

RIVM rapport 408129008

Doorbraaktechnologieën en het milieu
Achtergrondinformatie bij de Vijfde
Milieuverkenning

A.M. Idenburg en D. Nagelhout

Januari 2001

Met essays van:

J. baron van Till (Stratix)

S. Keuning (Bioclear)

A. Beukers (TUD)

E. van Hinte (wetenschapsjournalist)

A. ten Wolde (VNO-NCW)

A.J. Nijman (Philips)

Met illustraties van Nanette Hoogslag

Met flitsen van RIVM-medewerkers

Werkgroep Technologie 2050:

A.M. Idenburg

P.P.M. Nouwen (Arcadis)

D. Nagelhout

R.J. de Bes (Arcadis)

W.F. Blom

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Ministerie van VROM,
Directoraat Generaal Milieubeheer, directie Strategie en Bestuur, in het kader van project
408129, Nationale Milieuverkenning 5.

Abstract

Developments in pioneering technologies like information and communication technology, biotechnology, nanotechnology and materials technology, will affect our society to a great extent in the next fifty years, and for this reason, are very important to the quality of the environment. With this in mind a study was undertaken within the framework of the fifth National Environmental Outlook. How our environment will be changed remains to be seen. Many of the technologies offer possibilities for improvement, like less use of energy, lower emissions and less use of space. To what extent depend on changes in volumes related to increasing welfare. There are also risks associated with new technologies because of effects that are hardly predictable or not predictable at all. These risks, which play an important role in the discussion on biotechnology, also exist in other technologies. Ethical aspects of (applying) pioneering technologies are at issue too. Governments can play an important role in bridging the gap between research and application, by issuing regulations, (higher) education policy and as client of new applications.

Summary

Pioneering technologies and the environment

Developments in pioneering technologies will affect our society to a great extent in the next fifty years, and for this reason, are very important to the quality of the environment. With this in mind a study was undertaken within the framework of the fifth National Environmental Outlook. How our environment will be changed remains to be seen. Many of the technologies offer possibilities for improvement, although to what extent depend on changes in volumes related to increasing welfare. There are also risks associated with new technologies because of effects that are hardly predictable or not predictable at all. These risks, which play an important role in the discussion on biotechnology, also exist in other technologies. Ethical aspects of (applying) pioneering technologies are at issue too.

Information and communication technology

Much has changed the last few years under the influence of Information and Communication Technology (ICT). Capacity and speed of computers have grown considerably due to 'miniaturising'. The Internet and developments in telecommunication have led to a greater availability of information and a greater accessibility of people in time and space. The capacity and speed of computers will continue to grow by leaps and bounds in the coming years. Telecommunications will also offer us many user-friendly applications. Many of the developments presented in this report will be put into practice during the next twenty years. The kind of developments resulting from the synthesis of ICT, nanotechnology and biotechnology is hard to grasp at the moment. The information society also brings its own risks. Questions posed are, for example: Will ICT mean a growing gap between people? How will ICT affect privacy? Will society become more vulnerable?

Biotechnology

Expectations on the possibilities of biotechnology are high, not at least seen in the results of the Human Genome project. For example, new drugs can be made by genetic engineering of microorganisms. Biotechnology is also used to add desirable properties to crops or remove undesirable properties from them. There are great expectations about altering multiple genes in crops. Biotechnology is not restricted to microorganisms and crops. Mammals are genetically modified in order to produce drugs and tissues for xenotransplantation. Genetic engineering of animals is sometimes combined with cloning techniques to produce identical offspring. In the near future it will be possible to grow skin and bone tissue from a patient's cells. Xenotransplantation may become unnecessary. More far-reaching ideas are found in the literature on biotechnology.

The discussion on the ethical aspects of altering life has somewhat dampened the high hopes for biotechnology. Risks can arise from unintentional side effects too; these range from negative outcomes for ecosystems to detrimental long-term effects on health.

Nanotechnology

Nanotechnology, found to a large extent in the phase of fundamental research, is used to attempt to build structures on a scale of 1 to 100 nanometers by manipulating atoms in a controlled way. This causes materials to acquire other properties than usual. Although scientists are of the common opinion that this technology may offer many prospects, there is a long way to go. Building nanostructures costs time or space and will therefore only be used for high-quality applications. Some scientists name additional far-reaching options like self-assembling molecular machines to be used as destroyers of cancer cells, or in decomposition of hazardous materials in the environment. More extreme is the idea that molecular machines can produce all we want, without polluting the environment since materials can be structured from scratch.

Materials technology

Materials technology deals with the composition and shape of materials related to the properties in an application. One trend, accelerated especially in the last century, is that materials are not so much acquired but also designed by combining knowledge from different disciplines. More and more studies are being carried out to examine the possibilities of lighter (or stronger) materials and structures, with a view to less use of materials or from an energy point of view.

Another trend is our increased interest in the properties of a material in an application and that the material be designed for that purpose. More and more research is being done with alternative raw materials, not only biological instead of fossil sources, but also on uses for exotic metals. Finally, much research is taking place on connecting materials.

There is a lot of optimism in the literature about the potency of materials technology.

Different fields of technology are sometimes dependent on each other. Combining different technologies is expected to lead to a lot of applications that cannot be foreseen at the moment.

In this report, possible applications for pioneering technologies have been grouped to closely connected activities, with the most probable developments presented in this summary.

Various alternatives are explored in Chapter 4 of the report.

Living, the design of the house, clothing and relaxation

Newly built and renovated buildings will consist more and more of light plastics with insulating and moisture-regulating properties. Buildings will have (organic) solar cells on roofs and outer walls. Heating and lighting will be managed automatically. Stronger yarns will make it possible to wear clothes longer. Clothing can also become more insulating, dirt-repelling and self-ironing. Much earlier than 2050 we will see many buildings supplied with several flexible ultra-high resolution displays for relaxation and communication purposes. Nearly all household articles will be supplied with cheap electronics. Many products will be custom-made, which will extend their lifespan. The application of pioneering technologies will result in a surplus with respect to energy use and will also lead to lower noise levels.

Food

It is very plausible that many foodstuffs will be altered by biotechnology. Improved protein-containing products can lead to a diminishing use of meat and fish. Food will consist more and more of genetically modified products. Many crops will be genetically modified for protection against insects as pests and pathogenic organisms, and for larger yields per hectare, growth under difficult physical conditions and better quality.

Genetic modification of crops will result in less use of energy and space per hectare. It also implies risks of harmful effects on ecosystems because, in spite of screening, unexpected effects cannot be ruled out. Higher yields per hectare are favourable in conservation of biodiversity. The consumption of meat and fish substitutes is also attractive in this respect. Biological farming is not attractive from the energy point of view, but does not pose a risk to ecosystems. Small-scale farming will lead to a more attractive landscape.

Health and care

The different pioneering technologies will also lead to numerous applications in the health care sector. Increased knowledge on the human genome may make it possible to give personalised diet and health-related behaviour advice. Technology can 'think' along with us about optimal diet and activity patterns and will eventually be able to spot good and bad habits. Nanotechnology might lead to tiny sensors being used as early warning devices for people for whom the risk of certain illnesses is greater. These sensors can be implanted in the body. This technology also makes it possible to deliver drugs at the right time and place, and so, diminish side-effects. A surgeon can operate from a distance using robots. Better implants, which reduce the risk of rejection, can be produced by tissue engineering. Applications of different pioneer technologies will also be applicable to regeneration of skin, bone and other missing or damaged tissues. There are also ideas – a spin-off of cancer research - about technology for delaying ageing processes and prolonging a maximum lifespan. However, the broad adoption of and a significant increase in the maximum lifespan are not expected in the next thirty years.

The technological developments discussed in the report will have consequences for the size, composition and activities of the population and, as a result, will have indirect negative effects on the environment.

Work and education

School is here to stay; however, children and adults will, in the future, be educated at home via three-dimensional distance learning. Teleworking and teleconferencing become common practice, but do not replace person-to-person co-operation completely. The enormous increase of the capacity and speed of computers and strong improvements in logistics will lead to the robotised production of all sorts of individualised products. The Dutch agricultural sector may function as an expertise centre for specialised and high-grade sugar and starch production, in particular, for the chemical and pharmaceutical industries and to a lesser degree for the food industry.

Trees can be genetically modified to realise higher outputs for the paper and wood industry, and biomass production. The use of new materials in greenhouses and the input of sensors and robots will lead to a strong reduction in the use of water, fertiliser and energy. In industry, emissions have been drastically reduced, for example, by the use of (bio)sensors. In the chemical industry reactions using energy and raw materials can be run more efficiently thanks to specific (bio)catalysts. The chemical and building-materials industry make more use of biological resources.

Several of the applications described have a positive effect on the use of energy and raw materials. The use of biomass as a substitute for fossil sources has positive results for climate change, but cultivation takes space and there is more pressure on biodiversity.

Mobility

Nanotechnology makes it possible to make lighter but strong materials for means of transport. Very compact batteries and fuel cells can also be produced with nano-materials. Cars will probably be driven by fuel cells and electricity. All kinds of developments are leading to more silent cars. Developments in ICT and sensor technology make it possible to construct safe automated road traffic systems, which will considerably extend the capacity of main roads. Speed limits for roads where the car is driven and accounts based on time, road type and land price become serious possibilities. Flying will eventually become quieter. ICT will also make underground transportation of goods in and between cities possible. Nearly all the applications of pioneering technologies in this area will have positive effects on the environment, although, to what extent will also depend on changes in volumes related to increasing welfare.

Recreation and environmental management

Thanks to some pioneering technologies it will be possible to relax in local recreation parks which look like exotic countries. 'Holiday trips' will partly take place at home sitting on the couch; the world will be explored from the living room. These developments are expected to provide more of a supplement than substitute.

The quality of water, soil and air will be under permanent management, for example, by means of biosensors and remote sensing. This will enable prompt intervention when the quality of the environment is in danger. New technologies have a neutral to positive impact on the environment here.

Government policies

Many developments in pioneering technologies take place in internationally operating companies and research institutes. National governments can direct these developments only to a small extent. And yet the (possible) influence of the government, in particular to technology applications, must not be underestimated. Where there is still a great deal of uncertainty about the economic feasibility, it is precisely with new technologies that

governments can play an important role in bridging the gap between research and application. This happens especially from the perspective of the large economic importance that is indispensable in international competition. In this way, government can influence the whole path of technology development (from innovation to diffusion) by issuing regulations. (Higher) education policy is also important to development of pioneer technologies. And, finally, the government plays an important role as (potential) client of new technological applications (keep in mind particularly the possible infrastructure applications).

Voorwoord

Conform de Wet Milieubeheer, maakt het RIVM elke vier jaar een milieuverkenning, ter voorbereiding op een nationaal milieubeleidsplan. De Vijfde Milieuverkenning (MV5) is in september 2000 uitgekomen en dient als voorbereiding op het Vierde Nationaal Milieubeleidsplan (NMP4) dat in 2001 zal verschijnen. De MV5 rapporteert over de verwachte gevolgen van maatschappelijke ontwikkelingen voor het milieu met effecten op mens en natuur in Nederland, tegen de achtergrond van de ontwikkelingen in Europa en op wereldschaal in de periode 2000-2030. Voor Nederland gebeurt dit onder aanname van 'vastgesteld beleid'. Dit beleid omvat alle maatregelen die door de Tweede Kamer zijn vastgesteld vóór 1 januari 2000 of waarvoor de financiering geregeld is. Voorts is geanalyseerd wat de bijdrage zou kunnen zijn van enkele reeds in de politiek of het beleid in bespreking zijnde maatregelen. De MV5 biedt hiermee basisscenario's die vergeleken kunnen worden met streefbeelden, doel- en taakstellingen van het Nederlandse beleid. Voor de mondiale schaal gebruikt de MV5 enkele internationaal erkende scenario's van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), met name berekeningsresultaten die het RIVM hieraan heeft bijgedragen. Voor de Europese schaal zijn zowel de IPCC-scenario's als het EU-baseline scenario gebruikt. Voor Nederland is gebruik gemaakt van de volgende scenario's van het Centraal PlanBureau (CPB): Global Competition (GC) en European Coordination (EC). Het RIVM heeft deze doorgetrokken van 2020 naar 2030.

De MV5 is gebaseerd op een veelheid aan informatie die niet in zijn geheel in de verkenning zelf opgenomen kon worden. Het betreft met name onderbouwingen van analyses maar ook extra informatie ten opzichte van de MV5. Omdat deze informatie voor bepaalde groepen lezers relevant is, wordt zij gepubliceerd in een serie achtergrondrapporten, voor zover zij niet elders wordt gepubliceerd.

Het laatste hoofdstuk van de MV5 geeft onder meer een idee van de mogelijke effecten van doorbraaktechnologieën op de belangrijkste milieuproblemen. Als doorbraak- of sleuteltechnologieën worden veelal informatie- en communicatietechnologie, biotechnologie nanotechnologie en materiaaltechnologie gezien. Informatie hierover is verzameld in het Project Technologie 2050. In dit achtergrondrapport is het werk in het project uitgekristalliseerd.

Een belangrijke bijdrage aan de studie is geleverd via het schrijven van vier essays door een aantal personen die nauw betrokken zijn bij ontwikkelingen op deze technologiegebieden. Een vijfde essay gaat nader in op consumentenproducten in 2050. Wij zijn J. baron van Till, S. Keuning, A. Beukers, E. van Hinte, A. ten Wolde en A.J. Nijman zeer erkentelijk voor deze inspirerende bijdragen.

Het rapport is doorspekt met zogenaamde flitsen waarin RIVM medewerkers met expertise op een bepaald vakgebied meer of minder serieus in 'mini-essays' een indruk geven van verwachte technologische doorbraken op de betreffende gebieden in 2050. Wij danken onze RIVM collega's voor deze – op persoonlijke titel geschreven – juweeltjes.

Een derde bron van informatie wordt gevormd door het literatuuronderzoek. Hier hebben R.J. de Bes van Arcadis en W.F. Blom van het RIVM een belangrijke bijdrage geleverd.

Essays, flitsen en literatuuronderzoek waren het uitgangspunt voor een tweetal workshops waarin met tal van deskundigen van gedachte gewisseld is over het onderwerp.

Op basis van al deze informatie en de uitkomsten van de workshops heeft de werkgroep een beeld geschetst van de mogelijke toepassingen van de genoemde doorbraaktechnologieën en de daaraan gerelateerde milieueffecten.

De essays dienden daarnaast ook als inspiratiebron voor een vijftal illustraties van N. Hoogslag.

Dank is ook verschuldigd aan M. van Schijndel, vooral voor haar bijdrage in de beginfase van het project. In de leiding van het project heeft P.P.M. Nouwen van Arcadis een prominente rol gespeeld.

Annemarth Idenburg

Dick Nagelhout

Inhoud

Samenvatting	14
1. Inleiding	19
1.1 <i>Aanleiding tot project</i>	19
1.2 <i>Aanpak en leeswijzer</i>	20
2. Essays	23
2.1 <i>Inleiding</i>	23
2.2 <i>Informatie- en Communicatie Technologie (ICT)</i>	25
2.3 <i>De rol van biotechnologie in de duurzame samenleving van 2050</i>	33
2.4 <i>Nanotechnologie</i>	43
2.5 <i>Fuzzy Future (Materiaaltechnologie)</i>	48
2.6 <i>Consumenten: The electronic world - Possible aspects of the world in 2050</i>	53
3. Literatuurstudie	59
3.1 <i>Inleiding</i>	59
3.2 <i>Doorbraaktechnologieën in de 21st eeuw</i>	62
3.3 <i>Informatie- en communicatietechnologie</i>	67
3.4 <i>Biotechnologie</i>	70
3.5 <i>Nanotechnologie</i>	75
3.6 <i>Materiaaltechnologie</i>	78
4. 2050: Technologie in het dagelijkse leven	83
4.1 <i>Inleiding</i>	83
4.2 <i>Maatschappelijke krachten en scenario 's</i>	83
4.3 <i>Toekomstbeelden voor 2050</i>	90
5. Slotopmerkingen	106
Literatuur	108
Bijlage 1: Impressies uit de gehouden workshops over technologie 2050	113
Bijlage 2: Deelnemers workshops Technologie 2050	116
Bijlage 3: IPCC scenario's	117
Bijlage 4: Verzendlijst	119

Samenvatting

Doorbraaktechnologieën en het milieu

Ontwikkelingen in doorbraaktechnologieën hebben een belangrijke invloed op het aanzien van de wereld in 2050. Zij zijn daarmee ook van groot belang voor de kwaliteit van het milieu. Welke invloed dat zal zijn is echter veel minder eenvoudig te voorspellen. Veel van de technologieën bieden mogelijkheden voor verbeteringen van het milieu. Het effect op het milieu hangt mede af van het verloop van volume-ontwikkelingen als gevolg van een toenemende welvaart. Ook zijn er risico's verbonden aan nieuwe technologieën, effecten die nu nog nauwelijks of niet in te schatten zijn. Deze risico's spelen al een belangrijke rol in de discussie omtrent biotechnologie, maar zijn ook aanwezig bij andere technologieën. Daarnaast zijn ethische aspecten van (toepassingen van) doorbraaktechnologieën in het geding.

Informatie- en communicatietechnologie.

Onder invloed van ICT is de afgelopen jaren al veel veranderd. De capaciteit en snelheid van computers zijn door miniaturisering sterk uitgebreid. Internet en ontwikkelingen in telecommunicatie hebben geleid tot een grotere beschikbaarheid van informatie en een grotere bereikbaarheid van mensen in ruimte en tijd. Capaciteit en snelheid van computers zullen de komende jaren nog sterk toenemen. Ook in de telecommunicatie zullen nog vele gebruikersvriendelijke toepassingen worden gevonden. Veel van wat is beschreven kan de komende 20 jaar al werkelijkheid worden. Wat de synthese van ICT, nano- en biotechnologie gaat brengen is nog nauwelijks voor te stellen.

Er is discussie over de vraag of er een tweedeling in de samenleving zou kunnen komen doordat sommigen wel hun weg in de informatiemaatschappij vinden en anderen niet. Door sommigen wordt gevreesd dat de privacy van de burger gevaar loopt. Ook wordt wel geopperd dat de samenleving storingsgevoeliger wordt.

Biotechnologie

De verwachtingen omtrent de mogelijkheden van biotechnologie zijn hoog gespannen, niet in de laatste plaats door de uitkomsten van het Human Genome project. Door genetische modificatie van micro-organismen kunnen bijvoorbeeld nieuwe medicijnen gemaakt worden. Genetische modificatie vindt ook plaats om gewenste eigenschappen aan gewassen toe te voegen of ongewenste eigenschappen uit te schakelen. Veel wordt verwacht van de mogelijkheid meerdere genen in een organisme of gewas te kunnen veranderen. De biotechnologie beperkt zich niet tot micro-organismen en gewassen. Zoogdieren worden genetisch gemodificeerd voor de productie van medicijnen en ten behoeve van de productie van weefsels voor transplantatie naar mensen (xenotransplantatie). Genetische modificatie van dieren wil men soms combineren met kloontechnieken om een nageslacht te krijgen met dezelfde genetische samenstelling. De komende jaren wordt het mogelijk huid- en botweefsel te kweken op basis van cellen van de patiënt zelf. Er wordt gezocht naar kweekmethoden voor orgaanweefsel. Wellicht wordt xenotransplantatie een overbodige route. In de literatuur komen ook verdergaande ideeën voor rond de mogelijkheden van biotechnologie.

Hooggespannen verwachtingen van biotechnologie worden getemperd door de discussie over de ethische aspecten van het ingrijpen in levende organismen. Daarnaast wordt gewezen op de risico's van onbedoelde neveneffecten variërend van negatieve effecten op ecosystemen tot schade aan de gezondheid op langere termijn.

Nanotechnologie

Deze technologie bevindt zich nog grotendeels in het stadium van fundamenteel onderzoek. Ze richt zich op het bestuderen en veranderen van voorwerpen op de schaalgrootte van atomen en moleculen. Op nanoschaal hebben materialen andere eigenschappen dan de gebruikelijke. De algemene mening onder deskundigen is dat de technologie zeer veel nuttige toepassingen zou kunnen bieden, maar dat nog een lange weg is te gaan. Het 'opbouwen' van nanostructuren kost tijd of ruimte en de technologie zal daarom alleen gebruikt worden voor hoogwaardige toepassingen. Door sommigen worden nog verdergaande mogelijkheden genoemd zoals zichzelf reproducerende moleculaire machines voor gebruik als vernietiger van kankercellen of afbraak van ongewenste stoffen in het milieu. Nog extremer zijn de gedachten dat moleculaire machines alles zullen kunnen maken wat we maar willen, zonder het milieu te vervuilen, omdat materialen vanaf de basis opgebouwd zouden kunnen worden.

Materiaaltechnologie

Deze technologie houdt zich bezig met de samenstelling en vorm van materialen in relatie tot de (gewenste) eigenschappen bij toepassing. Een trend die vooral de vorige eeuw is versneld is dat materialen niet zozeer worden gewonnen, maar vooral ook worden ontworpen, door bundeling van kennis uit verschillende wetenschappen.

Steeds vaker wordt onderzocht of materialen of structuren lichter (of sterker) kunnen worden. Dit met het oog op het minder gebruiken van materiaal of uit energieoogpunt.

Een tweede trend is dat meer gekeken wordt naar de meest gewenste eigenschappen van een materiaal in een bepaalde toepassing en dat daar het materiaal op wordt ontworpen.

Bij de productie van materialen wordt steeds meer gezocht naar alternatieve grondstoffen.

Men moet hierbij denken aan biologische grondstoffen in plaats van fossiele grondstoffen, maar ook aan het gebruik van exotische metalen.

Tenslotte wordt veel inspanning gestoken in nieuwe typen verbindingen tussen materialen.

Uit de literatuur spreekt een groot optimisme over de mogelijkheden van materiaaltechnologie.

De ontwikkelingen in doorbraaktechnologieën zijn soms van elkaar afhankelijk. Van het combineren van verschillende doorbraaktechnologieën worden nog veel - nu nog onbekende - toepassingen verwacht.

De mogelijke toepassingen van doorbraaktechnologieën zijn geclusterd naar groepen van met elkaar samenhangende activiteiten. In het volgende zijn de meest waarschijnlijke ontwikkelingen aangegeven. In het rapport worden ook verschillende varianten geschetst.

Wonen, inrichting, kleding, ontspanning

Bij nieuw- en verbouw van gebouwen kan in toenemende mate gebruik worden gemaakt van lichtere kunststoffen die warmte vasthouden in de winter, zorgen voor verkoeling in de zomer en de luchtvochtigheid reguleren. Gebouwen worden voorzien van (organische) zonnecellen op daken en gevels. Verwarming en licht worden geregeld met woningautomatisering.

Sterkere garens zorgen er voor dat kleding langer meegaat. Kleding kan verder beter isolerend, vuilafstotend en zelfstrijkend gemaakt worden. Al veel eerder dan in 2050 zullen veel woningen (en kantoren) voorzien worden van diverse flexibele ultra-hoge-resolutie schermen voor ontspanning en communicatie. Vrijwel elk artikel zal voorzien worden van goedkope elektronica. Veel producten zullen op maat gemaakt worden, hetgeen goed is voor de levensduur.

De toepassing van doorbraaktechnologieën heeft per saldo een gunstige invloed op het energiegebruik. Toepassing van nieuwe materialen leidt ook tot een lagere geluidsbelasting.

Voeding

Zeer waarschijnlijk zullen veel voedingsmiddelen de komende 50 jaar veranderen door biotechnologie. Verbeterde eiwithoudende producten kunnen leiden tot een afname van het gebruik van vlees en vis. De voeding zal hoe langer hoe meer bestaan uit genetisch gemodificeerde producten. Veel gewassen worden genetisch gemodificeerd met het oog op bescherming tegen ziekten en parasieten, vergroting van de opbrengst per hectare, groei onder ongebruikelijke omstandigheden en verbetering van eigenschappen als smaak en houdbaarheid.

Genetische modificatie van gewassen zal per eenheid product een positief effect hebben op het energie- en ruimtegebruik. Het houdt ook risico's in voor aantasting van ecosystemen omdat ondanks screening, onvoorzienbare effecten niet zijn uit te sluiten. Hogere opbrengsten per hectare zijn gunstig voor het behoud van biodiversiteit. Ook het gebruik van vlees- en visvervangers is wat dat betreft aantrekkelijk. Biologische landbouw is energetisch niet aantrekkelijker maar kent geen risico's voor ecosystemen en is door de kleinschaligheid landschappelijk gezien aantrekkelijker.

Gezondheid en zorg

De verschillende doorbraaktechnologieën zullen de komende decennia ook tal van toepassingen in de zorg krijgen. Toegenomen kennis van het menselijk genoom maakt het wellicht mogelijk individuele voedings- en gedragsadviezen te geven. Huishoudelijke technologie kan gaan 'meedenken' over optimale voedings- en activiteitenpatronen en eventueel slechte en goede gewoonten signaleren. Nanotechnologie zou kunnen zorgen voor sensoren die ingebracht worden bij personen met een verhoogde kans op ziekte, zodat deze al vroegtijdig gesignaleerd en behandeld kan worden. Deze technologie maakt het ook mogelijk lokaal de medicijnen af te geven in het lichaam, waardoor bijwerkingen kunnen verminderen. Met robots kan een chirurg op afstand opereren. Met tissue-engineering worden verbeterde transplantaten gemaakt die het risico van afstoting verkleinen. Ook worden toepassingen van sleuteltechnologieën gezien in onder andere huid- en botweefsel dat bij de patient 'aangroeit'. Men kan ook denken aan voortgang in technologie bij het vertragen van veroudering. Het gaat dan om het verlengen van de maximale levensduur, mogelijk gemaakt door kennis en technologie die opgedaan is bij kankeronderzoek. Grootschalige toepassingen en een significante toename van de maximale levensduur zijn de komende dertig jaar niet te verwachten.

De beschreven technologische ontwikkelingen hebben gevolgen voor de omvang, samenstelling en activiteitenpatronen van de bevolking en daardoor indirect negatieve gevolgen voor het milieu.

Werk en opleiding

De school blijft, maar daarnaast wordt thuis driedimensionaal interactief onderwijs gevolgd door kinderen en volwassenen. Telewerken en virtueel op afstand vergaderen worden usance, maar vervangen niet volledig het fysiek samenwerken. De enorme toename van de capaciteit van computers en sterke verbeteringen in de logistieke dienstverlening leiden er toe dat de productie van allerlei goederen (door robots) efficiënt op maat gemaakt wordt, afgestemd op de individuele vraag.

De Nederlandse landbouwsector kan als kenniscentrum gaan fungeren voor gespecialiseerde en hoogwaardige suiker- en zetmeelproductie die met name bedoeld is voor de chemische en farmaceutische industrie en in mindere mate voor de voedings- en genotmiddelenindustrie. Boomsoorten kunnen genetisch gemodificeerd worden met het oog op de papier- en houtproductie en biobrandstoffen. Toepassing van nieuwe materialen in de kassenbouw en de inzet van sensoren en robots leiden tot een sterke vermindering van het gebruik van water, meststoffen en energie.

In de industrie worden emissies drastisch gereduceerd door bijvoorbeeld de inzet van (bio)sensoren. In de chemie kunnen reacties qua energie- en grondstofgebruik efficiënter verlopen dankzij specifieke (bio)katalysatoren en nieuwe procesroutes. De chemie en de bouwmaterialenindustrie maken meer gebruik van biograndstoffen.

Vershillende van de beschreven toepassingen hebben een positieve invloed op het energie- en grondstofgebruik. De toepassing van biograndstoffen in plaats van fossiele energiebronnen heeft een positieve invloed op het klimaat, maar de teelt heeft ruimte nodig en er ontstaat een grotere druk op de biodiversiteit.

Verkeer en vervoer

Nanotechnologie maakt het mogelijk te komen tot lichte maar sterke materialen voor vervoermiddelen. Met nanomaterialen worden ook uiterst compacte batterijen en brandstofcellen gemaakt. Voor de aandrijving van auto's wordt waarschijnlijk gebruik gemaakt van brandstofcellen en elektriciteit. Allerlei ontwikkelingen maken de auto stiller. Ontwikkelingen in ICT en sensortechnologie maken het mogelijk veilige geleide-autovervoerssystemen aan te leggen die de capaciteit van hoofdwegen aanzienlijk vergroten. Snelheidsbeperkingen gerelateerd aan de weg waar een voertuig zich bevindt en afrekening op basis van tijdstip, type weg en grondprijs worden serieuze mogelijkheden. Vliegen wordt op lange termijn stiller. Door ICT wordt het mogelijk het goederenvervoer in en tussen grote steden ondergronds te laten plaatsvinden.

Vrijwel alle toepassingen van nieuwe technologieën hebben positieve gevolgen voor het milieu. In hoeverre het milieu beter af is, hangt echter ook af van volumeontwikkelingen welke verbonden zijn aan een toenemende welvaart.

Recreëren en beheren

Dankzij enkele doorbraaktechnologieën kan men zich ontspannen in lokale ontspanningsparken waar men zich waant in verre buitenland. 'Vakantiereizen' vinden deels thuis plaats op de bank; de wereld wordt vanuit de huiskamer verkend. Verwacht wordt dat deze ontwikkelingen eerder een aanvulling zijn op het echte reizen, dan een vervanging. De kwaliteit van water, bodem en lucht wordt voortdurend onder andere met biosensoren en vanuit de ruimte (remote sensing) gecontroleerd, zodat snel ingrijpen mogelijk is als de kwaliteit van de omgeving wordt bedreigd.

De effecten van nieuwe technologieën zijn neutraal tot positief voor het milieu.

Overheidsbeleid

Veel van de ontwikkelingen op de beschreven technologie gebieden vinden plaats binnen internationaal opererende bedrijven en onderzoeksgroepen. Nationale overheden kunnen deze ontwikkelingen maar in beperkte mate sturen. Toch moet de (mogelijke) invloed van de overheid met name op de toepassingen van de technologieën ook weer niet onderschat worden. Juist als het gaat om nieuwe technologieën waarbij de onzekerheden over de economische haalbaarheid nog groot zijn, kan een overheid een belangrijke rol spelen in het dichten van de kloof tussen onderzoek en toepassing. Dit gebeurt dan ook vooral in het licht van het grote economische belang om de boot niet te missen in de internationale concurrentiestrijd. Daarbij heeft de overheid met regelgeving invloed op het gehele traject van technologieontwikkeling (van innovatie tot diffusie). Ook beleid op het gebied van het (hoger) onderwijs is van belang voor de ontwikkeling van de doorbraaktechnologieën. En tenslotte heeft de overheid een belangrijke rol als (mogelijke) afnemer van nieuwe technologische toepassingen (denk met name aan mogelijke infrastructurele toepassingen).

1. Inleiding

1.1 Aanleiding tot project

Technologie en technologie-ontwikkeling hebben tot nu toe beperkt aandacht gekregen in de milieuverkenningen. In de scenario's voor de economische productie en voor het vrijkomen van afval wordt expliciet rekening gehouden met trends ten aanzien van dematerialisatie. Vervolgens komt technologie alleen aan de orde als mogelijke oplossing voor bestaande milieuknelpunten. De oplossingen die beschreven worden beperken zich vaak tot bestaande technologie. Over mogelijke ontwikkelingen van technologie in het algemeen werden tot nu toe in de milieuverkenningen zelden uitspraken gedaan; eigenlijk werd er alleen ten aanzien van de kostprijs waarvoor enkele *milieutechnieken* beschikbaar komen rekening mee gehouden.

