

## Onderwijs in de eerste fase

***Citation for published version (APA):***

Graafmans, J. A. M. (1987). *Onderwijs in de eerste fase*. (BMGT info; Vol. 4), (BMGT; Vol. 87.375). Projektburo voor Biomedische en Gezondheidstechnologie.

***Document status and date:***

Gepubliceerd: 01/01/1987

***Document Version:***

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

***Please check the document version of this publication:***

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

***General rights***

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

***Take down policy***

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

ARP  
02  
BMG

4

296282

Info

4

BMGT

Onderwijs in de eerste fase  
Biomedische en Gezondheidstechnologie  
Technische Universiteit Eindhoven



---

# Inleiding

In de maatschappij zijn vele toepassingsgebieden te bedenken voor technologische kennis en vaardigheden. Een in omvang en belangrĳheid nog steeds toenemend toepassingsgebied van de technologie, is de gezondheidszorg. Aan de Technische Universiteit Eindhoven (TUE) besteedt men al sinds het begin van de jaren zeventig veel en gerichte aandacht aan de Biomedische en Gezondheidstechnologie (BMGT). In zo'n twintig vakgroepen, verdeeld over alle fakulteiten van de TUE zijn ongeveer 150 medewerkers, fulltime en parttime, actief in het onderwijs en onderzoek op dit gebied. Deze brochure geeft een overzicht van het BMGT-onderwijsaanbod van de verschillende fakulteiten van de TUE

Biomedische en gezondheids-technologie vormt een multidisciplinair gebied tussen gezondheidszorg en techniek dat wordt omschreven als: alle activiteiten waarbij natuurwetenschappelijke en technologische kennis en vaardigheden worden gebruikt en aangevuld voor probleemstellingen uit de gezondheidszorg en biologie. Dit kan zijn materialenonderzoek t.b.v. kunstorganen en -ledematen, doch tevens het ontwikkelen van nieuwe diagnostische, therapeutische of revalidatie-apparatuur. Ook het ontwikkelen van organisatie-modellen voor instellingen van gezondheidszorg valt hieronder,

evenals de aandacht voor de mens in zijn technische omgeving, die mogelijk bedreigend kan zijn voor zijn veiligheid, gezondheid en welzijn op korte of lange termijn. De aandacht voor mens-machine relaties en de interacties daartussen is het toepassingsgebied van de ergonomie.

Het grootste deel van het BMGT-onderzoek aan de TUE is ingedeeld in een drietal programma's:

- Technologie rond Vitale Functies (TVF),
- het Ziekenhuis Research Projekt (ZRP) en
- Perceptieve Informatieverwerking in wisselwerking met apparatuur en programmatuur (IPO).

Buiten deze programma's vindt ondermeer verkennend onderzoek plaats in projekten waar gezocht wordt naar nieuwe mogelijkheden en uitdagingen voor de technologie in de gezondheidszorg.

Voor studenten is het mogelijk om binnen iedere fakulteit van de TUE de studie met een specialisatie of aksent in de medische technologie te ronden. Bij de fakulteit Werktuigbouwkunde bestaat de vrije studierichting Biomedische Technologie, als mogelijke afstudeerspecialisatie voor werktuigbouwkundigen.

Kenmerkend voor al dit onderwijs is de nauwe verwevenheid met het onderzoek. Een dertigtal medisch-

technische keuzevakken zijn uit het onderzoek voortgekomen. Studenten uit alle fakulteiten kunnen hieruit een pakket samenstellen ter voorbereiding op hun afstudeeronderzoek.

De zorg voor onderlinge samenhang van al deze BMGT-gerichte activiteiten, waar dit mogelijk en gewenst is, wordt gedragen door de gemeenschappelijke kommissie BMGT met een daarbij behorend projektbureau BMGT.

Dit bureau heeft ondermeer een brievenbusfunctie waar desgewenst meer informatie kan worden verkregen over de BMGT-activiteiten.

---

## BMGT-onderwijsbeleid op de Technische Universiteit Eindhoven

Het onderwijsbeleid en daarmee het onderwijsaanbod in de biomedische technologie is gebaseerd op een aantal overwegingen.

De TU-Eindhoven streeft naar een zo groot mogelijke diversiteit van het onderwijsaanbod in de verschillende ingenieursopleidingen. De studieprogramma's zijn zodanig ingericht dat een afgestudeerde ingenieur van de TUE breed inzetbaar is in zijn vakgebied.

In het algemeen zijn onderwijs en onderzoek aan de universitaire instellingen overwegend gestructureerd binnen de discipline(s) van één bepaalde faculteit. Veel aandacht wordt gericht op de vaak zeer snelle veranderingen binnen het eigen vakgebied. Het onderwijsaanbod moet voortdurend aangepast worden voor diegenen die voor een functie binnen dat vakgebied worden opgeleid. Soms gaan de ontwikkelingen zelfs zo snel, dat binnen een discipline super- en subspecialismen ontstaan.

