

In gesprek
met morgen

XXI

*Lessen voor de
eenentwintigste
eeuw*

Universitaire Pers Leuven
2010

LESSEN VOOR DE EENENTWINTIGSTE EEUW

In de reeks
Lessen voor de eenentwintigste eeuw
zijn verschenen:

Lessen voor de 21ste eeuw (1995)
Een nieuw wereldbeeld voor een nieuwe mens? (1996)
Nieuwe inzichten voor een samenleving in verandering (1997)
Denken voor morgen (1998)
De mens en zijn wereld morgen (1999)
Krachten voor de toekomst (2000)
Moeten, mogen, kunnen. Ethiek en wetenschap (2001)
De horizons van weten en kunnen (2002)
Wetenschap op nieuwe wegen (2003)
Wetenschappelijk denken: een laboratorium voor morgen? (2004)
Hoe dichtbij is de toekomst? (2005)
Weten in woorden en daden (2006)
Ruimte voor kennis (2007)
Denken en weten over de wereld (2008)
Visie en vooruitgang (2009)

In gesprek
met morgen

XXI

**Lessen voor de
eenentwintigste eeuw**

Redactie

Bart Pattyn en Bart Raymaekers

Universitaire Pers Leuven

2010

In gesprek met morgen. Lessen voor de eenentwintigste eeuw, volume 16

© 2010 Bart Pattyn, Bart Raymaekers en
Universitaire Pers Leuven / Leuven University Press / Presses Universitaires de Louvain, Minderbroedersstraat 4, B-3000 Leuven.

Alle rechten voorbehouden. Behoudens de uitdrukkelijk bij wet bepaalde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, op welke wijze ook, zonder de uitdrukkelijke voorafgaande en schriftelijke toestemming van de uitgevers.

D/2010/1869/18

ISBN 978 90 5867 804 1

NUR: 740

Inhoud

VOORWOORD	11
ICT EN eHEALTH	15
<i>Nieuwe wegen voor de wetenschap</i> Bart De Moor & Olivier Gevaert	
Trends en uitdagingen	17
Health Decision Support Systemen: Klinisch, ambulante en beleidsondersteunend	21
Besluit	26
HOE GEOLOGEN DE OUDHEID ONTRAADSELEN	27
Patrick Degryse	
Natuurwetenschappen en archeologie	27
Methode	30
Materialen	32
Interdisciplinariteit	38
Bibliografie	40
DE MENS ALS EVOLUTIONAIRE KNUTSELAAR	41
Filip Volckaert	
Wat is evolutie en evolutionaire biologie?	41
Wat is een evolutionaire knutselaar?	42
Wat is de motor van biologische evolutie?	44
Resistentie tegen infecties en vreemde stoffen	46

Verstoorde soortvorming	49
Niet duurzaam oogsten	52
Sporen van selectie bij de mens	55
Waarom zou evolutie van tel zijn?	58
Bibliografie	59
60 JAAR DUITSE BONDSREPUBLIC	61
<i>Het einde van een historische Sonderweg?</i>	
Georgi Verbeeck	
Een Duitse 'Sonderweg'	61
'Stunde Null' en wederopbouw (1945 - 1949)	63
Een bescheiden 'Bonner Republik': de oude Bondsrepubliek Duitsland (1949-1989)	67
Het 'andere Duitsland': de Duitse Democratische Republiek (1949-1989)	72
Eén vaderland voor twee staten?	74
Iedere staat zijn eigen verleden	78
Het Duitse wonder: van vreedzame revolutie naar nationale eenmaking (1989-1990)	80
De erfenis van de hereniging	82
De 'Berliner Republik' op zoek naar een herwonnen normaliteit	85
Bibliografie	88
SPORT LIGHT	89
<i>De opkomst van lichte organisaties in de sport</i>	
Jeroen Scheerder & Maarten van Bottenburg	
Probleemstelling	89
De opkomst van lichte gemeenschappen	91
Beweging in de sport	94
Loopsport als prototype van een lichte sportgemeenschap	104
Lichte gemeenschappen in de sport als uitdaging en opportuniteit voor aanbieders	112
Uitleiding	114
Noten	116
Bibliografie	116

MULTICULTURELE VERSCHILLEN IN DE PUBLIEKE RUIMTE	121
Rudi Visker	
Onze gangbare idee van publieke ruimte is ambivalenter dan ze voorwendt	122
Rouwen en religieuze symbolisatie	124
On-mondigheid en de fundamentalistische reactie daarop	128
Kymlicka over niet-neutraliteit	130
Structuur van het (eigen) verschil	132
Verschillen verruimtelijken	137
Bibliografie	140
TAAL, VERTALING EN BELEID IN DE XXIE EEUW	141
Reine Meylaerts	
Inleiding	141
Taal, vertaling en institutionalisering	142
Institutionele eentaligheid en verbod op vertaling	146
Vertalen voor de minderheden	151
Institutionele meertaligheid?	153
Conclusie	157
Bibliografie	158
ONZE HERSENEN EN ONS GEDRAG	161
<i>Moleculaire psychologie en neuroplasticiteit</i>	
Rudi D'Hooge	
Twee unificaties	161
'Humans are learning animals'	163
Leren, geheugen en synaptische plasticiteit	166
Moleculaire psychologie van de eenentwintigste eeuw	170
Bibliografie	171
HET SNELLE SLAKKENHUIS	173
<i>Hersenen, tijd, en horen</i>	
Philip Joris	
Inleiding	173