In de discussie over de relatie tussen milieu en economie speelt technologie echter een veel grotere rol. Tal van publicaties, bijvoorbeeld de *Nota Milieu en Economie* (1997), *Faktor Vier, Doppelter Wohlstand-halbierter Naturverbrauch* (von Weizsäcker e.a., 1996), *Sustainable Technology Development* (Weaver e.a., 2000), wijzen op de grote potentie van technologie voor het realiseren van een duurzame samenleving. Anderen vragen zich overigens af of technologische ontwikkelingen snel genoeg zullen gaan om de negatieve effecten van de voortschrijdende groei voldoende te compenseren (El Serafy, 1991). Maar ook neveneffecten van nieuwe technologieën zoals 'aanpassingen' in de consumptie en het productiesysteem, kunnen initiële positieve veranderingen tenietdoen (Hofkes e.a., 1998, Gatersleben, 2000). Terecht wordt door Jansen gesteld dat er een drie-eenheid bestaat tussen technologie, cultuur en structuur (DTO, 1997)

Om meer recht te doen aan bovenstaande discussie is voor de Vijfde Milieuverkenning (MV5) deelproject gestart waarin een poging gedaan wordt om, naast het 'traditionele' spoor, ook vanuit een breder perspectief naar technologie te kijken. De vraagstelling luidde: 'Welke mogelijke ontwikkelingen in de technologie zijn relevant voor de lange termijn (2050) én wat betekent dat voor het milieu?'

Waarom 2050?

De Vijfde Milieuverkenning loopt tot 2030. Dit deelproject kijkt naar technologische ontwikkelingen tot 2050. Waarom? Het doel is mogelijke ontwikkelingen van technologie in kaart te brengen, niet alleen de waarschijnlijke. De kans is groot dat wanneer de termijn beperkt zou worden tot 2030, de huidige trends in het denken doorgetrokken zouden worden. Daarmee zouden we onszelf, wellicht onbewust, beperken tot de meer voor de hand liggende technologische ontwikkelingen. De termijn van 2050 helpt bij het los komen van gedachten omtrent huidige ontwikkelingen om aldus open te staan voor ongetwijfeld zeer onwaarschijnlijke maar wel mogelijke technologie beelden.

De verbreding uitte zich in twee aspecten. Ten eerste werd in het project uitgegaan van technologieën en niet van milieuknelpunten. Er is gekeken naar wat deze technologieën kunnen gaan betekenen voor de toekomstige samenleving. Milieugevolgen, positieve dan wel negatieve, directe dan wel indirecte, werden pas in tweede instantie in kaart gebracht. Hierin wijkt het project sterk af van een studie als DTO (Interdepartementaal Onderzoekprogramma Duurzame Technologische Ontwikkeling). Daar ging het om een specifieke milieu-uitdaging;

een factor 20 toename in eco-efficiëntie in vijftig jaar, waarbij technologieën werden geïnventariseerd die dat mogelijk zouden kunnen maken. Een tweede verbreding was dat er naar lange termijn technologische ontwikkelingen werd gekeken. De prijs die we daar voor moesten betalen is die van geringe exactheid. In de ‘traditionele’ milieuverkenningen worden de effecten van het nemen van milieumaatregelen uitgedrukt in de reductie van emissies in relevante grootheden. Dit is niet mogelijk voor lange termijn technologische ontwikkelingen. Die laten zich eigenlijk alleen in kwalitatieve termen beschrijven. Informatie- en communicatietechnologie, biotechnologie, nanotechnologie en materiaaltechnologie worden vaak gezien als doorbraak- of sleuteltechnologieën die op termijn een belangrijke rol gaan spelen op veel terreinen. Voor een milieuverkenning is dan relevant om in te schatten wat de mogelijke positieve of negatieve gevolgen voor het milieu zouden kunnen zijn.

In het kader van dit onderzoek is geen bijzondere aandacht besteed aan energie-technologie. Mogelijke toepassingen van de doorbraaktechnologieën op energiegebied zijn wel meegenomen. Ontwikkelingen specifiek op energie gebied zijn het onderwerp van het project COOL (Climate OptiOns for the Long-term) van IVM, RIVM en WAU (Faaij et al., 1999).

1.2 Aanpak en leeswijzer

Het project onderscheidt verschillende onderdelen: 1) essays en flitsen, 2) literatuurstudie, 3) workshops, 4) integratie van informatie uit 1, 2 en 3 naar mogelijke gevolgen voor het dagelijkse leven in 2050.

Voor de essays en flitsen hebben we tal van mensen gevraagd hun inzichten in mogelijke technologische ontwikkelingen in beeldende bewoordingen aan het papier toe te vertrouwen. Voor de essays zijn vijf deskundigen van buiten het RIVM gevraagd dit te doen ten aanzien van een specifieke technologische invalshoek. In de essays is niet geprobeerd een totaalbeeld te geven van de maatschappij in 2050. Er worden kwalitatieve uitspraken gedaan over clusters van maatschappelijke activiteiten zoals wonen, zorg, werk, voeding, verkeer, en dergelijke. Er wordt aandacht geschonken aan het expliciteren van uitgangspunten, onzekerheden, voorwaarden die men noodzakelijk acht om tot ontplooiing van een techniek te kunnen komen en de bijdrage aan de kwaliteit van het milieu. De essays zijn weergegeven in hoofdstuk 2. Ieder essay wordt vooraf gegaan door een illustratie van Nanette Hoogslag. Verspreid door het rapport is ook een tiental meer of minder serieuze flitsen opgenomen van RIVM medewerkers met deskundigheid op bepaalde gebieden.

Om een zo duidelijk mogelijk beeld te krijgen van de merites van de genoemde doorbraaktechnologieën is een beperkte literatuurstudie uitgevoerd.

De essays, flitsen en een eerste versie van de literatuurstudie zijn begin 2000 het onderwerp geweest van twee workshops waarvan één met externe deskundigen en één met RIVM medewerkers. Impressies van deze workshops staan in bijlage 1, de deelnemers aan deze workshop worden in bijlage 2 genoemd.

Na de workshops is verder gegaan met de literatuurstudie.

Hoofdstuk 3 begint met een inleiding over technologieverkenningen.

Voor de literatuurstudie is gebruik gemaakt van een groot aantal bronnen, vaak ook uit de zogenaamde grijze literatuur. Deze literatuur bleek dankzij Internet veel gemakkelijker te raadplegen dan vroeger mogelijk zou zijn geweest. Per doorbraaktechnologie wordt ingegaan op de essentiële ontwikkelingen. Puntsgewijs wordt in het rapport een greep uit de mogelijke toepassingen weergegeven. De bestudeerde literatuur is aan het eind van het rapport opgenomen.

In hoofdstuk 4 worden - tamelijk compact - mogelijke beelden geschetst van toepassingen van doorbraaktechnologieën in het dagelijkse leven in 2050 en de mogelijke positieve of negatieve gevolgen voor het milieu. De toepassingen zijn gedestilleerd uit essays, flitsen en literatuurstudie.

Omdat niet duidelijk is hoe allerlei maatschappelijke ontwikkelingen de komende 50 jaar verlopen, wordt ook in de Vijfde Milieuverkenning gebruik gemaakt van verschillende scenario's en wel van internationaal erkende IPCC-scenario's. Deze worden deels gecombineerd met CPB-scenario's. In de Vijfde Milieuverkenning worden twee scenario's verder uitgewerkt op hun milieugevolgen.

Technologieën worden toegepast om functies te kunnen vervullen waarbij menselijke behoeften worden bevredigd. De consequenties van technologische toepassingen zijn geordend naar maatschappelijke activiteiten of functies. Per functie wordt een soort *basisbeeld* geschetst van toepassingen van doorbraaktechnologieën die in 2050 vrij waarschijnlijk lijken, min of meer onafhankelijk van de hiervoor geschetste scenario's. Daarnaast wordt per functie een beeld gegeven van mogelijke toepassingen in het Mondiale markt (A1) en het Regionale samenwerking (B2) scenario en waar deze te weinig onderscheidend zijn, bij andere combinaties van trends. Om de leesbaarheid te vergroten wordt spaarzaam gebruik gemaakt van de begrippen 'waarschijnlijk', 'mogelijk', 'kunnen', enz.¹

Per beeld wordt vervolgens ingegaan op mogelijke effecten voor het milieu, met name op de meer hardnekkige milieuproblemen.

Het laatste hoofdstuk van de MV5 (perspectieven op duurzame ontwikkeling) is voor een belangrijk deel gebaseerd op informatie uit het in dit rapport beschreven project.

Tenslotte, het jaar 2050 is genomen als richtpunt. Sommige beschreven ontwikkelingen zullen echter al (soms veel) eerder op grote schaal een toepassing vinden.

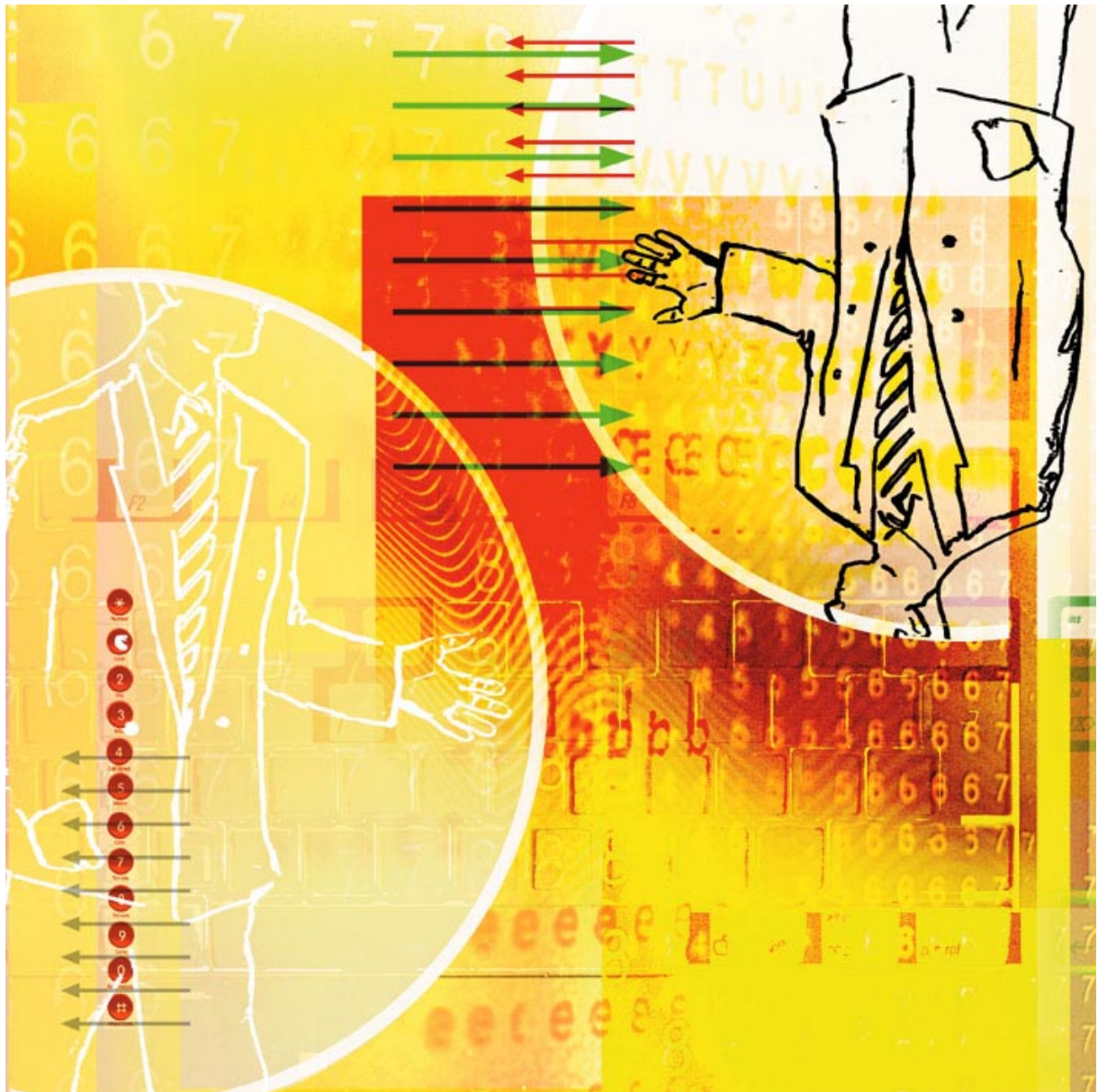
¹ In hoofdstuk 4.3 worden enkele voorbeelden gegeven van toepassingen die eerst in de verre toekomst werden gedacht, maar die bij nader inzien al heel dichtbij zijn. Ook worden toekomstverwachtingen aangestipt die niet verder zijn uitgewerkt in het rapport.

2. Essays

2.1 Inleiding

Een aantal personen van buiten het RIVM is aangezocht om in een essay vanuit hun deskundigheid op een bepaald terrein, een aantal beelden (flitsen) te schetsen van een mogelijke toekomst in 2050. Het was daarbij niet de bedoeling dat de flitsen een totaalbeeld zouden geven van een mogelijke maatschappij. Flitsen zouden ook tegenstrijdig mogen zijn. Er is gevraagd kwalitatieve uitspraken te doen over kernfuncties als wonen, zorg, werk en opleiding, vervoer, recreatie en natuurbeheer. De gehanteerde uitgangspunten zouden op hoofdlijnen verwoord moeten worden. Rekening kon worden gehouden met een bevolkingsomvang van 16 à 19 miljoen mensen in 2050 en een toename van de particuliere consumptie per hoofd van de bevolking in Nederland tot 3,5 à 5 keer het niveau van 1990 (ter vergelijking werd meegegeven dat de particuliere consumptie per hoofd van de bevolking nu 3,5 maal hoger is dan in 1950). Bij de essays zou aandacht geschonken moeten worden aan onzekerheden, de voorwaarden die men noodzakelijk achtte om tot ontplooiing van een bepaalde techniek te kunnen komen en de bijdrage die de technologie zou kunnen leveren aan de kwaliteit van het milieu en die van het leven.

In het volgende worden de essays weergegeven. In grote lijnen hebben de auteurs rekening gehouden met de vraagstelling zoals die hierboven is verwoord.



2.2 Informatie- en Communicatie Technologie (ICT)

J. baron van Till

Flits: ‘Vitaal verhuizen ofwel: bedrijfswefsels verplanten’

Dat was kantje boord. Bijna had ons team kwa externe relaties het loodje gelegd. Dat moeten we ook nooit meer doen, tegelijk virtueel en fysiek verhuizen van het bedrijf. We waren een vol uur onbereikbaar! De hele dag heb ik cyberlinks opnieuw moeten taggen. Het kwam omdat onze baas met haar gezin³ en gezin¹ wilde verhuizen naar de binnenrand van de stad. Mooi in een ECHT bos wonen, wat vroeger het ‘Groene Hart’ van de Randstad heette. Nu heet die cityring gewoon Amsterdam. Die naam is een wereldwijde brandname voor onze stadstaat & cityring-megapolis die iedereen kan plaatsen. Dat ging natuurlijk boven het behoud van de namen Rotterdam, Utrecht, Haag, etc. Door ICTNet kunnen we natuurlijk met het bedrijf overal neerstrijken waar we met onze lokalen kunnen docken, liefst vlakbij de meetingpoints & bandbreedtehotels, maar de bazin wil binnen 10 minuten op de brug staan zoals ze zelf zegt én toch ook mooi ruraal wonen. Zij wel. En wij moeten maar zien hoe we in onze autoboxen multimodaal aangesneld komen, alsof we niet ieder zo’n vier andere nomado-teamjobs in de week hebben en ieder een paar issue-families en gezinnen. Nou, wij zijn weer eens de segaar (rare uitdrukking, wat is eigenlijk een segaar?). Al onze netwerkrelaties moesten omgepatcht. ‘Let go’ noemt zij dat. Wat is nou eigenlijk haar toegevoegde waarde in onze netwerkdienstverlening, vragen wij ons af. Volgens mij heeft ze geen overzicht meer over de verschillende custom-waardekets die door onze cocoons lopen. Ze heeft nou wel het hele middle-management permanent naar de golfbanen en wandelpaden gestuurd en vervangen door ons wijsheid & kennisnetwerk maar dan moet ze dáár ook eens wat voorzichtiger mee omspringen. De localizing van al onze draadloosjes was nog dagen van slag. Drieduizend intelligente video-objecten van elk zo’n 30 terabyte konden een uur lang onze point of presence niet vinden. Hemel, dat heeft wat agents opgestart. Kijk die compu’s praten constant met elkaar. De wildste memes over onze ‘verdwijning’ gingen over het net, zag ik van onze tuinman. Hij liet het me zien via augmented reality op mijn visor.

Ik hoop maar dat die batterijplanten op ons dak ook weer snel willen aangroeien. Mooie ontdekking vlak na de crash van 2010, weet je nog, toen bleek dat die planten zowel goed gedijen op glasvezeltrossen, als besjes hebben die precies het juiste voltage afgeven om de gadgets op netwerktruien te voeden. Letterlijk Cool!

Uitgangspunten/trends/patronen

- Aannee is dat de volgende wetmatigheden blijven voortgaan:
- Wet van Moore. Verdubbeling van de performanceparameters van IC’s elke 18 maanden.
- Wet van Gilder. Verdubbeling van de capaciteitsparameters van telecom componenten (glasvezel bandbreedte, etc) elke 6 maanden.
- Paul Baran’s visie: smart radio netten maken radio (en glas)spectrum niet meer schaars.
- ICT toepassingen en met name de netwerkversies, nemen oude belemmeringen weg en doorbreken grenzen op elk gebied. Gevolgen: distorsies van ruimte en tijd, reëel en virtueel. Uitwerking is niet korte termijn, lineair maar lange termijn structureel. Voorbeeld: telefonie heeft ook niet reizen overbodig gemaakt maar wel buitenwijken tot gevolg gehad, en aldus de inrichting van bewoning/clustering totaal veranderd.
- Transparantie/openheid, maar & ook nieuwe cocooning/besloten (object) modules + netwerk aansluitingen.

- Mass-customising/vrije maatwerk klantkeuze/individualisering, maar & ook herintegratie op basis van binding met issues en interesse/kennis: clubvorming/teams /families. Burger kan lid zijn van meerdere clan's tegelijk en ook meer dan een netwerkpersoonlijkheid (identiteit) + set values opbouwen.
- Kanteling van hiërarchieën tot netwerkketens. Directheid die bureaucratie omzeilt. Tijdigheid van informatie in overeenstemming met de tijdschaal van de werkelijke processen! Dat kan dus betekenen: instantaan voor nieuws-memes en veilingen maar & ook plaatsing in wachtrijen tot aandacht nodig is.
- Netwerkorganisaties die binnenste-buiten zijn gekeerd, d.w.z. dat het onderhouden van relaties en verbindingen met hun omgeving prioriteit heeft. Waarde toevoegen aan waardeketens (uitbestedingen, onderaannemers) is doorslaggevend
- Vacuüm in het midden. Tussenschakels in processen die niets toevoegen /vertragen worden omzeild. Ander voorbeeld is vaker verre reizen maar & ook vaker thuisblijven.
- 'Blur'. Lastig interpreteerbaar is het verschijnsel dat een aantal ingeburgerde onderscheidingen en taakverdelingen (die trouwens nog niet eens zo lang geleden kunstmatig zijn aangebracht) zullen gaan vervagen, zoals woon/werk -tijd en -plaats, woonwijk/ winkelcentrum/fabrieksterrein, schoolopleiding/werk, getrouwd/ongetrouwd, allochtoon/autochtoon, etc. Alles krijgt 20 soorten en loopt in tijd en plaats door elkaar heen, wordt irrelevant of clustert zich totaal onverwachts anders dan we gewend waren. En we kunnen >1 teambaan, >1 gezin, >1 tribe, >1 geloof hebben.
- Na de huidige (horizontale) ICT ontwikkelingen met paradigma: <centrale bewerking/control> met: mainframe-->minicomputer--> PC--> LAN -->corp. intranet /Internet volgen nu de volgende fasen met <netwerkcentrisch, interconnectie van vele decentrale deelnemers> als paradigma:
 - huisnetwerken, gadgets met een bepaalde functie & draad(loos) genetwerkt.
 - internet op het lijf, knoepjes met een bepaalde functie & wireless netwerkaansluitingen: organizer, MP3 speler, camera, telefoon, visor, etc.
 - organische groei van compu-communities waar mensen ingeweven zijn?
- De ontwikkeling van de ICT technologie gaat steeds meer lijken op hoe de natuur zich heeft ontwikkeld: evolutie van soorten en generaties van mutaties en releases bestaande uit modules die overleven of afsterven.
- Ook in inhoudelijke (opwaarts verticale, synergie, Babel??) richting heeft ICT effecten. Na als werkgebied <bits> en <gegevens> te hebben wordt ICT ook echt op <informatie> en <kennis> losgelaten, in de vorm van samenwerkingsgereedschap, workflow en documentenbeheer maar ook richting SGML, XML en webzoeksysteem voor <ideeën, beelden> --> <mentale modellen> & <imaginatie> --> <wijsheid> & <culturele waardesystemen>. Er zullen hulpmiddelen komen om context diversiteit en verschil in invalshoeken als verrijking voor alle aangeslotenen te benutten.

Onzekerheden in de netwerkmaatschappij

- Permanente overgangsfasen, discontinuïteiten. Onduidelijk waar alles zal 'landen'. Steeds grotere verschillen in (positie op) leercurves en vooroordelen tussen (groepen) mensen. Beperkingen/verschillen in vermogen tot aan- en afleren; actief en passief kennis en ervaringen opdoen. Behoeft aan ambachtelijke meelopers en escorteurs.
- Er moeten hoognodig trans-nationale instituties gevormd worden, die het algemeen belang dienen, zonder aanzien des persoons, -context, -cultuur.
- Rijken worden rijker én armen worden rijker. Politieke onrust bij de verarmende middengroepen die op dit moment nu juist de basis van de politieke partijen vormen.

- Monopolies in ICT i.p.v waardeketens per OSI level. Mobile en video in combinatie met Internet gaat het leverancierslandschap van producten en tweerichting diensten totaal veranderen.
- Door toename van deelnemers en toegankelijke kennis worden netwerken steeds rijker en synergetisch waardevoller.
- Burgers worden mondig en empowered via o.a. ICT: I-mancipatiegolf en onverwachts ‘emergent behaviour’ van groepen mensen
- Long boom tot beurs crash ca. 2010 i.v.m. 40 jarige generatiewisseling omstreeks die tijd.
- Bureaucratie met behulp van computers. Registratiedrift neemt net als entropie alleen maar toe. Controlaholics vs. ‘let go’. Beperking van vrijheden.
- Intolerantie en afsluiting door onzekerheid en machteloosheid, zich uitende in wederzijdse zuiveringen en haat.
- Kwetsbaarheid van de verbindingweefsels, oplosbaar door parallelliteit en redundantie.
- Complexiteit hanteringsvermogen. Deze kan worden overkomen door netwerkstructuren van gekoppelde & gesloten modules op elk aggregatieniveau van onze samenleving.
- Distorsies in schaarste en overvloed. De economische en maatschappelijke wetmatigheden gelden nog wel maar de assumpties en parameters kunnen totaal anders zijn dan we gewend waren. Toegang tot processing, opslag, bandbreedte, software en etherfrequenties blijft schaars ondanks het doorlopen van vraagelastische price/performance curves. Ideeën en visies worden nog meer gevraagd en beloond.

Invloed op milieu, kwaliteit leven & leefomgeving (zie ook sub-flitsen)

- (+) Zeer veel wordt (ook) virtueel i.p.v. fysiek. Dat wil zeggen dat verplaatsingen van grondstoffen, energie en mensen minder omvangrijk zouden kunnen worden. Mits recycling en distributie m.b.v. ICT lokaal en kleinschalig kunnen worden gemaakt/gehouden.
- (+) Networking van energiebronnetjes en -tapjes wordt mogelijk. Massaal klein en gekoppeld in aanbod en massaal klein en gekoppeld communicerend in afname + aanbod! via momentane spot-pricing en veilingen / peakshaving.
- (-) Totale energiegebruik van elektronische en optische ICT apparatuur neemt enorm toe. Er moet rekening gehouden worden met verlichting, warmteontwikkeling en koeling.
- (-) Reizen en verplaatsen voor meetings IRL neemt toe: vaker en verder.
- (-) Door netwerkeffecten (knooppunten trekken verkeer aan) worden infrastructures nog plotselinger (fractaal, expon. groei) en ongelijker verdeeld in tijd en plaats (bursty, Zipf) benut. Snel kunnen opschalen via meerdere niveaus van lokale & internationale backbones wordt urgent.
- (-/+) Wat ver weg gebeurt gaat ons HIER wel degelijk steeds vaker direct raken. Glocal! Alles wordt immers via netwerken met elkaar verbonden. Misschien is dat wat opperhoofd Seattle in 1854 bedoelde in zijn toespraak tot de Amerikaanse regering met zijn ‘web of life’, waarbij hij de mens als verweven onderdeel van de natuur beschreef?
- (+) Er komt een elektronische skin over de aarde die net als die van ons lichaam meet en waarneemt en ervaart wat de omstandigheden ter plaatse zijn. Gaia’s huid.
- (?) Organische groei van wereldwijde netwerken : Gaia’s ogen, brein en zenuwstelsel?
- Voor een levend wezen zijn 19 verschillende kritische subsystemen nodig, zie James Miller ‘Living Systems’, McGraw Hill 1978.

Subflits: ‘Door een andere bril’

Dat was kantje boord. Bijna had ons team kwa externe relaties het loodje gelegd. Dat moeten we ook nooit meer doen, tegelijk **virtueel** en fysiek verhuizen van het bedrijf. We waren een vol uur onbereikbaar! De hele dag heb ik cyberlinks opnieuw moeten taggen. Het kwam omdat onze baas met haar gezin³ en gezin¹ wilde verhuizen naar de binnenrand van de stad. Mooi in een **ECHT bos** wonen, wat vroeger het ‘Groene Hart’ van de Randstad heette. Nu heet die cityring gewoon Amsterdam. Die naam is een wereldwijde brandname voor onze stadstaat & cityring-megapolis die iedereen kan plaatsen. Dat ging natuurlijk boven het behoud van de namen Rotterdam, Utrecht, Haag, etc. Door ICTNet kunnen we natuurlijk met het bedrijf overal neerstrijken waar we met onze lokalen kunnen docken, liefst vlakbij de **meetingpoints** & bandbreedtehotels, maar de bazin wil binnen 10 minuten op de brug staan zoals ze zelf zegt én toch ook mooi ruraal wonen. Zij wel. En wij moeten maar zien hoe we in onze autoboxen multimodaal aangesneld komen, alsof we niet ieder zo’n vier andere nomado-**teamjobs** in de week hebben en ieder een paar issue-families en gezinnen. Nou, wij zijn weer eens de segaar (rare uitdrukking, wat is eigenlijk een segaar?). Al onze netwerkrelaties moesten omgepatcht. ‘Let go’ noemt zij dat. Wat is nou eigenlijk haar toegevoegde waarde in onze netwerkdienstverlening, vragen wij ons af. Volgens mij heeft ze geen overzicht meer over de verschillende custom-waardeketens die door onze **cocoons** lopen. Ze heeft nou wel het hele middle-management permanent naar de **golfbanen** en wandelpaden gestuurd en vervangen door ons wijsheid&kennisnetwerk maar dan moet ze dáár ook eens wat voorzichtiger mee omspringen. De **localizing van al onze draadloosjes** was nog dagen van slag. Drieduizend intelligente **video-objecten** van elk zo’n 30 terabyte konden een uur lang onze point of presence niet vinden. Hemel, dat heeft wat **agents** opgestart. Kijk die compu’s praten constant met elkaar. De wildste memes over onze ‘verdwijning’ gingen over het net, zag ik van onze tuinman. Hij liet het me **zien via augmented reality op mijn visor**.

Ik hoop maar dat die batterijplanten op ons dak ook weer snel willen aangroeien. Mooie ontdekking vlak na de crash van 2010, weet je nog, toen bleek dat die planten zowel goed gedijen op glasvezeltrossen, als besjes hebben die precies het juiste voltage afgeven om de gadgets op netwerktruien te voeden. Letterlijk Cool!

Uitgangspunten

- In 2050 heeft iedereen een bril waarop, over hetgeen de persoon op dat moment ziet, beelddelen en informatie kunnen worden geprojecteerd. Dat maakt niet alleen beeldschermen overbodig maar ook patronen op huisraad zoals gordijnen en tafellakens hoeven niet langer fysiek te worden aangebracht.
- De kijker moet dus wel exact gelocaliseerd worden en de kijkrichting in drie dimensies moet exact bekend zijn. Huisraad kan dan zijn uiterlijk en eventueel gebruikersinterface naar de verschillende personen in de kamer zenden.
- Deze functionaliteit is een combinatie van Realiteit (wat we denken te zien in ons hoofd) en Virtual Reality (zoals getoond op schermen of in caves bij spelletjes en simulaties).
- Het maakt de indeling en outfit van werkkamers en meetingrooms voor teams veel simpeler. Meubels, stoffering, schilderijen en uitzicht worden immers door ICT geprojecteerd in plaats van fysiek aangebracht. Je kan thuis op een strandstoel op het strand gaan zitten met alle uitzicht en geluiden die daar bij horen. Je kan ook samen naar simulaties en situaties kijken tijdens een trainings- of ontwerpessie. En niet alle deelnemers hoeven daarbij ter plaatse te zijn.

Onzekerheden

- Je kan wel een mooie uitvoering van een theepot op tafel projecteren maar het tactiele contact moet exact passen op de echte theepot en er moet ook echte thee uitkomen als je het ding oppakt en uitschenkt in een theekop.
- Uiterlijk en tactiele interfaces moeten gestandaardiseerd worden.
- Een dergelijk systeem vereist zeer veel communicatie (infrachatter) tussen devices en afstemming tussen meerdere deelnemers. Zien we allemaal hetzelfde?
- Gaan huisraaddelen en intelligente subsystemen daarin misschien niet (samen) een eigen leven leiden? Voorbeeld (Douglas Adams) is een depressieve deur die geen zin heeft om nou weer open te gaan of die het nodig vindt om je zijn gedichten voor te lezen.
- Echt en beeld gaan door elkaar lopen.
- Het zal er uitzien als magic!

Invloed op het milieu

- De geschetste opzet kan de consumptie van fysieke goederen enorm verminderen omdat je immers een nieuw uiterlijk en functionaliteit van een ding via ICT (in de vorm van informatie) kan bestellen zonder dat het ding zelf hoeft te worden gefabriceerd en getransporteerd.
- Door software patches binnen de devices te laden kan ook de bruikbaarheid van het apparaat echt worden vernieuwd, dus het hoeft niet uitsluitend het uiterlijk te zijn.
- Upgrading van uiterlijk en/of functionaliteit vergroot ook nog eens de levensduur/ duurzaamheid van de betreffende spullen.
- Je kan het tot maatwerk en ruilhandel laten komen. Ik wil bijvoorbeeld een openhaardvuur met de kop van iemand die ik niet mag, daarin zien branden.

Subflits: ‘Reizen met autoboxen, wonen in dockable cocons’

Dat was kantje boord. Bijna had ons team kwa externe relaties het loodje gelegd. Dat moeten we ook nooit meer doen, tegelijk virtueel en fysiek verhuizen van het bedrijf. We waren een vol uur onbereikbaar! De hele dag heb ik cyberlinks opnieuw moeten taggen. Het kwam omdat onze baas met haar **gezin3** en **gezin1** wilde verhuizen naar de binnenrand van de stad. Mooi in een ECHT bos wonen, wat vroeger het ‘Groene Hart’ van de Randstad heette. Nu heet die cityring gewoon Amsterdam. Die naam is een wereldwijde brandname voor onze stadstaat & cityring-megapolis die iedereen kan plaatsen. Dat ging natuurlijk boven het behoud van de namen Rotterdam, Utrecht, Haag, etc. Door ICTNet kunnen we natuurlijk met het bedrijf overal neerstrijken waar we met onze **lokalen** kunnen **docken**, liefst vlakbij de meetingpoints & **bandbreedtehotels**, maar de bazin wil **binnen 10 minuten** op de brug staan zoals ze zelf zegt én toch ook mooi ruraal wonen. Zij wel. En wij moeten maar zien **hoe we in onze autoboxen multimodaal aangesneld komen**, alsof we niet ieder zo’n vier andere nomado-teamjobs in de week hebben en ieder een paar issue-**families en gezinnen**. Nou, wij zijn weer eens de segaar (rare uitdrukking, wat is eigenlijk een segaar?). Al onze netwerkrelaties moesten omgepatcht. ‘Let go’ noemt zij dat. Wat is nou eigenlijk haar toegevoegde waarde in onze netwerkdienstverlening, vragen wij ons af. Volgens mij heeft ze geen overzicht meer over de verschillende custom-waardeketens die **door onze cocoons lopen**. Ze heeft nou wel het hele middle-management permanent naar de golfbanen en wandelpaden gestuurd en vervangen door ons wijsheid & kennisnetwerk maar dan moet ze dáár ook eens wat voorzichtiger mee omspringen. De localizing van al onze draadloosjes was nog dagen van slag. Drieduizend intelligente video-objecten van elk zo’n 30 terabyte konden een uur lang onze point of presence niet vinden. Hemel, dat heeft wat agents opgestart. Kijk die compu’s praten constant met elkaar. De wildste memes over onze ‘verdwijning’ gingen over het net, zag ik van onze tuinman. Hij liet het me zien via augmented reality op mijn visor.