De steeds groter wordende verscheidenheid van deskundigen, taken, functies etc. resulteert in een steeds ingewikkelder maatschappij die ook steeds ondoorzichtiger dreigt te worden vanwege interacties tussen problemen, oorzaken en oplossingen.

Het aantal complexe problemen waarin 'alles met alles samenhangt' neemt -met de evolutie van de

maatschappij- steeds toe.

Een complex probleem is veelal multidisciplinair van aard. Vanuit een enkel vakgebied is dan te weinig overzicht, inzicht, kennis en vaardigheid aanwezig voor het formuleren, analyseren en oplossen van zulk een probleem.

Het is duidelijk dat in de maatschappij behoefte zal blijven bestaan aan goed opgeleide deskundigen binnen bepaalde (mono-)disciplines. Tevens bestaat er behoefte aan personen die kennis kunnen integreren vanuit verschillende vakgebieden.

Het onderwijsprogramma van de vrije studierichting Biomedische en Gezondheidstechnologie bevat een aantal elementen die gericht zijn op deze behoefte aan integratie. In het bijzonder biedt BMGT-onderzoek op de TUE hiervoor geschikte multidisciplinaire onderwijssituaties. Toch blijft ook hier het onderwijsaanbod overwegend gericht op de disciplines van één bepaalde faculteit, hetgeen noodzakelijk wordt geacht voor het functioneren als ingenieur (erkenning door anderen als 'vakman').

---

## De eerste fase van de ingenieursopleiding

Vanaf 1 september 1985 bestaan aan de Technische Universiteit Eindhoven 10 studierichtingen waarbinnen men de eerste fase kan afronden met het ingenieursdiploma. Naast de acht faculteiten met een volledige 1e fase opleiding te weten Bedrijfskunde, Wiskunde, Technische Natuurkunde, Werktuigbouwkunde, Elektrotechniek, Scheikundige Technologie, Bouwkunde en Informatica bestaan er twee vrije doctoraal studierichtingen: Techniek en Maatschappij en Biomedische en Gezondheidstechnologie. Deze vrije studierichtingen bouwen in een driejarig doctoraal programma voort op het propedeuse (= eerstejaars) programma van de bovengenoemde afdelingen. Voor de vrije studierichting BMGT is de variant voor Werktuigbouwkunde operationeel. Andere varianten zijn in voorbereiding.

De eerste-fase-opleiding duurt 4 jaar. Het eerste jaar (de propedeuse) kent een vast programma per faculteit. Voor het merendeel der technische faculteiten bestaan de vakken in het eerste jaar voor ongeveer de helft uit leerstof die een introductie geeft in de gekozen technische discipline en voor het overige deel uit basisbouwstenen uit de wiskunde, natuurkunde en maatschappijwetenschappen. Het eerste jaar wordt afgerond met een officieel propedeutisch examen.

---

Het tweede, derde en vierde cursusjaar vormen tezamen de doctoraalstudie. Het tweede studiejaar omvat in nagenoeg alle fakulteiten een verplicht studieprogramma. Dit is opgebouwd uit kolleges die over de volle breedte van het technische vakgebied een verdere verdieping in de betreffende discipline geven. Natuurkunde, wiskunde en maatschappijwetenschappen maken echter in alle fakulteiten nog een deel uit van het tweede cursusjaar.

Het derde studiejaar geeft een ander beeld te zien. Gelet op de omvang van zelfs maar één technisch vakgebied is het nauwelijks mogelijk om alle facetten van dat vakgebied tot op een voldoende hoog niveau te gaan beheersen. Dit verklaart waarom in de meeste fakulteiten een opdeling valt waar te nemen in hoofdstromen. Afhankelijk van de eigen voorkeur kan men verder studeren in technologie die van meer fundamentele of toegepaste aard is.

Ook het toepassingsgerichte onderzoek -het vertalen van fundamentele inzichten naar praktische toepassingen- is een tussengebied waar ingenieurs actief kunnen zijn. Ongeveer analoog ziet men deze fasering in het bedrijfsleven van research (onderzoek) naar development (ontwikkeling) en engineering (integreren). De student(e) kan zich binnen een van deze stromen verder bekwa-

men door een vakkenpakket samen te stellen uit de technische keuzevakken die binnen alle fakulteiten worden aangeboden. Daarbij hoeft hij of zij zich niet te beperken tot de vakken die binnen de eigen studierichting beschikbaar zijn, maar kan ook meerdere vakken toevoegen van andere technische studierichtingen.