Haarcellen: omzetting van mechanische trillingen naar elektrische signalen	174
Gehoorzenuw: invoer naar het centrale zenuwstelsel	177
Cochleaire nucleus: versterking van de temporele code	178
Interaurale vergelijkingen voor ruimtelijk horen	180
Bovenste olijkernen: temporele vergelijkingen tussen de twee oren	182
Temporele mechanismen in andere aspecten van horen	187
Temporele codering en menselijk gehoorverlies	189
Samenvatting en conclusie	190
Bibliografie	192
ONLINE MONITORING VAN LEVENDE ORGANISMEN	193
<i>Van intensive care tot wielrennen en formule 1</i>	
Daniel Berckmans	
Enkele inleidende begrippen	193
Levende organismen zijn 'CITD-systemen'	198
'Real time' modellering van levende organismen	200
Voorbeelden van automatische online monitoring van dieren	201
Toepassingen van online monitoring op de mens	206
Actieve beheersing van het gedrag van levende organismen	211
Besluiten	216
Bibliografie	216
HET GESPREK TUSSEN THEOLOGIE EN MUZIEK	219
<i>Een multidisciplinaire analyse van de Via Crucis van Franz Liszt (1811-1886)</i>	
Peter De Mey & David J. Burn	
Woord vooraf: het gesprek tussen theologie en muziek	219
Biografische achtergrond	220
De kruiswegdevotie als achtergrond voor de <i>Via Crucis</i>	222
De <i>Via Crucis</i> tegen de achtergrond van negentiende-eeuwse plannen om de katholieke kerkmuziek te hervormen	225
Traditie en vernieuwing in de <i>Via Crucis</i>	227
De theologische betekenis van Liszts meesterwerk	239
Besluit	240
Bijlage: Structuur en tekst van de <i>Via Crucis</i>	240
Bibliografie	243

VOEDSELCRISIS EN ECONOMISCHE CRISIS	245
Jo Swinnen & Anneleen Vandeplass	
Inleiding	245
Oorzaken	246
Verband met de financiële crisis	252
Lessen voor de toekomst	253
Beleidskwesties	257
Noten	258
Bibliografie	258
WAT IS EEN UNIVERSITEIT?	259
<i>Over de res publica en het publiek maken van dingen</i>	
Jan Masschelein	
Historische uitvindingen	260
De idee 'universiteit': het college als publieke aarzelings	271
De kwestie van de universiteit vandaag: mobilisering en virtualisering	279
Bibliografie	282
LIJST VAN DE AUTEURS	285

Voorwoord

Wetenschappers zijn in gesprek met morgen. Ze voorzien ontwikkelingen, ze stuiten op nieuwe mogelijkheden; ze maken zich zorgen over specifieke problemen; ze zijn overtuigd van nieuwe opdrachten. Over het algemeen is het grote publiek niet betrokken bij wat hen op dit punt intrigeert. Alleen als er in een of ander wetenschapsdomein een belangrijke doorbraak heeft plaatsgevonden of wanneer er zich op academisch vlak iets spectaculairs voordoet, genieten hun inspanningen belangstelling. Dat de media-aandacht voor hun engagement beperkt blijft, heeft weinig te maken met de relevantie ervan. Onderzoeksresultaten zijn inderdaad vaak partieel en domeinspecifiek, maar in vele gevallen gaat het om inzichten waarvan de gevolgen niet kunnen onderschat worden. Bovendien vormen die inzichten vaak het spiegelbeeld van persberichten waarvan de kwaliteit door een gebrek aan tijd en expertise te lijden heeft.

In de reeks *Lessen voor de eenentwintigste eeuw* krijgen onderzoekers zelf de gelegenheid om aan het grote publiek kenbaar te maken wat hen boeit. Naast de grote verscheidenheid in temperament, stijl en methode valt daarbij op dat ieder van hen op een eigen manier betrokken is op de toekomst. Laten we kort overlopen in welke zin. Zo leren we over de beloftevolle symbiose tussen informatica en geneeskunde. Het aantal beschikbare gegevens die binnen de gezondheidszorg en in het medisch onderzoeksveld worden verzameld, stijgt hallucinant, maar de verwerkingscapaciteit van computers en de algoritmes om in informatiebestanden verbanden op te sporen, houden gelijke tred, wat tot nieuwe betrouwbare kennis leidt die relevant is voor het gezondheidsbeleid. Ook het onderzoek over het verre verleden zal in de toekomst door het gebruik van nieuwe onderzoekstechnieken worden verfijnd. Het beeld dat wetenschappers zich van de

toekomst vormen is weliswaar niet altijd rooskleurig. Sinds mensen talrijk zijn geworden en op diverse manieren ingrijpen in hun milieu, blijkt de natuurlijke evolutie onderbroken of verstoord. Mensen kunnen zichzelf als superieur omschrijven, omdat ze bewust zijn van hun bestaan en omdat ze in staat zijn te communiceren en te organiseren, maar de initiatieven die ze daardoor kunnen nemen hebben niet alleen positieve gevolgen. De eenzijdige selectieschema's van planten en dieren, de overbevising en jacht, leiden tot een verlies aan genetische diversiteit. Het onverantwoord gebruik van geneesmiddelen en pesticiden leidt tot onvermoede selectie van schadelijke exoten. Alleen een eco-efficiënte economie kan een basis bieden voor de duurzaamheid van de biosfeer. Weten wat ons morgen te doen staat, berust op begrijpen waarom bepaalde beslissingen gisteren noodzakelijk leken. Niemand kan zich een beeld vormen van de toekomst zonder kennis van zijn geschiedenis. In die zin biedt een terugblik op het proces dat heeft geleid tot de eenmaking van Duitsland een beter begrip van de actuele politiek van de machtigste deelstaat van Europa. Historische evoluties hebben verschillende snelheden. Sommige worden gedreven door politieke conflicten en economische belangen, andere berusten op snel evoluerende trends en stijlen, weer andere ontwikkelen zich in functie van socioculturele verschuivingen. De ontwikkeling in de sport biedt van dat laatste een uitstekend voorbeeld. Beantwoordde de sport vijftig jaar geleden aan een strakke collectieve organisatie in clubverband met een duidelijke oriëntatie op topsport, vandaag neemt de individuele sportbeoefening hand over hand toe. Steeds meer mensen vinden het noodzakelijk om te werken aan hun fysieke conditie. Activiteiten zoals fitness, joggen en conditietraining hebben steeds meer succes, waardoor het klassieke sportbeleid in vraag kan worden gesteld. Een andere belangrijke socioculturele ontwikkeling betreft de ontwikkeling van een multiculturele samenleving. Of men dat betreurt of toejuicht, onze cultuur wordt steeds meer divers. Er bestaan met betrekking tot deze evolutie hardnekkige misvattingen. Cultuur en religie wordt vaak beschouwd als expressievormen van wat het private individu belangrijk vindt. Cultuurspecifieke gewoonten en religieuze rituelen kunnen echter ook beschouwd worden als symbolische vormen die ieder van ons in staat stellen onszelf in te voegen in iets dat ons bestaan draagt en ondersteunt. Voor de ontwikkeling van een vreedzame samenleving is een publieke ruimte waarin op die manier aan ieders eigenheid een plaats wordt toegekend van grote betekenis. Een ander facet van een samenleving waarin zich meerdere culturen thuis voelen, is het probleem van taalpolitiek. Hoe organiseert een staat haar communicatie met de burger op politiek en juridisch vlak, wanneer er in de multiculturele samenleving van morgen verscheidene talen zullen worden gesproken? Gaat ze uit van één of meerdere officiële talen of streeft