Ik hoop maar dat die batterijplanten op ons dak ook weer snel willen aangroeien. Mooie ontdekking vlak na de crash van 2010, weet je nog, toen bleek dat die planten zowel goed gedijen op glasvezeltrossen, als besjes hebben die precies het juiste voltage afgeven om de gadgets op netwerktruien te voeden. Letterlijk Cool!

Uitgangspunten

- Een zeer groot deel van de huidige verkeerscongestie op bijna alle wegen in NL wordt veroorzaakt door woon-werkverkeer op piektijden 9 en 5 uur en omdat verhuizen zo’n moeilijke operatie is als je van baan verandert of ergens anders een opleiding moet geven of volgen.
- Of mensen dat erg vinden is discutabel want velen schijnen het zeer rustgevend te vinden om in het blik stilstaand rustig te kunnen nadenken, lezen of bellen. Meer dan een uur (?) per richting onderweg zijn schijnt wel een mentale barrière te zijn, waarna het onaangenaam wordt.
- Openbaar vervoer is thans geen alternatief, omdat ook dat vol loopt, door velen onaangenaam wordt gevonden (bedreigende medereizigers), en multimodaal vele overstapproblemen onzekerheden en keuzes vereist.
- Ik voorzie twee ontwikkelingen die in combinatie met ICT uitvoerbaar zijn.
- Dockable wooncocons transporteerbare (delen van) wooneenheden die overal op de zelfde wijze kunnen worden ‘ingeplugd’ op/in gebouwframes of fundament-dockingstations voor gas/water/electra/kabel/telefonie/internet/riool en met ruimtes om transportcocons te verzenden en te ontvangen.

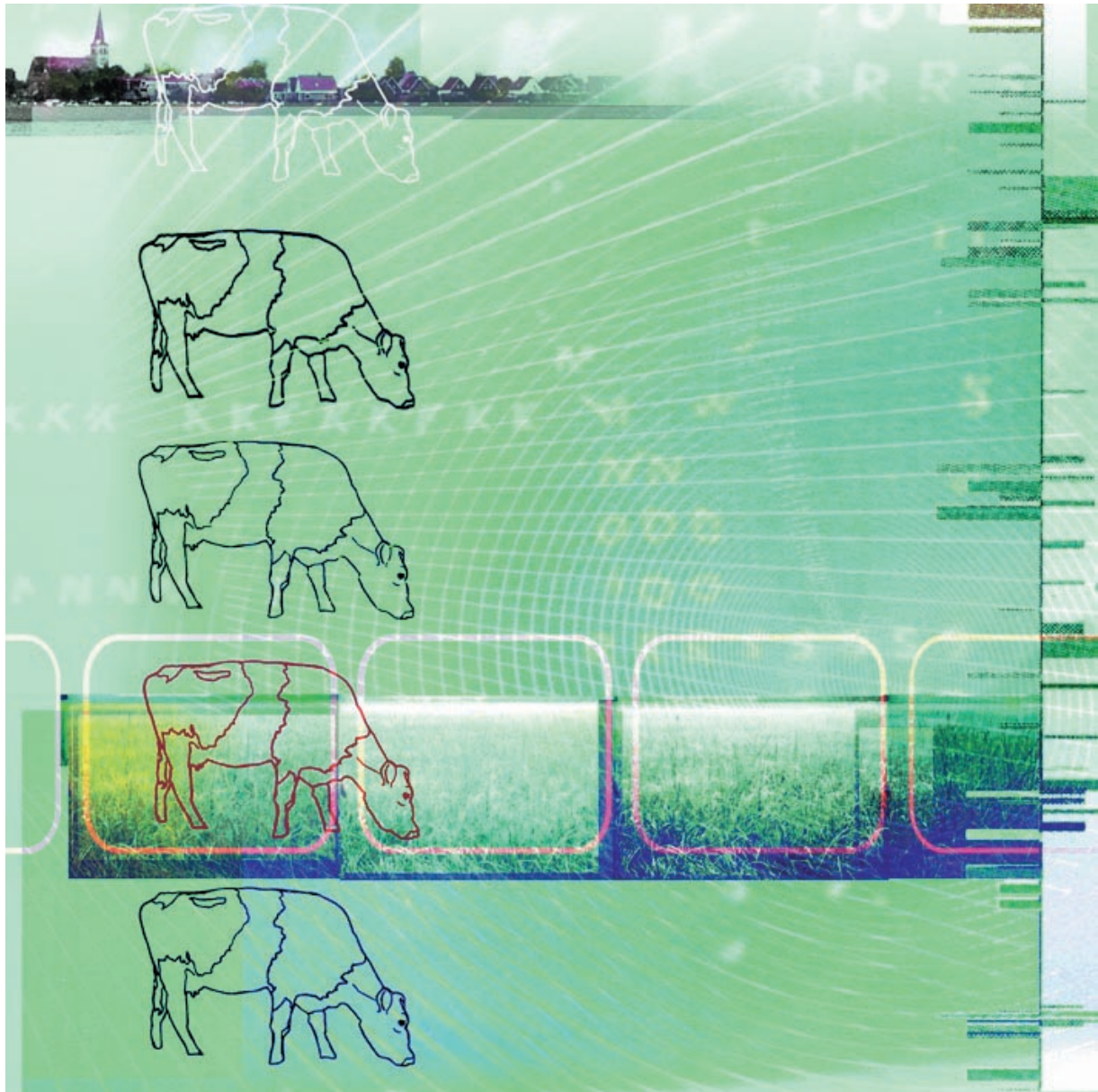
- Transportcocons voor mensen en voor goederen. Deze worden via een d.m.v. ICT netwerken overeengekomen multimodale wijze (via buizen, bus, trein, vrachtauto, vliegtuig, boot) op een bepaalde snelheid/kostprijs verstuurd. Onderweg worden deze modules geschakeld en computerbestuurd gerangeerd.
- Meest simpele voorstelling is dat je een Smart autootje koopt en dat het mogelijk wordt om er mee naar het NS station te rijden waarna je via het perron ermee dwars in een spoorwegwagon kan rijden. Op het station van bestemming rijd je er weer uit aan de andere kant. Waarna je er mee naar je kantoor rijdt en aldaar de lobby binnenrijdt. De taak van ICT is dan om de beste route (voor de reiziger) uit te rekenen en te reserveren
- Een intelligentere volgende stap is dat het autococon met wieltjes en een eigen motortje dan automatisch gestuurd/geleid wordt tussen de verschillende transportcarriers.

Onzekerheden

- De huidige woonvormen zijn niet bedacht voor verhuizen. Wonen heeft kwa kwaliteiten zeer veel te maken met de omgeving, nabijheid van sportfaciliteiten, recreatie-mogelijkheden, scholen, werk, winkels etc. Vreemd genoeg wordt die context informatie pas zeer recent bij koopwoningen/huurwoningen door makelaars verstrekt. ICT kan daar nog veel aan verbeteren.
- De huidige transportsystemen zijn niet met de reiziger in het hoofd ontworpen maar met het oog op de efficiency van het stelsel. Dit uit zich onder andere in de volkomen ontbrekende of onvoldoende informatie die aan reizigers wordt gegeven gedurende hun reis en op stations, met name in het geval van verstoringen/vertragingen. Met behulp van ICT moet dus een kwartslag gedraaid worden. De hele reis moet in orde zijn!

Invloed op milieu

- Wonen en transport van mensen en goederen worden geoptimaliseerd in termen van energiegebruik, geluidsproductie, ruimtebeslag, kwaliteit van leven en vermindering van overlast voor anderen. En het kan opschaalbaar worden geconstrueerd zonder dat het tegen congestiegrenzen aanloopt.
- Ook goederen kunnen afgeleverd worden zonder dat je er voor thuis hoeft te zijn. Dit beperkt extra ritten.



2.3 De rol van biotechnologie in de duurzame samenleving van 2050

S. Keuning

Biotechnologie en IT

Het rijkste bedrijf ter wereld is Biosoft van Billy Gates jr., de zoon van Bill Gates. Het vermogen van Biosoft wordt geraamd op meer dan 1000 miljard dollar en stelt het inmiddels versnipperde Microsoft ver in de schaduw. Zijn vader had het vroeger al eens gezegd: als ik niet in computers was gegaan dan was ik in de biotechnologie gestapt. Billy, die in veel op zijn pa lijkt, heeft dit goed in zijn oren geknoopt. Het privé vermogen van Billy, wordt geschat op meer dan 500 miljard dollar.

In 2050 is bio-informatietechnologie booming business. De toepassingsmogelijkheden van biologische processen zijn naar het voorbeeld van de natuur eindeloos. Cruciaal is wel het goed kunnen meten en besturen van die processen. Daarvoor is inzicht nodig. In de eerste jaren is veel moeite gestoken in het destilleren van kennis en correlaties uit biologische databanken (genbanken, enzymactiviteiten) en hoe in de natuur en in levende organismen biologische processen plaatsvinden en hoe deze in de tijd elkaar opvolgen en worden gestuurd.

Bio-informatietechnologie (BIT) levert de besturingssystemen voor biologische processen. Door middel van snelle biochips, chips die zijn voorzien van genetisch materiaal van duizenden biokatalytische functies, worden biologische functies en karakteristieken gemeten, gecontroleerd en gestuurd. In de geneeskunde wordt hiervan gebruik gemaakt bij het produceren van lichaamsidentieke weefsels en organen.

Biologische besturingssystemen zijn van belang voor allerlei productieprocessen die vroeger chemisch waren, maar nu langs biologische weg verlopen met behulp van complexe biokatalysatoren. Ze worden ook gebruikt om allerlei ecosystemen te volgen en te monitoren. Dit levert veel inzicht in de complexe processen en aanpassingen die zich in deze systemen voordoen en dienen ook om de kwaliteit en gezondheid van ecosystemen te monitoren.

Inmiddels wordt het effect van de oceaan op het weer en op het klimaat op aarde veel beter begrepen. De aanpassings-mechanismen, maar ook de kritische factoren zijn bekend. Hierop kan nu met succes worden gemonitord en geanticipeerd. Dit is van cruciaal belang gebleken om het ecosysteem aarde niet alleen te begrijpen, maar ook actief te kunnen beschermen. Het heeft een heel nieuw en verrassend licht geworpen op de rol en cyclus van CO₂ en andere broeikasgassen zoals deze stoffen in de vorige eeuw werden genoemd.

Een belangrijke researchafdeling van Biosoft is gevestigd in Nederland vanwege de sterke kennisinfrastructuur die hierin vanaf het begin van de eenentwintigste eeuw is opgebouwd. Hieromheen zijn tal van commerciële spin-off bedrijven ontstaan, waarvan een groot aantal van internationale betekenis. De toegevoegde waarde van deze bedrijven bestaat voor het overgrote deel uit kennis.

Uitgangspunten

- IT maakt steeds snellere en complexere dataverwerking en sturing mogelijk.

Onzekerheden/belemmeringen

?

Milieuvoordelen

Maakt gerichte toepassing van veel meer biologische en dus duurzamere processen mogelijk

Duurzame productie

Ondanks de sterk toegenomen wereldbevolking en welvaart is dankzij de vele inspanningen op technologisch en wetenschappelijk terrein een evenwicht bereikt tussen enerzijds economische productie en consumptie en anderzijds de kwaliteit van de ecosystemen op aarde. De biotechnologie heeft hierin een cruciale rol gespeeld.

Achteraf is dit ook niet zo verwonderlijk. De natuur gaf al miljoenen jaren het voorbeeld hoe duurzame productie tot stand kan worden gebracht. In de afgelopen 50 jaar is hard gewerkt aan het doorgronden en imiteren van deze processen op grote en industriële schaal. Andere belangrijke vakgebieden hierin zijn geweest de procestechnologie om de processen op grote schaal te kunnen bedrijven, de informatietechnologie om ze te kunnen controleren en besturen en de ecologie om de kwaliteit van ecosystemen te kunnen vaststellen en handhaven. Ook is de ruimtevaart, waar life-support systemen worden ontwikkeld om langdurig verblijf in de ruimte mogelijk te maken, een belangrijke technologieaanjager op dit gebied (In 2050 zijn er permanent bemande ruimtestations op Mars waar het onderzoek naar duurzame life-support systemen een belangrijke plaats heeft. In de afgelopen decennia heeft dit onderzoek geleid tot veel nuttige spin-off naar aardse toepassingen van gesloten kringlopen).

Duurzame productie en het denken in termen van kringlopen en life-support zijn een absolute randvoorwaarde geworden en zijn niet meer weg te denken uit de maatschappij.

Behalve in de fijnchemie is duurzame biotechnologische productie bijvoorbeeld zelfs in de bulkchemie doorgedrongen. Een aantal traditionele basisprocessen die veel energie gebruiken en afval produceren zijn met behulp van biokatalytische processen omgebouwd tot energiezuinigere en minder afvalwater en afgassen-producerende processen.

Doordat in Nederland deze ontwikkelingen al aan het eind van de vorige eeuw werden opgepakt en er een goede mix is ontstaan van fundamenteel en toegepast onderzoek en commerciële bedrijvigheid, heeft Nederland in de wereld een vooraanstaande kennispositie opgebouwd. Dit heeft ook te maken met de omstandigheden dat Nederland relatief klein is, een grote bevolkingsdichtheid heeft, een hoog welvaartsniveau dat we willen vasthouden en een neus voor zaken. Verder heeft het diep in de volksaard ingebakken gevoel van zorgplicht voor het milieu en het welzijn voor de aarde een rol gespeeld. Nederlandse bedrijven spelen wereldwijd een rol als het gaat om het leveren van kennis en duurzame technologie.

Uitgangspunten

- Wereldbevolking blijft groeien
- Welvaartsniveau neemt toe
- Lange termijndenken wordt steeds vanzelfsprekender
- Bewustzijnstijdperk

Onzekerheden/belemmeringen

Druk vanuit andere werelddelen om een snelle economische productie en welvaartsstijging op gang te brengen door goedkopere, minder duurzamere productiemethoden.

End of pipe technologie

End of pipe technieken om afvalwater en afgassen te zuiveren zijn er nog steeds. Gewoon omdat in sommige gevallen het niet praktisch of te duur is procesgeïntegreerde maatregelen te nemen om het afvalwater of de afgassen te voorkomen. Het heet nu echter gewoon duurzame procestechnologie, in plaats van het wat minzame end of pipe techniek. Deze technologie, met name de kosteneffectieve biologische technieken voor afgasreiniging en waterzuivering die in de twintigste eeuw voornamelijk in Nederland zijn ontwikkeld, wordt wereldwijd toegepast. In de sterk gegroeide economieën in Azië, Afrika en Zuid-Amerika worden deze technieken veel geïmplementeerd.

Door re-engineering van productieketens, waarin ook rekening is gehouden met de behandelbaarheid van effluenten, zijn biologische water- en luchtzuiveringssystemen breder inzetbaar geworden. Het verschil met vroeger is dat de systemen veel compacter zijn geworden als gevolg van een betere besturing. Dit komt doordat de besturingssystemen van deze technieken dramatisch zijn verbeterd, waardoor procescontrole, proceszekerheid en performance vele malen zijn verbeterd. Het verbeteren van deze procescontrole is een afgeleide van de ontwikkelingen op het gebied van de biomonitoring en de bio-informatietechnologie. Hierdoor is het niet alleen mogelijk om de stabiliteit en gezondheid van biologische systemen zoals een actief slib systeem on line te volgen en bij te sturen, de systemen zijn ook goeddeels *zelflerend* en *zelfsturend* geworden.

Uitgangspunten

Er blijven waterstromen of afgassen bestaan, die moeten worden gezuiverd.

Belemmeringen

Er is wereldwijd overheidsregulering nodig die verbetering en innovatie stimuleert

Milieuvoordelen

Kringloopsluiting

Biotechnologie en landbouw

In de melkveehouderij sector is een zelfde ontwikkeling als eerder in de akkerbouwsector opgetreden. Aanvankelijk waren de productie van melk bij de boer (van gras naar melk) en de verwerking van melk in de zuivelfabriek in principe twee gescheiden circuits. De zuivelindustrie bemoeide zich alleen met de hygiënische randvoorwaarden van de productie op de boerderij. In 2050 is de hele keten volledig geïntegreerd. Dat houdt in dat de melkverwerkende industrie zich ook nadrukkelijk bezighoudt met de engineering van het voortraject van gras naar melk.

Door genetische manipulatie zijn grassen verkregen die optimaal zijn afgestemd op de behoeften van de koe en de specifieke melktypen die de koe moet produceren. Bovendien is hierdoor een groot deel van de stikstofproblematiek opgelost. De melk van de koe is door genetische manipulatie voorzien van gezondheidsbevorderende stoffen. De koe wordt niet alleen meer gebruikt voor de productie van consumptiemelk. Er zijn ook boerderijen waar melk wordt geproduceerd met waardevolle componenten voor de farmaceutische en chemische industrie. De hele keten van gras tot uiteindelijk product wordt integraal bekeken en ontworpen. Voordelen hiervan voor het milieu zijn integrale ketenanalyse en afstemming en duurzame productie.

In Nederland is het kenniscentrum melkbiotechnologie opgericht waar nieuwe toepassingsmogelijkheden van melk worden bestudeerd. Op grote proefboerderijen wordt dit in de praktijk getest. Naast de traditionele melkfabrieken voor de productie van kaas en melkproducten zijn er melkaffinaderijen, waar melk wordt ontleed in waardevolle grondstoffen voor de industriële sector.

In de landbouw onstonden rond de eeuwwisseling tijdens de ecologisering van de landbouw: kleinere minder intensieve bedrijven met tevens een natuurbeheersfunctie. De verwachting was aanvankelijk dat Nederland gezien haar beperkte productiecapaciteit zich vooral in deze richting moest ontwikkelen. Anno 2050 is er een duidelijke tweedeling ontstaan. Enerzijds is er de kleinschalige ecologische landbouw die vergaand is gekoppeld aan een recreatieve en natuurbeheersfunctie. Deze vorm van landbouw is landschappelijk gezien van belang en levert qua smaak en kwaliteit exclusieve zuivelproducten.

Anderzijds is er een krachtige schaalvergroting van de melkveehouderij op gang gekomen. Er zijn grote kennisintensieve melkveehouderijen ontstaan die model staan voor een efficiënte, economisch verantwoorde, maar ook duurzame voedselproductie van een goede kwaliteit. Deze bedrijven hebben wereldwijd een voorbeeldfunctie en spelen een belangrijke rol in de duurzame wereldvoedselproductie. In die zin fungeert Nederland met zijn beperkte oppervlakte en strenge milieuregels als een kennisintensieve proeftuin voor de rest van de wereld. In samenwerking met de sterke kennisinfrastructuur die Nederland rijk is, zijn op deze grootschalige bedrijven economie en ecologie; productie en welzijn van dier en boer met elkaar op verantwoorde wijze in evenwicht gebracht. De stikstofproblematiek is aangepakt door genetische veranderingen van het grasgewas, waardoor het stikstofoverschot bij de bron is aangepakt.

Door deze ontwikkelingen is de agrarische sector in Nederland niet verworden tot een archaïsche sector, maar is het een ultramoderne kennisintensieve bedrijfstak geworden met een sterke exportfunctie. Niet voor bulkgoederen, die kunnen elders veel goedkoper worden geproduceerd, maar met name voor kennis en technologie.

Het landschap van Nederland is niet erg veranderd. Er staan nog steeds veel koeien in groene weiden die ogenschijnlijk dezelfde lijken als 50 jaar eerder. De Nederlandse boer is trots op zijn vak. Zijn aanzien in de Nederlandse samenleving is sterk gestegen, vanwege zijn aandeel in de duurzame wereldvoedselproductie en de toonaangevendheid van de Nederlanders op dit gebied en vanwege de functie van landschaps- en natuurbeheer.

Uitgangspunten

- De landbouwsector in Nederland blijft van betekenis.
- Naast ecologisering van de landbouw is ook schaalvergroting nodig.
- Bulkproductie vindt plaats in het buitenland (Oost-Europa etc.) waar veel goedkoper en op veel grotere schaal kan worden geproduceerd.
- Genetische modificatie van land- en tuinbouwgewassen is een geaccepteerde technologie geworden, waarvan de ecologische en biologische effecten grondig zijn onderzocht. Binnen bepaalde functionele en ethische grenzen geldt dit ook voor landbouwdieren als koeien, varkens en kippen.

Onzekerheden / belemmeringen

- De publieke opinie ten aanzien van genetische modificatie
- De publieke en politieke opinie ten aanzien van schaalvergroting in de landbouw
- Landbouw is een vrij behoudende sector
- De politiek en samenleving is sterk gericht op ecologische en kleinschaliger landbouw

Milieuvoordelen

- Duurzamere productie, ook wereldwijd als spin-off van kennisexport
- Stikstofproblematiek opgelost
- Karakteristieke open landschap is bewaard gebleven

Een innige samenwerking tussen de Agro-Food sector, de chemische industrie en de energiebranche

Suikerbieten worden in Nederland nog volop verbouwd. De rol van suiker voor de voedingsmiddelenindustrie is echter een marginale geworden. De consumptie van suiker door allerlei vervangers die het menselijk lichaam minder belasten is dramatisch gedaald. Wat aanvankelijk activiteiten in de marge waren, zoals de productie van chemische grondstoffen uit suikerbieten voor de industrie, is nu de kernactiviteit geworden.

Akkerbouwgewassen zoals de suikerbiet, maar ook de aardappel die in Nederland traditioneel zeer goed te verbouwen is en waarmee veel teelterming is opgedaan, worden gebruikt voor de productie van hele specifieke chemicaliën voor de farmaceutische, de chemische en de voedingsmiddelenindustrie. De toegevoegde waarde van deze teelt is vele malen hoger dan de traditionele bulkproductie van suiker of zetmeel. De organische restproducten worden gebruikt voor duurzame energiewinning. Het organische materiaal wordt via vergassing omgezet in synthesegas. Synthegas wordt gebruikt om energie op te wekken en als grondstof voor de chemische industrie om basischemicaliën zoals methanol te maken.

Op deze manier is door de zogenaamde GSWKK (groene synthese warmte kracht koppeling) een sterke link ontstaan tussen de agro-sector, de industrie en de energiesector.

Opvallend is dat het landschap er anno 2050 in Noord-Nederland niet veel anders uitziet. Er zijn nog steeds weidse vergezichten over uitgestrekte akkerbouwvelden met aardappels, tarwe en suikerbieten en groene weidegebieden. Naast weidegebieden voor de melkveehouderij wordt ook gras verbouwd als grondstof om nuttige chemicaliën en eiwitten uit te winnen. Dit gras wordt verwerkt in de grasfabrieken van Avebe. De restproducten worden gebruikt voor energiewinning. Voordeel van gras is dat het zo relatief gemakkelijk op allerlei bodems en onder allerlei omstandigheden te telen is. Deze kennis wordt dan ook wereldwijd toegepast.

Inmiddels is bekend dat intensief gebruikt grasland zoals in de intensieve melkveehouderij een biologisch bijzonder actief en waardevol ecosysteem is. Dat een hectare hoog productief grasland evenveel of zelfs meer CO₂ vastlegt dan een hectare tropisch regenwoud was in 2000 in de wetenschap ook wel bekend, maar nu wordt grasland er in brede kring om gewaardeerd. De functie is dan ook van overheidswege beschermd. Wereldwijd hebben graslanden net als de regenwouden en de oceanen een stabiliserende werking op het klimaat.

Uitgangspunten

- Genetische modificatie van land- en tuinbouwgewassen is een geaccepteerde technologie geworden, waarvan de ecologische en biologische effecten grondig zijn onderzocht. Binnen bepaalde functionele en ethische grenzen geldt dit ook voor landbouwdieren als koeien, varkens en kippen.
- Er ontstaat een nauwe samenwerking tussen de agro-, de chemie- en de energiesector
- Bulkproductie is inmiddels volledig overgenomen door de uitgestrekte akkerbouwgebieden in het buitenland

Onzekerheden / belemmeringen

Publieke opinie t.a.v. genetische modificatie van landbouwgewassen

Milieuvoordelen

Balans tussen economie en ecologie

Precisielandbouw (optimale dosering nutriënten en recyclebare bestrijdingsmiddelen)

Biologische kunststoffen

Opvallende grote afnemers van biologische kunststoffen zijn de autoindustrie (lichte en goed recyclebare auto-onderdelen), de woningbouw (bouwmaterialen) en de vezelindustrie (kleding, schoeisel, garens, stoffen etc.).

De grote doorbraak in de productie en toepassing van biologische kunststoffen (bioplastics) is gekomen omdat het onderzoek zich is gaan richten op de functionaliteit van biologische plastics in plaats van, zoals in eerste instantie, op het voordeel van de biologische afbreekbaarheid na gebruik van de plastics. In de praktijk blijkt het biologisch afbreken door bijvoorbeeld vergisten of composteren geen grote vlucht te hebben genomen. Het blijkt goedkoper en efficiënter om deze afvalproducten chemisch te vergassen met andere organisch afval tot synthesegas dat weer wordt gebruikt voor energieopwekking of de productie van basischemicaliën.

Kunststoffen gefabriceerd uit biologische grondstoffen blijken juist onderscheidend te zijn op hun talrijke manipuleerbare fysische en chemische eigenschappen (veerkracht, trek- en buigsterkte, duurzaamheid, geleiding, isolatie, selectieve porositeit) en zijn daardoor voor veel uiteenlopende toepassingen interessant. Bovendien is de grondstof voor productie van biologische kunststoffen in principe onuitputtelijk en onafhankelijk van de beperkte voorraden fossiele brandstoffen.

Afvalstoffen, grondstoffen en valorisatie

De veelgeprezen ontwikkeling van valorisatie van afvalstoffen zoals die eind vorige eeuw op gang kwam bleek een sterk overschatten ontwikkeling. Afval is nu eenmaal een moeilijke en onbetrouwbare grondstof. Onderzoek en ontwikkeling naar valorisatie voor afvalproducten heeft daarom haar focus verplaatst naar de eigenschappen van de gewenste eindproducten en is daar vervolgens geschikte grondstoffen of reststoffen bij gaan zoeken die op een continue basis en met een betrouwbare kwaliteit duurzaam kunnen worden geproduceerd. Dit heeft veel meer opgeleverd dan de pogingen iets nuttigs uit afval te maken.

Werden koe, varken en kip vroeger ge(mis)bruikt om allerlei ongecontroleerde kringlopen te sluiten. Nu wordt in de veehouderij alleen gebruik gemaakt van betrouwbare en streng gecontroleerde grondstoffen. Landbouwdieren als verwerkers van organisch industrieel afval zijn dus verleden tijd. Dit vergemakkelijkt de controle op de kwaliteit, maar sluit bovendien aan bij de ontwikkeling van de zogenaamde functional foods, voedingsmiddelen waaraan allerlei gezondheidsbevorderende stoffen zijn toegevoegd, hetzij achteraf, hetzij door genetische manipulatie vooraf. Het spreekt voor zich dat het gebruik van afvalproducten van allerlei wisselende samenstelling en slechte controle mogelijkheden niet goed in deze ontwikkeling paste.

Organische restproducten uit allerlei industrietakken worden nu voornamelijk gebruikt voor de energieproductie, of zijn volledig verdwenen als gevolg van een grondige re-engineering van de volledige keten waarin ze werden geproduceerd.

Bodem en natuurlijke milieus

In Nederland is in navolging van watermanagement het vak bodemmanagement uitgevonden. De zoon van Koning Willem Alexander heeft aangekondigd iets met bodemmanagement te willen gaan doen. Eind twintigste eeuw werd de term actief bodembeheer ingevoerd omdat het bewustzijn was doorgebroken dat we zorgvuldig met onze bodem moeten omgaan en geschikt moeten houden of maken voor de functies waarvoor we de bodem nodig hebben, zoals woningbouw, landbouw, natuur en bedrijventerreinen. In het schoonhouden en schoonmaken is de biotechnologie een grote rol gaan spelen.

De natuurlijke biologische, fysische en chemische processen die zich in de bodem afspelen zijn goed onderzocht en worden optimaal gebruikt bij het in stand houden of verbeteren van de kwaliteit of de gezondheid van de bodem. Het is gebleken dat de bodem een intelligent zelfsturend systeem is met een groot regenererend en aanpassend vermogen. Kennis van de biotechnologie en ecologie hebben de inzichten opgeleverd in de mate van stress die de bodem kan hebben, waar de tolerantiegrenzen liggen en hoe dit kan worden gemeten.

Omdat het gebruik van de bodem en de ruimte zeer divers is, inclusief het meer-dimensionale gebruik van de bodem en velen hierin belangen hebben is er een grote multidisciplinaire samenwerking tussen de actoren vanuit overheid, bedrijfsleven, onderzoeksinstituten, projectontwikkelaars, landbouw en industrie alsmede experts op velerlei disciplines (technisch, juridisch, biologisch, communicatie etc.).

Bodemmanagement is een volwassen vakgebied geworden (hoe gaan we duurzaam om met bodem) waarin de kennis van het biologische ecosysteem bodem een belangrijk onderdeel is geworden. Naast de functionele kwaliteit van de bodem (voor welke functie is de bodem geschikt) is in de eenentwintigste eeuw de aandacht voor de intrinsieke ecologische kwaliteit van de bodem (de gezondheid van de bodem) sterk op gang gekomen. Bodemmanagement zorgt voor een goed evenwicht tussen enerzijds functionele kwaliteit en anderzijds de intrinsieke kwaliteit van de bodem. De wetenschap heeft allerlei methoden ontwikkeld om snel en betrouwbaar de ecologische en biologische kwaliteit van bodems te bepalen.

Opvallend is dat ondanks dat de meeste verontreinigde lokaties zijn opgeruimd een paar oude nog verontreinigde gasfabrieksterreinen tot beschermd ecosysteem zijn verklaard. Hier hebben zich in de loop van honderd jaar door de aanwezigheid van een complex aan chemicaliën en de aanpassing van het ecosysteem hierop dermate interessante ecosystemen gevestigd, dat ze een proeftuin zijn geworden voor ecologisch en biologisch onderzoek en door de minister een beschermde status hebben gekregen.

