

Innovatie tussen maatschappij en wetenschap

INAUGURELE REDE DOOR PROF. DR. IR. EGBERT-JAN SOL

Radboud Universiteit Nijmegen



INAUGURELE REDE

PROF. DR. IR. EGBERT-JAN SOL



Egbert-Jan Sol pleit ervoor dat de overheid de 1 miljard euro die recent zijn weggehaald uit het innovatiesysteem niet als belastingaftrek aan bedrijven weggeeft. Het is beter deze publieke gelden als innovatiekredieten beschikbaar te stellen, waarbij de overheid duidelijk aangeeft voor welke maatschappelijke uitdagingen

die gebruikt moeten worden. Als voorzet voor die keuze noemt Sol CO₂-vrije brandstoffen, veilig en efficiënt transport, gezond ouder worden, of recycling van materialen. Voor de diepzeemijnbouw en voor gepersonaliseerde voeding heeft Nederland volgens hem bovendien een uitstekende uitgangspositie als baggernatie en tweede agro- en voedselexporteur ter wereld.

Egbert-Jan Sol is bijzonder hoogleraar *Research Strategy and Management* aan de Radboud Universiteit Nijmegen en *Director of Innovation High-Tech Systems and Materials* bij TNO in Eindhoven. Hij heeft een grote staat van dienst op het gebied van innovatie en innovatiebeleid in Europa. Aan de Radboud Universiteit verzorgt hij onderwijs aan masterstudenten. Egbert-Jan Sol studeerde werktuigbouwkunde aan de Technische Universiteit Eindhoven en promoveerde er in 1983. Sol werkte bij Hoogovens Automation Systems, Philips Eindhoven, BSO/Origin, was *Vice President Technology* van Ericsson Telecommunicatie BV Rijen en *Director Corporate Technology* Ericsson, Kista, Zweden. Vanaf 2003 is hij *Director of Innovation High-tech Systems and Materials* bij TNO, Eindhoven. Eerder was hij deeltijdhoogleraar *Technology Management* aan de TU/e.

INNOVATIE TUSSEN MAATSCHAPPIJ EN WETENSCHAP

Innovatie tussen maatschappij en wetenschap

Rede uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van bijzonder hoogleraar Research Strategy and Management aan de Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica aan de Radboud Universiteit Nijmegen op vrijdag 17 januari 2014

door prof. dr. ir. Egbert-Jan Sol

Vormgeving en opmaak: *gloedcommunicatie*, Nijmegen
Fotografie omslag: Bert Beelen
Drukwerk: Van Eck & Oosterink

© Prof. dr. ir. Egbert-Jan Sol, Nijmegen, 2014

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt middels druk, fotokopie, microfilm, geluidsband of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de copyrighthouder.

OPENING

Het is gevaarlijk om op een universiteit als bijzonder professor van buiten te vertellen wat researchmanagement is. W.F. Hermans schreef in zijn boek *Onder professoren* op zijn sarcastische wijze: 'Hoogleraar, wat betekent dat? Het betekent jaar in jaar uit, de bekende weg te wijzen aan een publiek, dat grotendeels helemaal niet zo nieuwsgierig is naar die weg'. Gelukkig bestudeert mijn leerstoel innovaties en mijn onderzoek gaat niet over een stabiele, constante wereld, maar een continue veranderende wereld. Ik ga onder professoren niet vertellen hoe zij hun werk moeten doen. Mijn uitdaging is research via innovaties te koppelen aan de maatschappij.

Die koppeling van innovaties is meer dan een brug tussen de twee werelden van wetenschap naar maatschappij en, naar mijn mening, ook van maatschappij naar wetenschap. In Nijmeegse termen: het is geen Waalbrug, maar een Keizer Karelplein. Voor bezoekers die voor het eerst dat Keizer Karelplein oprijden is de complexiteit aan wegen altijd even schrikken. Op het Keizer Karelplein van de innovatie komen ook vele wegen samen: vanuit de maatschappij, kleine en grote bedrijven, publieke kennisinstellingen, overheid en financiers. Op het *Keizer Karel van de innovatie* is echter geen sprake van eenrichtingsverkeer van wetenschap naar maatschappij. Innovatie is geen lineair eenrichtingsverkeer. Het krioelt er van tegengestelde verkeersstromen, verkeersdeelnemers die midden op de rotonde stilstaan en anderen die veel te hard gaan.

Ik begin met een beschrijving van een aantal begrippen. Daarna beschrijf ik de ontwikkeling van het vak innovatiemanagement. De meest recente inzichten leren ons dat innoveren een systeem uitdaging is. Er zijn vele partijen bij nodig die naast de eigen verantwoordelijkheid in dat systeem, nieuwe verantwoordelijkheden moeten vervullen. Na die analyse ga ik in op de mogelijkheden om weer uit het dal tussen de vijfde en zesde *Kondratieff* te komen. Eerst moet het evenwicht in het innovatienetwerk worden hersteld. Dan leg ik uit welke wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen wij verwachten. En uitgaande van maatschappelijke uitdagingen, kom ik met ontwikkelingen waar de wetenschap van nu al hard werkt aan oplossingen die bedrijven gaan leveren. Als voorbeelden gebruik ik onder andere gezond eten en energieopslag.

INTRODUCTIE

Ik beschrijf eerst de begrippen maatschappij, onderzoek, technologie, innovatie en management.

Maatschappij: onder maatschappij versta ik ons geheel van samenleving, in onze tijd in belangrijke mate gevormd door wetenschap en technologie tot een geïndustrialiseerde economische samenleving. In deze rede focus ik op onze economie en onze industrie, zeg maar ons welvaart creërende deel van de samenleving, die ontstond uit een deugdzame burgerij met bewondering voor innovatie in de Nederlanden van de zeventiende eeuw en Engeland en de Verenigde Staten van de achttiende eeuw (McCloskey) en vandaag de dag ook wel de *Creative Class* van Richard Florida (2005) genoemd.

Onderzoek: onderzoek is het creatieve werk om de omvang van onze kennis uit te breiden. Fundamenteel onderzoek heeft als doel om de huidige wetenschappelijke kennis uit te breiden zonder dat daar een directe praktische toepassing voor is. Toegepast onderzoek heeft als doel het toepassen van kennis voor een concreet doel. Op termijn vloeit een deel van fundamentele kennis via toegepast onderzoek door naar gebruik in de maatschappij. Vaak is sprake van tijdschalen van decennia. Denk aan (*US National Science Foundation*) vijftig jaar tussen fundamentele inzichten en belangrijke toepassingen in de maatschappij en aan twintig jaar voor toegepast onderzoek. Van het *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA) is bekend dat de resultaten van toepassingsonderzoek twintig jaar later in essentiële onderdelen van wapensystemen zijn ingebouwd (Technopolis, 2013, p27). Voordat kennis kan worden toegepast dient nog een technologisch ontwikkeltraject te worden afgelegd.

(Technologische) ontwikkeling: technologie is het geheel van hardware, software en organisatiekennis, *orgware*, dat niet tot de natuur behoort maar door de mens is uitgevonden. Het omvat het op systematische manier toepassen van nieuwe natuurwetenschappelijke of andere georganiseerde kennis ten behoeve van praktische doeleinden. In het bedrijfsleven spreekt men veel over R&D, onderzoek en ontwikkeling. Na de R, research of onderzoek, volgt development of technologieontwikkeling. Statistische gegevens tonen aan dat landen gemiddeld 50 procent van hun R&D uitgave aan onderzoek en 50 procent aan technologieontwikkeling besteden. Kennisintensieve bedrijven besteden, afhankelijk van de branche waarin ze actief zijn, zo'n 7 procent van hun omzet aan R&D en van die 7 procent gaat 10 procent, zeg 0,7 procent naar research en 90 procent naar ontwikkeling. Dit deel is mede zo groot omdat daar eenmalige ontwikkeling van software in zit. Met de veronderstelling dat op macroniveau landen en alle bedrijven in een land de totale R&D-inspanning vormen, dan zou je kunnen zeggen dat globaal gesproken praktisch al het onderzoek in de publieke sector plaatsvindt en alle technologische ontwikkelingen bij bedrijven.