ze naar een meertalige communicatie? Voor wie de verschillende taal-systemen overdenkt, is het duidelijk: een taalpolitiek impliceert automatisch een specifieke vertaalpolitiek. Met betrekking tot de toekomst wordt wetenschap vaak beschouwd als de motor van innovatie en vooruitgang. Vooral in het domein van de biologische psychologie, waarin men werkt op het raakvlak van fysiologie en psychologie openen er zich nieuwe perspectieven die ons in de toekomst in staat zullen stellen het denken en redeneren van de steeds ouder wordende bevolking te optimaliseren. Ook het onderzoek over de processen die zich bij de waarneming in de hersenen voltrekken blijkt veelbelovend. Er wordt tegelijk veel geïnvesteerd in de ontwikkeling van nieuwe technologieën die kunnen bijdragen tot controle en bijsturing van biologische systemen. Zo weet men in eerste instantie een bestaande set van gedragingen en functies te analyseren die men in tweede instantie op basis van meetbare signalen weet bij te sturen. Op die manier is men bijvoorbeeld in staat op basis van eenvoudige fysiologische processen die via sensoren in computers worden verwerkt, te voorspellen wanneer een autobestuurder kans maakt om in slaap te vallen of hoeveel inspanning een fietser moet opbrengen om zich adequaat te trainen. Men is niet alleen in staat om op die manier de fysieke conditie van voetballers in kaart te brengen, men kan ook nagaan in welke mate ze zich mentaal fit en veerkrachtig voelen. Zulke volgsystemen bieden onverhoopte mogelijkheden om processen bij te stellen. Dit type onderzoek illustreert dat verschillende disciplines steeds nauwer op elkaar betrokken raken. Samenwerking blijkt ook vruchtbaar op totaal andere gebieden. Zo leidt de samenwerking tussen een musicoloog en een theoloog tot een beter begrip van de achterliggende culturele en religieuze betekenissen van kunstwerken. Mensen concentreren zich echter niet uitsluitend op culturele behoeften, zeker niet als ze problemen ondervinden om aan hun basisnoden tegemoet te komen. Zo was er in 2007 sprake van een voor sommige landen dramatische stijging van de voedselprijzen. Wat was daar de oorzaak van en geeft deze ontwikkeling ons een voorsmaakje van wat ons te wachten staat in de nabije toekomst? Het is in elk geval een feit dat energie in de toekomst schaarser zal worden, terwijl de productiviteit van de landbouw zal moeten toenemen gezien het toenemende bevolkingsaantal. De nood aan duurzame productiemethoden dringt zich op. De laatste bijdrage betreft de functie van universiteit: het domein waarin onderzoekers en docenten elk in hun vak- en interessedomein nadenken en lesgeven over hoe de dingen zijn en zich ontwikkelen. Een college volgen is getuige zijn van hoe een onderzoeker zich een zaak voorstelt. Een dergelijke les veronderstelt geen louter feitenrelaas. Als ze goed is, veronderstelt ze inzage in wat zich voor de geest van de docent

afspeelt: ontzag, verwondering, aarzeling, twijfel maar vooral respect voor wat het meest waarschijnlijk is.

Denken over morgen aan een universiteit is divers. Wie de getuigenissen van de onderzoekers volgt, zal merken dat sommigen hoopvol en enthousiast zijn, terwijl anderen zich bewust zijn van ongunstige of riskante ontwikkelingen die het welzijn van onze wereldgemeenschap kunnen bedreigen. Onderzoekers in gesprek met morgen zijn zich bewust van kansen, maar misschien nog meer van verantwoordelijkheden. Het is vooral op dit punt dat hun engagement publieke aandacht verdient.

Bart Pattyn en Bart Raymaekers
Organisatoren van de *Lessen voor de XXIste eeuw*

ICT en eHealth

Nieuwe wegen voor de wetenschap

Bart De Moor & Olivier Gevaert

In deze bijdrage bespreken we de nieuwe symbiose, gekend onder de noemer *eHealth*, tussen de gezondheidszorg enerzijds en de informatie- en communicatietechnologieën (ICT) anderzijds. We bespreken de trends en uitdagingen op demografisch en maatschappelijk gebied, zowel wetenschappelijke als technologische en tonen aan hoe eHealth de kwaliteit en kosteneffectiviteit van de gezondheidszorg zal verbeteren. In een laatste deel hebben we het over zogenaamde *Health Decision Support* systemen. Dit zijn grootschalige softwareontwikkelingen die dokters, zorgverstrekkers en beleidsmakers ondersteunen bij het maken van diagnoses, het opvolgen van therapieën en het cijfermatig onderbouwen van beleidsbeslissingen in de gezondheidszorg.