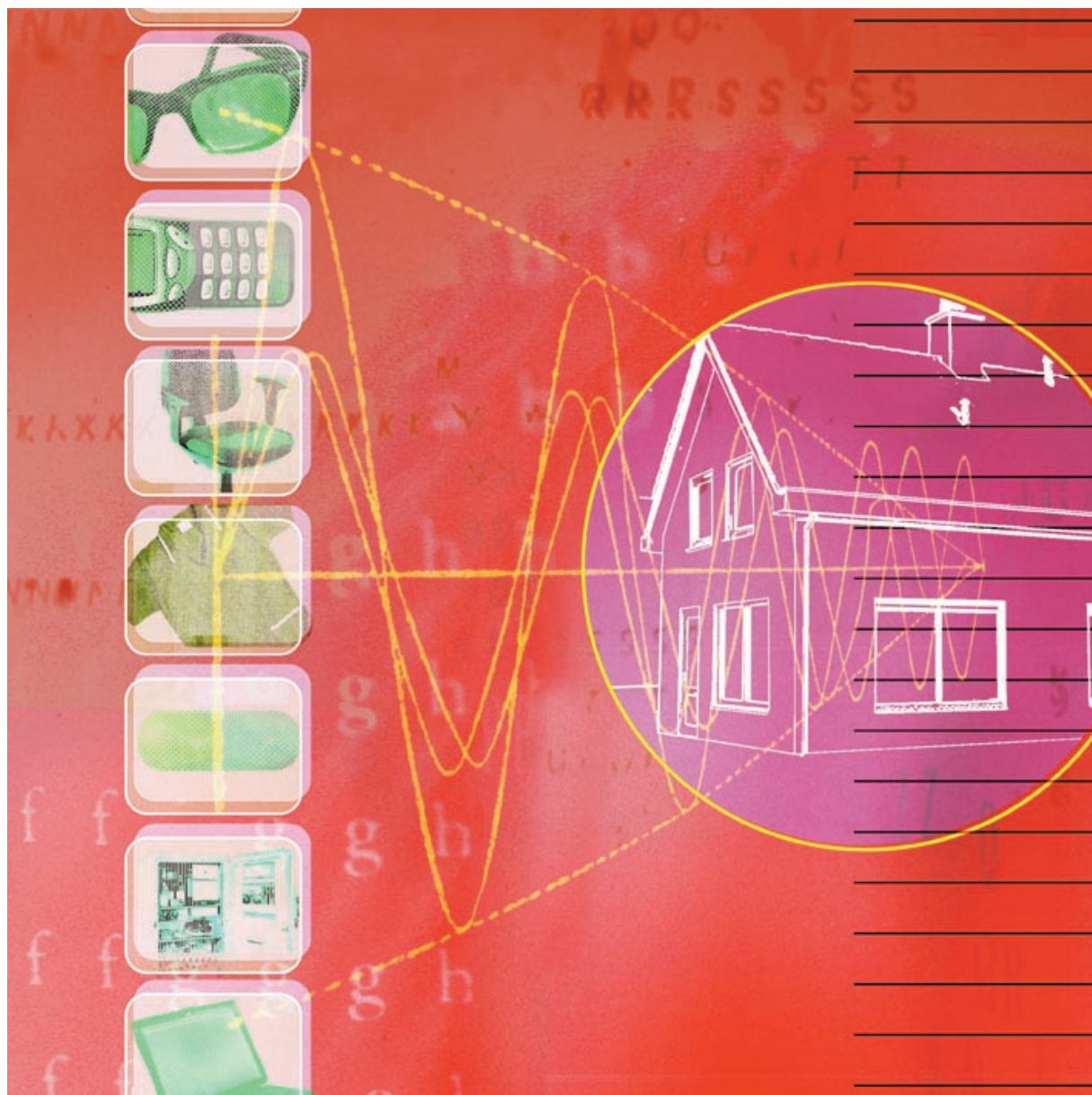
Enkele andere verontreinigde lokaties zijn opgekocht door de chemische industrie. Op deze lokaties wordt mijnbouw bedreven naar interessante biokatalytische activiteiten. Het blijkt dat in de loop van meer dan 100 jaar door de bijzondere condities zich interessante, biokatalytische activiteiten hebben ontwikkeld die in de industrie kunnen worden gebruikt voor de synthese van chemicaliën. Gechloreerde koolwaterstoffen die in de bodem hebben gezorgd voor de ontwikkeling van microorganismen die in staat zijn tot het dechloreren van deze verbindingen hebben in de industrie geleid tot nieuwe productiemethoden van recyclebare chloorkoolwaterstoffen. Van een aantal verontreinigde lokaties wordt betreurd dat ze destijds, hoewel begrijpelijk, zo rigoreus zijn afgevoerd naar de verbrandingsoven. Door de kennis die Nederland heeft op bodemmanagement, inclusief de kennis van de bodem als biologisch en ecologisch systeem, worden Nederlandse experts overal ter wereld ingeschakeld om te werken aan de kwaliteit van de bodem (meten, revitaliseren, handhaven).

Uitgangspunten

Bodem hoeft niet per definitie schoon te zijn, maar wel gezond en geschikt voor het beoogde gebruik

Milieuvoordelen

Duurzaam bodemgebruik

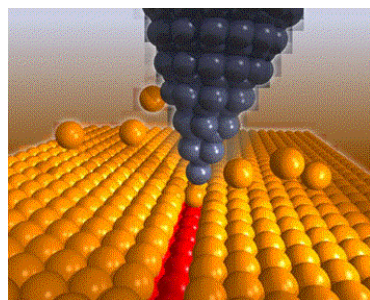


2.4 Nanotechnologie

A. ten Wolde

Inleiding

Nanotechnologie is een opkomend veld van onderzoek en ontwikkeling gericht op toenemende controle over materiële structuren met afmetingen op nanoschaal (0,1 tot 100 nm) in tenminste een dimensie. Nanotechnologie is ook een cluster van opkomende technieken uit de vaste-stoftechnologie, biotechnologie, chemische technologie en rastersondetechologie, die ‘van bovenaf’ en ‘van onderop’ convergeren naar de nanoschaal. Van bovenaf verwijst naar verkleining door het steeds fijner bewerken en afwerken van materialen, van onderop naar synthese. De convergentie dicht de kloof tussen de vakgebieden. Vandaag de dag bestaat nanotechnologie uit vier hoofdgebieden: nanoelektronica, nanomaterialen, moleculaire nanotechnologie, en microscopen met een oplossend vermogen op nanoschaal. Hoewel de grenzen vaag zijn, vertegenwoordigen deze velden verschillende technologieën die elk hun eigen kansen scheppen². Nanomicroscopen hebben een belangrijke aanzet gegeven tot de nanowetenschap en -technologie. Rastersondemicroscopen (zie figuur 2.1) bieden bovendien op korte termijn kansen voor hoge-dichtheid gegevensopslag. Nanomaterialen worden al hier en daar commercieel geproduceerd en zullen binnen 10-20 jaar leiden tot vele toepassingen. Nanoelektronica wordt binnen enkele jaren grootscheeps op de markt verwacht. Moleculaire nanotechnologie is nog grotendeels een wetenschap, waaruit de komende decennia vele toepassingen op *allerlei* gebied verwacht kunnen worden. Drexlers moleculaire machines zijn nog grotendeels speculatief, maar natuurlijke systemen zoals de bacteriële zweepstaartmotor en het ribosoom zijn voorbeelden uit de levende natuur die worden bestudeerd met het oog op de fabricage van kunstmatige moleculaire machines op de lange termijn. Verder zijn chemici er al in geslaagd op moleculair niveau eenvoudige schakelaars te synthetiseren, die onder invloed van externe krachten ‘aan’ en ‘uit’ kunnen worden gezet. De moleculaire productie van macroscopische producten met Drexlers nanomachines zou op termijn dus kunnen worden gerealiseerd. Echter, sommige futurologen voorzien daardoor een omwenteling van onze economische structuur en het begin van het zogenaamde ‘diamanten tijdperk’, omdat de productiekosten van bijvoorbeeld diamant drastisch zouden dalen. Deze laatste visie wordt *niet* gedeeld door STT: daar begint de science fiction. Gezien de verwachte en mogelijke ontwikkelingen tussen nu en 2030, en de twintig jaar die er meestal overheen gaat voor technische mogelijkheden hun invloed op het dagelijks leven doen gelden, is 2050 voldoende ver weg om de fantasie te prikkelen.



Figuur 2.1

Impressie van rastersondelithografie, waarbij een oppervlak met atomaire precisie wordt bewerkt door een ultrascherpe naald.

² Zie *Nanotechnologie, op weg naar een moleculaire bouwdoos*, samenvatting van publicatie nr. 60 *Nanotechnology, towards a molecular construction kit*, Stichting Toekomstbeeld der Techniek, Den Haag, 1998; binnen te halen op <http://www.stt.nl/text/sv60.pdf>

De invloed van nanotechnologie op het dagelijks leven in 2050

In het algemeen zal de invloed van nanotechnologie op het dagelijks leven sterk, maar vrij indirect zijn. In 2050 wonen de meeste mensen in huizen die nu al zijn gebouwd. Ze zullen dus vaak zijn aangepast en gemoderniseerd met behulp van verbeterde materialen, sterkere werktuigen op basis van nanomaterialen, en intelligente robots met een brein dat bestaat uit een lerend neurale netwerk van driedimensionale nanoelektronische componenten. De verf is milieuvriendelijker. Wonen kan comfortabeler en energiezuiniger dan nu door de toepassing van nieuwe kunststoffen voor muren, ramen, isolatie, meubels etc. De ramen zijn 'slim' door het aanbrengen van een dunne laag die de in- en uitstroom van licht en warmte regelt. De buitenmuur is voorzien van een lichtabsorberende laag die zonne-energie omzet in elektriciteit: één grote zonnecel. Het meubilair is vuilafstotend, evenals de kleding, die tevens zelfstrijkend is en eindelijk een goede vochtregulering heeft. De lucht wordt gezuiverd met een luchtververser op basis van nanogestructureerde fotokatalytische materialen. De huiseigenaar draagt kunststof lenzen met een krasbestendige nanocoating. Het huis wordt schoongehouden door een intelligente robot. Het IQ van de huisrobot is enerzijds met opzet *begrensd* met het oog op de uit te voeren taken; de sociale intelligentie ervan is adequaat. Het lijkt een lage graad van bewustzijn te bezitten, al valt dit natuurlijk nooit echt te bewijzen. Het huis zelf zit eveneens stampvol domotica, computergestuurd, en draadloos (op afstand, met een gesproken commando) instelbaar met de persoonlijke digitale zakassistent (mobiele telefoon + antwoordapparaat + internet + laptop met uitklapbaar toetsenbord + agenda + aktentas + boek(enkast) + archief + email + videoconferencing + on-line digitale tolk + informatiedienst + boodschappenjongen). Deze assistent bevat een waanzinnig snelle chip en een geheugen met een even waanzinnig hoge opslagcapaciteit voor tekst, beeld en geluid. Tevens kan de assistent draadloos communiceren met alle andere slimme apparaten in huis en elders. Overigens: de eerste biochips zijn intussen op de markt, maar bieden nog weinig voordelen boven anorganische chips. In het huis staat ergens een volkomen plat, flexibel, ultrahigh-definition driedimensionaal scherm voor interactieve tv (ter ontspanning) op basis van optoelektronische nanomaterialen, en er staan kleine luidsprekers, maar meestal worden draadloze virtual-reality brilletjes met oortelefoon gebruikt voor zowel ontspanning als werk. Dat werk is in één opzicht niet zoveel anders dan nu: druk. De dienstensector is nog verder gegroeid, tot zo'n 80% van de economie. De productie is namelijk nog veel verder geautomatiseerd door de toepassing van intelligente software, waardoor de productiviteit per werknemer verder is gestegen. Met deze software verzamelen multinationals al sinds 2000 via internet wereldwijd alle aankoopopdrachten, clusteren deze naar soort product, en realiseren dan de productie en distributie ervan: flexibel en op maat, en toch met optimale schaalvoordelen. Als er genoeg orders zijn, wordt regionaal geproduceerd. Ook softwareproductie is geautomatiseerd. Mensen doen datgene, wat ze beter kunnen dan machines. Menselijke arbeid levert vooral toegevoegde waarde door creativiteit en persoonlijke aandacht. Samenwerking in wisselende teams is daarbij inderdaad belangrijker geworden. Toch gaan de meeste mensen nog regelmatig naar kantoor. De meest waardevolle informatie is immers niet gecodeerd, terwijl vertrouwen essentieel is voor samenwerking. Virtual-reality conferencing is handig, maar daarvoor moet je elkaar toch een keer echt de hand schudden.

Ook gaan kinderen nog naar school. Creativiteit, attitude en sociale vaardigheden zijn belangrijker dan nu, maar het zoeken naar en omgaan met informatie is eveneens essentieel in de ideeëneconomie. Een zekere basiskennis is daarbij onontbeerlijk. Al het lesmateriaal is interactief en digitaal, en direct beschikbaar via het net, met intelligente tutoeren en leerlingvolgsystemen. Er zijn nog steeds docenten. Klassikaal onderwijs bestaat nog steeds, naast groepsgewijs en individueel leren. Na de initiële opleiding leren mensen voortdurend bij door 'training on the job' en door de beschikbaarheid van intelligente hulpsystemen.

In de zorg speelt persoonlijke aandacht een belangrijke rol. Adequate zorg is betaalbaar. Dit komt onder andere doordat de economie verder is gegroeid dankzij voortdurende technologische innovatie. Verder is de regelgeving voor geneesmiddelen en medische hulpmiddelen zodanig vormgegeven, dat innovatie door producenten erdoor wordt bevorderd in plaats van afgeremd. De gemiddelde levensduur is toegenomen tot 85 jaar dankzij de opkomst van onder andere genomics, gecontroleerde medicijnafgifte met nanocapsules, biomoleculaire sensoren, gerichte gentherapie, uit eigen cellen gekloond weefsel en organen, en biocompatibele materialen voor kunstweefsel en -organen. Operaties worden grotendeels uitgevoerd door robots. Diagnose wordt verder vereenvoudigd door de opkomst van microsensoren op basis van nanotechnologische componenten die in het lichaam kunnen worden gebracht. Kennis over zelforganisatie wordt gebruikt bij het helpen regenereren van sommige beschadigde weefsels, zoals botweefsel. De ontwikkelde koppelingen tussen nanoelektronica en zenuwcellen maken het mogelijk beschadigde zenuwbanen en zintuigen te vervangen door 'bionische'.

Dankzij nanomaterialen zijn uiterst compacte batterijen en brandstofcellen ontwikkeld waarmee het vervoeren schoner en sneller is geworden. Ultralichte materialen hebben geleid tot veel lichtere voertuigen, die ook daardoor zuiniger zijn. Tevens hebben nanocoatings gezorgd voor verbeterde lagers waardoor de geluidhinder is afgenomen. Roest is verleden tijd dankzij beschermende nanocoatings. De totale mobiliteit is intussen doorgegroeid met de economie. Er vindt meer vervoer én parkeren ondergronds plaats. Auto's zijn volledig zelfbesturend en kunnen zeer dicht achter elkaar rijden.

Nederland is, buiten de verder uitgebreide steden en corridors, vergeleken bij nu één groot natuurpark geworden.

Uitgangspunten

- Welvaart: dankzij de opeenvolging van informatie- en communicatietechnologie, biotechnologie en nanotechnologie heeft de economie een serie impulsen gekregen, waardoor er weliswaar conjunctuurschommelingen optreden maar grote crises zijn uitgebleven terwijl de absolute welvaart per hoofd van de Nederlandse bevolking is toegenomen.
- Keuzevrijheid voor de consument: de ontwikkeling van nieuwe toepassingen op basis van nieuwe technologieën zoals bio- en nanotechnologie ontmoet aanvankelijk weliswaar weerstand, maar vindt uiteindelijk in overleg met de industrie plaats via een rationele afweging van feitelijke meerwaarde en risico's.
- Vrede: internationale verdragen beperken de toepassingen van bio- en nanotechnologie voor defensiedoeleinden.

Onzekerheden

- Een vloeiende overschakeling naar de ideeëneconomie, zonder dat dit leidt tot werkloosheid door een mismatch op de arbeidsmarkt, die kan ontstaan doordat op een gegeven moment de nu zo bejubelde kenniswerkers worden weggeautomatiseerd door intelligente software, en andere werknemers door intelligente robots, terwijl zij over onvoldoende creativiteit beschikken om de (ruim beschikbare) nieuwe werkzaamheden uit te voeren.
- Een onvoorziene wending in consumentenpatronen, die de technologische ontwikkeling een andere kant opstuurt of vertraagt. Moleculaire nanotechnologie draagt de mogelijkheid in zich voor toepassingen die de grenzen tussen levende en dode materie overschrijden, met alle ethische vraagstukken van dien. Voorbeelden zijn biocomputers of zelfs kunstmatig leven (zoals in *De Procedure* van Harry Mulish).
- Onvoorziene wetenschappelijke ontdekkingen en technologische ontwikkelingen: voorspellingen als deze hebben slechts beperkte waarde.

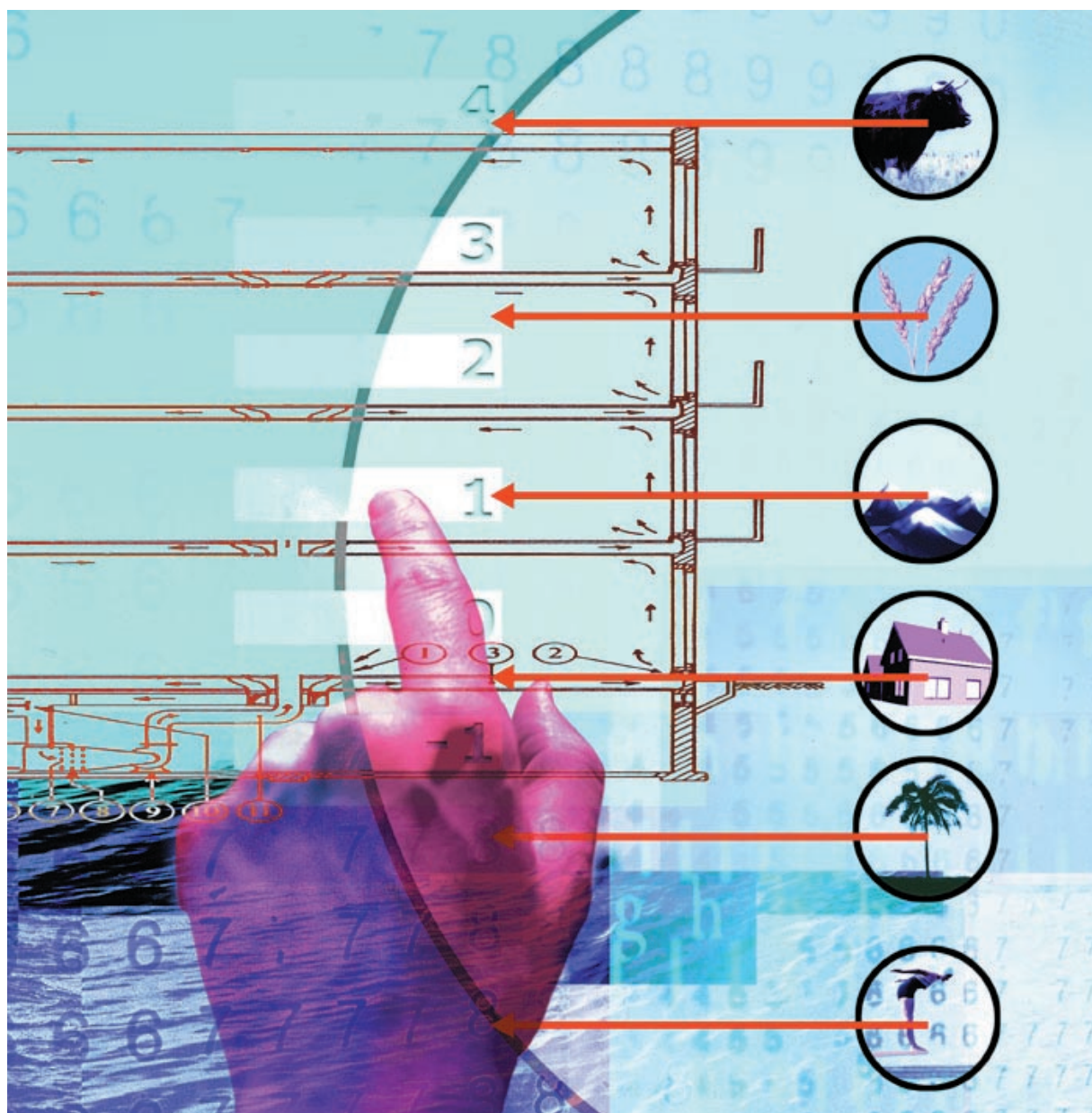
Invloed op milieu

Controle op nanoschaal over materialen biedt nieuwe mogelijkheden om duurzame materialen te ontwerpen en te produceren. Deze materialen kunnen tevens belangrijke elementen vormen in duurzame energietechnologie, zoals compacte milieuvriendelijke batterijen, brandstofcellen, zonnecellen en windmolens.

Los daarvan kan moleculaire assemblage leiden tot fabricageprocessen die elementen combineren van de huidige chemische procestechnologie en de landbouw. Het uitoefenen van deze controle zal geld, tijd en moeite kosten, doordat het 'opbouwen' dan wel 'gecontroleerd laten aangroeien' van nanostructuren tijd kost, en vraagt om zorgvuldig gecontroleerde toevoer van de uitgangsstoffen en van de omgevingsfactoren (druk, temperatuur etc.). Het heeft dus alleen zin voor hoogwaardige toepassingen, zoals een chip. Bij dit proces kunnen nog steeds afvalstoffen ontstaan. Tegelijkertijd is het *in principe* mogelijk de materiële kringloop van een product volledig te sluiten: elk product kan worden afgebroken tot basismoleculen en losse atomen, die vervolgens kunnen worden hergebruikt voor nieuwe producten. De afweging zal nog steeds afhangen van de kosten en tijdsduur van dit proces in relatie tot de behaalde milieuwinst.

Relevantie voor wetenschaps- en technologiebeleid anno 2000

Door de vele voorzienbare toepassingen op diverse terreinen verdient nanotechnologie de komende jaren bijzondere aandacht van beleidsmakers. In het bijzonder dient de overheid internationaal de Nederlandse prestaties op het gebied van de nanotechnologie te *benchmarken*, speciaal met Californië, de VS als geheel, Duitsland, Europa als geheel, en Japan. Daarbij gaat het niet alleen om de wetenschappelijke prestaties, maar ook om het gevolgde overheidsbeleid, om de betrokkenheid van de industrie en om de aantallen startende nanotechnologische bedrijven in de verschillende toepassingsgebieden.



2.5 Fuzzy Future (Materiaaltechnologie)

A. Beukers en E. van Hinte

Tot dusverre is de samenleving maakbaar gebleken. Alleen is de uitkomst van de ontwikkeling steevast anders dan oorspronkelijk was bevroed. Wie zich dat realiseert kan van dit fenomeen gebruik maken. Het komt er dan op aan het ‘maken’ niet te zien als een project met een eenmalig resultaat, maar als continu proces van verbetering dat ontdekkingen oplevert met op verschillende terreinen bruikbare toepassingen. Dan leiden tussenresultaten in combinatie met bevindingen van buitenaf tot aanscherping van de gehanteerde waarden, die op hun beurt weer worden teruggekoppeld naar het proces. De situatie in 2050 is evenmin definitief als de huidige.

Belangrijker dan één bepaald eindproduct zijn zinvolle spin-offs en voortdurend besef van nut, haalbaarheid, maatschappelijke waarden en het onderliggende doel van de technologische ontwikkeling. Momenteel bijvoorbeeld staat dat stilzwijgend aanvaarde, tamelijk dubieuze doel, in het teken van tijdbesparing. De mens moet worden bevrijd van dagelijkse beslommingen met steeds meer steeds ‘efficiëntere’ technische hulpmiddelen die maken dat hij meer tijd overhoudt om zich bezig te houden met ‘iets anders’, wat dat ook wezen mag. Vaak gaat dat andere ten koste van de kwaliteit van de leefomgeving.

Bij het proces van verbetering van de biotoop van de wereldbevolking draait ook alles om efficiëntie, maar dan niet in de vorm van tijdbesparing. Minimaal verbruik van grondstoffen en energie moet menselijke behoeften maximaal vervullen. Alles is schaars en zuinigheid voedt creativiteit.

Wij hanteren de top-down benadering, systematisch redeneren vanuit in de toekomst geprojecteerde ‘kernfuncties’. Specialistische invalshoeken (nano-, bio-, materiaal- en IC-tech) krijgen pas in een volgend stadium zin, bij het uitwerken van details. Zonder toepassing of context hebben bottom-up invalshoeken geen betekenis.

In de volgende reeks samenhangende flitsen lopen uitgangspunten en beschrijvingen door elkaar. Scheiding doet gekunsteld aan.

Polymarans

Concentratie van rijk geschakeerde functies in compacte bebouwing scheelt transport en de ideologische scheiding van stad en platteland is in 2050 al jaren achterhaald. Nederlanders leven in een van de clustersteden die samen een grootschalig radicaal geïntegreerd mengsel van stad en wildernis vormen. Dat strekt zich uit over het gehele noordwesten van Europa. Ter besparing van energie en moeite is Nederland opgehouden met het drooghouden van een horizontaal landbouwareaal. Het water is weer helemaal terug.

Nederland heeft geleerd licht en flexibel te bouwen. Een groot aantal van de meest recente bouwwerken bestaat uit naar huidige begrippen zeer omvangrijke drijvende constructies. Sommige van deze ‘polymarans’ zijn meer dan 600 meter hoog en beslaan een oppervlak van een vierkante kilometer. Ze zijn in hun geheel verplaatsbaar, maar dat gebeurt zelden. Belangrijker is dat de functionaliteit van gedeeltes van zo’n structuur makkelijk aan veranderende behoeften kan worden aangepast, vanzelfsprekend binnen de beperkingen van elk polymeran-variantieplan. Sportfaciliteiten kunnen winkels worden en musea veranderen in woonruimte, mits voldoende afwisseling gewaarborgd is.

Self supporting

Polymarans zijn gebouwd volgens de principes van intelligente (smart) landschapsbouw met beplanting, klimaatregelende doorgangen, accumulerende materialen en systemen voor het exploiteren van vrij beschikbare energie uit de omgeving (zon, wind en water). Het idee is dat een intelligente (eventueel levende) gebouwhuid en, minstens even slimme, interne afscheidingen, afhankelijk van de plaats en de behoefte, kunnen voorzien in energie, transparantie, beeldweergave, isolatie, enzovoort. Klimaatregeling vergt geen extra energie. Elke reuzenark is self-supporting. Afvalverwerking en regeneratie van rioolwater vindt onderin plaats in de krochten van het bouwwerk. Zowel binnen, als op en aan de drijvende kunstheuvels, is ruimte voor wonen, commercie, recreatie (oerossen en dovenetels kijken op het dak). Ontwerpen geschiedt niet meer vanuit eenzijdig getob met formalistische architectonische principes, maar op basis van constructie en aandacht voor wooncomfort (tuinen) en variaties van het menselijk parcours: lopen, steppen, klimmen, springen, afdalen, skaten en fietsen. Afstanden zijn nooit groot en het is bij pestweer altijd mogelijk binnendoor te gaan.

Recepturen

Productie van grondstoffen voor de voeding van de bewoners vindt overal in en op het gebouw plaats. Hoogteverschillen scheppen verschillende klimaten voor het telen van een rijk aanbod aan voedingsstoffen. Of ze dierlijk zijn of plantaardig is irrelevant. Bereiding van de voeding is niet langer afhankelijk van de herkenbaarheid van ingrediënten. De kwaliteit van eten blijft een kwestie van smaak, textuur, kleur, verschijningsvorm, verteerbaarheid, gemak en uiteraard voedingswaarde. Maaltijden worden bereid volgens alom beschikbare recepten, op basis van binnen elke polymaran geproduceerde grondstoffen. Transport en opslag van informatie zijn immaterieel. Grondstoffen voor allerhande materiële producten dienen vanwege de efficiëntie zo licht mogelijk te zijn (bij voorkeur hanteerbaar door één persoon) en in zo compact mogelijke vorm te worden vervoerd. Dat impliceert dat het vormen, het functionaliseren, de assemblage en de afwerking zo dicht mogelijk bij de plaats van uiteindelijk gebruik moeten plaatsvinden. Bulktransport van basisingrediënten gebeurt over water.

Bouwplaten

Een belangrijk deel van de materialen is vlak en gelamineerd uit verschillende componenten met het oog op 'lokaal toevoegbare waarde'. Producten worden namelijk samengesteld uit geavanceerde bouwplaten die, afhankelijk van de (eenvoudige) bewerking, plaatselijk variërende functies krijgen aangemeten. Zo zou verhitting kunnen zorgen dat binnenin isolerend schuim ontstaat. Behandeling met water daarentegen maakt dat de plaat transparant wordt. Net als bij voeding verschaffen recepten de informatie voor de productie. Alle onderdelen dragen een 'oormerk' met alle informatie over hun samenstelling. Ze zijn daardoor altijd te herleiden tot hun oorsprong en geschikt voor hergebruik elders. De bouwplaten worden geproduceerd in een groot aantal verspreid liggende fabrieken. De grondstoffen komen deels voort uit recycling en deels uit ketenmoleculen van fossiele of hernieuwbare oorsprong. Mineralen en metalen spelen een minder vooraanstaande rol. Vooral

de laatstgenoemde groep heeft, vanwege de hoeveelheid energie die voor de verwerking ervan nodig is, en vanwege de beperkte mogelijkheid tot het erin integreren van isolerende eigenschappen en transparantie, terrein prijs moeten geven aan kunststoffen en composieten.

Transport

Voor verplaatsing van mensen is een reeks middelen beschikbaar. In principe is alle vervoer openbaar. De privé-auto zoals we die nu kennen, is niet verdwenen, maar een transportfunctie heeft hij niet meer. Er zijn gebieden waar liefhebbers de autosport bedrijven, met clubhuizen en garages om naar hartenlust te kunnen sleutelen. Voor terreinfietsers en ruiters bestaan ook dergelijke terreinen.

Dat wil niet zeggen dat er geen individueel transport meer is. Er is wel degelijk een volautomatisch systeem voor vervoer van deur tot deur met snelheden van maximaal 90 km/u. Verder is langzaam groepsvervoer mogelijk per veer (30 km/u) over kleine afstanden met stops gemiddeld om de kilometer, sneller vervoer (240 km/u) met stops om de 10 kilometer en hoge snelheidsreizen (450 km/u) tussen belangrijke Europese centra. Reizen geschiedt over het algemeen bovengronds, op diverse hoogtes. Hoe sneller hoe hoger. Hogesnelheidsbanen lopen over de daken van de polymarans. Het is aangenaam om het landschap voorbij te zien komen. Intercontinentaal reizen we per hybride vliegtuig. Het kenmerk van alle voertuigen is 'smartness'. Ze zijn eenvoudig niet in staat tot botsen. Inherente veiligheid impliceert dat de constructie niet in staat hoeft te zijn tot letselpreventie. Voertuigen kunnen uiterst licht zijn en dat scheelt energie. Individuele voertuigen passen zich automatisch aan aan de wensen van de gebruiker op dat moment. Het intelligente systeem berust op radicale decentralisatie, net als dat van de polymarans. Elk voertuig op zich 'weet' hoe het zich moet gedragen. Dat maakt het verkeer weinig kwetsbaar. Vergelijk het met het Internet nu. Dat werkt zonder centrale sturing.

Aandrijving

Decentralisatie kan tevens dienen als uitgangspunt voor vernieuwing van aandrijfprincipes. Nu heeft elk voertuig een of enkele motoren. In 2050 evenwel, zijn dat er duizenden. Er wordt namelijk gebruik gemaakt van materialen (jet sheet of straalplaat) die energie rechtstreeks efficiënt zonder lawaai of uitstoot omzetten in stuwkracht. Als er motoren uitvallen kraait er geen haan naar. Het stuw materiaal is voor meerdere voertuigtypen geschikt.

Vliegtuigen zijn, net als andere producten, opgebouwd uit bouwplaten. De hoeveelheid energie die nodig is voor vliegen is drastisch teruggebracht. Dat komt door straalplaat, de veel lichtere structuur en doordat de benodigde hefkracht voor een deel wordt opgebracht door luchtverplaatsing met helium. Verder stijgen vlieg machines op met behulp van een speciale lineair aangedreven katapult. Dankzij de lichte structuur en intelligente besturing is voor het opstijgen en landen veel minder ruimte nodig. Verkeerstorens zijn alleen nog in gebruik bij toeristen en vogelaars.