Innovatie: onder innovatie versta ik het bedenken (onderzoeken), realiseren (ontwikkelen) en toepassen van betere oplossingen die voldoen aan nieuwe eisen, onbenoemde of bestaande marktbehoeften. Een uitvinding is niet genoeg, je spreekt pas over een innovatie als die ook wordt toegepast. 'Een belofte heeft geen waarde totdat ze wordt gerealiseerd' en dat geldt ook voor innovaties. Een innovatie leidt tot een verandering. Omdat daarbij ook vaak het gedrag van mensen mee verandert zodra ze de innovatie gebruiken, is innoveren meer dan alleen het technische deel. Het technische deel is vaker zichtbaar en beter voorspelbaar dan de sociale of menselijk kant.

Management: onder management versta ik het besturen van een organisatie. Het omvat het formuleren en bereiken van doelstellingen in een, soms sterk veranderende, omgeving. Management van innovatie zit met een paradox. Een manager wil een organisatie beheersen, voorspellen, onder controle houden. Een innovator wil iets veranderen. Management ontstond in de kloosterperiode toen iemand moest zorgen dat er niet

alleen gebeden werd, maar dat er ook iedere dag brood op de plank lag. De abt of eigenlijk de prior zorgt dat het klooster kan blijven bestaan. Zijn doel is de continuïteit van de organisatie. De huidige manager doet hetzelfde. Een innovator is een professional. Het begrip professional kreeg zijn vorm in de negentiende eeuw in Engeland met juristen, medici en ingenieurs. Professionals die een bepaald discipline beheersten, zorgden onderling dat iedere beoefenaar de discipline correct toepaste. Voor een professional is de organisatie waarbinnen hij werkt vaak minder belangrijk dan zijn vakdiscipline. Innovatoren en onderzoekers zijn professionals die steeds op zoek zijn naar vernieuwing. De manager zegt: 'Dit is de afspraak', de innovator of onderzoeker zegt: 'Ik denk dat het slimmer kan door het anders te doen'. Managen is iets anders dan leiderschap. Een leider stapt vaak over geaccepteerde grenzen heen om de groep naar een nieuwe situatie te leiden. Innovatoren doen dat ook, maar een innovator is nog geen leider. Het managen van innovatoren en onderzoekers die steeds wat anders willen doen, is dan ook een uitdaging op zich, en helemaal voor een manager die alles graag onder controle wil houden. W.F. Hermans beschreef zijn beelden in *Onder Professoren*. M. Weggeman noemt zijn boek: *Leiding geven aan professionals - niet doen*. Maar wat doe je dan wel?

Ik meldde al dat innovatie een rotonde is met vele door elkaar kruisende stromen, maar de belangrijkste speler heb ik niet genoemd: de mens zelf. Mensen zijn de sleutel-dragers (vectoren) van kennis. Zij zijn een noodzakelijke factor in de verwerking van alle informatie en het toepassen daarvan. De onderzoekers en innovatoren werken voornamelijk in netwerken. In de wetenschap kennen wij het netwerk met de zogenaamde 'onzichtbare' collega's die publicaties lezen en elkaar ontmoeten op congressen. In innovatie-organisaties werken mensen in teams, projecten, vakinhoudelijke netwerken en regionale, nationale en internationale innovatiesamenwerkingsprojecten. De laatste decennia is steeds duidelijker geworden dat je alleen van onderzoek en ontwikkeling tot echte innovaties in de maatschappij komt als je een netwerk kunt bouwen. De koppelingen van innovatie tussen wetenschap en maatschappij zijn, dankzij de vele mensen, groter dan wij ons realiseren. De onderdelen van het netwerk liggen er. Het management van innovaties vergt naast het besturen van de eigen organisatie ook het besturen van netwerken van mensen, het zorgen dat die worden benut en dat de innovatoren de startpunten en ambities meekrijgen - lees uitdagingen - financiële middelen en de ruimte hebben om de oplossingen te realiseren. Management van innovatie is geen *command and control*, maar communiceren met en coördineren van mensen, hun kennis, en netwerken tussen maatschappij en wetenschap.

HISTORIE

Onze huidige maatschappij is mogelijk gemaakt door een opeenstapeling van een eeuwenlange ontwikkeling van technologie. Gebaseerd op een evolutionair proces werden steeds verbeteringen aangebracht. Het wiel was de opvolger van de rollende

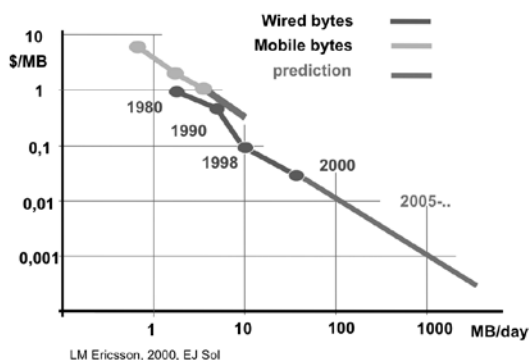
boomstammen onder een zware steen. In de zaagmolen werd het gelagerde ronddraaiende wiel weer uitgebreid met een krukas. De Hollandse burgerij innoveerde in die tijd meer dan welke natie ook. Men had geen last van een heersende koning zoals in Engeland of Frankrijk of een keizer in China die in innovaties alleen maar een gevaar voor hun machtspositie zagen. Schumpeters visie over innovatie als creatieve destructie geldt niet alleen als bedreiging voor heersende bedrijven, maar gold ook toen al. Conform Schumpeter zijn innovaties de enige duurzame bron van welvaart. De zaagmolen legde de basis voor onze Gouden Eeuw. Wij konden vanaf 1600 dankzij de zaagmolen honderd jaar lang dertig keer sneller een boom tot planken zagen dan wie dan ook. Daarmee konden wij dertig keer sneller boten bouwen en heersten wij een eeuw lang wereldwijd over alle handel op zee.

Technologische ontwikkelingen hadden impact op de maatschappij, maar maakten ook een beginnende wetenschap mogelijk. De microscoop van Van Leeuwenhoek was een technologische ontwikkeling, die gevolgd werd door allerlei nieuwe wetenschappelijke inzichten. Galileo had op verzoek van zijn sponsor de telescoop verbeterd ten behoeve van maritieme oorlogsvoering. Daarna richtte hij zijn telescoop op de sterrenhemel en volgde zijn wetenschappelijk werk. In dezelfde tijd kwamen ook de eerste wetenschappelijke ontwikkelingen die via innovaties doordrongen in de maatschappij. Zo was het het onderzoek van de sterrenhemel, denk aan Copernicus, Kepler en Galileo, dat het uurwerk in de klokkentoren mogelijk maakte en dat had een geweldige impact op de maatschappij waar nu alles tot op de minuut nauwkeurig moet gaan. Het was de tijd van de Verlichting. Vanaf dat moment ging het snel met de ontwikkeling van de natuurwetenschap en raakten wetenschap en technologie in een stroomversnelling. Staand op de schouders van eerdere giganten kwamen de natuurkundigen Huygens, Hooke en (met hoofdletters) Newton, gevolgd door chemici als Black, Cavendish, Lavoisier, en - degenen - die wij vandaag de elektrotechnici zouden noemen - als Franklin, Coulomb, Galvani, Volt, Faraday, en energiedeskundigen als Carnot, Joule, Kelvin, Maxwell, Boltzmann en Young. Vervolgens komen degenen die wij nu atoom- en kwantumdeskundigen noemen: Röntgen, de Curies, Planck, Bohr, en (ook met hoofdletters) Einstein, nog gevolgd door Heisenberg, Schrödinger en vele anderen (John Gribbin, 2003).