Sinds de jaren zeventig van de vorige eeuw lijken zowel de efficiëntie als de kostprijs van onze gezondheidszorg in toenemende mate onder druk te komen van een aantal demografische, technologische en budgettaire evoluties. Ten eerste worden we met z'n allen ouder dan vroeger: meer specifiek groeit het segment van mensen ouder dan tachtig sterk aan. Ten tweede, door de groeiende impact van de technologie, wordt de gezondheidszorg steeds individueler en wordt de geneeskunde steeds meer gepersonaliseerd. Bovendien maken dokters steeds meer gebruik van geavanceerde technologie. Al deze technologieën genereren een 'tsunami' aan numerieke data. Niet alleen verdubbelt de rekenkracht van onze computers om de 18 maanden (dit is een gevolg van de zogenaamde 'Wet van Moore'), maar

bovendien stijgt ook, door het toenemende aantal data, de noodzaak aan breedbandcapaciteit, om deze data uit te wisselen tussen alle partners in de gezondheidszorg (dokters, verzorgers, mutualiteiten en overheid). Ten slotte komt in de hele gezondheidszorg ook de patiënt steeds meer centraal te staan (hoe paradoxaal dit ook mag klinken). Dit toenemend belang wordt gekarakteriseerd door, wat men noemt, de '4 P's': *personalized, preventive, predictive, participatory*. *Personalized* wijst op het toenemende geïndividualiseerde karakter van de diagnose en de behandeling van een patiënt, rekening houdend met zijn eigen individuele gezondheidsprofiel. Hierbij gaat steeds meer aandacht naar de verschillen in het ziektebeeld van de individuele patiënt ten opzichte van het algemene, 'generische' patroon van een bepaalde ziekte. *Preventief* duidt op het principe dat voorkomen beter is dan genezen, zowel voor de patiënt als voor de gezondheidszorg in het algemeen. *Predictief* wijst op het groeiende gebruik van technologie, databanken en software om voorspellingen te maken om eerder te anticiperen en te voorkomen dan te remediëren en genezen, of om de evolutie van bepaalde ziektepatronen en therapieën te voorspellen. *Participatory* tenslotte wijst op de toenemende mondigheid en participatie van de patiënt en patiëntenorganisaties in het beslissingsproces, waar voorheen alleen dokters beslissings- en spreekrecht hadden.

Zoals gezegd, worden al deze evoluties exponentieel versneld door recente technologische ontwikkelingen in o.a. de genetica, de medische beeldvorming, de beschikbaarheid van ambulante geneeskundige apparaten voor thuismonitoring en de toename van grote databanken gebaseerd op het elektronisch medisch dossier van patiënten. Deze ontwikkelingen genereren een tsunami van medische data, niet alleen voor elke individuele patiënt, maar ook voor ganse populaties van gezonde en zieke mensen. Een belangrijke onderschatte dimensie in al deze evoluties is deze van de informatie- en communicatietechnologieën (ICT). Door ICT zullen dokters in de nabije toekomst scherpere diagnoses kunnen maken en therapieën veel beter kunnen opvolgen. Dankzij ICT zal de geneeskunde echt 'evidence based' worden, omdat dokters veel makkelijker dan vroeger toegang krijgen tot gespecialiseerde vakliteratuur, doordat medische patiëntendossiers centraal toegankelijk zijn en met elkaar vergeleken kunnen worden. Door ICT wordt ook de patiënt zelf steeds mobieler en mondiger ('empowerment of the patient'), omdat hij of zij zelf beter geïnformeerd is (bijvoorbeeld via het internet). De combinatie – of beter synergie – tussen gezondheidszorg en ICT, wordt eHealth genoemd. Voor de verdere ontwikkeling van eHealth gaat men uit van de volgende doelstellingen:

1. De verbetering van de kwaliteit van de gezondheidszorg voor patiënten in een '4P'-context;
2. Een betere ondersteuning van dokters bij het maken van beslissingen in een omgeving die in toenemende mate complexer wordt, zowel technologisch als organisatorisch, sociaal, administratief en financieel;
3. Een betere benutting van de opportuniteiten van de technologie, die steeds nauwkeuriger en krachtiger wordt en die bovendien gigabytes aan numerieke data genereert;
4. Betere beleidsadviezen genereren, die gebaseerd zijn op objectiveerbare data en daardoor wetenschappelijk onderbouwd zijn, waarbij zowel wetenschappelijke, technologische, wettelijke als ethische dimensies en beperkingen in ogenschouw worden genomen;
5. De verbetering van de kosteneffectiviteit van de gezondheidszorg in het algemeen.

TRENDS EN UITDAGINGEN

Vooraleer we in meer detail ingaan op 'Health Decision Support' systemen, willen we eerst nog de demografische, technologische, wetenschappelijke en maatschappelijke trends en uitdagingen verder toelichten.

Demografische en maatschappelijke uitdagingen

Ten eerste is er de vergrijzing. Er wordt voorspeld dat tegen 2050 het deel van de Europese populatie dat ouder is dan 65 jaar, zal aangroeien met meer dan 70%, en het deel dat ouder is dan 80 jaar, met zelfs meer dan 180%. In 2012 zal een kwart van de Vlaamse bevolking ouder zijn dan 60 jaar. In 2050 is 22% van de wereldbevolking ouder dan 60 jaar, wat overeenkomt met 2 miljard mensen. Door deze 'verouderende' bevolking wordt de relatieve impact van 'ouderdomsziekten' zoals kanker, alzheimer of parkinson, steeds belangrijker. Door de toenemende welvaart stijgt bovendien het aantal welvaartsgebonden ziekten, zoals diabetes, obesitas en verschillende hart- en vaatziekten. Maar er zijn ook belangrijke andere trends. De gezondheidszorg ondergaat belangrijke democratiseringsprocessen. De toegankelijkheid van het hele systeem is de laatste decennia drastisch verbeterd door allerlei drempelverlagende maatregelen en betere zorgverzekeringen en -financiering. Bovendien is er een toenemende diversificatie in de aangeboden dienstverlening, die bovendien steeds gepersonali-

seerder wordt. Er is ook een imminent gevaar voor overconsumptie en doorverwijsgedrag, of patiënten die aan 'dokterhopping' doen, wat de hele gezondheidszorg nog meer op kosten jaagt.