Tijd

Het doel van technologische ontwikkeling is bereikt: iedereen contempleert, creëert, recreëert en socialiseert. Het zijn activiteiten die in het oorspronkelijke idee onder vrije tijd vielen. Nu worden ze allemaal gepland en krijg je ervoor betaald (behalve voor recreatie).

Werkelijk vrije tijd ontstaat alleen nog bij het vervallen van afspraken. In de agenda is daarom nu plaats voor 'vrijspraken'. Dat zijn afspraken die waarschijnlijk niet doorgaan. Eindelijk gelegenheid om helemaal niets te doen. Luiere is onschuldig en spaart het milieu. Niet reizen ook. Synthetische recreatiemogelijkheden met virtual reality zijn geperfectioneerd. Dat begon te lukken in 2025 toen men beseftte dat recreatie voor ongeveer de helft van de gespendeerde tijd een collectief karakter heeft. Voor de 'Spaanse' zon hoef je niet ver meer en je hoeft er ook geen speciaal Virtual Reality-pak voor aan te trekken. Het is een kwestie van een bezoekje aan een geavanceerd strandpark, een samensmelting van zwemparadijs, daglichtbioscoop, terras, zoncentrum en klimaatinstallatie, waar je altijd een middag terecht kunt. Of een uurtje.

Individuele ontspanning heeft een hoge graad van verfijning bereikt. Interactie met spel- en amusementsapparatuur is in hoge mate fysiek en spreekt alle menselijke vaardigheden aan.

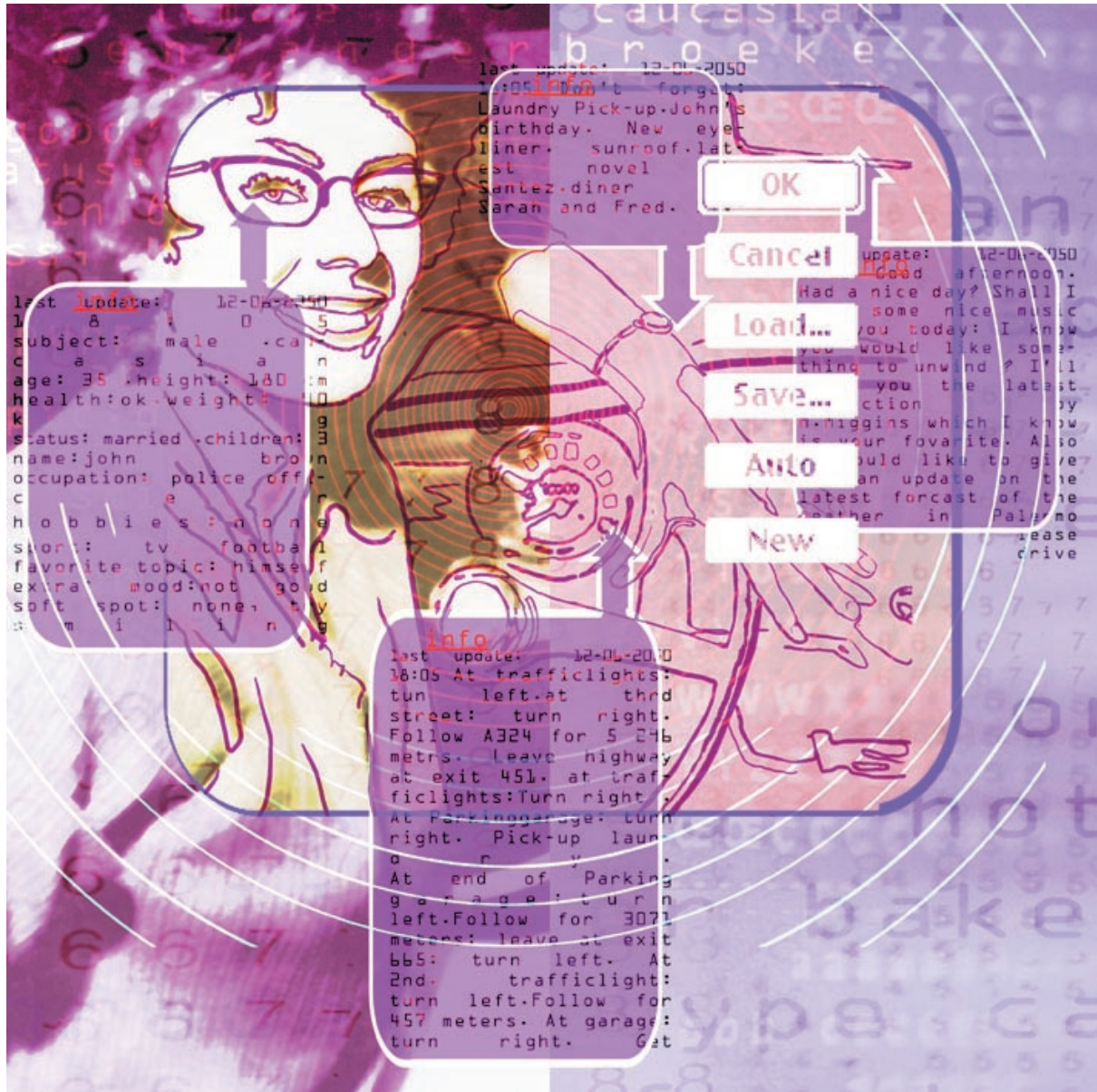
Consumptie

Een belangrijke en in principe schadelijke vorm van tijdsbesteding is consumptie van producten. De hoeveelheden spullen die mensen in huis hebben zijn niet meer te bevatten. Daarom leidt het kopen niet meer per definitie tot bezit. Waardevermindering gaat heel geleidelijk, volgens een vast percentage van de prijs. Het doel is producten langer in gebruik te houden. Omwille van de koopkick kun je overal meteen na het kopen het ding weer inleveren.

De benadering van de markt is tegelijk supermassaal en individueel. Bedrijven houden hun afzet hoog door hun producten op individuele wensen af te stemmen. Daarmee worden negatieve aankoopbeslissingen (nou, doe dan die ook maar) voorkomen en is de kans dat de aanschaffer tevreden blijft groter.

Normen

De snelheid van ontwikkelingen heeft vaak te lijden van obstakels in de vorm van regels en normen. Op zich hoeven ze geen belemmering te zijn. Het probleem schuilt in de formulering. Zodra een norm de vorm heeft van technische specificaties, compleet met materiaal en afmetingen, remt hij verbetering af. Het is daarom zaak veel normen en regels opnieuw te formuleren in termen van vereiste functionaliteit.



2.6 Consumenten: The electronic world - Possible aspects of the world in 2050

A.J. Nijman

Introduction

The outskirts of the world in 2050 can already be seen by looking and extrapolating the ongoing evolution. Two main technological evolutions are going on at the moment. The first one is the electronic/information evolution where I will deal with in the present essay and the other one is the biochemical/genetic evolution that I will not deal with.

The electronic evolution can be subdivided in the following sub-evolutions:

1. High performance electronics with increasing performance for the same costs.
2. High performance displays with increasing performance for the same costs.
3. Universal connectivity always and everywhere enabled by various types of wireless technologies.
4. Very cheap electronics including sensors with decreasing costs for the same performance.
5. Very cheap displays with decreasing costs for the same performance.
6. Natural interaction between humans, environment and equipment via interaction technologies like speech, gestures and dialogues.

Evolutions 1 & 2 are continuations of the evolution in the 20th century while evolution 3 started at the end of the 20th century. Evolutions 4, 5 & 6 are typical for the first half of the 21st century.

In addition to these six technological developments another important evolution has been the change-over of the empty world model of the 20th century to the full world model of the 21st century. During most of the 20th century a new technological development nearly automatically landed on an unfulfilled customer need. This was due to the fact that the world of fulfilled customer needs was essentially empty: *the empty world model*. Later in the 20th century and in the 21st century the world of customer needs was largely filled with solutions and so new components products or services could only be successful if they were carefully designed to fill a gap in customer needs: *the full world model*. These components, products or services typically need technology from various partners.

In the following the status of the fore-mentioned technologies is given where-after some of the consequences in 2050 are described. In 2050 all of this will be realised. But of course many other things will also happen, some of which will be rather amazing. Especially the field where electronics interact with biochemistry might lead to many surprises.

The evolution of electronics in the last 50 years

The electronic evolution first driven by the silicon evolution and later also by the rise of plastic electronics has led to both very high performance electronics in silicon and to very cheap electronics in plastic costing only a few cents. This has enabled essentially every product in the world to become electronic.....

Packages of products contain electronics that give info on use, freshness, recycling, price and services associated with the product. Many products, including very cheap ones, also contain a display conveying information and experiences associated with the product, its use and its environment. E.g. medicines are distributed in dispensers that signal the user when to take the medicine. Milk packages signal the freshness, associated price etc. Distribution, value capturing, business models etc. are changed dramatically by the introduction of electronics in packaging and products.

High resolution displays with impressive quality pictures have intruded everywhere. The home, the office and the public space are filled with displays. They are used, for instance, to associate wanted for experiences with the various products and services, or convey information about the environment.

With equipment and services one can speak in completely natural dialogues often supported by the omnipresent displays thereby opening-up the benefits of the information society to all segments of the society.

Wireless bandwidth and networking has grown so much that one is everywhere, every time connected to who or what one wants. This, at the one hand, supports family feelings and friendship and, at the other hand, personalises experiences and entertainment up-to an unforeseen level.

Enhanced reality and ambient intelligence

Ellen was leaving her work at the office. Her enhanced reality glasses showed her the names of the persons she encountered in the corridor. While walking to her car she thought about the dinner at home and asked her I-wear jacket whether her daughter Jacky would eat at home. In a few seconds she heard Jacky saying: 'Yes, Mom I am dreaming of a spinach pie! I will be at home at seven, bye, bye!' Ellen knew that Peter her husband hated spinach pies. Why not prepare salmon, his favourite dish? So, she said to her jacket : 'order at Jenses all we need for spinach pie and salmon for three persons to be delivered at home before six o'clock, and add the salad of Friday last week to it.'

She entered her car. 'I am going home' she said. The car recommended to take the route via Mercer street, because there was quite a traffic jam at Princeton square. Arriving at home she saw some kids playing. Her glasses helped her to recollect their names and also conveyed where they talked about the last time that they saw each other. 'Hi Veronique' said Ellen 'still enjoying your ballet lessons?' 'Yes, indeed! but my mother says that I first have to do my homework before going to ballet'

Ellen walked to the front door and saw that the fulfillment service had delivered what she had ordered. She opened the door and saw to her surprise Peter working at home. 'I thought you would work in the park, but you are here.' Peter replied: 'I was the whole week outside, today I liked to stay at home, maybe I will go to the office tomorrow. But you know my boss does not like that since he has to pay commuting taxes for every person day at the office.'

Next, Ellen walked to the kitchen where she asked the kitchen centre to show her the video with Bocluse preparing a spinach pie. She collected what she needed from the fridge and saw one milk package blinking to warn that the final consumption date was approaching.

Suddenly, Ellen became aware that Peter was going to the living room because she heard his music moving to the living room. 'A glass Chardonnay, my dear' she said. 'Yes, honey' he replied. So, with two glasses Chardonnay she entered the living and noted that Bocluse was now on show on the display of her favourite chair. 'Nice' she thought, 'we talk with each other, each has his our own sound not disturbing the other and we are drinking our favourite wine together' Next, she heard Jacky arriving.....

Everywhere connected

Peter was working at home in front of a large screen. A budget conference! He hated that but it is part of business life. He saw his four colleagues sitting in half a circle opposite to him. He could see his colleagues looking and talking to each other. He noted that Fred was rather nervous and looked again and again to Frank, the boss. 'Strange to realise that Frank is in Swiss skiing, Rob was flying to the Bahamas and Fred is visiting a customer in Italy' he thought. The automatic conference assistant Assi was simultaneously making a protocol of the meeting. Now and then Assi had to be corrected, 'Assi, I mean 40 million \$ and not 14 million \$' he heard Frank saying. Assi corrected immediately. A bit later Frank said: 'Think it over, tomorrow at 5 pm New York time, we come together again to fix the budget. See you!' ...

He noted it was already 12h30 and realised that he had not seen his daughter Jacky. 'Give me Jacky' he said. There her face appeared: 'Hi Dad', he heard, 'hungry, I assume'. 'Yes, and bored by one of these budget meetings'. 'Sorry Dad, I am eating with John, and we have plans for tonight, kiss!!'

The humming sound of Cleany, the cleaning and household robot, was now just behind him. Cleany laid the Parker fountain pen, that he had inherited from his grandfather, back on his office desk. A bit later he noted that Cleany was putting the dirty teacups in the dishwasher. He liked Cleany. Knowing Cleany, he realised that Cleany would next look to what milk, butter, cereals, spices, bread, potatoes and other basic materials etc. was still there, would check who was expected to be present tonight and tomorrow and would order what was needed.

The disappearance of linear added value chains

Markets between every step in added value

‘That had been a nice dinner last night.’ Jacky thought. She was really in love and enthusiastic about Johns proposal to go on vacation to Sicily. ‘I need some nice clothes; what I have is outmoded and does not fit a vacation in the sun. A heartbeat jacket would be nice for dancing’....

‘Where should I look’ she thought. Next she said: ‘give me hotfashion.com’. She was a regular customer of hotfashion.com. There, on the large screen in her bedroom she saw herself walking in the newest offers. ‘Show me some heartbeat jackets’ she said ‘it is for a vacation in Sicily.’ Immediately she saw herself walking in the streets of Palermo and entering a dancing with her heartbeat jacket. She looked quite sexy.

‘Give me the yellow one, and by the way what extra features can I get?’...

John was busy with ordering a trip and finding a nice cheap hotel. Like everyone for this he used budgettravel.com. So, he asked for budgettravel.com. They appeared immediately on the screen. So, he could start: ‘I like next Tuesday or Wednesday to go with my friend to Sicily for 10 days. In addition I like to book a nice double star Hotel in Palermo for my stay there. The whole thing should not cost more than 2000\$.’ Within a few seconds he got the reply: You both are booked on American leaving Kennedy at Tuesday 14th may, you both fly back with KLM leaving Palermo on may 23 at 12h30 and arriving at Kennedy at 15h00. Your hotel is.....

Peter was now already three years director business development at the To.com research organisation. Though he had three lead customers most of the technology he was selling via the navigator service: techno-deal.com. Before starting a new technology project he was always searching the techno-deal.com offered technology database to see whether someone else was already offering something related. To.com was also often starting projects because of requests found in the technology-request database of techno-deal.com. The latter projects had often a rather incremental character.....

3. Literatuurstudie

3.1 Inleiding

Uitspraken doen over de toekomst is van alle tijden. Zo schijnt de ingenieur Sextus Julius Frontinus uit het antieke Rome gezegd te hebben dat uitvindingen al lang hun top bereikt hebben en dat hij geen hoop had op verdere ontwikkelingen. Jules Verne heeft beelden geschetst die soms uitkwamen en soms niet. De millenniumwisseling was recent een aardige gelegenheid om voorspellingen voor het jaar 2000 tegen het licht te houden. In Nature van 6 januari 2000 werd het standaardwerk van Kahn en Wiener uit 1967 (*The Year 2000: A Framework for Speculations on the Next Thirty-three Years*) onder de loupe genomen. Sommige zijn gerealiseerd, andere niet. Het kost weinig moeite om voorbeelden te vinden van voorspellingen die geheel niet zijn uitgekomen. Zo zei Robert Millikan, Nobelprijswinnaar voor de natuurkunde, in 1923: *'There is no likelihood man can ever tap power of the atom'*. Ken Olson, directeur van het computerbedrijf DEC, zei in 1977: *'There is no reason anyone would want a computer in their home'*.

Missers in deze trant weerhouden mensen er uiteraard niet van allerlei uitspraken over de toekomst te doen. Nu is het oeuvre van de science fiction omvangrijk, maar dat wordt hier niet bedoeld. Dit stuk is gericht op de meer formele verwachtingen over toekomstige technologische ontwikkelingen. Er zijn vele soorten bronnen met informatie over toekomst verwachtingen. Ook studies die niet primair gericht zijn op technologische ontwikkelingen bevatten veronderstellingen ten aanzien van de technologie van de toekomst. Bij deze studie is gebruik gemaakt van de volgende soorten bronnen:

1. Formele technology foresight/forecast studies

Er zijn tal van landen die grootschalige projecten uitvoeren om toekomstige technologische ontwikkelingen in kaart te brengen. Met foresight studies³ wordt meestal bedoeld op zeer omvangrijke Delphi-achtige studies. Duizenden experts wordt in een reeks enquêtes en interviews gevraagd naar hun verwachtingen ten aanzien van de ontwikkelingen van specifieke technologieën. Japan is als eerst begonnen met zo'n 'Technology forecast survey' die al sinds 1971 iedere vijf jaar wordt uitgevoerd (NISTEP, 1997). Uit een recente evaluatie van de eerste foresight studie blijkt dat twee-derde van de 'voorspellingen' min of meer is uitgekomen. Het min of meer zit in het exacte jaar waarin een bepaalde technologie beschikbaar kwam of in de mate van penetratie die voorspeld was (Martin, 1995). Andere landen die foresight studies verrichten of hebben verricht zijn bijvoorbeeld de Verenigde Staten, Duitsland, Oostenrijk, Engeland, India en Finland. De termijn waarover deze studies vooruitkijken is, over het algemeen niet erg lang (5 tot 20 jaar). Alleen de Japanse studie kijkt (voor een beperkt aantal thema's) naar een termijn van 30 jaar.

De huidige Foresight studie in de UK wijkt af van de Delphi-methodiek en maakt meer gebruik van scenario methodieken ([www.foresight.gov.uk](http://www foresight.gov.uk)). Daarmee vertoont dit foresight programma veel overeenkomsten met studies uit categorie 2 en 3.

2. Inventarisaties van technologische oplossingsrichtingen

Onder deze categorie vallen inventarisaties van technologieën die een bijdrage kunnen leveren aan het oplossen van een probleem (bijvoorbeeld een milieuprobleem). De overeenkomst met studies in de eerste categorie is dat vaak gebruik gemaakt wordt van de kennis van experts. Anders dan in de formele foresight programma's geven deze studies dus geen verwachting weer van 'waarschijnlijke' technologische ontwikkelingen, maar een lijst

³ In eerste instantie werd er gesproken over forecasting (voorspellen), maar aangezien dat een te grote exactheid van de uitspraken suggereert wordt nu liever gesproken over foresight (verkennen) (Grupp, 1999).

van 'mogelijke' technologische ontwikkelingen die wenselijk zouden zijn vanuit een bepaalde probleemstelling (Weizsäcker e.a., 1995, Weterings e.a., 1997). In sommige studies (DTO, 1997; Weaver e.a., 2000; COOL, 1999) worden de technologische oplossingen wel geplaatst in een scenariocontext.

3. Thema gerichte scenario studie, m.b.t. economie een specifieke markt, milieu, demografisch en sociaal, politiek

Het verrichten van scenario studies is een zeer populaire manier om mogelijke ontwikkelingen te schetsen. Shell doet dit al decennia lang (www.shell.com/royal-en/). Ook Siemens en de American Council for the United Nations University (zie www.ic.siemens.com/sbs/en/company/activities/futurescape/index.html respectievelijk www.geocities.com/~acunu/) zijn op dit terrein actief. Ten behoeve van het klimaatbeleid maakt het IPCC scenario's. In Nederland kan gedacht worden aan de traditie van scenario-ontwikkeling bij de WRR, de RPD en het CPB. De scenario's geven mogelijke ontwikkelingen van bijvoorbeeld de economie van een land, de bevolkingsgroei en -verdeling over het land of een specifieke markt. Tegen de achtergrond van zo'n scenario kan een overheid of bedrijf bepalen welk beleid of welke strategie het meeste kans biedt op het behalen van de eigen doelstellingen. (Zie voor beschrijving verschillende type scenario's en doelstellingen voor ontwikkelen van een scenario Nijhuis e.a., 1999; en Glenn en Gordon, 1998 en 1999) Ontwikkelingen in technologie worden in veel scenario's niet expliciet beschreven. Wat in de meeste scenario's wel veel aandacht krijgt zijn de drijvende krachten die bepalend zijn voor een snellere of minder snelle technologische ontwikkeling en de effecten van technologische ontwikkelingen op bijvoorbeeld de economie of een markt.

4. Toekomstverwachtingen, trendanalyses, voor een specifiek vakgebied, sector, markt of bedrijf

Er zijn tal van rapporten die de toekomst van een bepaald vakgebied (bijvoorbeeld nanotechnologie, ten Wolde, 1998), een arbeidsmarkt (bijvoorbeeld die voor de biomedisch ingenieur, Willems en van den Wildenberg, 1999), of een sector (denk aan de agrosector, de Wilt e.a., 1999) beschrijven. Uit dergelijke studies is meestal veel informatie af te leiden over technologische ontwikkelingen. Bij de overgang naar het nieuwe millennium verschenen ook tal van populaire geschriften over wat de technologie ons brengen zal (o.a. Scientific American, 99/3 en 99/4; KIIJK, maart 2000, Times, mei en juli 2000).

5. Beschrijving van een specifieke techniek of product

De bronnen voor toekomstverwachtingen over een specifieke techniek of product zijn talloos: kranten, internet (kijk b.v. op www.personalrobot.com) en vakbladen. Technologische nieuwtjes zijn zeer interessant voor een toekomstverkenning over technologie. Immers de koelkast die, indien nodig, automatisch melk bestelt bij de supermarkt wordt nu alleen nog maar getest, maar staat wellicht over tien jaar bij iedereen in huis. De oven waar je alleen het gerecht maar in hoeft te schuiven en het apparaat regelt de rest, komt er aan.

Veel informatie over technologie staat in grijze literatuur, maar ook in de meer populaire tijdschriften en kranten. De toegankelijkheid van die grijze literatuur (verslagen van workshops, lezingen en interne rapporten) is de afgelopen jaren, door het Internet, veel beter geworden. Zo geeft de web-pagina van de World Future Society (www.wfs.org) weer links naar talloze instituten en organisaties die zich met toekomstonderzoek bezig houden. Hierdoor zijn veel bronnen voor deze studie veel gemakkelijker en sneller toegankelijk geworden dan vroeger mogelijk zou zijn geweest.

Invloed van technologie en nieuwe materialen op het wonen

Roel Thomas

Wonen in 2050 is op een aantal punten nogal anders dan nu. Woningen en/of wijken zijn aanzienlijk meer zelfvoorzienend geworden. De meeste huizen hebben hun eigen ketel voor het opwekken van zowel warmte als elektriciteit. Vaak deelt men deze met een aantal burens, omdat er meestal voldoende energie binnenkomt via zonnecellen en zonnepanelen.

Het afvalwater wordt niet meer zoals nu over grote afstanden getransporteerd om in een grote centrale installatie te worden gezuiverd. Door nieuwe materialen zijn membranen ontwikkeld die zo efficiënt zijn dat waterzuivering op wijkniveau geregeld is. Het gezuiverde water wordt in de bodem geïnfilteerd, vaak via buurtvijvers. De vaste (organische) restanten vinden gretig aftrek in de landbouw. De kwaliteit is veel beter dan die van het huidige zuiveringsslib of gft omdat er geen restanten van b.v. metalen of bestrijdingsmiddelen in zitten. Metaal (voor waterleidingen, keukenapparatuur, bestek e.d.) wordt haast niet meer gebruikt omdat daar veel handiger materialen voor zijn ontwikkeld.

Ook huishoudelijk afval wordt anders verwerkt. De hoeveelheid is veel kleiner dan nu; en als er al iets als afval wordt bestempeld, is dat door de slimmere toepassing van materialen en ontwerpen altijd gemakkelijk te demonteren en her te gebruiken. Alle biologisch afval (voedselresten, plantaardig materiaal e.d.) wordt via het afvalwater afgevoerd. En tenslotte de huizen zélf. Die zijn uiteraard

volledig demontabel en recyclebaar. Ouderwetse materialen als baksteen, beton en hout worden dan ook niet meer gebruikt. Het huis bestaat vooral uit metaal (staal, aluminium) en kunststoffen. Die laatste zijn niet alleen lichter dan bakstenen maar isoleren ook veel beter (ook geluid). Schilderen is dus niet meer nodig.

Uitgangspunten

Onder invloed van toenemende schaarste van klassieke materialen (fossiele brandstoffen, hout, metaal) zijn alternatieven ontwikkeld. De producten zijn slimmer in elkaar gezet en daardoor gemakkelijker opnieuw te gebruiken. Het energie-intensieve transport van afvalstoffen is niet handig. Dit kan handiger op wijkniveau.

Onzekerheden

Drijvende krachten achter het ontwikkelen van nieuwe materialen en producten
Bereidheid om af te wijken van individualisering en op wijkniveau diensten te gaan organiseren

Invloed op milieu

Minder energiegebruik per woning; minder centrale elektriciteitsopwekking; minder energiegebruik voor afvoer en verwerking van afval en afgedankte producten; minder verdroging.

Dit literatuuroverzicht claimt niet volledig te zijn; bij lange na niet. Wel geeft dit overzicht de algemene verwachting weer ten aanzien van de ontwikkelingen in wat wel opkomende, doorbraak- of sleuteltechnologieën genoemd worden: nanotechnologie, biotechnologie, materiaaltechnologie en informatie- en communicatietechnologie (ICT).

3.2 Doorbraaktechnologieën in de 21st eeuw

Over de benaming van technologieën bestaat geen eenduidigheid. Soms krijgt een belangrijke vinding het etiket technologie (membraamtechnologie, lasertechnologie) soms een toepassing (energietechnologie, milieutechnologie, ruimtetechnologie), waarin dan verschillende technologieën worden gecombineerd. Zo is ruimtevaarttechnologie een combinatie van ICT-, nano- en materiaaltechnologie en speelt in de bemande ruimtevaart ook biotechnologie een belangrijke rol. Iets soortgelijks geldt voor energietechnologie waar toegepaste nano-, materiaal- en biotechnologie van belang zijn. Voor dit literatuuroverzicht hebben we ons niet bezig gehouden met de precieze afbakening van de technologie-gebieden die we hebben bestudeerd: Informatie en communicatie technologie (ICT), biotechnologie, nanotechnologie en materiaaltechnologie.

Nanotechnologie en biotechnologie zijn technologiegebieden of –clusters die zich richten op de potentie van het werken op moleculaire schaal. De raakvlakken tussen beide gebieden zijn Biotechnologie houdt zich bezig met de ‘levende materie’. Alle levensvormen bestaan uit met water gevulde cellen. Biotechnologie wordt ook wel de natte kant van nanotechnologie genoemd. Nanotechnologie richt zich op ‘dode materie’, het gecontroleerd bouwen met atomen en moleculen, verdergaand dan de gebruikelijke chemie. De scheidslijn tussen beide technologieën zal, naarmate de ontwikkelingen verder gaan, steeds meer vervagen. Van beide technologiegebieden wordt verwacht dat ze de nodige ethische vragen genereren.

Materiaaltechnologie richt zich op de samenstelling van materialen in relatie met eigenschappen van dat materiaal bij toepassingen. Ook voor materiaaltechnologie geldt dat er een grote overlap is met nanotechnologie en biotechnologie. ICT richt zich op de omzetting en het transport van informatie. Dit technologiegebied zal in de toekomst sterk kunnen profiteren van de ontwikkelingen in de nano- en biotechnologie. Maar ook de relatie tussen ICT en materiaaltechnologie kan in de toekomst sterker worden, naarmate informatie meer in het materiaal zelf wordt opgeslagen.

Technologieontwikkeling

In de historie zien we de overgang tussen twee perioden nogal eens (maar niet uitsluitend) gemarkeerd aangegeven door een technologische vinding of de overgang van één dominante technologie naar een andere. De overgangen tussen stentijdperk, bronzetijdperk en de ijzertijd werden bepaald door (verbeteringen in) smelttechnologie, met revolutionaire gevolgen. De vinding van de boekdrukkunst stond aan het begin van de Renaissance. De stoommachine luidde de eerste Industriële Revolutie in, de komst van elektriciteit en olie de tweede. (Zie voor historisch overzicht van enkele belangrijke (uit)vindingen Scientific American 99/4.) Nu wordt wel gesproken over de derde industriële of digitale revolutie. Informatie- en communicatie technologie worden samen met biotechnologie en nanotechnologie (soms ook gecombineerd met materiaaltechnologie) door velen (Kaku, 1998; Lintsen, in: Haskoning Forum, 1999; Wijffels, in: de Vos, 2000) gezien als de technologieën die het aanzien van de komende eeuw zullen bepalen.

De overgang van de ene dominante technologie naar een andere bedraagt vaak jaren. Vaak bestaan gedurende een langere periode verschillende technologieën naast elkaar, soms zelfs

Technologie en ruimte in 2050

Marianne Kuijpers-Linde

Uitgangspunten:

Technologische veranderingen hebben geen grote directe invloed op het ruimtegebruik in Nederland.

Technologische ontwikkelingen maken ondergronds parkeren en ondergronds goederen transport op grote schaal mogelijk. Technologische ontwikkelingen in de bouw hebben tot gevolg dat "bouwen in eigen beheer" steeds vaker voorkomt.

Technologische ontwikkelingen maken duurzame energie ook op lokaal niveau tot een interessant alternatief.

Internet heeft invloed op het winkelgedrag van mensen: het aantal detailhandelvestigingen in de foodsector neemt fors af, het aantal detailvestigingen in de non-food sector daalt als gevolg van gedragsveranderingen (minder gericht op materiële consumptie) licht. Particulier vervoer blijft de meest aantrekkelijke wijze van verplaatsen

Flits

Elke morgen reis ik vanuit Doesburg naar Den Haag. Ik woon in een wijk, die dateert uit het begin van de jaren twintig. De wijk ligt aan de rand van een natuurgebied, is ruim opgezet en in eigen beheer gebouwd. Dit laatste houdt in dat door de lokale overheid (stadsgewest Achterhoek) een aantal regels is opgesteld wat betreft de bouwstijl, het volume en het materiaalgebruik. Het huis is ruim: we hebben twee grote kamers op de begane grond, 5 slaapkamers op de eerste verdieping en een kantoor (ik werk één dag in de week thuis) en een grote ontspanningsruimte op de zolder. Natuurlijk hebben we ook een ruime keuken en 3 badkamers. De garage onder het huis biedt onder meer ruimte voor vier auto's. Een dergelijk huis konden wij ons (als hogere inkomensklasse) permitteren omdat de bouw voor een groot deel door robots is uitgevoerd. Onze kavel is niet groot (450 m²). Ons huis is in tegenstelling tot veel andere woningen niet voorzien van een flexibele indeling. Onze burens (wat oudere mensen) hebben dat wel: zij kunnen eenvoudig de slaapkamers

verplaatsen naar de begane grond.

Rijdend in mijn auto passeer ik de Veluwe. De Veluwe is één groot natuurgebied met her en der wat dorpen, die voornamelijk gebouwd zijn in de vorige eeuw. Vervolgens rijd ik langs Ede en zie dan tot Gouda een aaneenschakeling van woonwijken en één groot industriegebied bij Veenendaal. Mijn moeder vertelde me dat hier vroeger vooral landbouwgebied was. De landbouw is hier verdwenen, alleen in het cultuur historisch park "Het Groene Hart" zie ik wat weilanden. Dit wil niet zeggen dat in Nederland geen landbouw meer te vinden is: nog steeds is ruim 50% van het Nederlandse grondgebied in gebruik als landbouwgrond, een deel van de landbouwgebieden uit de vorige eeuw is tussen 2020 en 2030 overgegaan in cultuur historische parken. De grondbezitters zijn in dienst van de overheid. Ik houd van de skyline van Utrecht: die enorme kantoorkolossen, de chique appartementen complexen en de kleine Dom in het oude centrum. De Utrechtse binnenstad is volkomen autovrij. In een ring om de stad zijn enorme parkeergarages ondergronds gebouwd. Ik zou er best willen wonen. Kanaleneiland is een mooi opgezette wijk (in 2009 gebouwd). De tuinen zijn ongeveer even groot als die van mij. De huizen zijn weliswaar iets kleiner, maar je woont wel wat centraler. Dichterbij het werk en dichterbij Schiphol (ik vlieg vaak: voor zowel privé als werk). De wijk heeft ook nadelen, in tegenstelling tot onze wijk zijn er weinig wijkvoorzieningen (zoals relatief goedkope energie, goedkoop internet, buizensysteem voor dagelijkse boodschappen, etc.).