In die tijd waren technologische ontwikkelingen aanleiding voor individuen om wetenschap te ontwikkelen. Vanaf 1700 gebruikte men stoommachines. De veel efficiëntere stoommachine van Watt kwam vijftien jaar later en nog eens vijftig jaar later - in 1825 - kwam Carnot met zijn thermodynamische theorie. Tegenwoordig werken technologische ontwikkelingen en wetenschappelijk onderzoek praktisch gesproken gelijk op, waarbij een doorbraak van de één, een trigger is voor de ander. Higgs is anno 2013 een mooi voorbeeld van hoe de ideeën van een individuele wetenschapper aanleiding gaven tot de bouw van een groot en uiterst complexe onderzoeksfaciliteit bij CERN (acronym voor *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*). Ooit was dat anders. Tot honderd jaar terug waren innovatoren nog individuen, vaak van rijke komaf. Sinds de

tijd van Kamerlingh Onnes werd georganiseerd onderzoek belangrijker. In 1911 ontwikkelde Kamerlingh Onnes de technologie waarmee hij supergeleiding ontdekte. Hier was sprake van een researchmanager die voor het doel om als eerste extreem lage temperaturen te realiseren, een team van instrumentmakers aanstuurde. Met zijn wetenschappelijk werk legde hij de basis voor het huidige medische *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), diagnosetoepassingen die zonder supergeleiding niet mogelijk zijn (Van Delft, 2005).

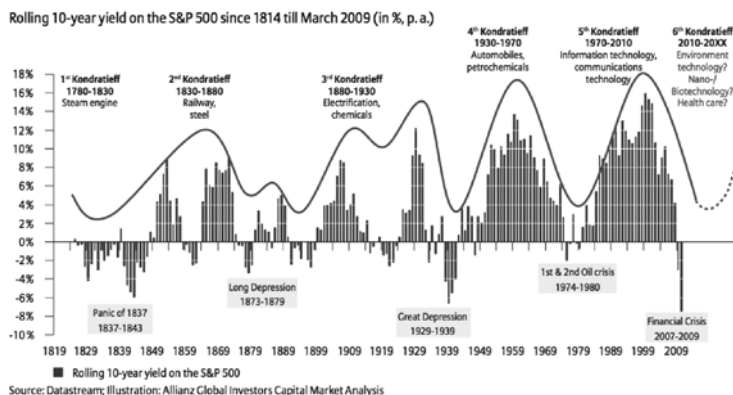
Terwijl innovatie als rotonde van wetenschap en maatschappij begon te functioneren, ontwikkelden zich zo'n vijftig jaar geleden ook de inzichten wat innovatie en daarmee innovatiemanagement is. Kuhn had ingezien dat in de wetenschap zich iedere keer paradigmaveranderingen voordeden. Iedereen zweerde bij de wetten van Newton, totdat daar scheurtjes in kwamen en het Einstein was, die met nieuwe inzichten kwam. Niet het paradigma zelf, maar de overgangsfasen met de vele dynamiek, maken de inzichten van Kuhn zo waardevol voor researchmanagement. Eenzelfde type dynamiek komen we tegen in de meer industriële economie waar productgeneraties elkaar ook steeds opvolgen. Lange tijd waren empirische leercurven populair. Begonnen in de vliegtuigbouw rond 1920, werden die vooral na de Tweede Wereldoorlog toegepast om kostprijsontwikkelingen van producten te voorspellen. Toepassen van leercurven is niet eenvoudig, maar wanneer je door hebt wat de leercurve is, dan kun je tot waardevolle voorspellingen komen. Zoals de naam al zegt, je moet heel goed leren van wat je nu doet, en nadenken over hoe je iets de volgende keer nog slimmer en goedkoper doet. Op een gegeven moment zijn er zoveel signalen dat er weer een forse doorbraak nodig is om een leercurve te kunnen blijven volgen. Na zelf Moore's law te hebben ervaren, heb ik de leercurvetheorie toegepast op datacommunicatie met *A dollar a Day* (Sol, 2001 en zie afbeelding 1), op elektronica producten met 'Intelligente pleisters en punaise' en op duurzame energie met *Chemergy* (daarop kom ik later nog terug). Dit waren inzichten in leercurven die soms jaren nodig hadden om te ontwikkelen.



Afbeelding 1.

Pas in de tweede helft van de vorige eeuw kwamen meer modellen over innovaties en innovatiemanagement tot ontwikkeling. Bekend zijn de lineaire modellen die zeggen dat na onderzoek, ontwikkeling volgt en dan toepassing in de maatschappij. Met vervolgens een rijke verfijning richting micro- en macroniveau. Voorbeelden zijn de S-curves, maar ook Moore's law voor elektronicachips (Andrew Grove, 1996). Vanuit de economie zijn er nog andere modellen bijgekomen. Geoffrey Moore (1995) (niet Moore van Intel van Moore's law) kwam onder de titel *Inside the tornado* met inzichten over de langzame start, snelle groei, verzadiging op de top, en geleidelijke afname van producten. En leercurven gecombineerd met modellen rondom *stars, cashcows en dogs* van de *Boston Consultancy Group* al uit de jaren zestig, geven ons vandaag de dag op micro-economisch niveau een redelijk inzicht in kostprijs- (leercurve) en marktprijsontwikkelingen (BCG/Geoffrey Moore) rondom producten die opkomen en weer gaan.

Op macro-economisch niveau kennen wij de langere-termijnpatronen en de patronen van de interacties tussen maatschappij, economie, technologie en wetenschap. Misschien kent u de Kondratieffgolven, de lange termijn economische golven van rond de veertig à vijftig jaar, waar steeds een constellatie van nieuwe technologieën in een aantal stappen van substitutie, kostprijsverlaging tot brede toepassing in de maatschappij leidt, met uiteindelijk een andere inrichting van die maatschappij. Kondratieff - overleden in een strafkamp van Stalin - beschreef er drie: stoom en de vrijheid van de Franse Revolutie, 'draagbare' stoomtrein/-boot en Marxisme, elektriciteit en kapitalisme (zie afbeelding 2). Daarna volgden nummer vier: de olie- en de consumptiemaatschappij en nu bevinden we ons in nummer vijf: de digitalisering en de huidige globale expanderende maatschappij. De huidige crisis is het dal tussen vijf en zes. Nummer zes zal gaan over toepassingen van de bionano- en kwantumtechnologie en de duurzame maatschappij. Carlota Perez (2002) heeft de laatste decennia de Kondratieffmodellen verfijnd. Zij geeft aan dat binnen de langetermijngolf van Kondratieff tussenliggende



Afbeelding 2.

cycli zijn van financiële en technologische aard met een verklaarbare regelmaat. Je kunt wetenschappelijke en technologische doorbraken niet voorspellen, maar je kunt wel begrijpen wat de dynamiek is, en hoe je daarmee om kunt gaan.