Dat een en ander doorheen de jaren, serieuze implicaties heeft op de budgetten voor gezondheidszorg, hoeft geen verwondering te wekken. In alle westerse landen stijgen de globale kosten van de welzijns- en gezondheidssector onrustwekkend. In België werd er recent zelfs een wet gestemd, waarbij de uitgaven voor de gezondheidszorg met 4% per jaar mogen stijgen, wat in deze tijden van financiële crisis trouwens door velen onmogelijk wordt geacht. Temeer omdat de uitgaven van het RIZIV in België nu al meer dan 23 miljard euro per jaar bedragen. Het hoeft geen betoog dat deze evoluties tot belangrijke politieke debatten leiden, waarbij men een budgettair evenwicht tracht te vinden tussen kwaliteit van de gezondheidszorg enerzijds, en betaalbaarheid ervan anderzijds. In die zin worden in eHealth grote verwachtingen gesteld. In een recent rapport gepubliceerd door de British Health Foundation wordt aangetoond dat behandelingen die gebaseerd zijn op expertises vergaard op populaties van patiënten, m.a.w. behandelingen die 'evidence based' zijn, veelbelovend zijn met het oog op kosteneffectiviteit. Ook een elektronisch medisch dossier per patiënt, dat toegankelijk is door alle artsen en zorgverstrekkers die een patiënt behandelen, kan overconsumptie tegengaan en leiden tot een betere afstemming van de behandelingen. Hierover verder meer.

Om al deze redenen besteden de verschillende overheden op regionaal, federaal en Europees niveau, steeds meer aandacht aan het belang van ICT en eHealth. Zo bijvoorbeeld heeft de Vlaamse Raad voor Wetenschapsbeleid (www.vwrb.be) recent verschillende thematische 'innovatieclusters' gedefinieerd, waarin Vlaanderen in de nabije toekomst drastisch zou moeten investeren. Twee van deze clusters, cluster 2 rond ICT en gezondheidszorg en cluster 5 rond ICT voor socio-economische innovatie, zijn voor gezondheidszorg direct relevant. Gelijkaardige beleidsdoelstellingen werden gesteld door het eHealth platform van de Belgische bedrijvenorganisatie Agoria, waarbij zes belangrijke thema's werden geïdentificeerd: geneeskunde met de nadruk op preventie, betere en effectievere training, ook in het kader van permanente vorming, werken aan een gepersonaliseerd en elektronisch medisch dossier, werken aan ontologieën (begrippenkaders die toelaten pathologieën en behandelingswijzen eenduidig te omschrijven), efficiënte ICT-implementaties en internationale benchmarking. Al deze doelstellingen werden bovendien geïntegreerd in het businessplan 'Vlaanderen-in-actie' (www.vlaandereninactie.be) onder de noemer 'Medical Center Flanders'. Recent heeft de Vlaamse overheid ook beslist

een nieuw strategisch centrum op te richten genaamd 'Center for Medical Innovation in Flanders' (CMI). Binnen dit kader zal ook de eerste Vlaamse biobank worden opgericht, waarin, op gestandaardiseerde wijze, 'stalen' van patiënten (bijvoorbeeld operatief verwijderde tumoren), gescreend worden op klinische en genetische eigenschappen, waarvan de numerieke gegevens dan in een centraal toegankelijke databank worden bewaard.

Door de snelle evolutie in wetenschap en technologie ontstaan er ook belangrijke democratische, wettelijke en ethische tekortkomingen. Democratische tekortkomingen ontstaan door de toenemende complexiteit van het gezondheidssysteem, maar vooral door de technologische evoluties. Dit maakt dat het voor beleidsmakers moeilijker wordt om de echte waarde en implicaties van deze technologische evoluties in te schatten, bijvoorbeeld bij het creëren van nieuwe wetten in de gezondheidszorg. Wettelijke tekortkomingen ontstaan doordat de wetgeving de wetenschappelijke en technologische realiteit steevast achternaholt. Tenslotte ontstaan steeds meer ethische problematieken, doordat technologisch niet langer de vraag is *hoe* we iets moeten oplossen, maar wel *wat* we moeten oplossen. We kunnen er bij wijze van spreken steeds meer van uitgaan dat de technologie alles mogelijk maakt, waardoor we steeds meer geconfronteerd worden met de vraag wat we wel en wat we niet zullen kunnen toelaten. Dit zijn problemen die niet door de wetenschap alleen kunnen worden beantwoord.

In deze schemerzone tussen het 'hoe' en het 'wat' ontstaan immers heel wat nieuwe ethische uitdagingen waarmee we met de nodige wijsheid moeten omgaan. Een recent voorbeeld is de bescherming van de identiteit van de individuele patiënt door adequate bescherming van de privacy door middel van ICT-oplossingen. Hoewel de individuele gegevens van elke patiënt moeten worden afgeschermd voor onbevoegden, is het toch belangrijk dat alle individuele patiëntgegevens wel gecentraliseerd kunnen worden in centrale databanken, omdat medische besluitvormingssystemen steeds meer 'evidence based' en populatiegebaseerd zijn. Immers, men kan de kwaliteit en snelheid van de diagnose van een bepaald ziektebeeld bij een bepaalde patiënt, aanzienlijk verbeteren door op zoek te gaan naar gelijkaardige patronen in databanken van duizenden patiënten. Data 'delen' ('You share, we care') in databanken is daarom zeer belangrijk. Dus, enerzijds moeten patiëntgegevens centraal geaggregeerd worden, anderzijds moeten de individuele en soms 'delicate' gegevens, waaronder de identiteit van de patiënt, voor onbevoegden worden afgeschermd.

Wetenschappelijke en technologische uitdagingen

We hebben het al gehad over de ‘tsunami’ aan numerieke data, teweggebracht door klinische metingen, via allerlei sensoren en door allerhande scanners (bijvoorbeeld NMR, CT...), waarbij er een duidelijke evolutie is van morfologische naar meer functionele en klinische beeldvorming. Al deze metingen worden gevisualiseerd via beeldvormingstechnieken die gekenmerkt worden door een serieuze toename van zowel de temporele (aantal beelden per seconde) als spatiale (aantal pixels per oppervlakte) resolutie. Maar de laatste tien jaar zijn er ook grote doorbraken in het verkrijgen van genetische data. Stilaan kunnen we van elke (potentiële) patiënt het genoom bepalen, dit wil zeggen, voor elk individu de sequentie van de drie miljard lettertekens waaruit het DNA van de mens bestaat. In een minimale versie levert dit ongeveer 1 gigabyte aan data op per patiënt. Dit noemt men ‘genomics’. Bovendien kunnen voor elke patiënt, in een bepaald weefsel, en op een bepaald ogenblik, de zogenaamde gen-expressieniveau’s bepaald worden door middel van wat men ‘DNA-chips’ of ‘microarrays’ noemt. Deze microarrays lezen in één klap de expressieniveau’s uit van de 25 000 genen van de mens, op een bepaald ogenblik, in een bepaald weefsel. Dit zogenaamde ‘transcriptoom’ bestaat uit 25 000 gegevens per meting. Via ‘proteomics’ ten slotte kan de hoeveelheid van elk proteïne in een bepaald weefsel op een bepaald tijdstip (het proteoom, ~100 000 getallen per meting) bepaald worden. Bovendien zijn er belangrijke verbanden tussen al deze ‘omics’ (genomics, transcriptomics, proteomics ...), wat het ‘interactome’ wordt genoemd.