In een aantal gevallen is het in beperkte mate mogelijk keuzevakken op te nemen uit andere wetenschapsgebieden dan de technische. Deze keuzevrijheid biedt de mogelijkheid om zich aldus te specialiseren in (een deel van) een vakgebied of om wat meer algemene en dus noodzakelijk fragmentarische kennis op te doen van meerdere vakgebieden. Het is evenwel gebleken dat het niet eenvoudig is om binnen de beperkte cursusduur van de eerste fase naast de noodzakelijke kennis uit de technische discipline voldoende keuzevrijheid open te laten om ook nog enig inzicht te verwerven vanuit andere gebieden. Dit spanningsveld kan ontstaan in het derde cursusjaar wanneer men technische keuzevakken wil vervangen door bijvoorbeeld medische of medisch-technische keuzevakken. Dit kan soms de technische identiteit van het vakgebied versluieren. Wanneer dat binnen een bepaalde fakulteit niet wenselijk wordt geacht -immers het eindproduct behoort de

ingenieur in dat vakgebied te zijn- worden de keuzemogelijkheden voor multidisciplinaire vakkenpakketten te beperkt.

De TUE biedt hiervoor een oplossing met een vrije studierichting voor zo'n multidisciplinair gebied. Binnen de vrije studierichtingen zijn dan weer varianten uitgewerkt, zoals dat het geval is voor de variant Werktuigbouwkunde in de vrije studierichting BMGT.

Nadat men zich in het derde studiejaar georiënteerd en bekwaamd heeft binnen een bepaald deel van een technische discipline of in een multidisciplinair gebied, wordt het vierde cursusjaar voornamelijk besteed aan een afstudeerproject of afstudeeronderzoek. Het afstudeerwerk vindt meestal plaats bij een van de vakgroepen behorend bij de stroom waar men zijn keuzepakket in het derde jaar op ingericht heeft.

Binnen de vakgroepen vindt het wetenschappelijk onderzoek plaats, waar vooral de keuzevakken voor het derde studiejaar en het scala aan afstudeerspecialisaties uit voortkomen. Het driestromenland fundamenteel, toepassingsgericht en toegepast is soms ook zichtbaar verdeeld over de verschillende vakgroepen binnen een fakulteit.

De aard van de afstudeerspecialisatie is in belangrijke mate afhankelijk van het soort onderzoek dat

---

# Biomedische technologie in de eerste fase

binnen een vakgroep plaatsvindt. Dit geldt niet alleen voor de genoemde driedeling, maar ook voor de tweedeling monodisciplinair of multidisciplinair.

Een afstudeerproject duurt minstens een halfjaar en omvat

- literatuurstudie
- ontwikkelen van of werken aan een proefopstelling en/of een rekenmodel
- verwerking van meetresultaten en/of berekeningsresultaten
- formuleren van konklusies.

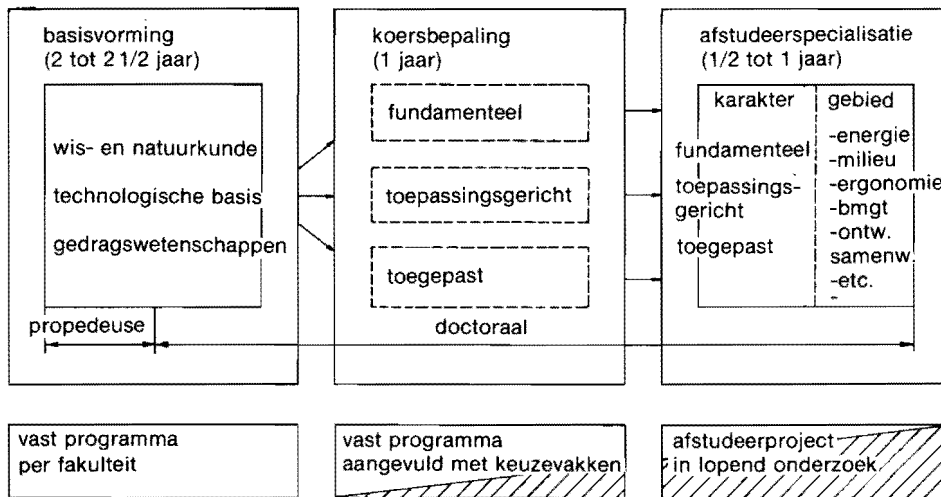
Het afstudeerwerk heeft al ingenieursniveau maar vindt nog plaats onder deskundige begeleiding.

Uit de praktijk blijkt dat een afstudeerspecialisatie niet bepalend is voor de toekomstmogelijkheden. Een ingenieur kan op brede terreinen van zijn vakgebied functioneren en vaak zelfs daarbuiten.