Naast leercurves en golven kent de rijke korte geschiedenis van innovatiemanagement nog meer inzichten. Velen kennen de visie van Porter (1985) over '*competitive advantage of nations*', lees: regio's. Als een regio goed is in iets, en er is daar een markt voor, dan trekt die steeds meer spelers naar zich toe en ontwikkelt zo'n regio zich sneller dan andere regio's. In de Europese Unie zie je de ontwikkeling van *smart specialization of regions*. In Nederland kennen wij drie topregio's: Brainport Eindhoven, Amsterdam Airport en Rotterdam Seaport. Uit de Verenigde Staten kennen wij natuurlijk *Silicon Valley*. Prahalad (Hamel & Prahalad 1994) leert ons goed naar de kerncompetentie te kijken, niet alleen om de sterkte van een bedrijf te verklaren, maar kerncompetentie is ook een sleutel voor regionale sterkten. Het probleem is dat kerncompetentie een vaag begrip is omdat iets door een aantal ontwikkelingen snel niet-kern kan blijken te zijn. Toch loont het de moeite om helder te beseffen waar jij als bedrijf of regio goed in bent. Concurrenieren doe je op je sterktes, niet op je zwaktes. Kies dus wat je zelf wilt doen en wat anderen doen. Je kunt niet van zand tot klant alles doen. Dat geldt voor bedrijven en het geldt voor regio's. Het willen creëren van de sterkste waardeketen verklaart het belang van innoveren in netwerken.

Freeman omschreef *systems of innovation* (Mazzucato, 2013) in 1995 als een netwerk van instituties in de publieke en private sector wiens activiteiten en interacties nieuwe technologieën initiëren, importeren, modificeren, verspreiden en toepassen. Daarbij denkt hij aan het hele netwerk van deze spelers, maar ook aan hun klanten, toeleveranciers, infrastructuur, competenties, functies en alle verbindingen en relaties daar tussen. Het gaat niet alleen om de omvang van bijvoorbeeld R&D door de spelers, maar ook de circulatie en diffusie in het hele ecosysteem. Innovatie is geen lineair proces van wetenschap via technologie naar toepassing, maar zit vol met *feedback loops* tussen technologie, onderzoek, markten en toepassingen.

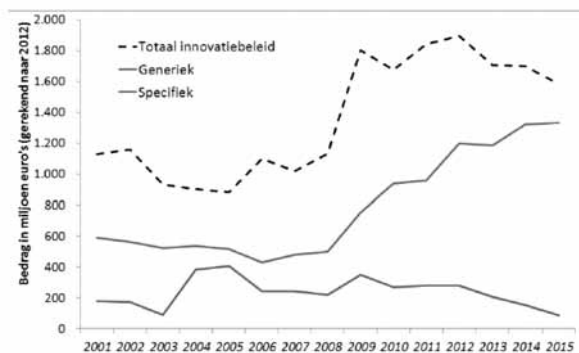
Het begrip open innovatie van Chesbrough (2003) past hier in. Let wel, het is geen open systeem. Het is eerder *shared innovation* waarin een aantal spelers in een waardeketen gezamenlijk een doel nastreven. Veelal in de vorm van een systeembedrijf, zoals ASML, met een ecosysteem van toeleveranciers. De sleutel van de succesvolle regio's is dat in die open innovatie ook overheid en kennisinstellingen volop meedoen. Dit is een *triple helix* waarin sneller dan elders, waardeketens worden gebouwd en geoptimaliseerd. Het kan voor de regionale ontwikkeling van belang zijn dat bepaalde wetenschap in die regio volop beschikbaar is. Dus een regio-economie kiest of ontwikkelt een bepaalde exportmarkt en heeft dan een daarbij passende universiteit nodig. Omgekeerd, als een universiteit een kerncompetentie heeft die goed bij die regio past, dan kan dat een trigger zijn voor een economische ontwikkeling. Zeker met onze keuze in Nederland voor een kennisintensieve maatschappij die ook wil concurreren met

exporteerbare innovatieve producten, is het onderkennen van een regiocompetentie en daarop verder specialiseren, van belang. Nu innoveren in netwerken de crux is geworden zijn regio's van groot belang. De nabijheid van alle betrokken spelers maakt dat ze elkaar regelmatig tegenkomen, onderling vertrouwen opbouwen, ideeën uitwisselen en tot ambities komen die elkaar versterken. In beeldspraak: innovatie is meer dan de rotonde, het is een regionaal wegennetwerk waarop een *triple helix* moet groeien.

HEDEN

Als je tientallen miljarden omzet voor de bv Nederland voor het einde van het volgend decennium wilt realiseren, dan moet je nu al miljarden in doelgericht onderzoek investeren. Om deze omzet te draaien, zul je een wereldleidende positie in markten moeten opbouwen en die verkrijg je door nu te investeren in onderzoek en ontwikkeling. Een TNO collega, Walter Manshanden (2013), heeft recent op basis van econometrisch onderzoek aangetoond dat elke euro in toegepast onderzoek na enige tijd twee keer meer aan omzet oplevert. Sommigen komen met hogere getallen, maar de boodschap is dat investeren in toegepast onderzoek en ontwikkeling rendeert. Nederland besteedt te weinig aan toegepast onderzoek en ontwikkeling. Fundamenteel onderzoek blijft nog op peil, maar wordt strakker door bedrijfsbelangen aangestuurd, toegepast onderzoek in de publieke sector krimpt en technologisch onderzoek is al laag en groeit nauwelijks.

De publieke financiering van de R&D in Nederland voor toegepast onderzoek daalt 30 procent van 486 miljoen euro in 2010 naar 368 miljoen euro in 2015. Die daling roept in het buitenland al forse vragen op over wat er hier aan de hand is. Maar er is meer mis. Innovatielanden doen 1 procent publieke R&D en 2 procent private, maar Nederland blijft op 1 procent publiek en 1 procent private steken. Nederland is extreem ver doorgeschoten in generieke financiering van ons onderzoek (zie afbeelding 3 Van Velzing, 2013). Bij generieke financiering is in het algemeen sprake van fiscalisering, bij innova-



Uitgaven aan innovatiebeleid van het ministerie van EZ en ELI (Bron: E-J Velzing 2012)
(daadwerkelijke uitgaven (2001-2010), begrote uitgaven (2011-2015))

Afbeelding 3.

tiesubsidies is sprake van specifieke financiering van onderzoek. Onze overheid, topsectoren ten spijt, maakt feitelijk geen keuze.

De Nederlandse overheid denkt dat het bedrijfsleven beter in staat is om te bepalen wat goed is voor ons en onze economie. Het lijkt alsof de overheid denkt dat ze zelf overhead is. Publiek geprogrammeerd onderzoek zou minder rendement opleveren dan privaat geprogrammeerd onderzoek. Maar wat men vergeet is dat bedrijven meesters zijn geworden in het door de maatschappij laten uitvoeren van het risicovolle deel van innovaties: het fundamentele en toegepaste onderzoek. De deugdzame, belastingbetalende burger betaalt dus het onderzoek en bedrijven ontwikkelen het tot waarde en pakken de winsten.

Lees het recente boek van Mazzucato. Zij geeft het voorbeeld hoe *Apple* winst maakt op basis van decennia nationaal publiek Amerikaans, veelal defensieonderzoek, en hoe dat zelfde *Apple* in de vs nagenoeg geen belasting betaalt. Mazzucato noemt dit het *privatizing van de rewards and socializing van de risks*. Net als bij banken die eerst goed verdienen, maar toen het mis ging de belastingbetaler met de schulden opzadelden, zo stelt zij dat bedrijven onder chantage van verhuizing naar andere landen wel de winsten vangen, maar geen belastingen betalen. Haar tweede voorbeeld is *Big Pharma* in de Verenigde Staten. De publiek betaalde universiteiten doen het risicovolle deel van het onderzoek naar nieuwe medicijnen, waarna bedrijven de ontwikkelingen op een zeker moment overnemen en de producten op de markt brengen. Daarna laten diezelfde bedrijven de belasting betaalde burger ongekend hoge medicijnprijzen betalen omdat hun onderzoek zo duur en risicovol zou zijn. Haarfijn toont Mazzucato aan dat diezelfde bedrijven het geld om dat onderzoek te doen wel hebben, maar dat ze meer geld uitgeven aan het opkopen van eigen aandelen, dan aan de onderzoekskosten voor nieuwe medicijnen. *Socialize the risks, privatize the rewards*.