Het netto effect van al deze technologieën is de tsunami aan data, die nu en in de toekomst routinematig gegenereerd worden per patiënt en die gestockeerd worden in databanken, hetzij per weefstelstaal (bijvoorbeeld tumoren in een tumorbank) hetzij per experiment (therapie monitoring). Bovendien is er een groot multiplicatoreffect als men dergelijke stalen gaat stockeren over alle patiënten van een regio, een land of zelfs een continent (bijvoorbeeld Europa), over alle mogelijke weefsels en pathologieën en niet alleen op één moment in de tijd maar op regelmatige tijdstippen. Hierdoor krijgt men zogenaamde ‘tijdsreeksen’ die de dynamische evolutie van een ziektebeeld als functie van de tijd in kaart brengen.

Naast de technologische trends in de moleculaire biologie en medische beeldvorming, worden ook belangrijke doorbraken verwacht in systemen voor ambulante medische besluitvorming, doordat apparaten allerhande zonder problemen draadloos met een lokaal communicatiestation kunnen worden verbonden. Dergelijke apparaten bieden een toenemende functio-

naliteit aan, terwijl hun grootte en elektriciteitsverbruik drastisch afneemt. Dit opent vele perspectieven. De volgende generatie van ‘monitoring devices’ zal immers voldoende capaciteit hebben om ‘realtime’ wiskundige algoritmen te gebruiken voor het extraheren van relevante informatie, waardoor ook heel wat chronische ziekten online en in ‘realtime’ zullen kunnen opgevolgd worden. Dit verhoogt ook het comfort van patiënten, omdat zij dan in hun thuisomgeving kunnen verblijven, eerder dan in het ziekenhuis, terwijl ze toch nauwkeurig worden gemonitored.

Last but not least zijn er de laatste jaren ook grote doorbraken in het domein van de wiskundige ingenieurstechnieken. Dit domein omvat het ontwikkelen van nieuwe wiskundige algoritmes gebaseerd op concepten uit de statistiek, informatietheorie, numerieke lineaire algebra en optimalisatie. Men gebruikt deze algoritmen in datamining en bij de ontwikkeling van intelligente zoekrobots, die kennis kunnen extraheren uit een groot aantal heterogene gegevens die op verschillende plaatsen gestockeerd kunnen zijn. Deze geavanceerde zoekrobots slagen erin om patronen en correlaties te ontdekken in zogenaamde ‘hoogdimensionale’ gegevensbestanden, wat zelfs voor een geoefend menselijk expert quasi onmogelijk is door het zeer groot aantal gegevens.

Om dit alles verder te ontwikkelen, is zeker nog meer wetenschappelijk onderzoek nodig. Dat de nood hier hoog is, blijkt uit het feit dat we in Vlaanderen, voor alle van overheidswege gefinancierde projecten voor onderzoek in de gezondheidszorg, breed geteld, ‘slechts’ 150 miljoen euro per jaar uitgeven. Vergelijk dit maar even met de 23 miljard euro uitgaven per jaar in het RIZIV-budget!

HEALTH DECISION SUPPORT SYSTEMEN:

KLINISCH, AMBULANT EN BELEIDSONDERSTEUNEND

De dag van vandaag werken ingenieurs, dokters en wetenschappers samen aan de ontwikkeling van zogenaamde ‘Health Decision Support Systemen’ (systemen voor de ondersteuning van medische besluitvorming). Zoals we al aantoonde, is er de laatste decennia een enorme vooruitgang in het biomedisch onderzoek op genetisch, moleculair, cellulair en systeem-biologisch gebied. De moderne trends in dit soort onderzoek worden gekenmerkt door een tsunami van numerieke data uit genetische bronnen (genomics, transcriptomics, proteomics) en uit klinische informatie,

hetzij direct (bijvoorbeeld hartslag, bloeddruk, glycemietingen), hetzij via multimodale beeldacquisitie en -verwerking (bijvoorbeeld van tumor-massa's). Deze medische data per patiënt bestaan dus uit een combinatie van patiëntgeschiedenis, behandelingsprotocollen, geneesmiddelen, laboratoriumgegevens, fysiologische parameters (EEG's, hartslagvariabiliteit), echografiegegevens, genetische gegevens (genoom, transcriptoom, proteoom), afhankelijk van welke gegevensbronnen relevant zijn voor een bepaalde ziekte. Nog andere bronnen van informatie ontstaan via text-mining (bijvoorbeeld Via screening van automatische datamining van de 14 miljoen wetenschappelijke artikels in Medline, een van de wereld-databanken waarin alle medische wetenschappelijke publicaties elektronisch worden opgeslagen). Per patiënt, per pathologie of per ziektebeeld worden zo gigabytes aan gegevens verzameld per test, over verschillende testen (bijvoorbeeld in het geval van therapiemonitoring), over duizenden ziektebeelden (biobanken) en patiënten (nationaal kankerregister) en over tientallen tot honderden ziekenhuizen. Hierdoor worden talloze nieuwe mogelijkheden gecreëerd voor betere diagnostiek, preventie of behandeling van patiënten.