Binnen alle fakulteiten van de TU-Eindhoven vindt onderzoek plaats in de biomedische en gezondheidstechnologie. Dientengevolge bestaat er binnen elke faculteit ook een onderwijsaanbod op dit gebied in de vorm van keuzevakken, stages en praktika en biedt elke faculteit een of meerdere afstudeerspecialisaties. De BMGT-aksenten in het onderwijs zijn aanwezig vanaf het derde studiejaar. Een belangrijke bijdrage aan het onderwijs en de afstemming met de geneeskunde en gezondheidszorg wordt gerealiseerd door een viertal buitengewone hoogleraren in de fysiologie, functionele anatomie, fysiologische chemie en ergonomie. Zij verrichten hun dagelijkse werk in het medische veld en zijn een of twee dagen per week actief binnen het onderwijs en onderzoek in de BMGT.

Vanwege de nauwe verwevenheid van het onderwijs en onderzoek kan het aantal afstudeermogelijkheden toegelicht worden aan de hand van de BMGT-onderzoekprogramma's van de TU Eindhoven.

*Technologie rond Vitale Functies (TVF)* is zo'n omvangrijk onderzoekprogramma. In dit programma zijn samenwerkingsprojecten opgenomen van vakgroepen uit de fakulteiten natuurkunde (N), werktuigbouwkunde (W), elektrotechniek (E), scheikunde (T) en bouwkunde (B). Studenten uit al deze afdelingen zullen dus aan het eind van hun



▨ toenemende inkleuring naar een afstudeeronderwerp

schematische voorstelling van de ingenieursopleiding in de eerste fase

---

studie afstudeermogelijkheden kunnen vinden in dit programma. Technologie rond Vitale Funkties omvat onderzoekactiviteiten waarbij meet- en analysemethoden, experimentele instrumentaria en modellen worden ontwikkeld voor bestudering, bewaking, bescherming en vervanging van de voor het menselijk leven noodzakelijke vermogens, processen en verrichtingen. De projecten in dit programma zijn met trefwoorden vermeld in de paragraaf 'BMGT-onderzoek'.

*Het Ziekenhuis Research Projekt (ZRP)* is een samenwerkingsprogramma rond het besturen en beheren van organisaties in de gezondheidszorg. In dit programma participeren zes vakgroepen van de fakulteiten bedrijfskunde (Bdk) en bouwkunde. Het ZRP vormt een onderdeel van de Interakademiale Werkgroep Ziekenhuiswetenschappen waarin acht universiteiten en drie niet-universitaire instituten samenwerken.

Het *Instituut voor Perceptie-onderzoek (IPO)* is een onafhankelijk onderzoeksinstituut waarin de TU Eindhoven (vakgroep perceptie-leer) en Philips (Natuurkundig Laboratorium) een gezamenlijk onderzoekprogramma uitvoeren. Het programma omvat de perceptieve informatieverwerking in wisselwerking met apparatuur en programmatuur. Belangrijke onderzoek-

vragen op het IPO betreffen de perceptieve analyse-, selectie- en syntheseprocessen die de brug vormen tussen fysieke (taal)uitingen enerzijds en de daardoor opgeroepen representaties in het menselijk brein anderzijds. Het is een gebied dat zowel in de breedte als in de diepte thema's omvat die uitgangspunten zijn voor studies. In de breedte vinden we elementen als het horen, het zien, het spreken, het bedienen, kortom al die functies en vaardigheden die ons in staat stellen met onze omgeving (mensen en apparatuur) te communiceren. Tussen deze elementen bestaan relaties en het onderzoek richt zich dan ook niet alleen op die functies als zodanig, maar meer op een beschrijving van de onderlinge samenhang tussen die elementen, een beschrijving van de regels en wetmatigheden in de manier waarop mensen informatie verwerken. Studenten van alle afdelingen kunnen hun afstudeerwerk bij het IPO verrichten. De disciplines die echter het meest frekwent voorkomen zijn wiskunde, informatika, natuurkunde, werktuigbouwkunde en elektrotechniek.