Om het bedrijfsleven te behagen heeft de Nederlandse overheid recent één miljard publieke R&D middelen weggehaald uit het innovatiesysteem en als fiscale middelen beschikbaar gesteld aan bedrijven. De niet bewezen veronderstelling van macro-economen is dat bedrijven dan meer gaan innoveren. Dat laatste lijkt, op enkele uitzonderingen na, niet te gebeuren. Terwijl burgers meer dan 60 procent belasting (bij 52 procent inkomstenbelasting en 21 procent btw over de rest (50 procent) hoeven bedrijven nog maar 5 procent winstbelasting te betalen. Als ze dankzij internationale belastingtrucs überhaupt al winstbelasting betalen. Het is nog erger als u zich realiseert dat burgers uit het restant van 40 procent netto ook nog allerlei energiebelastingen moeten betalen, terwijl bedrijven als grootverbruikers minder energiebelasting afdragen. Eind jaren tachtig kregen bedrijven nog technisch ontwikkelkrediet. Na enige tijd kwam de vraag: 'Kredieten zijn toch lastig omdat we die terug moeten betalen, kunnen we geen subsidie krijgen?' Eind jaren negentig kregen wij de succesvolle subsidieregeling voor Innovatie Samenwerking (IS). En dan tien jaar later: 'Subsidie is toch wel lastig, al die moeite om voorstellen met vele partners te schrijven, kunnen we niet eenvoudiger minder belasting

betalen? Dan blijft er ook niets aan de strijkstok van de overhead van de overheid hangen.' Nu is alles gefiscaliseerd. Als enige land in Europa kent Den Haag geen innovatiesubsidies meer. Ons topsectorenbeleid is een institutionalisering van de lobbycultuur zonder dat daar nog de miljard euro in zit die naar de fiscalisering is gegaan.

We zijn anno 2014 in de situatie gekomen dat de balansen van bedrijven, met extreme hulp van de overheid, sterk verbeteren, maar dat bedrijven niet meer uitgeven aan onderzoek en ontwikkeling. Ewald Engelen noemde dat zaterdag 4 januari in de NRC corporatie. In zijn woorden: 'Corporatie is het kapitalisme waar burgers de illusie hebben van parlementair medezeggenschap, bedrijven de macht van chantage (anders verkassen wij), en dragen de grootste profiteurs van publieke investeringen het minste af.' Nee Engelen bedoelt niet de Verenigde Staten van Mazzucato, hij bedoelt Nederland. Hij schrijft nog dat de vennootschapsbelasting van 1980 van 48 procent naar 25 procent is gedaald. Hij vergeet dat middels de innovatiebox bedrijven geen 25 procent maar 5 procent vennootschapsbelasting betalen. Dit is een onderbouwing voor zijn uitspraak dat voor burgers sprake is van een illusie van parlementaire medezeggenschap. Overigens zullen bedrijven en burgers altijd andere belastingregimes kennen. Maar Engelen geeft nog een aantal andere argumenten waarop de verzorgingsstaat in zijn mening te ver wordt afgebroken in het belang van bedrijven.

De Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid (2013) stelt in een van haar adviezen als eerste aanbevelingen dat de politiek ten aanzien van waarde creëren uit maatschappelijke uitdagingen meer leiderschap moet tonen. Zelfs Benschop, baas van Shell Nederland, op Internet, en Lex Hoogduin in Het Financieele Dagblad, Rob van Gijzel, burgemeester van Eindhoven, kwamen datzelfde weekend van 4-6 januari met de oproep dat het tijd is om te denken over de toekomst van de economie. Meer mensen constateren dus dat er in Nederland iets mis is, keuzes zijn te amorf, er is geen visie, geen leiderschap. Maar er gloort hoop. Op 15 januari komt Bartelsman in reactie op Hoogduin in het FD al met een oplossingsrichting die ik ook in het tweede deel van deze rede zal kiezen.

TOEKOMST

Analyse is goed, maar oplossen is beter. Wat kunnen we doen? We zitten in mijn overtuiging in het dal van de vijfde naar de zesde Kondratieff. Kondratieff gaf al aan dat zo'n dal geen leuke tijd is en langer duurt dan men lief is. Allereerst moet je afscheid nemen van oude structuren, terwijl daar nog de heersende macht zit die niet wil veranderen. Je moet in dat dal een beetje doorslaan en overdrijven om de balans te herstellen. Corporatie is een woord dat wel in antikapitalistische kringen wordt gebruikt. Doorslaan naar een ander extreem is niet de oplossing. Het probleem is niet dat alle bedrijven het verkeerd doen. Kleine bedrijven bezitten niet de macht van chantage, en ook bij de grote bedrijven zijn er *frontrunners* in duurzaamheid en aandacht voor hun mensen. Het probleem is dat sommige bedrijven zich de keizers van deze tijd wanen en vanuit hun

machtsbasis de status quo willen uitmelken. In innovatietermen blijven ze op het geld zitten, kopen ze aandelen in, beheersen ze wel alle lobbykanalen, maar tonen ze geen leiderschap in echte vernieuwing.

Mijn punt is dat bedrijven hard nodig zijn voor het toekomstig verdienvermogen van onze maatschappij en dat zij op hun manier ook leiderschap, in hun termen echt ondernemerschap, moeten tonen. In een rijnlandse cultuur kunnen bedrijven actiever meedoen, anderen in hun rol laten in plaats van anderen vertellen wat ze moeten doen en zo bijdragen aan toekomstagenda van ook hun Nederland, waar ze volop deel van uitmaken en dat ook hun bestaan (*license to operate*) mogelijk maken. Want in de zesde Kondratieff ontstaan een aantal forse nieuwe mogelijkheden en kansen waarvoor wij over een aantal jaren *alle hens aan dek* moeten hebben: een overheid die nieuwe markten mogelijk maakt, kennisinstellingen die versneld de nodige kennis en kunde moeten ontwikkelen en de juiste mensen moeten opleiden (tijdens de vergrijzing van de *baby boom*) en bedrijven die niet alleen in ontwikkeling, maar ook in nieuwe markten fors moeten investeren. Maar eerst moet er weer een balans tussen de spelers komen.

De kunst is een gemeenschappelijke visie te formuleren waarmee overheid oplossingen voor haar maatschappelijke uitdagingen realiseert, kennisinstellingen op tijd aan onderzoek kunnen beginnen en bedrijven een markt krijgen waarop voldoende verdienvermogen voor hen mogelijk is. In een netwerk is er een probleem met leiderschap, wie heeft het voortouw? Als innovator die voor een probleem graag een nieuwe oplossing bedenkt, wil ik aantal oplossingen voorstellen.

