHMAR
VITO, Mol

Ir. Robert LENAERS
NV Vanhout, Geel

Dr. ir. Jan LEURIDAN
LMS International, Leuven

Prof. Gaston MAGGETTO
Elektrotechniek en Vermogenselektronica, Vrije Universiteit
Brussel

Ir. Stan ULENS
Electrabel, Brussel

Dr. ir. Norbert VAN BELLE
Janssen Pharmaceutica, Beerse

Prof. Hendrik VAN BRUSSEL
PMA, Katholieke Universiteit Leuven

Prof. Erick VANDAMME
Industrial Microbiology, Universeit Gent

Prof. Georges VAN DER PERRE
Biomechanics and Graphic Design, Katholieke Universiteit
Leuven

Prof. Joos VANDEWALLE
ESAT, Katholieke Universiteit Leuven

Prof. William VAN IMPE
Soil Mechanics, Universiteit Gent

Honorary Presidents:

Prof. Daniël VANDEPITTE
Civil Engineering, Universiteit Gent
Ir. Valentin VAN DEN BALCK
Berenschot, Brussel

Secretary:

Ir. Roland WISSAERT
Siemens, Gent

Ir. Willy VAN OVERSCHEE
IBM, Brussel

Dr. ir. J. VAN REMORTEL
Alcatel Bell, Antwerpen

Ir. Ivo VAN VAERENBERGH
Bavaco, Zoersel

Prof. Marc VANWORMHOUDT
Electronics and Measurements, Universiteit Gent

Prof. Pierre VERBAETEN
Computer Science, Katholieke Universiteit Leuven

Prof. Ronny VERHOEVEN
Hydraulics, Universiteit Gent

Prof. Willy VERSTRAETE
Microbial Ecology, Universiteit Gent

Dr. ir. Paul VERSTRAETEN
Sidmar, Gent

Prof. Jacques WILLEMS
Electrical Systems, Universiteit Gent

Associate Members:

Ir. H. DEROO
KVIV, Antwerpen

Prof. J. DE SCHUTTER
KVIV, Antwerpen

Prof. R. GOBIN
Graphic Design, Katholieke Universiteit Leuven

Mr. E. JACQUEMIJN
Stichting Flanders Technology International, Mechelen

Dr. H. MALCORPS
Royal Meteorological Institute, Brussel

Ir. M. NAZE
Capsugel, Bornem

Mr. J. TRAEST
FWO, Brussel

Ir. P. VAN DER SPIEGEL
Keerbergen

Dr. J. VAN KEYMEULEN
Braine-le-Chateau

Honorary Members:

Prof. H. DE MAN, ir. J. DE MAN, Prof. A. DERUYTTERE,
ing. L. DE SCHAMPHELAERE, Prof. W. Baron FIERS,
Prof. G. FROMENT, Prof. R. JACQUES, R. MAES,
Dr. ir. L. MALMROS, Dr. ir. U. MEERS, Prof. J. PETERS,
Prof. N. SCHAMP, Ir. M. SOENS, Prof. J. VAN BLADEL,
Baron E.A. VAN DYCK, Prof. M. Baron VAN MONTAGU

BACAS Steering Committee

Prof. A. VAN CAUWENBERGHE, president CAWET and BACAS
Prof. L. GELDERS, vice-president CAWET
Ir. R. WISSAERT, secretary CAWET
Ir. V. VAN DEN BALCK, past president

Prof. P. KLEES, president CAPAS
Prof. Ph. BOURDEAU, vice-president
Prof. N. DEHOUSSE, past president
Ir. J.J. VAN DE BERG, CAPAS