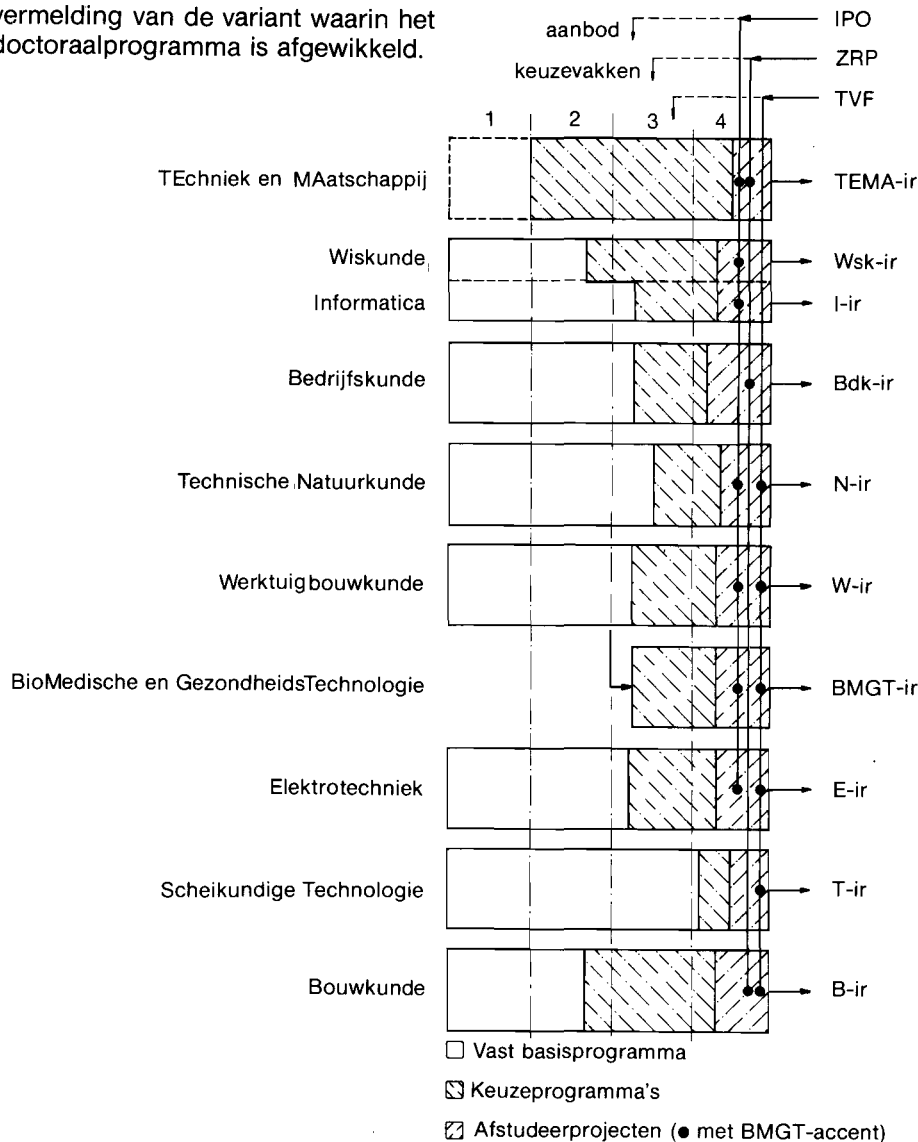
Ook de *Ergonomie* krijgt ruime aandacht in de verschillende onderwijsprogramma's. Ergonomie kan omschreven worden als het wederzijds aanpassen van de mens en zijn technische omgeving. Daarbij wor-

den reeds bestaande kennis, of methoden en technieken om die gewenste kennis te verkrijgen, op een zodanige wijze toegepast dat de arbeidsomstandigheden van mensen gezond, comfortabel, veilig en efficiënt zijn of worden. Afstudeermogelijkheden zijn vooral aanwezig bij bedrijfskunde (arbeidsomstandigheden van operators in de proces-industrie), bouwkunde (fysieke en psychische omgevingsfactoren die invloed hebben op de werksituatie), werktuigbouwkunde (verdiskonteren van arbeidsomstandigheden bij het ontwerpen van werktuigen, bijv. geluidarm konstrueren) en het IPO (gebruiksvriendelijk maken van informatieverwerkende apparatuur door aanpassing van hard- en software aan de behoeften, mogelijkheden en beperkingen van m.n. niet-professionele gebruikers). Over het ergonomie-onderwijs op de TU Eindhoven bestaat een afzonderlijke informatiebrochure (kenmerk BMGT 86.060).

Een student(e) die de eerste fase afrondt met een afstudeerspecialisatie in de biomedische technologie krijgt het ingenieursdiploma van de afdeling waarin ook het propedeuse-examen is afgelegd. Hierop bestaat slechts één uitzondering. Een student(e) afgestudeerd in de vrije studierichting biomedische technologie kan het BMT-ingenieursdiploma krijgen met

# Medisch-technische keuzevakken

vermelding van de variant waarin het doctoraalprogramma is afgewikkeld.



In het derde en vierde kursusaar is er een keuzemogelijkheid uit een ruim aanbod van een dertigtal keuzevakken. In overleg met de afstudeerdocent kan hieruit een gericht pakket worden samengesteld als voorbereiding op een afstudeerproject. Voor een uitgebreide toelichting op deze vakken wordt verwezen naar de TUE-studiegids (zie codenummers).