Aan de financieringszijde zou de overheid niet belastingvermindering moeten geven. Geef bedrijven innovatiekredieten. Als ze winst maken, betalen ze die terug. Geef de publieke kennisinstellingen weer hun deel van de 1 miljard terug onder de conditie dat zij dat deel alleen in mogen zetten op onderzoeksonderwerpen uit die gebieden waar bedrijven innovatiekredieten hebben aangevraagd. Eventueel met afspraken dat bedrijven bij het terugbetalen van de kredieten *intellectual property* (IP) rechten kunnen krijgen. En eventueel zoals bij Fraunhofer, dat voor elke euro bedrijfsgeld, een in dat domein vrij besteedbare euro van de overheid krijgt. Maar stop met de extreme generieke belastingverminderingen. Zoals het nu gebeurt maakt het bedrijven vreselijk lui. Alleen de boekhouder doet zijn werk, maar enige competitie zoals in de tijden van de innovatiesubsidies, is nu compleet verdampt.

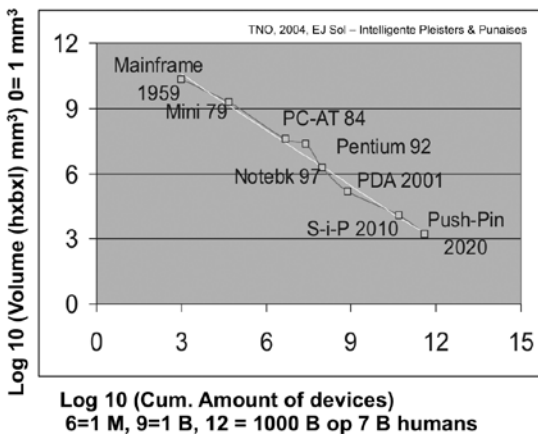
Door die 1 miljard verschuiving van subsidies naar fiscalisering, is er voor kennisinstellingen in de orde van 500 miljoen per jaar uit het publieke systeem gehaald. Met 100.000 euro kosten per jaar per *fulltime-equivalent* (fte) impliceert dit dat er vijfduizend banen verdampen in onderzoek. In dat geval kun je stellen dat wij het risico lopen dat er grofweg vierduizend, meest promotieplaatsen, bij universiteiten niet worden ingevuld en duizend mensen bij de TNO's en de CTR's hun baan verliezen. Nu na drie jaar alle oude innovatiesubsidieprojecten aflopen zijn, zien we dat er geen nieuwe projecten voor in de plaats komen, en worden de gevolgen bij de onderzoeksinstellingen ook extern zichtbaar.

Het gemis van promotieplaatsen wordt pas over nog eens vier jaar duidelijk wanneer die mensen niet meer op de markt komen.

Overheid, toon leiderschap, door aan te geven voor welke maatschappelijke uitdagingen die kredieten moeten worden in gezet en eis dat de inzet tot een daadwerkelijk verdienvermogen van de bv Nederland leidt! Kom met uitdagingen voor maatschappelijke problemen waar je het bedrijfsleven vraagt om innovatieve oplossingen te realiseren waarvoor alleen de beste voorstellen op de genoemde kredieten mogen rekenen. En voor de beste voorstellen is het vanzelfsprekend dat die uit samenwerkingsverbanden, uit netwerken zullen komen. Hier ligt nog wel de uitdaging hoe je in een netwerk leiderschap ontwikkelt.

Als de balans en het leiderschap er zijn, dan blijft nog altijd de vraag welke uitdagingen we als Nederlandse maatschappij moeten oppakken. Met welke keuzes dragen we bij aan het verdienvermogen van onze maatschappij (van regio's) en verminderen wij maatschappelijke kosten? Voorbeelden zijn CO₂-vrije brandstoffen, veilig en efficiënt transport, gezond ouder worden, of recycling van materialen. Publieke organisaties als TNO en universiteiten kunnen bij deze inhoudelijke keuzes en oplossingen vanuit hun kennis een belangrijke rol spelen. Ik maak hier van deze gelegenheid gebruik om dat te doen.

Lange tijd functioneerde de klassieke mechanica perfect voor de ontwikkeling van technologische objecten op de schaal van millimeters tot meter en kilometers. Tegenwoordig praten wij over micro-elektronica en nanotechnologie. Wij zijn steeds beter in staat om waarde te creëren met steeds kleinere afmetingen. Wat ooit een kubieke meters grote mainframe computer was, is, via een minicomputer, PC, notebook en nu tablet, doorontwikkeld tot een kubieke inch groot intelligent device zoals een smartphone.

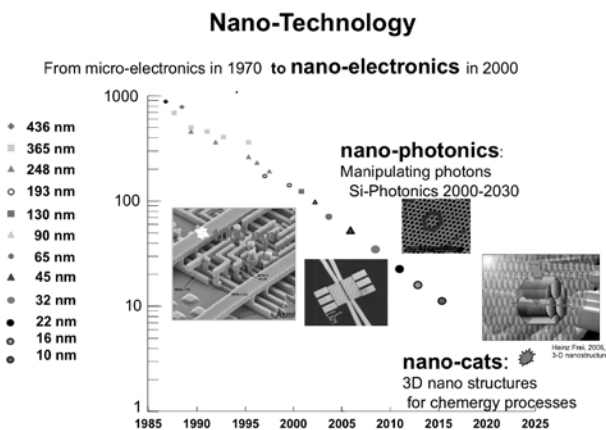


Afbeelding 4.

De volgende stappen zijn intelligente devices met de kracht van een computer in een kubieke centimeter (zie afbeelding 4). De *smartwatch* die dit jaar op de markt komt is daarvan het begin. Ik noem dit wel de intelligente pleisters en punaises. En rond 2040 kom je volgens een leercurve tot devices van een kubieke millimeter en in 2100 zou je die intelligentie in een kubieke micrometer kunnen realiseren. De natuur doet dat al. Wij noemen dat een biologische cel. Die is dan niet meer gebaseerd op een elektronische halfgeleider met een bewust aangebrachte verontreiniging in een kristalrooster of halfgeleidende organisch polymeer, maar gebaseerd op programmeerbare polymeerstructuren. In de natuur noemen wij dat DNA. Net zoals het stenen tijdperk niet ophield omdat er een gebrek was aan stenen, zo zal het *silicon* tijdperk van nu niet ophouden omdat er een gebrek is aan zand. In de wetenschap en technologie wordt al gewerkt aan deze nieuwe innovaties met polymeermaterialen.

Nog een voorbeeld van een belangrijke ontwikkeling, dertig jaar geleden verbonden wij een paar honderd computers en ontstond het Internet. Niemand had de impact van het Internet voorzien. Er gaan een miljoen kubieke millimeters in een liter. Je kunt straks een netwerk van een miljoen 1 kubieke millimeter grote intelligente bouwsteentjes om je heen hebben. Ik kan mij niet voorstellen welke innovaties ons te wachten staan als wij over dertig jaar duizenden van die intelligente pleisters en punaises in onze kleding zouden hebben.

Voordat wij met een minimum aan grondstoffen een maximum aan intelligentie kunnen realiseren, zullen wij eerst tot op nanometer en nog kleinere schaal meer wetenschappelijke kennis moeten opbouwen en toepasbaar maken. Op die schaal kun je niet meer praten over atoomdeeltjes, zelfs hoeveelheden van energie worden dan discreet, en men praat over kwantumtechnologie als opvolging van de nanotechnologie. De *nano-electronics* maakt al structuren waarmee wij elektronen schakelen (zie afbeelding 5). Bij die



Afbeelding 5.

afmeting gaat het om duizenden elektronen die voor een stoplicht staan. Bij de kleinste nano-elektronicastructuren zitten en nog twintig elektronen in een cel. Nog minder en het wordt al een kwantumvraag of ze er nog wel zitten. Op dit moment maken we structuren waar wij bundels fotonen de bocht om drukken. We noemen dat *nanophotonica*. En wat nu nog theoretisch scheikunde is en waarin met kwantuminzichten reacties op moleculair niveau gemodelleerd worden, mag je verwachten dat wij straks precies de gewenste moleculen en zelfassemblerende nanostructuren realiseren. In het figuur Nano-Tech komt dit terug in de fase van nanokatalyse. Het zijn deze nano- en kwantumtechnologieën die onder meer in een duurzame(re) maatschappij de zesde Kondratieffgolf mogelijk maken. Conform het eerdere plaatje wordt dat na het dal van 2010-2020, met een forse golf rond 2030.