Na Woerden schiet het op. De 8-baansweg ligt enigszins verdiept, zodat ik niets meer van het landschap kan zien. Bij Zoetermeer parkeer ik m'n auto in een ondergrondse garage en reis per trein naar mijn kantoor. We zitten net in een nieuw gebouw. Ik heb weer een eigen kamer. Heerlijk om niet meer met zo'n rot karretje elke dag te moeten rennen voor een rustig plekje in de "kantoortuin".

in één product. Zo was het eerste stoomschip in feite een zeilschip met extra stoomaandrijving (Kemp, 1995). In het traject van ontwikkeling van een nieuwe technologie worden drie fases onderscheiden: de (uit)vinding, de innovatie en de diffusie.

Uitvinding

Wat doet een nieuwe technologie ontstaan? In het verleden waren het vaak ingenieurs (of uitvinders) die op basis van praktische inzichten kwamen tot uitvindingen. Nu zijn het vaak de wetenschappelijke onderzoekers die aan de wieg staan van de uitvinding. Er is erg weinig bekend over de omstandigheden die leiden tot (uit)vindingen. Duidelijk is dat historisch gezien (uit)vindingen niet geleidelijk over de tijd zijn verdeeld (Weaver e.a., 2000). Technologische doorbraken kunnen voortkomen uit beperkingen van de huidige dominante technologie, gerelateerd aan veranderende eisen vanuit de omgeving. De ‘wet van Moore’ is een voorbeeld van zo’n beperking⁴. Ook zijn in de geschiedenis in tijden van oorlog veel uitvindingen gedaan (Kemp, 1995).

Innovatie

Een (uit)vinding kan leiden tot een innovatie, de commerciële toepassing van de (uit)vinding. Sommige schrijvers duiden met een innovatie op een radicale doorbraak waardoor een andere technologie ontstaat. Anderen noemen een graduele verbetering in een bestaande technologie ook al een innovatie. In deze literatuurstudie zal geen onderscheid worden gemaakt. In het overzicht van mogelijke toepassingen van de genoemde doorbraaktechnologieën staan zowel verbeteringen van huidige technologische systemen als totaal nieuwe technologieën. Niet alle innovaties leiden uiteindelijk ook tot nieuwe technologieën. Ook hierover is weinig bekend. (Weaver e.a., 2000). Vaak wordt het proces van technologie-selectie gerelateerd aan het effect van lock-in; een eenmaal gekozen technologie blijft dominant ook al bestaan er betere alternatieven. Dit is met name het geval als een technologisch systeem veel (harde of zachte) infrastructuur behoeft (zoals transportmiddelen of computersystemen).

Diffusie

De laatste fase van de technologie-ontwikkeling is de diffusie; de acceptatie van de technologie. Deze diffusie-fase kan heel lang duren, met name weer als de technologie veel infrastructuur behoeft. Zo heeft de auto er 100 jaar over gedaan voor dat het de dominante transport-technologie werd. Maar zelfs de diffusie van de balpen duurde 10 jaar (Kemp, 1995).

Verkenning 2050

Wat betekent het voorafgaande voor een vooruitblik naar 2050? Ten eerste is het waarschijnlijk dat veel van de dominante technologieën in 2050 nu in essentie al aanwezig zijn. De (uit)vindingen zijn waarschijnlijk al gedaan, er is vermoedelijk ook al een innovatie en voor enkele is de diffusie-fase al begonnen. Echter van alle verwachtingen over de mogelijke toepassingen van nu gedane (uit)vindingen zullen vele het nooit brengen tot een dominante technologie. Soms omdat in de komende jaren een nieuwe (uit)vinding de verwachtingen nuanceert of tot een betere technologie leidt. Soms ook omdat de omstandigheden veranderen waardoor een technologie niet verder ontwikkeld wordt. Het is

⁴ De wet van Moore verwijst naar een observatie die Gordon Moore (mede oprichter van Intel) in 1965 deed. Hij stelde dat de dichtheid van transistoren op een chip iedere 18 maanden verdubbelt. Dit door redenerend betekent dit dat binnen twintig jaar de grens van de huidige chip technologie op basis van silicium bereikt zal worden.

daarom goed om dit stuk af te sluiten met een waarschuwing van Cramer en Zegveld: '[...] het maken van een 'technology assessment' [is] moeilijk vanwege het feit dat toekomstige technologische ontwikkelingen en hun gevolgen voor het milieubeleid niet in deterministische zin te voorspellen zijn. De ontwikkeling van technologie is geen autonoom proces: ze wordt sterk beïnvloed door de maatschappelijke context waarbinnen ze plaatsvindt.' (Cramer en Zegveld, 1990).

Technologie en het jaar 2050?

Pieter Kramers

Evolutie op drie niveau's.

Een beeld: We kunnen drie niveau's van evolutie onderkennen: (1) de evolutie van de biologische gegevens, (2) de ontwikkelingen in onze mentale vermogens en kennis, en (3) de ontwikkeling van de technologie. Van belang is dat ze elk een eigen mechanisme kennen en daarmee een eigen 'maximum snelheid'.

De biologische evolutie werkt via het vanouds bekende principe van mutatie en selectie, bij de overdracht van genetische informatie van de ene generatie op de andere. Bij organismen met een lange levenscyclus gaan veranderingen vrij traag. De beperkende factor is de lage frequentie waarmee nieuwe en in de geldende condities voordelige mutaties optreden.

De ontwikkeling in de overdracht van normen, waarden en kennis tussen individuen kan sneller gaan dan die van genetische informatie. De beperkende factor is de mate waarin een eenmaal gevormd individu nog in staat is nieuwe normen en waarden te assimileren.

De ontwikkeling van de technologie kan weer sneller gaan, omdat datgene wat gegeven voorgaande stappen technisch kan, ook wordt gerealiseerd, omdat er altijd mensen zijn die dit proces vormgeven zonder zich veel te bekommeren om de maatschappelijke implicaties op termijn.

Technologie leading?

De verschillende intrinsieke snelheden van deze drie 'evolutieniveaus' zorgen voor spanning. Technologisch kan een maatschappij gecreëerd worden waarin mensen zich bijvoorbeeld niet meer hoeven te bewegen om alle productieprocessen enz. op gang te houden. Ons maatschappijbeeld - en zeker ons lichaam - zijn daar echter niet op gebouwd. Wat wordt tenslotte dominant? De technologie? Dan zal een drug ontwikkeld worden die ons maatschappijbeeld aanpast

aan deze situatie en een andere die de atrofiering (verdwijning) van onze spieren begeleidt. Wie/wat maakt daarin de keuzes? Autonoom geprogrammeerde processen met ingebouwde aan technologische efficiëntie ontleende criteria. Tien tegen één dat de huidige (ook tijdsgebonden) waardenpatronen t.a.v. bijvoorbeeld 'duurzaam beheer van hulpbronnen' en 'lang en gezond leven' niet automatisch uitgangspunt blijven.

Wat laten we met technologie gebeuren? Het nieuwe administratieve systeem SAP op het RIVM is een mooi maar ook schrikwekkend voorbeeld: een omvattend systeem met impliciete waarden wordt zodanig dwingend dat iets waarmee bij het ontwerp geen rekening is gehouden, ook echt niet meer kan. Wie is de baas?

Gezondheid biologische en technologisch

Nog een invalshoek, vanuit de gezondheid en de zorg. Een opvatting van 'gezondheid' is dat een 'gezond' individu met zijn fysieke en mentale toerusting in staat is in balans te blijven met de wisselende omgeving om hem heen (temperatuur, licht, agressie, werkdruk, enz.) en daar zelfs zijn voordeel mee te doen. Raakt die balans verstoord, dan wordt men ziek. In de biologische evolutie worden de minder 'fite' individuen, die zich in hun omgeving minder kunnen handhaven, weggeselecteerd, ofwel, ze nemen minder deel aan de productie van volgende generaties.

Veel klassieke (ook alternatieve) geneeswijzen werken of worden gezegd te werken via het restaureren van het vermogen van het individu om zijn omgeving aan te kunnen. De moderne medische technologie houdt steeds meer personen in leven die het vroeger niet zouden halen. Zij doet dit niet door het individu te leren met zijn omgeving om te gaan maar door die omgeving aan te passen. Tot op zekere hoogte prima: couveuses (hoewel veel vroeggeborenen later ernstige problemen

krijgen), brillen, rolstoelen. Veel geneesmiddelen doen hetzelfde: ze heffen defecten op door in de fysiologische processen in te grijpen. Als gentherapie op enige schaal toepasbaar zou worden gaat het een stap verder: een genetisch defect wordt gecompenseerd, en zulke genetische defecten worden talrijker omdat ze niet meer worden weggeselecteerd en bovendien steeds meer herkend worden. Maar wat is variatie en wat is afwijkend?

Rode draad: fysieke en mentale 'tekortkomingen' worden gerepareerd door met technologie de externe of interne omgeving aan te passen. In termen van de drie evolutieniveau's is de integriteit van het fysieke individu allang niet meer maatgevend, maar die van het mentale individu op den duur ook niet. Wie/wat gaat de normen aanleggen voor de behandeling van afwijkingen, als we allemaal een product daarvan zijn? Ook langs deze weg: Wordt de technologie in ultimo de baas?

3.3 Informatie- en communicatietechnologie

Nieuwe economie (of genuanceerder: een vernieuwende economie (CPB, 2000)), kenniseconomie, informatiemaatschappij, netwerksamenleving, de digitale revolutie, het zijn begrippen die niet altijd helder afgebakend zijn, maar in ieder geval ten nauwste samenhangen met ICT. Hoewel ook op dit terrein geldt dat lang niet alle voorspellingen (nog?) zijn uitgekomen (we zouden volgens sommigen nu al papierloze kantoren moeten hebben en het boek zou alleen nog in musea aan te treffen zijn) is er de afgelopen twee decennia, en met name de laatste jaren, onder invloed van ICT veel veranderd. De capaciteit en snelheid van computers zijn door vergaande miniaturisering in die tijd heel sterk uitgebreid tegen dalende kosten. Door een groeiende automatisering zijn administraties en productieprocessen van bedrijven sterk veranderd. Het werd ook mogelijk veel apparatuur van chips te voorzien. De opkomst van internet en ontwikkelingen in telecommunicatie (o.a. mobiele telefonie, communicatiesatellieten, glasvezelkabels en kostenverlaging) hebben geleid tot een brede, gemakkelijke en goedkope toegang tot informatie en een sterk vergrote bereikbaarheid van mensen en bedrijven in ruimte en tijd. Het hangt van de burgers en bedrijven zelf af of men van de mogelijkheden gebruik maakt. Overigens blijft van groot belang dat ondanks de enorme beschikbaarheid van kennis, de vaardigheid om van kennis gebruik te maken, essentieel is.

Vrij algemeen wordt verondersteld dat de capaciteit en snelheid van computers nog zeer sterk zullen uitbreiden en dat 'inimini' computers gebruikt zullen worden in toepassingen waar ze nu nog nauwelijks voor te stellen zijn. Wanneer de huidige silicium chips tegen fysieke grenzen aanlopen (2012, 2018?; de jaren die men noemt verschillen) zou het mogelijk kunnen zijn dat berekeningen gemaakt worden door individuele moleculen.

De mogelijkheden voor elektronische communicatie zullen de komende tien jaar nog aanzienlijk worden uitgebreid met nieuwe producten die veel meer functies kunnen uitvoeren dan nu. UMTS zal op korte termijn breedband datatransport via de kabel mogelijk maken. Hoe langer hoe meer zal communicatie ook draadloos kunnen plaatsvinden. Naar verwachting zullen ook veel toepassingen gebruikersvriendelijker worden. Veel routinematig werk gaat verdwijnen. Bestaande tussenpersonen worden uitgeschakeld of krijgen nieuwe rollen. Veel werk gaat zitten in het ontwerpen en bouwen van programma's en het onderhoud van systemen.

De rol van overheden gaat waarschijnlijk veranderen. De nationale staat gaat mede onder invloed van ICT waarschijnlijk minder belangrijk worden.

Sommigen voorzien een tweedeling van de samenleving als gevolg van het al of niet toegang hebben tot internet. In de VS en de EU worden activiteiten ontplooid om deze kloof te overbruggen. Anderen zien juist enorme mogelijkheden voor een veel grotere participatie van burgers door de toename van snellere en directere informatie en communicatie, b.v. mogelijkheden om vanuit huis te stemmen en mee te praten met nationale (internet) discussies.

Ook wordt door sommigen gevreesd dat de privacy van burgers teveel wordt aangetast. Anderen stellen daar tegenover dat ICT ook de mogelijkheden biedt tegen privacyaantasting in het geweer te komen. Ook wordt wel gesteld dat een zekere aantasting van de privacy (bijvoorbeeld bij de aanschaf van producten) niet als zo problematisch ervaren wordt als er een betere dienstverlening tegenover staat.

Door de toenemende invloed van internet zou de samenleving wel eens storingsgevoeliger kunnen worden.

Ook over de mogelijke milieugevolgen van ICT is de literatuur niet eenduidig. Enerzijds wordt er gesproken over de grote efficiëntie winst bij productieprocessen, transport en personen mobiliteit die ICT zou kunnen bewerkstelligen. Aan de andere kant wordt er ook

aangegeven dat de enorme toename in het aantal computers en communicatie apparatuur gepaard gaat met een grote vraag naar energie.

Veel van het beschrevene is de komende 20 jaar al aan de orde. Wat over 50 jaar mogelijk is, is op dit terrein nauwelijks voor te stellen, ook al omdat uit de synthese van ICT, biotechnologie en nanotechnologie heel veel synergie te verwachten is.

Een greep uit de mogelijke toepassingen

- Privacy gegarandeerde smartcards als toegang tot betalingen, kennis, gebouwen, wegen en vervoersmiddelen;
- Apparaten kunnen kleiner worden en krijgen veel meer ingebouwde mogelijkheden (ook wel ‘slim’ of ‘intelligent’ genoemd);
- Het elektronische boek (in vorm en formaat) vermindert papierverbruik
- De komst van het huisnetwerk (het ‘denkende’ huis): verwarming, koeling, ventilatie en verlichting worden geoptimaliseerd naar comfort, gezond binnenklimaat en energiebesparing.
- Koelkast en oven doen menusuggesties, geven gezondheidstips (U heeft deze week al x eieren gegeten) en bestellen desgewenst de boodschappen;
- Buurtbeveiliging kan verbeterd worden door elektronische surveillance;
- Directe democratie wordt in principe mogelijk; transparantie van de overheid kan groter worden;
- Dienstverlening via internet: e-commerce, m-commerce;
- Robots voor productie en distributie en voor routinematige klussen als schoonmaken van huizen en kantoren;
- Thuiszorg, ‘bewaking’ van ouderen en zieken;
- Telechirurgie, robots voor uitvoeren van operaties, chirurg aan de knoppen;
- Verbeterde fraude- en overtredingspreventie
- Telewerken, videovergaderen en teleleren;
- Optimalisering van ketenlogistiek bij aan- en afvoer van producten door beurzen (hogere beladingsgraad; geen leeg rijden);
- Ondergronds goederentransport mede mogelijk gemaakt door ICT en verbeterde ketenlogistiek;
- Geleid vervoer: intensiever en veiliger auto- en treinvervoer over bestaande wegen en railverbindingen;
- De bestuurderloze auto door satellietsturing
- Geautomatiseerde transferia in combinatie met laadmodulen;
- Gekromde vliegroutes bij start en landing waardoor minder geluidsoverlast
- On-line toerisme via webcamera’s, de wereld wordt vanuit de huiskamer verkend

Chips, Telomeertechnologie en congestie van de samenleving

Tjeerd Kimman

In 2050 zal de medische technologie een aantal belangrijke stappen gezet hebben. Diagnostiek is op ieder individu afgestemd, geautomatiseerd, maar vooral ook geminiaturiseerd. Kort en goed, iedereen beschikt over een klein "lab op een chip". Deze chip verzamelt gegevens over expressie van ziektegenen, integreert deze gegevens met data over onze genetische "make-up", en verzamelt data over het genoom van binnendringende pathogenen. De chip integreert deze informatie tot een individueel gezondheidsprofiel. Hier blijft het uiteraard niet bij. Als medicatie nodig is of gewijzigd moet worden, dan wordt hiertoe on-line opdracht gegeven aan onze eigen "apotheek op een chip". Dit is een farmaceutisch bedrijfje op microformaat, dat wederom een op ieder individu en op ieder pathogeen micro-organisme afgestemd geneesmiddel fabriceert en, indien de chip in het lichaam geïmplant is, dit geneesmiddel ook direct toedient. Deze geminiaturiseerde geneeskunde leidt tot een sterke verbetering van het welzijnsbevinden. Nog belangrijker zijn echter de grote doorbraken op het gebied van de "telomeertechnologie" (TT). Telomeren zijn de uiteinden van chromosomen die betrokken zijn bij verouderingsprocessen. In vorige eeuwen liep de verkorting van deze telomeren parallel aan het verouderen. Door nu de telomeerlengte en bijkomende processen nauwkeurig te reguleren, worden

verouderingsprocessen in cellen nauwkeurig vertraagd en onderling op elkaar afgestemd. Ook dit gaat weer nagenoeg ongemerkt via ons eigen "lab op een chip". De gevolgen van TT zijn groot en stemmen aanvankelijk velen tot tevredenheid. De droom van de eeuwige jeugd is nagenoeg bereikt. Verouderingsprocessen worden sterk vertraagd en degeneratieve ziekten behoren nagenoeg tot het verleden. De vruchtbare leeftijd van vrouwen is verlengd tot hun 50e jaar, mensen blijven werken tot hun 80e jaar, en de gemiddelde leeftijd waarop mensen sterven is verhoogd tot 120 jaar. De gevolgen zijn groot. Het kindertal is explosief toegenomen (nagenoeg alle gezinnen krijgen een tweede "nestje" als de oudste kinderen het huis uit zijn), de mobiliteit en het energiegebruik verbonden aan het toegenomen economisch verkeer stijgen dramatisch, maar vooral de bevolkingsgroei is groot. En dat zullen we weten. Er zijn grote sociale spanningen tussen 100-ers en 100+ers. De regering besluit tot een extra stimulans voor het vakgebied van de psychogeriatric. De oevers van de Waddenzee zijn volgebouwd met appartementen voor 100+ers. Voor zeilers op het IJsselmeer is niet meer ruimte beschikbaar dan een smalle strook langs de Friese kust, en de groene ruimte op de Veluwe is even groot als het Vondelpark.

3.4 Biotechnologie

Biotechnologie is het technologisch gebruik van levende organismen en biologische processen. De bereiding van brood, kaas, wijn en bier zijn voorbeelden van al zeer lang bestaande biotechnologische toepassingen. Deze eeuw, en met name de laatste drie decennia, heeft de biotechnologie een enorme vlucht genomen door de ontdekking van het DNA als drager van erfelijke eigenschappen en de mogelijkheden van recombinant DNA technologie⁵. Met deze technologie kan in principe in iedere cel, van zowel lagere als hogere organismen, soortvreemd DNA worden ingebouwd. Maar ook op andere gebieden van de biotechnologie, zoals kloon-technologie en tissue-engineering (het kweken van menselijk weefsel, buiten het lichaam) zijn de ontwikkelingen zeer snel gegaan. In eerste instantie werden toepassingen voor deze 'nieuwe' biotechnologie met name gezocht in de farmaceutische en procesindustrie en in de landbouw. Voor de toekomst zijn de verwachtingen rond mogelijkheden van de biotechnologie hoog gespannen. Het in kaart brengen van het DNA van verschillende organismen (o.a. het 'Human Genome Project'), de toename in kennis omtrent de functie van specifieke genen, successen met het klonen van hogere organismen en het kweken van huid-, bot- en orgaanweefsel, voeden deze hoge verwachtingen.

Tegelijkertijd worden de ontwikkelingen kritisch gevolgd in de maatschappij, waarbij de discussie zich op dit moment met name lijkt te richten op genetische modificatie. In Europa hebben enkele grote bedrijven dan ook besloten voorlopig geen genetisch gemodificeerde producten in hun voedingsmiddelen te verwerken. Ook in de Verenigde Staten is er sinds 1995 een steeds groter wordende groep die de risico's van genetische modificatie groter vindt dan de voordelen. De verwachting bij sommige biotechnologen is dat deze weerstand de komende tien jaar nog zal groeien, maar dat daarna de voordelen van de biotechnologie zich bewezen zullen hebben. Zij gaan er vanuit dat de weerstand voornamelijk voortkomt uit onbekendheid. Daarmee gaan ze soms voorbij aan de ethische argumenten die ook een rol spelen in de discussie. De discussie over de vraag of er een ethische grens is wat betreft het ingrijpen in levende organismen en waar die grens dan zou liggen, wordt niet alleen vanuit religieuze groeperingen gevoerd. Daarnaast is er ook een groep onderzoekers die niet (alleen) uit ethische overwegingen vraagtekens zetten bij de claims van de biotechnologie. Deze onderzoekers wijzen veelal op de complexiteit van 'levende' systemen. Binnen zo'n systeem is het niet eenvoudig om eigenschappen te veranderen zonder dat dit gevolgen heeft voor de rest van het systeem. Soms hebben genetische gemodificeerde gewassen onbedoelde effecten op andere organismen (de bekende monarch vlinder) en lijkt er een gerede kans op de overdracht van ziekten bij de transplantatie van celweefsel van de ene soort naar een andere soort. Dergelijke (onbedoelde) neveneffecten zijn niet uniek voor de nieuwe biotechnologie. Ook bij toepassingen van de traditionele biotechnologie en bij traditionele veredeling komen dergelijke neveneffecten voor. Volgens 'kritische' onderzoekers houden technologie-optimisten echter in hun 'toekomst-voorspellingen' te weinig rekening met de mogelijkheid van dergelijke effecten.

In de volgende paragrafen zal een kort overzicht gegeven worden van biotechnologische ontwikkelingen, ingedeeld naar ontwikkelingen met betrekking tot micro-organismen, gewassen, dieren (m.n. zoogdieren) en mensen. Er zal met name aandacht geschonken worden aan genetische modificatie, omdat daar in de literatuur het meest over wordt geschreven. Bijna dagelijks komen er nieuwe vindingen in het nieuws waardoor verwachtingen in positieve of negatieve richting moeten worden bijgesteld. Dat leidt er echter ook toe dat weergeven van de huidige stand van zaken op het gebied van onderzoek, toepassingen en verwachtingen vrijwel onmogelijk is. Toch een poging.

⁵ Bacterie of cel waarbij in het erfelijkheidsmateriaal een vreemd stukje DNA is ingebouwd.

Micro-organismen

Genetisch gemodificeerde micro-organismen worden in de farmaceutische industrie met name gebruikt voor de productie van nieuwe medicijnen (b.v. voor de behandeling van trombose, reuma, kanker), antibiotica en vaccins. Ook worden ze op grote schaal gebruikt voor de productie van enzymen en proteïnen die hun toepassing vinden in de wasmiddelen- en voedingsmiddelenindustrie. Voor de industrie betekent het gebruik van ggo's (genetisch gemodificeerde organismen) een enorme productieverhoging, productverbetering en/of kostenbesparing ten opzichte van de traditionele biologische productie of synthetische productietechnieken. De huidige successen zijn veelal gebaseerd op de wijziging van slechts één gen in het gebruikte ggo. Veel wordt verwacht van de mogelijkheid in de toekomst meerdere genen (multifactorieel) te veranderen, waardoor ook gecompliceerdere functies en/of een combinatie van functies naar wens zouden kunnen veranderen.

Ook ziet men toepassingen van genetisch gemodificeerde micro-organismen voor biologische reiniging van milieuverontreiniging (zg. bioremediation). Het vermogen van bacteriën om toxische stoffen af te breken zou d.m.v genetische modificatie verbeterd kunnen worden. Ook zouden micro-organismen ingezet kunnen worden in biokatalysatoren en in biosensoren voor het voorkómen van milieuverontreiniging met als resultaat: minder energiegebruik, minder en beter verwerkbaar afval en meer gesloten stofkringlopen.

Gewassen

Ook gewassen worden inmiddels op grote schaal genetisch gemodificeerd. Met de genetische modificatie wordt getracht gewenste eigenschappen aan een gewas toe te voegen of een 'ongewenste' eigenschap uit te schakelen. Voorbeelden zijn gewassen die resistent zijn tegen pesticiden, suikerbieten met een niet-calorische zoetstof, en rijst die kan groeien in verzilt water. Als voordelen van dergelijke aanpassingen worden o.a. genoemd de kosten- en milieubesparing door verminderd gebruik van bestrijdingsmiddelen, teelt onder omstandigheden waar dat nu niet mogelijk is, de mogelijkheid voedsel beter af te stemmen op de specifieke voedingsbehoeften van (groepen van) mensen, en nieuwe toepassingen voor landbouwproducten. Genetisch gemodificeerde gewassen worden op dit moment al op grote schaal toegepast. In de Verenigde Staten, Argentinië en Canada bestaat gemiddeld de helft van gewassen als sojabonen, mais, en koolzaad en in de Verenigde Staten ook een groot deel van de aardappels en katoen uit genetisch gemodificeerde variëteiten. In de meeste huidige gewassen is slechts één gen gemodificeerd. In het grootste gedeelte van de gewassen die nu de markt bereiken is de genetische modificatie gericht op het verhogen van de resistentie van gewassen tegen insecten en virussen of tegen pesticiden die gebruikt worden om onkruiden te bestrijden. In de afgelopen jaren is echter steeds meer gekeken naar mogelijke verhoging van de kwaliteit van het gewas. Veel wordt daarbij verwacht van de toepassing van multifactoriële veranderingen. Er zijn naar verwachting legio toepassingen voor deze nieuwe generatie van genetisch gemodificeerde gewassen. Verwacht wordt dat deze ontwikkeling zich de komende tien à twintig jaar door zal zetten. Primaire voedingsmiddelen als rijst en mais zullen steeds vaker aangepast worden zodat tekorten in het huidige dieet opgeheven worden (bijvoorbeeld de "gouden rijst" die vitamine A en ijzer bevat). Sommige allergene componenten in andere voedingsmiddelen zouden kunnen worden uitgeschakeld. Er zouden gewassen ontwikkeld kunnen worden met humane-melk proteïne voor het verbeteren van zuigelingenvoeding, en cafeïnevrije koffiebonen. Voordelen zouden er niet alleen zijn voor de kwaliteit van de voeding maar ook voor het gebruik van pesticiden bij de productie van de gewassen of het gebruik van toxische stoffen in de voedingsindustrie zelf.

In de toekomst zullen genetisch gemodificeerde gewassen ook steeds meer gebruikt worden voor de productie van materialen die niet traditioneel uit planten worden gewonnen, b.v. biopolymeren. De uitdaging daarbij is om te komen tot een combinatie van synthetische en biologische materialen, waarbij gebruik gemaakt wordt van de sterke punten van beide type materialen. Als dit leidt tot minder gebruik van synthetische materialen kunnen dergelijke biopolymeren (b.v. plastics uit zetmeel) een bijdrage leveren aan het sluiten van kringlopen. Ook worden boomsoorten genetisch gemodificeerd voor de papier-, en houtindustrie die het gebruik van chemicaliën en verven door deze industrieën zouden kunnen beperken. De winning van biobrandstoffen uit biomassa kan ook efficiënter door het gebruik van genetische gemodificeerde gewassen.

Een toenemend gebruik van biomaterialen heeft voordelen doordat het de uitputting van niet-hernieuwbare grondstoffen en de aantasting van landschap door de winning van dergelijke grondstoffen tegengaat. Meer gebruik van biobrandstoffen is voordelig voor de CO₂ uitstoot gerelateerd aan brandstoffen.

Nadelen van het gebruik van genetisch gemodificeerde gewassen worden, terecht of onterecht, met name gezien in de risico's voor ecosystemen en de biodiversiteit. Ook de onbekendheid met effecten op lange termijn van de consumptie van genetisch gemodificeerde gewassen wordt als risico genoemd. Critici wijzen er op dat er ook meer traditionele oplossingen zijn voor de problemen die genetisch gemodificeerde gewassen zouden moeten oplossen (aanpassing van diëten, betere verdeling van welvaart, rotatie van gewassen) waarbij bovengenoemde risico's geen rol spelen. Een belangrijke beperking is de beschikbaarheid van voldoende landbouwareaal voor de productie van voedsel, energiegewassen en biograndstoffen.

Dieren en mensen

In de biotechnologie vinden grote veranderingen plaats op het gebied van genetische modificatie, kloontechnieken en tissue-engineering met betrekking tot dieren en mensen. Genetische modificatie bij zoogdieren is vaak gericht op de productie van humane proteïne voor therapeutische toepassingen (in melk van schapen, konijnen en koeien). Ook kunnen dierlijke weefsels door middel van genetische modificatie geschikter gemaakt worden voor transplantatie naar mensen (xenotransplantatie), waardoor er geen afstotingsreactie optreedt. Genetische modificatie van zoogdieren zou men graag combineren met kloontechnieken. Op die wijze kan men van één dier met de gewenste genetische samenstelling een nageslacht krijgen met dezelfde genetische samenstelling. Enkele bedrijven hebben besloten hun activiteiten op dit gebied te staken. Dit kwam door recent bijgestelde verwachtingen ten aanzien van de risico's bij xenotransplantatie en de weerstand tegen de genetische modificatie van zoogdieren. Daar kwam bij dat in een aantal landen wetten zijn aangepast die het klonen van menselijke cellen voor de productie van humane stamcellen voor therapeutische doeleinden toestaat.

Bedrijven op het gebied van tissue-engineering zullen in de nabije toekomst (de komende vijf jaar) in staat zijn huid- en botweefsel te kweken op basis van cellen van de patiënt zelf. Er wordt gezocht naar kweekmethoden voor orgaanweefsel. Veel mogelijkheden worden gezien in de combinatie van botweefsel en een prothese, waardoor de aanhechting van de prothese sterk wordt verbeterd. Minder overeenstemming is er over de mogelijkheid hele organen buiten het lichaam te produceren (komende 30 jaar), waardoor xenotransplantatie een overbodige route wordt. Nog extremer zijn de beschouwingen over de combinatie van hersencellen en computers (implantatie van computers in de hersenen of het creëren van computers met gebruik van hersencellen), het verlengen van het leven met enkele tientallen

jaren, het klonen van mensen, het gebruik van kunstmatige baarmoeders of het creëren van dieren met fotosynthese-eigenschappen.

Door verbeteringen in voeding en in preventie, diagnose en genezing van ziekten zou het aantal gezonde levensjaren van mensen toe kunnen nemen. Met name voor ontwikkelingslanden zijn de verwachtingen ten aanzien van de tweede generatie genetisch gemodificeerde voedingsgewassen hoog gespannen.