Bij het verschijnen van deze brochure bestaan de volgende keuzevakken:

- Menselijke waarneming en communicatie (OH010). Menselijke informatieverwerking in relatie tot de techniek.
- Licht en geluid, fysische meting en menselijke maat (OH020). Fysische en perceptieve eigenschappen van licht en geluid, alsmede de principes voor het meten daarvan.
- Muziekakoestiek (OH030). Fysische beperkingen waarbinnen processen van muziekperceptie en muziekakoestiek zich afspelen.
- Informatie-ergonomie (OH040). Mogelijkheden en beperkingen van de menselijke informatieverwerking.
- Spraaktechnologie (OH050) Taalkundige en technische achtergronden.
- Perceptie (OP030). Grondbeginselen van de psychologie van de visuele waarneming.
- Ergonomie (1J030). Inleiding over het vakgebied.
- Inleiding in de gezondheidszorg



(13250). Een algemeen referentiekader voor het werken in deze complexe dienstensektor.

- Ergonomie van de automatisering (17141). De mens als operator in complexe geautomatiseerde productieprocessen.

- Productie-ergonomie (17221).

Ergonomische factoren bij de beoordeling, ontwerp en herontwerp van werksituaties.

- Humane stromingsleer (3T160).

Inleiding op de stromingsverschijnselen zoals die in verschillende organen/delen van het menselijk lichaam optreden.

- Lasertoepassingen en de maatschappelijke gevolgen (3Y131). Voorbeelden over medische toepassingen.

- Fysische meetmethoden, bijzondere onderwerpen (3Z120).

Aspekten van hersenen en gedrag.

- Werkkollege kraakbeen (4J011).

Biologische 'bouw'-materialen, algemeen mechanische en fysiologische eigenschappen.

- Biologische materialen (4K060).

Konstitutieve vergelijkingen.

Experimentele methoden om materiaalgedrag vast te leggen.

- Metingen in de geneeskunde I (53100). Fysiologie en meetmethoden m.b.t. de bio-elektrische verschijnselen in de mens.

- Metingen in de geneeskunde II. (5P100). Meetmethoden voor de niet-elektrische grootheden in het menselijk lichaam.

- Organische chemie B (6C020).

Bereiding van industriële stoffen

Fundamenteel toegepaste aspecten vanuit de moleculaire biologie.

- Fysische organische chemie 2 (62210). Modelbeschouwingen van hoogenergetische intermediairen in biochemische processen (ATP).

- Werkkollege klinische chemie

(65151). Toepassingen van instrumentele methoden en automatisering in de klinische en fysiologische chemie.

- Luchtverontreiniging 1(65500).

De gevolgen voor de mens en zijn milieu.

- Radio-isotopentechniek (69100).

- Biochemie (6C040). Inleiding over structuur en werking van suikers, eiwitten, vetten en nucleïnezuuren (DNA, RNA).

- Inleiding in de biotechnologie (6S110).

- Natuurkunde van het binnenmilieu (7L093). Invloed van isolatieverbetering op het energieverbruik van en comfort in een woning.

- Verlichtingskunde (7L220).

Verband met de fysiologische eigenschappen van het oog. Criteria m.b.t. de kwaliteit van de verlichtingssituatie.

- Algemene gezondheidszorg (91020, RUU). Geïntegreerde verzameling van wetenschappelijke disciplines, in hun onderlinge relatie relevant voor de gezondheidszorg.

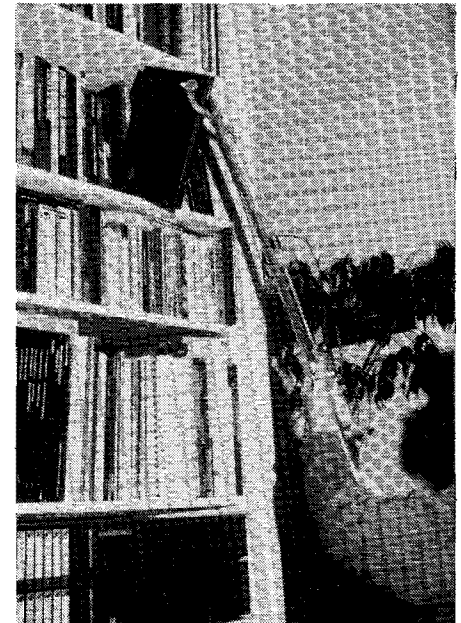
- Organisatie van de gezondheidszorg (91610, KUB). Aspecten van de

organisatie van de gezondheidszorg in Nederland en het buitenland.

- Biomedische materiaaltechniek (in opbouw).

- Systeemfysiologie (in opbouw in samenwerking met R.L.)