Wij kennen vandaag ook een aantal toekomstbeelden met betrekking tot innovatiemanagement. Bekend is mogelijk Kurzweil met zijn singulariteit (2005), oftewel zijn explosieve groei van nog meer kennis en kunde. En Taleb (2007) met zijn zwarte zwanen met hun hoogst onwaarschijnlijkheid. Impliciet geeft hij aan dat er nog een aantal totaal onverwachte zaken gaan gebeuren. Schwartz (2003) komt dan ook met de simpele voorspelling: 1) dat er meer verrassingen komen (dat is erg), 2) dat we daar mee om leren gaan (dat is veel werk) en 3) dat we ze beter kunnen voorspellen (bijvoorbeeld op basis van leercurve-effect en Kondratieff-Perez golven). De wereld verandert dus verder. Mijn voorstel is om vanuit maatschappelijke behoefte aan te sturen op nodige oplossingen in plaats van af te wachten wat er (elders) gebeurt.

Uitgaande van maatschappelijke noden en behoeften sturing geven aan gewenste innovaties en daarmee gewenst wetenschappelijk onderzoek, is een uitdaging. De uitkomst van onderzoek is niet te voorspellen, maar we begrijpen wel veel meer van het innovatieproces hoe we dat kunnen aanpakken. Ik neem hierbij niet de wetenschap als startpunt, maar juist de maatschappij, haar behoefte om waarde te realiseren door nieuwe mogelijkheden te creëren om vooral kosten te besparen zodat niet 1 miljard mensen een fatsoenlijk leven kunnen leiden, maar op duurzame wijze alle aardbewoners. Hoe kunnen we bijvoorbeeld langer gezond leven, veiliger reizen, 100 procent duurzame energie gebruiken en minder grondstoffen verbruiken? Ik zal mij hierbij beperken tot het komende decennium, tot Nederland en een beperkt aantal voorbeelden van ambities en mogelijke oplossingen.

Stel dat wij over vijftienjaar een gezonde, innovatieve economie willen realiseren waarin 100 procent duurzame energie mogelijk wordt, 100 procent veilige auto's rijden zonder verkeersslachtoffers, Nederland diabetesvrij is en er voldoende materialen zijn om onze fabrieken te laten draaien. Dit zijn enkele van de grote maatschappelijke uitdagingen. Als zoiets lukt, dan bespaart het de maatschappij miljarden ten opzichte van niets doen. Maar we willen het ook aanpakken zoals wij vanuit Nederland in een aantal van deze sectoren een wereldmarktleiderspositie hebben opgebouwd, inclusief bijbehorend verdienvermogen. Wij moeten nu de wetenschappelijke posities opbouwen en ver-

sterken, gedurende een aantal jaren fors investeren in bijbehorend toegepast onderzoek en technologische ontwikkeling, en we moeten over tien jaar met een aantal geheel nieuwe typen bedrijven of nieuwe producten van bestaande bedrijven op de markt komen in 2024.

Tot zo ver de gemeenschappelijke ambities. Wat kunnen wij in Nederland?

Er liggen meer delfstoffen op en onder de zeebodem dan op het vaste land. Op drie kilometer diepte op zee mijnbouw plegen kan nog niet, maar Nederlandse spelers lopen wel voorop. Veel onderzoek, ook ten aanzien van de diepzee-ecologie is daarvoor nodig.

Wij zijn tweede agro- en voedselexporteur ter wereld. Op farmacologisch gebied zijn we wetenschappelijk goed, maar economisch hebben wij geen grote farmabedrijven in Nederland meer, wel grote foodbedrijven. Combineer de wetenschappelijke farmacologie met 3D-print om gepersonaliseerd voedsel te maken, zelfs afgestemd op jouw DNA. Een foodprinter kan met de feedback van dagactiviteiten via de smartphone of intelligente pleister een gepersonaliseerde maaltijd klaar maken. Als je stappenteller dan direct aan de foodprinter meldt dat je weinig hebt bewogen, dan zie je dat op je bord terug. Vermindert daarmee overgewicht? Niet helemaal. Daarvoor hebben we een intelligente punaise nodig. Gewoon een intelligente stifttand met een ingebouwde *lab-on-chip* die bij houdt wat door je mond komt. Als je eigen ik-netwerk dat merkt, gaat via *Bluetooth* de keukendeur en snoepjestrommel op slot.

En gecombineerd met gepersonaliseerde, *lab-on-chip* technologieën, kan iedereen via gezondheid monitoring in een vroeg stadium diabetes onderkennen. Hier ligt mogelijk een uitdaging voor de Radboud; de kennis van Wageningen en de high-tech equipment en de foodindustrie in Brabant liggen vlakbij. Waarom maken we hier geen ambitieus plan voor de regio voor om samen met bedrijven, TNO Zeist en de spelers uit Wageningen wereld leidend te gaan worden in gepersonaliseerd voedsel? Porter gaf al aan dat de kracht uit regionale ecosystemen komt, die hun *competitieve advantage* verder uitbuiten en Chessbrough leert ons dat je dat in een shared omgeving moet doen.

Ik zal twee voorbeelden uit de Brainportregio noemen. Om tot autonoom en coöperatief rijden te komen - de maatschappelijk doelstelling is hier een betere mobiliteit en nul verkeersdoden - kunnen we datacommunicatieprotocollen met de juiste veiligheid combineren met grote aantallen pleisters en punaises, auto's en wegkantelektronica in combinatie met volgende generaties GPS-systemen. Hier ligt de mogelijkheid om securitykennis van de Radboud te combineren met automotive activiteiten in Helmond. NXP als bedrijf is op beide locaties actief. En volgend jaar hopen wij al de virtuele dissel te introduceren. Daarmee wordt een (eerst nog lege) vrachtwagen geheel elektronisch aan een leidende vrachtwagen gekoppeld, zodat in de nacht zonder een chauffeur in de tweede vrachtwagen distributie kan plaats vinden.

Het mooiste voorbeeld vind ik zelf *chemergy*, de combinatie van energieopslag in chemie. Zonnepanelen voor het opwekken van elektriciteit worden sneller goedkoper dan welke andere vorm van duurzame energie. Ze volgen een leercurve vergelijk met

TNO (2011) - Chemergy



Afbeelding 6.

Moore's law: meer prestaties als je ze kleiner en daarmee goedkoper maakt. Dankzij steeds meer inzichten in *nano-photonica* zal de efficiëntie van zonnepanelen nog stijgen van 15 tot 20 procent nu naar 30 tot 40 procent, terwijl de kosten dalen. Over tien jaar heeft iedereen ze, net als een smartphone. Echter dan produceren we te veel energie en mogen we als de zon volop schijnt, het overschot niet meer terug leveren. Je wilt het overschot thuis opslaan. Dat kan door met water en het overschot aan eigen elektriciteit via elektrolyse waterstof en zuurstof te maken. De waterstof gebruik je dan om kooldioxide om te zetten in een koolwaterstof zoals methanol of methaan. Straks krijg je zonnepanelen op het dak en een soort *inverse* ketel in huis waarin water, CO₂ en elektra gaan en waar een brandstof uitkomt (zie afbeelding 6).