De tsunami aan data maakt 'normale' menselijke interpretatie van de duizenden gegevens per patiënt quasi onmogelijk, omdat de hoeveelheid data onoverzichtelijk is en er bovendien ook complexe patronen inzitten die niet zomaar visueel kunnen worden ontrafeld. Toch bevatten deze patronen een schat aan gegevens voor diagnose, prognose en therapievoor- spellingen. Bovendien kunnen deze gegevens, die afkomstig zijn van één enkele patiënt, gerelateerd worden aan en gecorreleerd worden met gelijk- aardige gegevens van duizenden andere patiënten die opgeslagen zijn in centrale medische databanken. Bij dit alles is de rol van informatietechnologie onontbeerlijk, zowel voor wat betreft de ontwikkeling van nieuwe inzichten rond databanken en 'information security' als voor de ontwik- keling van nieuwe datamining en besluitvormingsystemen. Dit omvat bijvoorbeeld algoritmen voor clustering en classificatie van patiënten, waardoor meer verfijnde diagnoses mogelijk worden door geavanceerde correlatietechnieken of integratie van heterogene databronnen. Bovendien faciliteren deze nieuwe softwaretechnieken het zogenaamd *translationeel biomedisch onderzoek*, waarbij nieuwe inzichten of hypotheses, verworven uit hetzij klinische waarnemingen, hetzij uit fundamenteel of strategisch basisonderzoek, in nieuwe of betere preventieve, diagnostische of thera- peutische toepassingen worden verwerkt. Men noemt dit soms wel onder- zoek *from the bench to the bed (and back)*. Translationeel onderzoek levert ook belangrijke informatie op voor nieuwe en effectievere medicijnen. De ontdekking en ontwikkeling van nieuwe medicijnen wordt trouwens hoe

langer hoe meer *in silico* geïnitieerd. Dit proces noemt men *in silico drug discovery*. Dit wil zeggen dat steeds meer interessante ‘targets’ en ‘leads’ voor nieuwe medicijnen gedetecteerd worden in de grote databanken van medische gegevens, door geavanceerde dataminingstechnieken, vooraleer interessante ‘leads’ in een ‘wet lab’ (bijvoorbeeld op proefdieren) worden uitgetest, en later in verschillende klinische fases op mensen. Ook op deze manier verkort de informatietechnologie van ‘Health Decision Support’ systemen de tijd nodig voor de zoektocht naar nieuwe medicijnen, en kan ook het kostenplaatje drastisch verminderd worden.

Al deze uitdagingen vergen echte, interdisciplinaire samenwerkingen waarbij wiskundige ingenieurstechnieken als katalysator optreden. In het recente verleden heeft onze onderzoeksgroep al heel wat ervaring verworven in dergelijke projecten, samen met vele andere collega’s (dokters, wiskundigen, statistici en software-ingenieurs). Een voorbeeld is het International Ovarian Tumor Analysis (IOTA) project, waarbij er sedert een tiental jaren intensief wordt samengewerkt tussen enkele tientallen departementen, ziekenhuizen in Europa en verschillende wetenschappelijke disciplines. IOTA is een multicentrum samenwerkingsproject voor de preoperatieve karakterisering van ovariale tumoren op basis van voorspellende computermodellen. De eerste fase van IOTA werd uitgevoerd in 9 Europese centra tussen 1999 en 2002. 1066 patiënten met een verdachte massa ondergingen een preoperatieve Dopplerechografie. De informatie uit deze ultrasonische beelden zoals tumorgrootte, loculariteit en papillaire structuur, en klinische gegevens zoals leeftijd, medische geschiedenis en menopauzale status werden opgenomen in verschillende wiskundige modellen voor het berekenen van het risico op kwaadaardigheid. Tussen 2002 en 2005 hebben drie centra de datacollectie voortgezet om een interne validatie van de wiskundige modellen ontwikkeld in de eerste fase van IOTA uit te voeren. De prestatie van alle modellen was excellent. De tweede fase van IOTA bestond uit een externe validatie van de modellen en dit werd uitgevoerd tussen 2005 en 2007. De diagnostische algoritmen werden met succes prospectief gevalideerd op 1 938 patiënten met verdachte ovariale massa’s in 19 centra in de wereld. Sommige ovariale massa’s bleken onmogelijk correct te classificeren als goedaardig of kwaadaardig. In deze groep moeilijke massa’s zijn tweedelijns diagnostische testen nodig om de onderzoekers te helpen. Het idee is om deze massa’s te onderzoeken met aanvullende benaderingen op basis van beeldvorming zoals echografie met contrastvloeistoffen, driedimensionale power Dopplerechografie, of op basis van ‘omics’ data zoals het proteoompatroon via proteomics of de detectie van tumormarkers via transcriptomics. Momenteel wordt het eerder ontwikkelde wiskundige algoritme voor de preoperatieve indeling van adnexal

massa's samen met meerdere tweedelijnstesten prospectief getest in de derde fase van de studie IOTA. Op termijn zal dit alles leiden tot een nieuw softwareprogramma dat gynaecologen zal ondersteunen in het maken van betere diagnoses van ovariale kankers.

Een tweede vorm van 'Health Decision Support' systemen zijn de *ambulante monitoring systemen*. In toenemende mate zullen patiënten 'geconnecteerd' zijn met online en 'realtime' health monitoring systemen, die beslissingen nemen, hetzij lokaal hetzij via een gecentraliseerd beslissingscentrum. De ontwikkeling van draagbare, sensorische apparaten is niet gemakkelijk: Er zijn serieuze ontwerpbeperkingen zoals vormvereisten (draagbaarheid, veiligheid, biocompatibiliteit), uitdagingen voor wat betreft energieverbruik en draadloze transmissiecapaciteit. Deze beperkingen op het functioneren van ingebedde apparaten vereisen een optimale balans tussen snelle 'on-board' verwerking en overdracht van gegevens naar de centrale serverlocaties. Het is ook al mogelijk om over draadloze communicatiekanalen meerdere signalen tegelijkertijd uit te sturen, zoals ECG, huidgeleiding en ademhaling in combinatie met EEG. Met behulp van ambulante besluitvormingssystemen wordt het mogelijk om chronische ziekten van dag tot dag op te volgen. Het is mogelijk om online te detecteren en te controleren wanneer een patiënt zich in een medische noodsituatie bevindt of wat zijn of haar fysieke conditie is tijdens sport- en wellnessactiviteiten. Er zijn hier ook heel wat nieuwe ontwikkelingen. Enkele voorbeelden van ambulante systemen zijn:

- Ambulante monitoring van de vochtbalans van oudere patiënten die onderhevig zijn aan een verhoogd risico op dehydratie. Deze dehydratie is dan weer verantwoordelijk voor een verhoogde morbiditeit en mortaliteit en vertegenwoordigt een substantieel deel van ziekenhuisuitgaven;
- Ambulante controle van de impedantie van de borstkas, met als bedoeling cardiogeen oedeem bij patiënten met chronisch hartfalen preklinisch op te sporen;
- 'Microfluidic single-chip' analytische hulpmiddelen voor bemeting van biologische stalen. Deze kunnen ten grondslag liggen van een compleet nieuwe generatie van persoonlijke 'gezondheidszorgapparaten';
- Detectie van een verhoogd valrisico bij ouderen. De twee belangrijkste risicofactoren voor vallen zijn de angst om te vallen en afnemende lichamelijke activiteit. Beiden worden vaak door een val zelf veroorzaakt. Sensoren (bijvoorbeeld gyroscopen, accelerometers) zorgen voor de monitoring van fysieke activiteit en de risicobeoordeling van vallen. 'Embedded' beslissingsondersteunende systemen kunnen de activiteit en het valrisico 'on-board' interpreteren;

- Het elektrocardiogram (ECG), tegenwoordig geregistreerd via Holtermetingen in een ambulante setting, is een van de meeste fundamentele onderzoeken in de evaluatie en beoordeling van hartziekten. Hartslagvariabiliteitsmetingen spelen een belangrijke rol in de studie van het autonome zenuwstelsel en zijn, in combinatie met metingen van ademhaling en bloeddruk, van groot belang voor de cardiovasculaire regulatie, in situaties van depressie, angst, stress, maar ook in wellness- en sportmonitoring;
- Opname van het draadloze elektro-encefalogram (EEG) (2 tot 24 kanalen) is nu mogelijk, en kan een belangrijke bron zijn van niet-invasieve ambulante metingen van hersenactiviteit, die van groot belang zijn voor het onderzoek van neurologische aandoeningen (bijvoorbeeld epilepsie);
- Toekomstige 'easy-to-wear' sensornetwerksystemen zullen in de toekomst een belangrijke rol spelen bij het toezicht van stress, een enorm probleem in de huidige samenleving. Om de aanvaardingsdrempel te verlagen voor het dagelijks gebruik van een speciaal T-shirt, om bijvoorbeeld mentale stress op te sporen, ligt de focus op draagbaar comfort, niet-storende metingen en de toepassing van contactloze sensoren voor spieractiviteit in de nek/schoudergordel, ademhalingsignalen en hartslagvariabiliteit. Deze fysiologische parameters kunnen realtime gecontroleerd en gebruikt worden om de veranderingen die verband houden met psychische stress te detecteren.

In al deze toepassingen brengt continue monitoring extra informatie, waardoor een verbetering mogelijk is van de diagnostiek. Ambulante besluitvormingssystemen kunnen de clinicus helpen in het analyseren van de enorme hoeveelheden gegevens. Online kunnen specifieke gebeurtenissen (zoals een epilepsieaanval) automatisch gedetecteerd en gelokaliseerd worden. Ook kunnen stoorsignalen in de achtergrond gekwantificeerd worden en kunnen artefacten automatisch verwijderd worden, zodat valse alarmen vermeden worden. Rond de ontwikkeling van ambulante monitoringsystemen is een hele verzameling van nieuwe 'buzzwords' ontstaan, zoals *assistive health and wellness management systems, health telematics, intelligent environments, ambient intelligence, smart homes, home networks, home health monitoring and intervention, health vaults, personal medical data collection and processing, wearable sensor signal processing, wireless registration of physiological parameters.*

Ten slotte laat de centrale vergaring van patiëntengegevens toe om *beleidsondersteunende besluitvormingssystemen (Health Policy Decision Support)* te ontwikkelen. Doordat alle actoren in het gezondheidszorgsysteem via 'high-throughput' breedband kabels geconnecteerd zijn (bijvoorbeeld een glasvezelnetwerk), groeit ook de interactie tussen deze actoren zienderogen. Deze

groeïende interconnectiviteit, samen met de exponentiële toename van de hoeveelheid gegevens die verzameld worden voor een specifieke ziekte en/of behandeling ervan, kan geanalyseerd worden met wiskundige ingenieurs-technieken. Dit levert dan belangrijke informatie op voor het gezondheidszorgbeleid in een land zoals België. Zo kan het individuele voorschrijfgedrag van een behandelende dokter gecorreleerd worden met het 'gemiddelde' voorschrijfgedrag van dokters in een ziekenhuis, een ziekenhuisnetwerk of een regio. Zo ook kan op termijn de kosteneffectiviteit van ziekenhuizen ten opzichte van elkaar worden gemonitord, kunnen cultuurverschillen in kaart worden gebracht, of kan men trends en evoluties over de jaren heen, zowel klinisch, budgettair als therapeutisch in kaart brengen. Met clustering-technieken kan men groepen van patiënten bijeenbrengen en clusters van pathologieën en behandelingswijzen en ook zogenaamde zorgprogramma's op objectieve wijze ontwikkelen en onderbouwen.

BESLUIT

eHealth ontstaat uit de integratie van informatie- en communicatietechnologieën in de gezondheidszorg. De algemene doelstellingen zijn het verbeteren van de kwaliteit van de gezondheidszorg, het ontwikkelen van zogenaamde 'proof-of-concept' technologische platformen, de valorisatie van eHealth door samenwerkingen met de industrie en de ondersteuning van het gezondheidszorgbeleid door het opvolgen van trends, de identificatie van 'best practices' en de detectie van abnormaliteiten in de klinische praktijk.

De ICT-ondersteuning kan zorgen voor de integratie van heterogene databronnen en een brug slaan tussen nieuwe technologieën en het dagelijkse klinische beleid. Wanneer dit gecombineerd wordt met een goed doorzicht langetermijnbeleid, met gepaste interacties met de industrie, zal dit op termijn de kwaliteit van de gezondheidszorg verbeteren.

De verschillende implementaties van eHealth, klinische, ambulante en beleidsondersteunende beslissingssystemen, zullen bijdragen tot een verhoogde kostenefficiëntie van de gezondheidszorg en tegelijkertijd de algemene kwaliteit ervan verbeteren.