- Geluidarm konstrueren (in opbouw in fak. W, TUE)



*Binnen de Technische Werkwinkel Gezondheidszorg werken voornamelijk studenten, die hun kennis en vaardigheden inzetten om specifieke hulpmiddelen te ontwerpen die het welzijnsnivo van gehandicapten kunnen verhogen. Een voorbeeld is de boekengrijper voor rolstoelgebruikers.*

---

## Onderzoekprojecten in de fakulteiten

*Humane perceptie:* perceptieve informatieverwerking in wisselwerking met apparatuur en programmatuur

- horen en spraak
- zien en lezen
- kennis en kommunikatie
- informatie-ergonomie
- hulpmiddelen voor perceptief gehandicapten

*Organisatie en beheer*

- organisatiestructuur, interorganisatiele samenwerking, kosten en budgettering, arbeidsklimaat
- het verpleegkundig gebeuren, het klinisch en poliklinisch gebeuren, eerstelijnsgezondheidszorg, ziekenhuisbouw, opleidingen op dit gebied
- medical technology assessment (MTA) studies

*Binnenklimaat*

- milieu in gebouwen
- veiligheid en behaaglijkheid bij bepaalde activiteiten in bijv. bejaardentehuizen, ziekenhuizen, zwembaden
- beheerssystemen met laag energieverbruik
- arbeidsomstandigheden in en rond operatiekamers

*Biomechanika*

- motoriek van de mens, spiergewricht-skelet-stelsel (o.a. knie, elleboog, rug)
- bloedstromingseffekten, interacties stromende media en hun omgeving
- visko-elastische materialen
- hartspiermechanika

*Fysiologische chemie:* klinische toepassingen van en fundamenteel onderzoek naar analytisch instrumentarium

- nier/kunstnierprocessen
- steroidhormonen; cytostatica
- biochemische markers
- selektieve immuno-adsorptie

*Medische elektrotechniek:* biomedische toepassingen van meettechniek, processtechniek, procesidentifikatie, parameterschatting

- anesthesiologie
- afbeeldingstechnieken van ultrageluid
- instrumentontwikkeling voor gehandicapten
- elektrische stimulatie

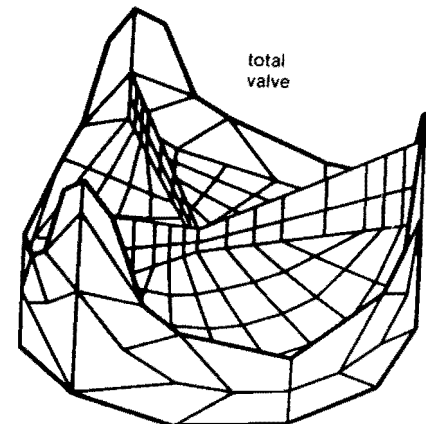
*Biofysika*

- analyse van fysische meetmethoden
- stabiliteit van longblaasjes
- neuro-magnetisme
- transportverschijnselen in biosystemen en klinische apparatuur
- cyclotron-toepassingen, analyse van sporen-elementen in het lichaam, productie van kortlevende radio-isotopen, neutrontherapie

*Thematisch onderzoek*

- hartklepprothesen: werking en konstruktie van de natuurlijke aortaklep t.b.v. specificaties voor het ontwerp van een kunstklep
- atherosclerose: ontwikkeling en evaluatie van meetmethode t.b.v. vroegtijdige opsporing van kleine vaatvernauwingen

- technologie voor lichaamsvloei-stoffen: diagnostiek en behandeling bij verstoringen in de normale samenstelling van lichaamsvloei-stoffen



Het ontwerpen van aorta- hartklepprothesen m.b.v. numerieke modellen.

---

## Een voorbeeld van een multidisciplinair onderzoekproject

Een illustratie van een studietraject dat doorlopen kan worden is mogelijk aan de hand van een voorbeeld. Het hartklepprotheseprojekt is een multidisciplinair onderzoekprogramma dat in het midden van de zeventiger jaren is gestart. Het doel van het projekt is om, op basis van het onderzoek naar het functioneren van de natuurlijke aortaklep, tot inzichten te komen die van nut kunnen zijn bij het ontwerpen van kunstmatige kleppen. Het projekt is gestart met een hydro-dynamisch onderzoek met vooral inbreng vanuit de natuurkunde. In dit onderzoek is de interactie beschreven tussen de klepvliesbewegingen en de bloedstroming in de aortaklep. Dit onderzoek is zowel verricht aan fysische modellen in laboratoriumopstellingen als in dierexperimenten. Verklaringen zijn gevonden voor het mooi en gelijkmatig sluiten van de natuurlijke klep waardoor geen ontoelaatbare drukstoten optreden. Ook het stabiliserend mechanisme, dat het flapperen van de klepvliesen in de bloedstroom voorkomt (als een vlag in de wind), is onderzocht en verklaard.