Een greep uit de mogelijke toepassingen

- Kleinschaliger waterzuivering;
- Toenemende preventie door optimalisering van het voedingspakket;
- Vervanging van verloren bot- en huidweefsel gekweekt uit patient-eigen cellen;
- Betere hechting van prothese aan lichaam;
- Toenemende aandacht voor “medicatie van welzijn”, bijvoorbeeld controle van gewicht, stressbestijding, bestrijding van jet-lag, snelle verwijdering van alcohol uit bloed;
- Betere werkomstandigheden door goed gecontroleerde bioprocessen;
- Biosensoren voor monitoring van productieprocessen;
- Ontzwaveling van fossiele brandstoffen door bacteriën
- Milieumonitoring met biosensoren
- Creëren van verbeterde landbouw- en tuinbouwgewassen die kunnen groeien onder extreme omstandigheden, bv. rijst in verzilt water, of zonder gebruik van pesticiden;
- Verbeterde houtsoorten voor biobrandstoffen, papierproductie en hout- en meubelindustrie;
- Verhoogde productie van geur- en smaakstoffen uit oliehoudende zaden;
- Gewassen met humane melk proteïne voor verbetering zuigelingenvoeding;
- Voedselgewassen voor schapen voor het verhogen van wolproductie;
- Nieuwe combinatie van natuurlijke en synthetische textiel voor betere temperatuurregulatie van kleding;
- Toevoegen van pigment aan katoenplant zodat de stof niet meer geverfd hoeft te worden;
- Aangepaste rijst- en maisvariëties voor de verbeterde opname/omzetting van vitamine A en ijzer;
- Voedingsstoffen ‘verrijkt’ met stoffen voor het voorkomen van ziekten (o.a. tandbederf, herpes simplex virus 2, diabetes);
- Waterstof als brandstof, geproduceerd door bacteriën met aangepaste fotosynthese;
- Bacteriën geschikt maken om gevaarlijk afval te verwerken
- Gericht en efficiënt ingrijpen bij ziekte door persoonlijk afgestemde medicatie;
- Onderdrukking of uitschakeling van ziektenverwekkende genen;
- Biochips voor exacte controle van medicijnafgifte, sturing hartslag of hormoonafgifte of om kunstledematen te sturen;
- Energie-opwekking op en rond het huis door biologische zonnecellen;

Invloed van technologie op de chemische industrie

Roel Thomas

In 2050 worden aan de borreltafel nog wel eens herinneringen opgehaald aan de manier waarop aan het begin van die eeuw chemie werd bedreven. Algemeen wordt dan beaamd dat er toen toch wel erg veel kostbare grondstoffen, energie en tijd is verspild. Het aangezicht van de chemische procesinstallaties is aanzienlijk veranderd. Door de toepassing van specifieke katalysatoren verlopen nu alle chemische reacties bij veel lagere temperaturen en drukken. Ook is hierdoor de selectiviteit van chemische omzettingen enorm toegenomen, waardoor de voormalige energie-vretende zuiverings- en scheidingsprocessen verleden tijd zijn geworden. Overigens was ook een essentiële randvoorwaarde hiervoor dat er adequate micro-sensoren zijn ontwikkeld die het mogelijk hebben gemaakt de reactie-omstandigheden nauwkeurig genoeg te regelen. Door verregaande robotisering en de introductie van chemische simulatie-software kan in een mum van tijd een synthese-route voor een nieuw materiaal worden ontwikkeld. De hoeveelheid materialen, medicijnen en kleurstoffen is de afgelopen 25 jaar dan ook enorm toegenomen.

Aan deze ontwikkeling is ook een enorme impuls gegeven door de noodzaak materialen te ontwikkelen die efficiënt en met weinig energie na gebruik weer kunnen worden afgebroken tot nuttige chemische bouwstenen voor nieuwe materialen en producten. Veel is hierbij "geleerd" van de manier waarop in de natuur chemische syntheses plaatsvinden. Biologische synthese-processen en biokatalysatoren zijn dan ook "big business".

Uitgangspunten

Het steeds schaarser worden van aardolie, aardgas en biomassa heeft er toe geleid dat deze koolstofhoudende stoffen niet of

nauwelijks nog als brandstof worden gebruikt. De mogelijkheid om chemische reacties en katalytische processen te simuleren is te danken aan de beschikbaarheid van daartoe geschikte hard- en software.

Onzekerheden

Zullen er nog wel genoeg β -wetenschappers zijn in de komende jaren om deze ontwikkelingen werkelijkheid te laten worden? Misschien is een alternatieve route het (weer) gebruiken van steenkool als koolstof-bron. Daarvan is mondiaal nog een grote voorraad beschikbaar.

De ontwikkeling van dit type chemie zal alleen maar snel kunnen als er mondiaal gezien overeenstemming is dat dit echt noodzakelijk is. Het zal dan mondiaal "geregeld" moeten worden dat er niet in bepaalde regio's toch nog op de ouderwetse wijze chemie wordt bedreven (dat is namelijk aanvankelijk toch nog goedkoper)

Zijn er voldoende alternatieve energiebronnen om er van af te zien chemische grondstoffen te gebruiken als brandstof?

Invloed op milieu

Doordat de chemische industrie zo efficiënt produceert is ondanks de verdrievoudiging van de productie het areaal industrieterrein niet toegenomen.

De milieubelasting is trouwens zo laag geworden dat er ook chemische producten in woonwijken (kunnen) worden geproduceerd. Dit heeft ook te maken met de sterke verbetering van de technieken om procesgassen en afvalwater te zuiveren. Door de schaalverkleining is de kans op ongelukken (explosies, lekkages e.d.) veel kleiner geworden.

3.5 Nanotechnologie

Nanotechnologie is een vrij jong veld van onderzoek en ontwikkeling dat zich richt op het bestuderen en manipuleren van voorwerpen op de schaalgrootte van atomen en moleculen. Het veld is nog zo jong dat er ook nog discussie is over de definitie⁶. Er wordt wel gesproken over een technologie die ‘apparaatjes maakt’ bestaande uit kunstmatige complexen van moleculen die in staat zijn een vooraf bepaalde taak uit te voeren die de moleculen afzonderlijk niet uit zouden kunnen voeren. In dit onderzoeksveld komen twee ontwikkelingen bij elkaar: de top-down ontwikkeling van een steeds verdergaande verkleining en de bottom-up ontwikkeling van het ‘bouwen’ met atomen en moleculen. Op deze nano-schaal hebben materialen andere elektrische, magnetische, elektrochemische en optische eigenschappen dan materialen op een grotere ruimtelijke dimensie. Deze andere eigenschappen kunnen als storend worden gezien bij de behoefte aan steeds verdere verkleining, maar bieden ook kansen voor het maken van structuren met totaal nieuwe mogelijkheden. Zo kan het mogelijk worden fysische eigenschappen van een materiaal zoals kleur, elektrische geleiding, smeltpunt, hardheid en sterkte te veranderen zonder de macroscopische samenstelling te veranderen.

Nanotechnologie bevindt zich nog voornamelijk in het stadium van het fundamentele onderzoek. Dit betekent dat uitspraken over mogelijk toepassingen nog met veel onzekerheden omgeven zijn. Terwijl veel onderzoekers aangeven in welke richting toepassingen gezocht kunnen worden (zie de bonte lijst hierna), zijn andere onderzoekers vanwege de onzekerheden terughoudend met het noemen van toepassingsmogelijkheden. Toch is de algemene opinie dat nanotechnologie de potentie heeft een sleuteltechnologie te worden, die een gelijksoortige invloed zal hebben als bijvoorbeeld de uitvinding van elektriciteit, antibiotica, kunststoffen, de transistor en de microprocessor. In verschillende landen zijn nu nationale programma's opgezet en de budgetten verruimd om de boot niet te missen in de mondiale concurrentiestrijd. Ontwikkelingen op het gebied van nanotechnologie worden echter niet alleen gehinderd door een beperkt of versnipperd budget. Het is voor onderzoeksgroepen ook erg moeilijk om aan geschikte onderzoekers te komen. Exact geschoolde onderzoekers zijn al schaars en de nanotechnologie vereist bovendien dat de onderzoeker over de grenzen van z'n eigen vakdiscipline heen kan kijken. Daarnaast is de grote kloof tussen de wetenschap en de industrie een probleem voor onderzoek naar mogelijke toepassingen van de nanotechnologie. Sommige onderzoeksgroepen (en overheden) proberen deze kloof te dichten door het stimuleren van het opzetten van ondernemingen door de eigen (ex)onderzoekers of het openstellen van onderzoeksfaciliteiten voor (startende) ondernemers.

Nanotechnologie biedt mogelijkheden voor uiteenlopende toepassingen als kleinere en snellere computerchips, supersterke materialen, sterk verbeterde coatings, hoog-rendement zonnecellen en het gericht toedienen van medicijnen. Bedacht moet worden, dat de wijze van fabricage tijd (of ruimte) kost, waardoor vooral hoogwaardige toepassingen in aanmerking komen. Minder overeenstemming is er over de mogelijkheid om (en/of de termijn waarop) te komen tot zichzelf reproducerende moleculaire machines (‘moleculaire monteurs’ of ‘nanieten’) die bijvoorbeeld gebruikt kunnen worden voor het opsporen en vernietigen van virussen en kankercellen in het lichaam of de afbraak van vervuiling in het milieu. Mogelijke milieugevolgen van nanotechnologie zijn nog veel speculatiever dan de mogelijkheden zelf. Gedacht kan worden aan zeer energiezuinige vervoersmiddelen door

⁶ Er bestaat ook een ‘oude nanotechnologie’, de chemische katalyse. De katalysatoren ontstonden vaak door trial and error zonder zicht op onderliggende processen (Amato, 1999)

gebruik van lichte materialen, en hoog-rendement batterijen en brandstofcellen. Geen erosie van zware metalen en een langere levensduur van metalen door gebruik van anti-corrosie coatings zijn andere toepassingen. Dit zou tevens een beperking in het gebruik van de huidige coatings, met hun milieunadelen, tot gevolg kunnen hebben. Een risico waar meer over gespeculeerd wordt dan over de mogelijke milieugevolgen is dat zichzelf reproducerende machines ‘op hol slaan’, of dat ze ‘in verkeerde handen’ gebruikt worden voor minder nobele doeleinden.

Extremer dan bovengenoemde toepassingen is de veronderstelling dat moleculaire machines in staat zullen zijn alles te maken wat we maar willen. Dat zou dan (theoretisch) kunnen leiden tot industrieën zonder vervuiling omdat materialen vanaf de basis opgebouwd worden. Zo zou volgens de nanotechnologie-pionier (volgens anderen: pseudo-wetenschapper) Drexler op termijn uit afval diamant gemaakt kunnen worden. Dit zou dan leiden tot het einde van de schaarste, een economie waarin grondstoffen en voedsel gratis zullen zijn. Ook menselijke organen of zelfs personen zouden met nanieten gebouwd kunnen worden. Drexler noemt het maken van moleculen tot werkende nanieten de ‘Vinger van God’ daarmee wijzend op de ethische discussie over de mogelijke toepassingen van nanotechnologie. Deze discussie wordt nu nog nauwelijks gevoerd omdat er nog vrij weinig toepassingen van nanotechnologie in praktijk gebracht zijn. Maar volgens sommigen zal die discussie minstens zo heftig worden als de huidige discussie rond biotechnologie.

Een greep uit de mogelijke toepassingen

- Krasvaste brillenglazen (al op de markt);
- Zonnebrandolie met UV-licht absorberende deeltjes (al op de markt)
- Supersnelle computers; superkleine computers
- Coatings voor het schoonhouden van ramen;
- Zelfreinigend en zichzelf reparerend textiel;
- Manieren om zeer lokaal medicijnen in het lichaam “af te leveren”;
- Energiezuinige voertuigen door gebruik van lichte materialen;
- Keramiek of metaal opgebouwd uit nanodeeltjes die het harder, minder breekbaar of sterker bij hoge temperaturen maken
- Kleding met temperatuurregulatie;
- ‘Kwaliteitscontrole coatings’ voor verpakkingsmaterialen;
- Energiezuinige, flinterdunne beeldschermen;
- Taaiere en hardere snijwerktuigen;
- Coatings en bouwmaterialen met binnenklimaatregulatie;
- Zelf-reparerende materialen voor transportmiddelen en de bouw;
- Onzichtbare (zich kameleontisch gedragende) vliegtuigen
- Goedkoop ontzilten van zeewater
- Hoog-rendement batterijen en brandstofcellen met grote inwendige oppervlakten en een laag gewicht
- Organische zonnecellen;
- Sensoren voor binnenklimaat (bv. CO), voor milieukwaliteit (bv. stikstofconcentraties en stank), voor lichamelijke gezondheid (bv. kankerdiagnostiek);
- Duurzamere medische implantaten;
- Moleculair ‘gereedschap’ voor het opsporen en vernietigen van bacteriën, virussen en kankercellen;
- Opbouw van waardevolle materialen uit afval (een nieuwe generatie recycling technieken);
- Zelfreproducerende moleculaire machines die vervuilende stoffen afbreken;
- Productieprocessen zonder emissies en afval

23 juni 2050 De digitale Annema

Jan Anne Annema

Vroeg wakker geworden. Ik heb weer eens een drukke dag. Vandaag is één van de twee niet-digitale werkdagen in Amsterdam. Anita blijft thuis in Winschoten werken. Ze heeft morgen één van haar drie niet-digitale werkdagen in Rotterdam. We hebben er bij ons op kantoor over gedacht om maar één niet-digitale werkdag per week te houden, maar al het recente organisatie-onderzoek wijst uit dat voor een optimale samenwerking er relatief veel fysiek contact nodig is. Hoe fantastisch de nieuwe 3D-vergaderapparatuur en de nieuwste view-PC's (waar je elkaar ongelofelijk scherp kunt zien) ook zijn. Non-verbale communicatie blijft bij de digitale mens toch moeilijker waarneembaar. Desondanks heeft de digitale Annema zich de afgelopen jaren waanzinnig digitaal verplaatst: meetings in Australië, Argentinië, USA en natuurlijk 'everywhere in Euroland'. Het aardige is dat ik hierdoor een zo'n wijdverspreid netwerk aan kennissen heb opgebouwd dat ik samen met Anita prachtige niet-digitale wereldreizen maak (minimaal drie per jaar). Volgend week weer naar Argentinië. Tango!, hoewel we er nog steeds niet goed in zijn, maar wat wil je ook met mijn lengte (1.60 m.) en grote oren. In Argentinië ben je tegenwoordig van huis uit in vijf uur.

Dankzij het digitale vervoer van de mens en de zeer snelle fysieke reistijden naar de Randstad zijn Anita en ik in Winschoten gaan wonen. Lekker rustig in de Blauwe Stad. We hebben daar ook redelijk goede verbindingen met het Euroland- hogesnelheidspoorlijnnetwerk en met de intereurolandvliegvelden, zodat we de kinderen en kleinkinderen, die ergens in Euroland wonen (Milaan en Warschau), relatief gemakkelijk kunnen bezoeken. Jammer dat de hogesnelheidsspoorlijn naar Bremen en Hamburg er niet is. Daar praten ze geloof ik al 50 jaar over, maar het ding schijnt nog steeds niet rendabel aan te leggen te zijn. Door de verhuizing reizen Anita en ik niet-digitaal relatief meer dan vroeger, maar in de snelle Maglev en in de auto, zeker op het stuk tussen Assen en Almere waar externe besturing het overneemt, kun je je tijd nuttig besteden.

Ik log in op de huis-PC: WERI BV ('West Euroland Road Infra') biedt nu een retour-trip naar Amsterdam aan voor 45 min. tegen 100 Euro (inclusief waterstof en parkeerruimtegeld). Ik heb een abonnement bij ze, dus ik krijg waarschijnlijk wel korting. Hangt van de drukte af, want ik wil vandaag wel in de spits. ER BV ('Euroland Railways') biedt een reis voor 55 min. voor 80 Euro aan: eerst met de auto naar

Groningenstation, ze kopen tegenwoordig zelf tijd, weg- en parkeerruimte van WERI BV en berekenen dat naar de klant door, en dan met de Maglev naar Amsterdam, waar ze voor perfecte aansluiting op de metro of op het snelfietsstelsysteem zorgen, zeggen ze. Het aardige tegenwoordig is dat beide maatschappijen als je vertraging hebt ten opzichte van het aanbod, elke dag anders, kortingen in Euro geven. Zo heb ik vorige week, zag ik op de automatische afschrijving, door een storing in de voertuiggeleiding voor slechts 50 Euro naar Amsterdam op en neer gereisd. De trip kostte me alleen wel 90 minuten, en eigenlijk vind ik dat erger dan de geldwinst. Ik merk om me heen dat bijna voor iedereen geldt dat ze meer waarde aan tijd dan aan geld hechten. De aanbiedingen van WERI BV. worden trouwens in geld en tijd steeds goedkoper: sinds de allerschoonste voertuigtechniek (zero-emissions) zijn de milieu- en energieheffingen per afgelegde reizigerkilometer voor spoor en weg ongeveer gelijk en minimaal. 'Weg' is door visuele hinder, ruimtegebruik en doorsnijding nog wel iets duurder in natuurheffing per afgelegde kilometer, maar WERI probeert dat concurrentienadeel op te heffen door nog meer ondergronds te gaan bouwen.

Ik kies vandaag voor WERI. Ik wil vanavond misschien nog langs een vriend ergens op het Drentse land en met de auto is dat toch veel gemakkelijker in tijd. Deze vrijheid en de fantastische ICT-mogelijkheden, waardoor het autovervoer nog steeds sneller en betrouwbaarder wordt, verklaren de blijvende populariteit van het individuele vervoer.

Ik neem een slok water. Ik heb enigszins een kater, want ik heb gisteren doorgezakt met Fred. Hij werkt bij Randstadbestuur. In Randstad is inmiddels in een groot deel van de oude stadscentra de goederendistributie ondergronds. Ze willen het ondergronds stadsgoederenvervoer misschien uitbreiden, maar de bovengrondse goederendistributie is inmiddels zo schoon (waterstof) en stil dat de zinvolheid, in termen van economie, sociale noodzakelijkheid en ecologie, van nieuwe projecten steeds meer ter discussie komt te staan. Een grote boom, eigenlijk meer een wijnrank, hierover opgezet.

O, ik zie uit mijn ooghoeken op de huis-PC dat het aanbod van WERI BV nog slechts 10 minuten duurt. Dan komt er een nieuw aanbod. Snel weg: nu ben ik zeker op tijd. Ik kan Anita niet vinden. Hardlopen zeker. Blijft met de fiets toch de mooiste manier van niet-digitaal verplaatsen.

3.6 Materiaaltechnologie

Materiaaltechnologie bestudeert de samenstelling en combinatie van materialen in relatie tot de (gewenste) eigenschappen bij toepassing. Het gaat hier niet alleen over het materiaal op zich, maar ook om de vorm, de structuur, waarin of waarmee een materiaal wordt gebruikt. In de materiaaltechnologie komen disciplines als chemie, natuurkunde, en steeds vaker ook de biologie, bij elkaar. Daarnaast zijn er ook sterke raakvlakken met de werktuigbouwkunde, industrieel ontwerpen, bouwkunde en civiele techniek. Er is een grote overlap met de nanotechnologie en biotechnologie. En ook de overlap met de informatie- en communicatie technologie zal steeds groter worden. Veel van wat er in de vorige paragrafen geschreven is zou dus hier herhaald kunnen worden. We zullen dit niet doen.

Materialen die in grote hoeveelheden worden gebruikt zijn metalen, kunststoffen, textiel, hout, papier, glas, steen, beton, asfalt. Ze worden gebruikt voor bouwconstructies, bekabeling, transportmiddelen, verpakkingen, informatiedragers, implantaten, wasdrogers, meubilair, paperclips, pannen, pantoffels etc. etc. Iedere toepassing stelt weer andere eisen aan het materiaal. Maar niet alleen eigenschappen van het materiaal in de toepassing zijn belangrijk. Ook de productie van het materiaal zelf en het gemak waarmee het zich laat bewerken zijn van groot belang voor de (economische) aantrekkelijkheid van een materiaal. De keuze is enorm. De keuze voor een materiaal beperkt zich niet tussen metaal of kunststof en niet tussen staal of aluminium, er zijn zo'n 40.000 tot 80.000 verschillende materialen om uit te kiezen. Dit is het gevolg van de grote omslag die zich vorige eeuw in het gebruik van materialen heeft voltrokken en waarvan de ontwikkeling zich in deze eeuw zal voortzetten; materialen worden ontworpen en niet slechts gewonnen.

Ruwweg zou je de ontwikkelingen in de materiaaltechnologie in vier trends kunnen onderscheiden: 1) steeds lichtere materialen, 2) enorme toename in functionele materialen, 3) steeds meer gebruik van biologische materialen en van zeldzame metalen, 4) toename van mogelijkheden voor het verbinden van verschillende typen materiaal.

Lichtere materialen

Steeds meer wordt er gekeken of materialen lichter kunnen worden. Kunststoffen hebben aan sterkte enorm gewonnen door de toevoeging van allerlei vezels. Aluminium zou verwerkt kunnen worden tot een soort schuim waardoor het in sterkte toeneemt. Staal kan in steeds dunnere platen en buizen dezelfde sterkte bieden als voorheen. De verwachting is dat in de toekomst met behulp van de nanotechnologie staal nog eens vele malen sterker kan worden. Deze ontwikkeling maakt het mogelijk om constructies te ontwerpen waar vroeger slechts over gedroomd kon worden; bruggen over zeeën, gebouwen die zo hoog worden dat ze een probleem gaan opleveren voor de luchtvaart, paddestoelachtige gebouwen die weinig ruimte op de grond innemen maar wel de vrije ruimte in de lucht gebruiken, verkeerswegen over de daken van grote wooncomplexen of juist daken met bossen en weilanden. Voor het mogelijk maken van deze constructies zijn nieuwe ontwerptechnieken (meer gebruik maken van natuurlijke constructievormen) minstens zo belangrijk als de lichtere materialen. Omdat er minder materiaal nodig is bij gebruik van sterkere materialen kan een forse besparing bereikt worden van grondstoffen en van energie om deze te vervoeren.

Functionele materialen

Steeds vaker wordt gekeken naar de meest gewenste eigenschappen van een materiaal in een toepassing of productieproces, en wordt het materiaal daarop ontworpen. Hierdoor verdwijnt ook langzaam de grens tussen het materiaal en het apparaat. Materialen zouden bijvoorbeeld geschikt gemaakt kunnen worden voor geheugenopslag; verpakkingsmateriaal voor voedsel

waarin de houdbaarheidsdatum in het materiaal zit opgeslagen, of materialen waarin een code is opgeslagen die op de samenstelling van het materiaal duidt zodat sortering voor recycling eenvoudiger wordt. Een nieuw type materiaal is bijvoorbeeld 'geheugen materiaal'. Dit is materiaal dat onder invloed van temperatuur in z'n oorspronkelijke vorm terug schiet. Handig voor brandveilige schakelingen is bijvoorbeeld een veer van geheugen materiaal. De veer is uitgerekt in de schakeling verwerkt, maar in het geval van hoge temperaturen bij brand wordt het weer een ingekorte veer. Ook wordt er nagedacht over materialen die onder invloed van b.v. laserstralen van kleur veranderen, als alternatief voor het aanbrengen van een decoratieve verflaag. De literatuur ademt een enorm optimisme over het grote aantal mogelijke eigenschappen die materialen zouden kunnen krijgen. Ook de mogelijkheden voor milieuvriendelijkere materialen, toepassingen en bewerkingen van materialen worden hoog ingeschat. Zo zou het gebruik van verf en andere minder milieuvriendelijke middelen voor de verduurzaming van materiaal tot een minimum beperkt kunnen worden.

Nieuwe grondstoffen

Steeds vaker wordt gezocht naar alternatieve grondstoffen bij de productie van materialen. Biologische grondstoffen zullen steeds meer gebruikt worden ter vervanging van fossiele grondstoffen voor de productie van kunststoffen en energiedragers. Hier is in het stuk over biotechnologie al uitgebreid op ingegaan. Daarnaast wordt ook steeds vaker gebruik gemaakt van exotische metalen bij de productie van (met name de functionele) materialen. Het gebruik van de biologische grondstoffen voor de productie van materialen kan voor het milieu verbeteringen opleveren wat betreft CO₂ emissies en de beschikbaarheid van niet hernieuwbare grondstoffen. De druk op de beschikbare ruimte voor de productie van deze biologische grondstoffen is echter minder gunstig voor het milieu. Het toenemend gebruik van exotische metalen heeft naast de positieve punten die bij lichtere en functionele materialen al zijn genoemd, ook een aantal negatieve punten voor het milieu; lastiger hergebruik en een toename in mijnbouw-activiteiten om deze metalen te winnen.

Nieuwe verbindingen

Veel wordt verwacht van de toenemende mogelijkheden van het verbinden van biologische materialen met kunststoffen en metalen. In het stuk over biotechnologie is het gebruik hiervan in prothesen al genoemd; menselijk bot- of zenuwweefsel zou verbonden kunnen worden aan prothesen van metaal of kunststof. De verbinding van plantaardig materiaal aan metalen of geleidende kunststoffen zouden tot een heel nieuw type zonnecellen kunnen leiden die gebruik maakt van de fotosynthese eigenschappen van planten.

Zoals gezegd is het optimisme in de literatuur over de mogelijkheden van materiaaltechnologie groot. Ontwikkelingen op het gebied van duurzaamheid zouden echter gedwarsboemd kunnen worden doordat andere functionele eisen bij de ontwikkeling van nieuwe materialen prioriteit krijgen. Ook bij dit technologiegebied wordt (net als bij nanotechnologie) de afstand tussen universitaire ontwikkelaars en industriële toepassers als een probleem ervaren.

Een greep uit de mogelijke toepassingen (voorzover niet al eerder genoemd bij biotechnologie en nanotechnologie)

- Gebouwen, vrijwel geheel gemaakt van kunststof;
- Verf met minder (of geen) organische oplosmiddelen en zware metalen;
- Enzymen als alternatief voor lijm in bijvoorbeeld MDF productie
- Planten als leverancier van grondstof ter vervanging van fossiele grondstoffen
- Keramische materialen die ook tegen lage kosten te bewerken zijn
- Multifunctionele wegdekken die minder geluid produceren en warmte vasthouden

- Organische zonnecellen, coatings op gebouwen die als zonnecel werken;
- Auto's en vliegtuigen van (bio)kunststof
- Aluminiumschuim in auto's maakt ze lichter en veiliger
- Auto's met meer elektronische koppelingen in plaats van mechanische
- Gebruik van stikstof in banden leidt tot een langere levensduur en minder energiegebruik
- Nieuwe ontwerpen van vliegtuigen waarbij motorgeluid minder de grond bereikt
- Duurzaam maken van zachthout en vlasvezels
- Sensoren, actuatoren en microsystemen voor gebruik in consumentenelektronica, ICT, gezondheidszorg, industrie en landbouw
- Kunstorganen en protheses die beter hechten in menselijk lichaam
- Staal dat tien maal sterker is dan het huidige staal, waardoor veel grotere en hogere constructie gebouwd kunnen worden (enorme bruggen, wegen over gebouwen heen)
- Textiel dat onder invloed van electromagnetische velden en laser een kleur krijgt
- Verpakkingsmateriaal voor diepvries voedsel dat van kleur verandert als de temperatuur boven 0°C komt

De invloed van technologie op goederenvervoer

Wim Blom

Een ronkende dieselmotor op een winkelpromenade met de uitlaat op neushoogte van buggy-kindertjes. Een illustratie in het hoofdstuk over oude technologie in een geschiedenisboek. De realiteit is gelukkig anders. Een elektrische vrachtkar zoemt voorbij. Hij stopt bij de boekhandel en deponeert twee minicontainers op de vrachtplaats van de winkel. Verder nu naar de drogist, waar hij niet alleen een container bezorgt maar ook één ophaalt. De containers van de boekhandel zijn al binnengehaald, er komt geen mens aan te pas. Eén container komt van ver: die is per trein aangevoerd vanuit het buitenland naar één van de landelijke hoofddistributiecentra. Daar is hij ondergronds gegaan, door de hoofdstructuur van het buizenstelsel naar een regionaal verdeelcentrum. Vervolgens overgeplaatst voor de donkere rit naar het laatste tussenstation: het knooppunt van het stedelijke gebied waarin de eindbestemming ligt. Daar aangekomen moest hij even wachten om te kunnen poolen met een container uit de regio voor dezelfde eindbestemming. Samen hebben ze het laatste traject naar de wijkterminal afgelegd. Pas daar zagen ze het daglicht weer en de eindbestemming is bekend. Nu de kinderziekten eruit zijn heerst vrijwel algemene tevredenheid over dit transportsysteem, zowel bij de transportsector als bij de klanten. Er zijn nog maar weinig goederen die niet ondergronds vervoerd worden, omdat de industrie zijn producten er zodig op heeft aangepast. Goederen met

bijzondere urgentie of veiligheidseisen gaan nog steeds via de weg. En nieuwe auto's, want die blijven te groot voor de buis. Maar dat zijn er niet veel meer en bovendien: auto's hebben nog steeds niets onder de grond te zoeken.

Uitgangspunten

Optimale organisatie van de logistiek.
Integratie van ondergrondstransport met voorafgaand en aansluitend bovengrondstransport.
Internationale afspraken over vormen en maten van containers.

Onzekerheden

Grote investeringen voor de infrastructuur.
Onevenwichtige verdeling van baten en lasten van de infrastructuur.
Optimale integratie van de logistiek door de gehele transportsector.
Afspraken over uniforme maten.
Aansluiting buitenland.

Invloed op milieu

Vermindering van de verkeersemisseries.
Verbetering luchtkwaliteit, vooral in de binnenstad.
Vermindering verkeerscongestie door vrachtverkeer.
Lager energiegebruik voor goederentransport.
Minder ruimtebeslag voor bovengrondse infrastructuur.

4. 2050: Technologie in het dagelijkse leven

4.1 Inleiding

Om de negatieve gevolgen voor het milieu van onder meer het gebruik van allerlei technieken te verminderen, wordt milieutechnologie ingezet. In dit rapport gaat het niet of nauwelijks over milieutechnologie, maar over de mogelijke toepassingen van enkele nog in ontwikkeling zijnde doorbraak- of sleuteltechnologieën. Wat zijn de positieve dan wel negatieve gevolgen voor het milieu die we van deze mogelijke toepassingen kunnen verwachten?

De essays, flitsen en literatuurstudies geven tal van mogelijke toepassingen van de in dit rapport beschouwde technologieën. Sommige toepassingen lijken waarschijnlijker dan andere. Soms zullen verschillende ontwikkelingen elkaar stimuleren, andere zullen elkaar juist tegenwerken. In dit hoofdstuk zal de informatie uit de essays, flitsen, literatuurstudies en de workshops op twee manieren geordend worden. Ten eerste zijn de mogelijke toepassingen geordend naar functie. Daarin onderscheiden we Wonen (inclusief Inrichting, Kleding en Ontspanning in eigen woonomgeving), Voeding, Gezondheid en Zorg, Werk en Opleiding, Verkeer en Vervoer, Recreatie en Beheren. Ten tweede is gepoogd om, tegen de achtergrond van verschillende scenario's, een idee te geven van de mogelijke dominante technologische toepassingen voor zo'n functie. Dit heeft tot gevolg dat er per functie meerdere 'beelden' ontstaan voor het jaar 2050.

In de komende paragrafen zal eerst ingegaan worden op de scenario's die gebruikt zijn. Vervolgens wordt per functie de uitwerking gegeven.

4.2 Maatschappelijke krachten en scenario's

Drijvende krachten

Zoals aangegeven in paragraaf 3.2 is er weinig bekend over de drijvende krachten achter technologische ontwikkelingen. Wel weten we dat technologische ontwikkelingen afhankelijk zijn van geleidelijk, min of meer autonoom, beschikbaar komende kennis, de economische potentie van een technologie zoals ingeschat door overheden en bedrijfsleven of specifiek nagestreefde doelen (met name in de defensie en ruimtevaart). De economische potentie van een technologie wordt in belangrijke mate bepaald door de vraag van afnemers (bedrijven en consumenten). Dit hangt weer af van de mate waarin de technologie een behoefte vervult en de beschikbaarheid van alternatieven. Vooruitlopend hierop worden door bedrijven inschattingen van markten gemaakt. Hoe positiever die inschatting hoe eenvoudiger het is voor bedrijven om aan middelen te komen voor de ontwikkeling van de technologie (denk bijvoorbeeld aan huidige ontwikkelingen in de ICT).