Een illusie? De natuur doet het al miljarden jaren met fotosynthese. De wetenschap moet ons alleen leren hoe wij dit proces op technologische wijze, het liefst met duurzame materialen, kunnen doen. Hierboven noemde ik deze wetenschap nanokatalyse. Lukt dat, dan zitten wij rond 2030 maximaal in de *upswing* van de zesde Kondratieffgolf van wereldwijd duurzame energie en hebben we rond 2050 geen overschot aan CO₂-productie. Als wij dan geen geld meer voor olie kwijt zijn, onze eigen energie opwekken en opslaan, de kosten van gezondheidszorg fors verminderen door eerste-lijnsdiagnostiek en nuldelijns gezonder voedsel, optimaal vervoer hebben, en voldoende grondstoffen voor onze automatische *additive manufacturing*, krijgen we hopelijk een maatschappij die niet alleen in Nederland in staat is de stratenmaker op tijd met pensioen te laten gaan, maar ook de rest van de wereld op een netter welvaartsniveau te brengen.

SLOT

Ik begon mijn rede vier eeuwen geleden. Dankzij innovatie is onze welvaart gedurende die tijd enorm gestegen (Nasar, 2011, McCloskey). De laatste eeuwen van wetenschapsontwikkeling en de laatste decennia van innovatiemanagement leren ons hoe we dat hebben gedaan en hoe die ontwikkeling steeds meer is gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek dat tot innovaties in de maatschappij heeft geleid en dat die innovaties

steeds meer alleen tot stand komen in netwerken van vele, onderling goed samenwerkende spelers. Via macro-economische modellen kwam ik vast te zitten in het dal tussen de vijfde en zesde Kondratieffgolf met een verkeerschaos op een rotonde van stilstaande auto's en hardrijders. Om uit het dal te komen stelde ik eerst voor om een paar extreme misstanden te corrigeren om klaar te zijn als het verkeer op de rotonde weer volop beweegt doordat nieuwe inzichten vaart krijgen. Voor de komende decennia kunnen we beelden schetsen wat er aan wetenschap en technologie gaat komen: van kwantumtechnologie en programmeerbare chemie tot intelligente devices in een kubieke millimeter. Voor het volgende decennium weten we op welke gebieden en met welke soort innovatie Nederland een leidende rol kan en zou moeten spelen en waar we dus nu fors in moeten investeren. Maar met het beeld van de corpocratie als moderne versie van de alleenheerschappij van de koning en keizer, waarbij belangen belangrijker zijn dan feiten, stel ik, maar ook anderen, dat wij de boot dreigen te missen. Het gaat niet om het vasthouden van huidige belangen, maar het realiseren van nieuwe oplossingen voor de feitelijke uitdagingen van morgen. De uitdaging is om als maatschappij en als agenderend wetenschappelijk onderzoek als gelijkwaardige partners met bedrijven de nodige innovaties te realiseren.

Het is dan ook een eer om aan een universiteit te mogen doceren die tegelijk maatschappelijk kritisch en wetenschappelijk excellent wil zijn. Zo kom ik tot mijn afronding.

De Nederlandse organisatie van Toepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek, TNO genaamd, heeft als wettelijke taak het innovatief vermogen van de Nederlandse maatschappij te vergoten. Met dank aanvaardden wij dan ook de uitnodiging om vanuit TNO onze kennis over innovatiemanagement te mogen delen met de Radboud Universiteit. Er komen in de toekomst meer verrassingen, we hebben daar de laatste honderd jaar mee leren omgaan en we kunnen ze de laatste decennia iets beter voorspellen. Het wordt nog drukker op het Keizer Kareplein van de innovatie. De uitdaging is om innovatie als interactie tussen maatschappij en wetenschap meer te laten zijn dan een eenrichtingsrotonde: een netwerk van mensen en instanties met verschillende verantwoordelijkheden en een gemeenschappelijke ambitie om een betere wereld voor ons allen te realiseren.

LITERATUUR

1. Erik Arnold, Flora Giarracca (2012), *Getting the Balance Right*, Technopolis-group.com for EARTO
2. AWT (2013), *Waarde creeren uit maatschappelijke uitdagingen*, Advies 82
3. Henry Chesbrough (2003), *Open Innovation: the new imperative for creating and profiting from technology*, Harvard Business School Pub. ISBN 1-57851-837-7
4. Dirk van Delft (2005), Heike Kamerlingh Onnes, Bert Bakker Uitg. ISBN 90-351-2739-0
5. Ewald Engelen (2014), *Gezocht: een nieuwe Henry Ford*, NRC, 4 jan 2014
6. Richard Florida (2005), *The Flight of the Creative Class*, Harper Business Pub, ISBN 0-06-075690-x
7. John Gribbin (2003), *Science: A history*, Penguin Books, ISBN 978-0-140-29741-6
8. Andrew (A. S.) Grove (1996). *Only the Paranoid Survive*. Doubleday. ISBN 0-385-48258-2
9. Gary Hamel & C.K. Prahalad (1994), *Competing for the Future*, Harvard Business School Press, ISBN 0-87584-416-2
10. Willem Frederik Hermans (1975), *Onder Professoren, De Bezige Bij*, ISBN 90-2344-0520 x
11. KNAW (2013), *Publieke Kennisinvesteringen en de waarde van Wetenschap*
12. Thomas S Kuhn (1962), *De structuur van wetenschappelijke revoluties, Boom*, ISBN 90-6009-391-7
13. Ray Kurzweil (2005), *The singularity is near: when humans transcend biology*, Penguin Group, ISBN 0-670-03384-7
14. Walter Manshanden (2013), private communication (TNO)
15. Mariana Mazzucato (2013), *The entrepreneurial state* Anthem Press, ISBN 978-0-85728-252-1
16. Deidre N. McCloskey (2013), *Wees innovatief, wees burgelijk*, NRC 10 maart 2013
17. Geoffrey A. Moore (1995), *Inside the Tornado*, HarperCollins Pub. ISBN 1-900961-58-x
18. Sylvia Nasar (2011) *De wil tot Welvaart (Grant Pursuit)*, De Bezige Bij, ISBN 978-90-23466772
19. Carlota Perez (2002), *Technological Revolutions and Financial Capital*, Edward Elgar Pub., ISBN 1-84376-331-1
20. Michael E. Porter (1985), *Competitive Advantage*, The Free Press, ISBN 0-02-925090-0
21. Peter Schwartz (2003) *Inevitable Surprises*, The Free Press, ISBN 0-7432-3910-5
22. Egbert-Jan Sol (2001), *A dollar a day. in one-plus-four-ambitions-for-2010*, www.ejsol.dse.nl/DSE/presentations.html
23. Egbert-Jan Sol (2005), *intelligente pleisters en punaise in The stone age was not ended by lack of stone, the silicon age will not end by lack of sand*. www.ejsol.dse.nl/DSE/presentations.html
24. Egbert-Jan Sol (2011), *Chemergy*, www.ejsol.dse.nl/DSE/presentations.html
25. Egbert-Jan Sol (2013), *Nederland 2028*, www.ejsol.dse.nl/DSE/presentations.html en *Financieel Dagblad* 13 mei 2013, *Vijf nieuwe multinationals*
26. Nassim Nicholas Taleb (2007), *The Black Swan - The impact of the Highly Improbable*, Random House NY, ISBN NL 978-90-5712-267-5
27. Evert-Jan Velzing (2013), *Innovatie politiek*, Eburon Delft, ISBN 978-90-5972-799-1
28. Mathieu Weggeman (2008), *“Leiding geven aan Professionals - niet doen”*, Scriptum, ISBN 978-90-5594-3524
29. *Publieke R&D financiering in Nederland (bron o.a. Ministerie van EZ)*.