In het dynamika-onderzoek is getracht inzicht te krijgen in de klepcompliantie. Compliantie is het inverse begrip van weerstand (zoals in de wet van Ohm). Gegeven een bepaalde noodzakelijke bloedstroom en gegeven de maximale pompdruk

die de hartspier op kan brengen zal het duidelijk zijn dat de weerstand die de klep in dit leidingsysteem heeft een belangrijke rol speelt. Deze compliantie is onderzocht door een elektrotechnisch ingenieur die de dynamische veranderingen van deze compliantie geregistreerd heeft en de wijze waarop de verschillende onderdelen van de natuurlijke aortaklep aan deze weerstand hun bijdrage leveren. Tijdens elke hartcyclus verandert de weerstand van de klep van bijna nul (geopend) tot oneindig (gesloten). Voor het onderzoek naar de bewegingen van de verschillende klepdelen zijn minuskuul kleine meetspoeltjes (ca.1 mm) ontwikkeld en geïmplantéerd bij honden. Op basis van de resultaten van dit onderzoek zijn een aantal spanningsreducerende effecten verklaard. Een werktuigkundig ingenieur heeft op basis van voorgaande resultaten het vervolgonderzoek verricht. Hierbij staan de materiaaleigenschappen van de weefsels en de geometrie van de klepdelen centraal.

Inzicht is verkregen in de optimale wijze waarop de natuur de verschillende elementen tot een functionele konstruktie samenstelt en hoe de weefseigenschappen daartoe bijdragen. De specificaties voor nieuwe materialen voor een kunstklep en voor het uiteindelijke ontwerp van een klep zijn problemen

die aangepakt worden in een intensieve samenwerking tussen de faculteit Werktuigbouwkunde en Scheikunde (kunststoftechnologie). Wanneer in de toekomst dan de eerste prototypes ontwikkeld zullen zijn, is er nog een lange weg te gaan van evaluaties in dierexperimentele en andere opstellingen. Op dit moment is derhalve nog niet te garanderen dat dit onderzoek zal leiden tot betere hartklepprothesen, hoewel er wel bewust naar gestreefd wordt.

Het hartklepprotheseprojekt zoals in dit voorbeeld is geschetst strekt zich dus uit over de vier technische disciplines: Natuurkunde, Werktuigbouwkunde, Elektrotechniek en Scheikunde. Daarnaast bestaat er intensieve samenwerking met de disciplines biofysika en fysiologie in Maastricht en cardiochirurgie in Leiden.

Toekomstige ingenieurs die de eerste twee á drie jaren een basisprogramma hebben gevolgd in een van de genoemde technische disciplines kunnen een afstudeerprogramma afwerken binnen het projekt hartklepprothesen. Hiervoor zijn deelprojekten geformuleerd, stageplaatsen beschikbaar en specifieke keuzevakken zoals humane stromingsleer, biomedische materialen enz. Een student die op deze wijze zijn eerste fase opleiding afrondt heeft in ieder geval over de grenzen van zijn

---

## Toekomstmogelijkheden

eigen (technische) discipline geken en eerste ervaringen opgedaan met het werk in multidisciplinaire projectgroepen. Deze oriëntatie buiten het eigen vakgebied neemt niet weg -en is eerder een garantie- dat de aldus opgeleide ingenieur ook in zijn eigen vakgebied goede toekomstmogelijkheden heeft.

Jaarlijks studeren aan de TU Eindhoven zo'n veertig á vijftig ingenieurs af op een project in de biomedische en gezondheidstechnologie. Hiervan vindt ongeveer 50% een werkring in een totaal andere richting dan waarmee men zich tijdens het afstuderen heeft beziggehouden. De overige 50% gaat wel verder in de biomedische en gezondheidstechnologie.

De mogelijkheden zijn dan:

- onderzoeker (in opleiding) van de groepen op universiteiten, hogescholen of industrieën die op dit gebied actief zijn,
- beleidsmedewerker, wetenschapsvoorlichter, adviseur binnen instellingen voor de gezondheidszorg,
- klinisch ingenieur, projectingenieur in de gezondheidszorg.

De verdeling van ingenieurs in de gezondheidszorg over de verschillende opleidingen is:

- |                     |     |
|---------------------|-----|
| - elektrotechniek   | 30% |
| - natuurkunde       | 24% |
| - werktuigbouwkunde | 17% |
| - scheikunde        | 13% |
| - bedrijfskunde     | 9%  |
| - overige           | 7%  |

Afhankelijk van de ontwikkelingen in de gezondheidszorg en de technologie kunnen in de toekomst verschuivingen optreden in deze verdeling.

Waarschijnlijk gaan ingenieurs in de toekomst een steeds grotere rol spelen in de gezondheidszorg.

---

## Kolofon

Kenmerk: BMGT 87.375  
Samenstelling:  
ir. J. Graafmans

Ontwerp:  
H. Bommeljé  
Vormgeving en druk:  
Stafgroep Reproductie en fotografie

Projectburo voor Biomedische en  
Gezondheidstechnologie  
Postbus 513  
5600 MB Eindhoven  
Telefoon (040)-47 2008