Waar kennis wordt ontwikkeld en waarschijnlijk als eerste wordt toegepast is ook afhankelijk van de aanwezigheid van een (fysieke en institutionele) kennis infrastructuur. Soms zijn dure laboratoria nodig, maar ook een kritische massa aan kennis en creativiteit in de vorm van onderzoekers is van belang om een technologiegebied verder te helpen. Institutionele randvoorwaarden kunnen zeer belangrijke zijn voor de lokatie van kennisontwikkeling. Zo was de strenge regelgeving in Nederland t.a.v. kloontechnieken een reden voor het verplaatsen van sommige onderzoeksactiviteiten op dit gebied naar een land met een soepeler regelgeving.

Invloed van technologie op vrijetijdsbesteding

Roel Thomas

In 2050 hebben we veel meer vrije tijd dan nu. Een groot deel van de productie van de primaire levensbehoeften (voedsel, drinkwater) is geautomatiseerd en de meeste gebruiksvoorwerpen worden éénmalig gebruikt (en gerecycled) of hebben een lange levensduur door de geavanceerde constructie en slimme materialen.

Milieubelastende vrije tijd besteding zoals vakantie reizen met auto's of vliegtuigen komt niet meer voor. Als er al naar andere landen gereisd wordt, gebeurt dat met luchtschepen of (zonne)-electro-voertuigen. Hoewel deze voertuigen niet zo snel gaan is dat geen probleem. Er is vrije tijd genoeg en het reizen is op zich al een ontspanning want deze vervoermiddelen zijn zo comfortabel dat het niet belangrijk is of je er drie of vier dagen over doet om Zuid Frankrijk te bereiken. De reis naar Zuid Afrika kost gemiddeld 10 dagen, maar elke avond heb je een leuke tussenstop. Er wordt overigens niet zo veel gereisd. Heel veel delen van de wereld kun je digitaal "bekijken", zowel on-line als door middel van video-presentaties. Vooral het on-line "reizen" via webcamera's is erg populair. Vanuit je stoel zie je leeuwen in Namibië, ratelslangen in Utah en ijsberen in Groenland.

Omdat ook het denksporten via het "net" erg populair geworden is, is de hoeveelheid lichaamsbeweging nogal verminderd. Er zijn dan ook veel plaatsen waar je de fysieke kwaliteit van je lichaam op peil kunt houden

(fitness, zwemmen e d.).

Uitgangspunten

Het internet is oneindig veel beter georganiseerd en geëquipeerd dan nu. Glasvezelkabels zijn ouderwets; de digitale signalen gaan via de "ether" (satellieten, etc.). Er is veel effort gestoken in het (verder) ontwikkelen van genoemde vervoermiddelen, die via zonne-energie en/of wind worden aangedreven.

Onzekerheden

Misschien zijn er (mondiaal) wel te veel mensen om dit toekomstbeeld werkelijkheid te kunnen laten worden.

Mensen zijn (fysiek) nogal geïsoleerd aan het raken. Veel informatie komt digitaal binnen.

Kan een mens daar tegen?

Als de instabiliteit van het klimaat blijft toenemen is het geen pretje in een luchtschip te zitten.

Wie onderhoudt het systeem van web-camera's?

Invloed op milieu

Veel minder gebruik van eindige brandstoffen voor recreatief verkeer

Minder belasting van natuur door mensen

Op de vraag hoe belangrijk al deze factoren zijn en voor welke fase van de ontwikkeling van een technologie (vinding, innovatie, diffusie, zie paragraaf 3.2) wordt door de literatuur geen éénduidig antwoord gegeven. Van Schijndel en Ros maken in hun, op case-studies gebaseerde, onderzoek naar de kans waarmee en de termijn waarop nieuwe vindingen tot eerste marktintroductie leiden, onderscheid tussen acht verschillende drijvende krachten (Van Schijndel en Ros, 2000, zie kader). In een studie van Twijnstra Gudde naar innovaties wordt ook een grote rol toegedacht aan 'toevalsfactoren' en de mate waarin het slagen van de innovatie afhankelijk is van sleutelfiguren (te Riele, e.a., 2000).

**Drijvende krachten achter technologieontwikkeling
(Luiten en Harmsen, 1999; Van Schijndel en Ros, 2000)**

- Ontwikkelingsstadium technologie (materialisatiegraad)
Wat is het uitgangsniveau van de innovatiefase: schaal op niveau van laboratorium-, pilot- of praktijkdemonstratie? En hoeveel ervaring is er al opgedaan met dat schaalniveau?
- Omvang technologische drempel
Mate waarin nog technische problemen voorzien worden.
- Aandacht en competentie van dominante ontwikkelaars
Mate waarin ontwikkelaars investeren in en beschikken over voldoende technische, financiële en sociale competenties.
- Marktpositie van de technologie t.o.v. alternatieven
- Compatibiliteit van de technologie
Mate waarin een nieuwe technologie al dan niet eenvoudig is in te passen in het bestaande technologische systeem.
- Synergie tussen ontwikkelaars en potentiële toepassers
- Overheidsbeleid
- Maatschappelijk draagvlak

Scenario's

De richting en intensiteit van dergelijke drijvende krachten worden voor een belangrijk deel bepaald door meer algemene economische en andere maatschappelijke ontwikkelingen. Uiteraard is het niet eenvoudig te zeggen hoe deze de komende 50 jaar zullen verlopen. Daarom worden mogelijke ontwikkelingen in de wereld uitgewerkt in de vorm van scenario's. In de Vijfde Milieuverkenning wordt gebruik gemaakt van scenario's voor mondiale ontwikkeling zoals die zijn ontwikkeld door het Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC, 2000). Zij zijn geconstrueerd vanuit vier wereldbeelden die ontstaan door de volgende trends te combineren: 1) globalisering versus regionalisering en 2) geliberaliseerde markten versus op duurzaamheid gerichte overlegeconomieën. In de uitwerking in de MV5 blijkt dat de trend 'geliberaliseerde markten versus op duurzaamheid gerichte overlegeconomieën' gelijk gesteld wordt aan de trend 'oriëntatie op materiële waarden versus oriëntatie op immateriële waarden' (zie voor toelichting op de in de MV5 gebruikte scenario's Drissen e.a., 2000). Van de vier wereldbeelden zijn met name de twee uitersten van deze wereldbeelden in de MV5 uitgewerkt op hun milieugevolgen. Dit zijn het Mondiale Markt (A1) scenario, dat zich kenmerkt door globalisering, sterk geliberaliseerde markten en een oriëntatie op materiële waarden, en het Regionale Samenwerking (B2) scenario, dat zich kenmerkt door regionalisering, op duurzaamheid gerichte

overlegeconomieën en een oriëntatie op immateriële waarden (zie bijlage 3 voor een korte toelichting uit MV5 op deze scenario's).

Voor de specifieke doelstelling van dit rapport was het nodig om bovenstaande trends iets verder toe te spitsen op ontwikkelingen die van belang zijn voor technologische ontwikkelingen. Zeker weten doen we het niet.

Globalisering versus regionalisering

Wetenschap en technologie hebben een sterk internationaal karakter. Of in een land of regio veel of weinig aan technologie ontwikkeling wordt gedaan is bepalender voor de concurrentiepositie van dat land of die regio, dan voor de toepassing van de betreffende technologie in dat land of regio. De introductiesnelheid van een technologie die in andere landen is ontwikkeld hangt vaak wel af van de openheid van een economie. Dit betekent dat technologische ontwikkelingen bij globalisering waarschijnlijk sneller gaan dan bij regionalisering. Echter, omdat het onmogelijk is technologische ontwikkelingen exact te dateren over een termijn van 50 jaar, maakt het voor onze vraagstelling niet veel uit of iets in 2040 of 2060 wordt gerealiseerd. Daarom gaan we niet verder met deze trends.

Geliberaliseerde markten versus op duurzaamheid gerichte overlegeconomieën

Een eerste nuancering is dat deze trends niet alleen van belang zijn wat betreft de inrichting van het economische systeem, maar in feite voor allerlei schaalniveau's. Zo zou ook geproken kunnen worden van een trend 'verdergaande individualisering versus nieuwe gemeenschapszin'.

De manier waarop technologieën zullen worden toegepast zal voor een belangrijk deel afhangen van de mate waarin individuele wensen centraal staan. Zo zal een high-tech openbaarvervoersysteem of ondergronds transport moeilijker van de grond komen in een maatschappij waarin de individuele behoefte bevrediging voorop staat. In een maatschappij met een verdergaande individualisering gaat het steeds meer om het vervullen van de individuele behoeften. Mensen komen nog wel samen, maar alleen voor het vervullen van één gedeelte specifieke behoefte. Een dergelijke houding is ook terug te vinden in het gedrag van bedrijven. Samenwerkingsverbanden worden alleen op zeer specifieke gebieden aangegaan en slecht functionerende onderdelen worden direct losgelaten. 'Corporate identity' is in zo'n wereld een achterhaald begrip. De geliberaliseerde markt is de invulling van deze trend op het systeemniveau van een gehele economie.

Nieuwe gemeenschapszin of 'op duurzaamheid gerichte overlegeconomieën' duidt op de trend dat individuen, maar ook bedrijven, belangengroepen en landen meer belang hechten aan het aangaan en onderhouden van lange termijn relaties. Er is een grotere bereidheid compromissen te sluiten in geval van conflicterende behoeften als daar het gezamenlijk belang mee gediend is. Zo zullen individuen eerder bereid zijn te reizen per openbaarvervoersysteem. Er is een grotere acceptatie van overheidsingrijpen bij individuen en bedrijven. Bedrijven zullen onderling eerder bereid zijn tot samenwerking bijvoorbeeld bij het gebruik van restwarmte of proceswater. Ook komen bijvoorbeeld gezamenlijke onderzoeksprojecten gemakkelijker van de grond.

Oriëntatie op materiële waarden versus oriëntatie op immateriële waarden

Technologieën bieden tal van mogelijkheden voor een verhoging van de efficiëntie van activiteiten. Deze mogelijkheden kunnen met name benut worden in een maatschappij waar de vervulling van een functie (b.v. vervoer) centraal staat en niet het product dat de functie vervult (b.v. de auto).

Een product-gerichte houding is gelijk aan een oriëntatie op materiële waarden. Bij deze houding zijn persoonlijk bezit en het imago van een product belangrijke factoren. Zowel

consumenten als bedrijven laten zich leiden door het aanbod. Consumenten kopen wat aangeboden wordt en op nieuw aanbod volgen nieuwe uitgaven. Bedrijven concurreren met

Invloed van technologie op biodiversiteit

Ben ten Brink

Hoewel de technologische vooruitgang groot is, heeft het er vooral toe geleid dat weliswaar het sociaal en economische kapitaal wereldwijd enorm is toegenomen (Afrika loopt wat achter) maar dit ten koste is gegaan van het ecologisch kapitaal. Wereldwijd zijn alle uitgestrekte natuurlijke gebieden van hoge kwaliteit (natuurlijkheid) opgeruimd en deze hebben plaatsgemaakt voor landbouw en verstedelijking. Natuur is nog in de afgelegen, moeilijk bewoonbare gebieden te vinden zoals de boreale wouden, hooggebergten en woestijnen. In alle continenten zijn nog wel geïsoleerde restanten terug te vinden in de vorm van parken die zwaar beschermd zijn maar waarvan de levensvatbaarheid beperkt is. Bezoek is daarom gequoteerd en daardoor vrijwel onmogelijk voor de gewone man. Die kan er nog van genieten via historische opnames en filmmateriaal uit deze snippers. Virtuele realiteit biedt een schamele compensatie. Ook is reizen niet echt meer interessant vanwege het cultuurbeleven omdat deze verschillen ook al in hoge mate zijn weggenivelleerd. De dorpen en steden onderscheiden zich vooral in de volgorde waarin de Mc Donalds en Kentucky fried Chickens in de mainstreet zijn gelegen. De zon is nog een reden om het wat zuidelijker op te zoeken, maar alleen voor de noordelijke landen. Het is overal 2-3° C warmer geworden. De wereld blijkt sociaal-

economisch overigens perfect zonder dit ecologisch kapitaal te kunnen functioneren omdat de echt belangrijke natuurlijke hulpbronnen goed in de gaten gehouden worden en gespaard door inventieve vis-, bosbouw- en landbouwmethoden. Men heeft een ongekeerde welvaart en consumptie gerealiseerd. Het grootste deel van de biologische wereldproductie is dan ook afgetapt of in dienst gesteld voor menselijk gebruik.

Uitgangspunten

Goede gezondheidszorg, sterk verbeterde en betaalbare waterzuiveringsmethoden en voedselproductiemethoden, genmanipulatie, indamming infectieziekten, uitstekende oorlogsbeheersende onderhandelings- en militaire interventie technieken, redelijk succesvolle CO2 beperking,

Onzekerheden

Kennisoverdracht, betaalbaarheid voor derde wereld, beheersing migratiestromen, stabiliteit werelddelen.

Invloed op het milieu

Grootschalige gelijkvormigheid van abiotische milieucondities, voortkomend uit universele productietechnieken.

name op een snelle introductie van nieuwe producten. Doordat de tijd waarin een bedrijf winst kan maken op nieuwe producten klein is, zijn bedrijven vooral gericht op de goedkoopste productie-middelen

Een functie gerichte houding hangt ergens tussen de oriëntatie op materiële waarde en een oriëntatie op immateriële waarde in. Bij een functie gerichte houding gaat het nog steeds over een materiële behoefte bevrediging en niet om een hogere orde behoefte bevrediging zoals bedoeld door Maslov (1962). Bij deze houding wordt vooral gekeken naar de mate waarin aan de functionele eisen wordt voldaan. Termen als kwaliteit, precisie en dienst staan centraal. De consument is kritisch en bewust, kent z'n behoeften en kiest het product of de dienst dat dit het beste vervult. Die consument koopt geen auto maar vervoer/mobiliteit. In plaats van een produkt te kopen wordt ook gekozen om het te huren. Bedrijven concurreren op kwaliteit en diensten. Ook stellen bedrijven zeer gericht functionele eisen aan grondstoffen en half producten. Niet de goedkoopste grondstof is van belang, maar de grondstof met de beste kwaliteit. Spaarzaam gebruik van die grondstof spreekt vanzelf.

In de IPCC werelden gaat een geliberaliseerde markt altijd samen met een oriëntatie op materiële waarde. Een wereld met een geliberaliseerde markt / verdergaande individualisering gecombineerd met een functie gerichte houding is echter ook denkbaar. Immers de functiegerichte houding hoeft niet voort te komen uit milieubewustzijn of een oriëntatie op immateriële waarde, maar kan ook voort komen uit een behoefte aan kwaliteit, gemakzucht en specifieke snel veranderende behoeften.

Stimulerende houding versus terughoudende houding ten opzichte van technologie

Naast de bovenstaande trends zijn er nog twee trends die van belang kunnen zijn bij de ontwikkeling van technologie. Dit is 'stimulerende houding versus een terughoudende houding van producenten, consumenten en overheden ten opzichte van technologie'. In het algemeen zullen deze trends met name van invloed zijn op de snelheid van technologische ontwikkelingen. Wat dat betreft zijn ze voor deze studie minder van belang (net als globalisering versus regionalisering). Sommige technologische ontwikkelingen zullen bij een terughoudende houding ten opzichte van technologie echter nog moeilijker van de grond komen dan andere. Voor toepassingen van deze technologische ontwikkelingen is het dus wel goed om onderscheid te maken in de houding ten opzichte van technologie.

In beide hier besproken IPCC scenario's gaat men uit van een stimulerende houding ten opzichte van technologie. Een stimulerende houding wordt gekenmerkt door een sterk geloof in technologische oplossingen. Beleid is met name gericht op het vergroten van kansen op technologische doorbraken. Er is veel geld voor fundamenteel onderzoek. Consumenten zijn bereid nieuwe technologische vindingen uit te proberen. Bedrijven spenderen een groot gedeelte van de winst aan onderzoek en toepassing van nieuwe technologie. Er is voldoende animo voor exacte opleidingen.

Een terughoudende opstelling wordt gekenmerkt door argwaan ten opzichte van nieuwe technologie. Beleid is er met name op gericht om negatieve effecten van technologie te minimaliseren. Stimulering van technologie is er alleen voor 'bewezen' technologieën. Consumenten zijn maar met moeite warm te krijgen voor nieuwe vindingen. Een steeds grotere groep wil nauwelijks iets weten van technologie. Terug naar de natuur wordt een steeds dominantere houding. Bedrijven geven met name geld uit aan imago-verbetering. Er is vrijwel geen animo voor het studeren van exacte vakken, behalve als het gaat om het beschrijven en bestuderen van de natuur.

4.3 Toekomstbeelden voor 2050

Technologieën worden toegepast om functies te kunnen vervullen waarbij menselijke behoeften worden bevredigd. Om een zo concreet mogelijk beeld te krijgen van de consequenties van technologische toepassingen zijn deze geordend naar de volgende maatschappelijke activiteiten of functies (of domeinen):

- Wonen, inrichting, kleding, ontspanning;
- Voeding;
- Gezondheid en zorg;
- Werk en opleiding;
- Verkeer en vervoer;
- Recreëren en beheren.

Per functie starten we met een beschrijving van *de basis*. Dit beeld schetst de toepassingen van biotechnologie, nanotechnologie, ICT en materiaaltechnologie die in 2050 waarschijnlijk op grote schaal zullen worden toegepast, onafhankelijk van de in paragraaf 4.2 beschreven sociaal-economische en maatschappelijke ontwikkelingen.

Per functie zullen daarnaast tegen de achtergrond van verschillende scenario's enkele 'beelden' voor 2050 wat verder, maar niet uitputtend, uitgewerkt worden. Voor de meeste functies zal dit uitgewerkt worden voor het Mondiale Markt (A1) en het Regionale samenwerking (B2) scenario. In een enkel geval vinden we echter dat deze scenario's te weinig onderscheidend zijn en maken we onderscheid door uit te gaan van andere combinaties van de trends zoals beschreven in 4.2.

Vervolgens wordt ingegaan op de mogelijke effecten op het milieu bij de verschillende beelden.

De toekomst is nu

Nogal eens worden toepassingen in de verre toekomst gedacht, maar blijkt het bij nader inzien dichtbij. Enkele voorbeelden:

- Koelkasten die automatisch boodschappenlijstjes opstellen en doorsturen naar de supermarkt;
- Robots als grasmaaier en stofzuiger;
- Computer die licht en temperatuur in huis regelt en er voor zorgt dat er een vers kopje koffie staat bij thuiskomst;
- Het klonen van schapen en varkens;
- Een kunsthuid gemaakt van levende cellen;
- Variabele snelheidbegrenzer in auto's die zich instelt op de maximum toegestane snelheid van het weggedeelte waar de auto zich bevindt.
- Kleding voorzien van communicatie-elektronica (I-wear)

Eco-engineering en het einde van het natuurbeleid

Leon Braat

De zorgen over verlies aan biodiversiteit op aarde zijn verdwenen en daarmee de competitie om de ruimte tussen productiefuncties en restrictieve functies. Van de Ecologische Hoofdstructuur in Nederland en daarin geplande doelsoorten is alleen de Waddenzee als reservaat over, de rest is recreatiepark en luxe woonomgeving. In alle klimaatzones op aarde zijn reservaten van beperkte maar voldoende omvang aangewezen met ouderwetse ecosystemen en natuurlijke evolutie. Zij hebben echter alleen nog een voorbeeld- en nostalgische functie, dus één reservaat per type volstaat.

De evolutie van de soorten die relevant zijn voor productie van biomassa, esthetica, amusement en de biosfeer-draag- en regulatiefuncties gaat veel te traag voor het tempo waarin het klimaat enerzijds en de consumptie-patronen anderzijds, veranderen. Maar dit is geen probleem. De genetische programatuur van deze soorten kan naar behoefte worden bijgesteld.

Reproductiesnelheid is flexibel instelbaar. Ongewenste soorten worden genetisch omgebouwd of van de aarde verwijderd. Voor elke verandering in klimaatzone en voor nieuwe productie- of consumptiewensen worden geïntegreerde biotopen inclusief controle-mechanismen ontworpen en geïmplementeerd door de eco-engineering laboratoria van GAIA Inc. Natuurbehoudsambities in het zogenoemde landelijk gebied en in de steden zijn volledig afgeschaft. De woon, werk en recreatieve functies zijn geïntegreerd in 'Park-omgevingen', waarvoor optimale combinaties van rust- en schaduwgevende planten en

'aajibare' dieren zijn ontwikkeld.

Uitgangspunten

De interactieve ontwikkeling van de biotechnologie en de informatietechnologie die in de laatste twee decennia van de 20ste eeuw was gestart, heeft opgeleverd dat experimentele en doelgerichte evolutie van soorten planten en dieren kan plaatsvinden. De studies van agro-ecosystemen hebben aangegeven dat een groot deel van de soorten in ecosystemen redundant is als de evolutiefunctie kan worden gecompenseerd via de technologie.

Onzekerheden

Het tempo en de aard van de klimaatveranderingen (langzaam vs snel en gemiddeld of met sterke fluctuaties). Implementatie en bescherming van reservaten; edoch deze is niet essentieel.

Invloed op milieu

De impact is eigenlijk vooral positief voor de leefomgeving en leefbaarheid van mensen. Niet langer worden boeren geterroriseerd door natuurbehoudsfanatici die de laatste slootrandvegetatie willen beschermen, en liefst een onbeperkt aantal kilometers. Niet langer worden stadsbewoners opgezaagd met groenvoorzieningen met prik-planten en prik-dieren. En niet langer wordt de voedselvoorziening voor de mensen wereldwijd gehinderd door insectenplagen, roofdieren en parasieten.

Toekomstverwachtingen die niet terug te vinden zijn in dit rapport

De beschrijvingen van mogelijke technologische toepassingen in deze paragraaf zijn gebaseerd op toekomstverwachtingen gedaan door wetenschappers en experts in vele verschillende media en op veel verschillende manieren. Niet alle beschreven technologische toepassingen zijn echter overgenomen, soms waren ze ook minder relevant voor deze studie. Enkele voorbeelden van niet opgenomen toekomstverwachtingen zijn:

- Technologie lost alle problemen op.
- ‘Gray grout’: nano-machines veranderen alles wat ze tegenkomen in een copie van zichzelf.
- Oorlogvoering en nieuw terrorisme door ontwrichten van informatiesystemen en inzet van robots.
- Sabotage van toepassingen in de gezondheidszorg.
- Klonen en/of genetische modificatie van mensen met het oog op sociaal aangepaste persoonlijkheid.
- Bril die informatie projecteert over mensen die de drager tegenkomt.
- Bril die ruimte ‘aankleding’ geeft naar persoonlijke smaak van de

Wonen, inrichting, kleding, ontspanning,

Basisbeeld

Veel van de woningen en bedrijfsgebouwen in 2050 zijn nu al gebouwd. Wel is het waarschijnlijk dat ze in de loop der tijd bij verbouwingen voorzien zijn van nieuwe materialen. Een aantrekkelijk bouw materiaal zou een composiet kunnen zijn die afhankelijk van de nabewerking ter plaatse, verschillende functies kan krijgen (doorzichtigheid, isolatie, etc.). Nieuwe woningen en bedrijfsgebouwen kunnen in 2050 vrijwel geheel gemaakt worden van (bio)-kunststoffen⁷ die warmte vasthouden, voor koeling zorgen in de zomer en de luchtvochtigheid reguleren. Ze kunnen desgewenst het aanzicht van natuurlijke materialen hebben. Staal boet aan belang in. (Zelfreinigende) ramen krijgen klimaat-regulerende eigenschappen. Alle bouwmaterialen en producten dragen in 2050 een oormerk ten behoeve van recycling.

Woningautomatisering regelt verwarming en verlichting, onder andere rekening houdend met de aanwezigheid van personen in een vertrek en het gebruik van apparaten. De binnenlucht wordt gezuiverd met luchtverversers op basis van nanogestructureerde fotokatalytische materialen.

De hele woning – dak en buitenmuur - wordt voorzien van (organische) zonnecellen. Huishoudtextiel en kleding worden vuilafstotend cq zelfreinigend gemaakt. Het wordt mogelijk kleding te dragen met een flexibele temperatuurregulatie.

⁷ Er bestaat onzekerheid over de vraag of er in de toekomst voldoende ruimte en water is voor het verbouwen van voedsel voor een toenemende wereldbevolking, het behoud van biodiversiteit en het verbouwen van biomassa voor energie en kunststoffen.

Al veel eerder dan in 2050 worden woningen (en kantoren) voorzien van diverse flexibele, ultrahoge-resolutie displays voor ontspanning en communicatie. Deze kennen een driedimensionale weergave en reageren ook op spraak. Robots gaan het huis schoon houden en fungeren hier en daar indien gewenst als butler. In de toekomst zal vrijwel elk artikel elektronica bevatten: zeer goedkoop want gebaseerd op kunststof in plaats van silicium. Veel producten zullen op maat gemaakt zijn, hetgeen de levensduur ten goede komt. De technologie uit het basisbeeld krijgt in de twee alternatieven een heel verschillende uitwerking:

Mondiale Markt (A1) gecombineerd met een stimulerende houding ten opzichte van technologie

In dit beeld wordt geoptimaliseerd naar de individuele leefeenheid of zelfs naar het individu. Zo komen er verplaatsbare wooneenheden tot ontwikkeling, die met een druk op de knop aangesloten worden op nutsvoorzieningen en die ruimtes bezitten voor ontvangen en verzenden van transportcocons voor personen en goederen. Thuis zit men in stoelen met individuele muziekvoorziening en beeldscherm en wordt kleding gedragen met op het individu toegesneden klimaatbeheersing. Men koopt zoveel mogelijk de nieuwste producten.

Regionale samenwerking (B2) gecombineerd met een stimulerende houding ten opzichte van technologie

In dit scenario wordt geoptimaliseerd naar de woonomgeving. Er komen grote, hoge gebouwen tot ontwikkeling, waarin veel lichte materialen zijn verwerkt. In de gebouwen kan men wonen, werken, onderwijs ontvangen, recreëren en zelfs groenten telen. De gebouwen zijn flexibel in te delen, zodat in de loop der tijd ruimtes andere functies kunnen krijgen. De clusters zijn grotendeels zelfvoorzienend wat betreft nutsfuncties en deels van de voedselvoorziening.

Niet de producten worden gekocht maar de diensten die door deze producten worden geleverd. Producten worden ook geleased of met meerdere huishoudens gedeeld.

Mogelijke effecten op het milieu

De toepassing van doorbraaktechnologieën in 2050 heeft per saldo een gunstige uitwerking op het thema klimaat. Dit komt vooral door een lager energiegebruik vanwege de isolerende werking van (bio)kunststof als bouw materiaal, woningautomatisering, minder wassen en bij lagere temperaturen en het gebruik van organische zonnecellen. Deze ontwikkeling maakt de toename van het gebruik van energie door allerlei apparaten in huis, meer dan goed. De toepassing van nieuwe materialen leidt ook tot een lagere geluidsbelasting. In het verleden leidden nieuwe materialen nogal eens tot gezondheidsklachten. Het gebruik van fotokatalytische luchtverversers heeft een positieve invloed op het binnenklimaat.

Het Mondiale Markt scenario wordt gekenmerkt door een sterke toename van consumptiegoederen hetgeen leidt tot een groot grondstoffen- en energiegebruik en daarmee tot een negatieve invloed op het thema klimaatverandering. Het positieve effect in het basisbeeld wordt hiermee tenietgedaan.

Het beeld voor het Regionale Samenwerking scenario geeft door de grote mate van clustering, maar ook door het leasen van producten, een lager energiegebruik dan in het basisbeeld. Ook is sprake van een positief effect op het ruimtebeslag en grondstofverbruik. Wel zorgt clustering voor een hogere geluidsbelasting van de woonomgeving.

Aarde 2050, de mobiliteit voorbij

Wilbert Slooff en Dirk Onderdelinden

*who can speak for tomorrow
its another day, its an other day*

Intro I

We zitten op het strand. Het zand is warm, een vriendelijke zon schijnt uit een wolkeloze hemel liefdevol op ons neer. Een stevige en verkoelende wind waait vanuit een eindeloze zee op ons toe. Surfers schieten als gekleurde schichten over het water. In de verte vaart een topgetuigde witte zeilboot. De machtige branding bezwangert de lucht met een fijn waas van licht zout water. Onduidelijke tropische bomen geven juist voldoende schaduw, we drinken onze favoriete drankjes en voelen ons tamelijk gelukkig. Opa, waarom komen de surfers nooit tot aan het strand? Een opmerkelijke jongen, die kleinzoon van mij. Wat zal ik hem vertellen? We zijn pas gisteren hier aangekomen en ik wil zijn vakantie niet voortijdig vergallen. Moet ik duidelijk maken dat onze korte tocht per monorail nooit tot zo'n klimatologische ommezwaai heeft kunnen leiden; de snelheid van het electromagnetisch geheven en voortgedreven voertuig heeft hem wellicht in die waan gebracht. Ons vakantiepark ligt echter slechts 200 km van onze woonplaats, een 'Staete' waar een deel van onze familie eigenlijk altijd verblijft. Ik geef nog geen antwoord op de vraag maar mijmer in gedachten over het hoe en waardoor. We horen bij de cerebrale bovenlaag van de bevolking van deze aarde. Onze voorouders bevolkten Europa en de koelere streken van Amerika. De technologische ontwikkeling van die gebieden brachten ons de financiële maar ook de militaire macht op aarde. De ontstane situatie bleek echter niet al te stabiel. Welvaartsverschillen, arbeidspotentieel en arbeidsvraag, macht over noodzakelijke voorraden en politieke instabiliteit leidden tot de Grote Volksverhuizingen van de twintiger jaren. Er ontstond een geheel nieuwe situatie. De eerder genoemde bovenlaag van 'Evoluoten', technisch ondersteund door een onderlaag van 'Gebondenen'. Deze situatie is kenmerkend voor vrijwel de gehele huidige wereld. De gebondenen kwamen voornamelijk uit gebieden, die men vroeger ontwikkelingsgebieden noemde. Velen van hen vormden ooit de ongrijpbare groep der zogenaamde illegalen. Ze wonen in zeer compacte steden, binnen hun oorspronkelijke culturele omgeving in een multicultureel totaal. De gebondenheid aan de woonplaats is totaal. Wat heeft dit alles met onze vakantie op het strand te maken? Een te lang en te ingewikkeld

verhaal om uit de doeken te doen. Enkele aspecten, zo ver willen we gaan.

Intro II

We zitten in de gildekroeg. Het is stampend vol en de vele bezwete lichamen doen de temperatuur niet alleen stijgen, maar geven een extra dimensie aan het aroma die onze gilde zo eigen is. Zoals iedere avond wordt er gelachen, gegeten en gedronken. Het zwakke neonkaarslicht wordt blauw getemperd door zoete tabaksrook. In de schaduwplekken zijn de contouren van drukdoende vrijlustigen zichtbaar, hun geluiden getemperd door het gerommelmoes van gesprekken en het gekletter van borden. Plotseling verstomt het gezellige huiselijke geluid en verstart het tafereel als Draida met ijle stem het zo geliefde 28e couplet van het Kosovaarse volkslied aanheft. Hier en daar wordt er meegezongen. Opa, waarom huilt iedereen iedere keer als dit lied wordt gezongen? Een opmerkelijk meisje, de dochter van mijn oudste zoon Roman. Wat zal ik haar vertellen? In afwachting van het eind van het heimlied geef ik nog geen antwoord op haar vraag en mijmer over het waardoor en waarom. Het is inmiddels alweer bijna 50 jaar geleden dat we van onze geboortestreek in het Balkangebied naar Neerland werden geëmigreerd. We waren niet de enige die hier naar toe waren getrokken. Eerder hadden uit economische overwegingen zich vooral de Italianen, Marokkanen en Turken in Neerland gevestigd. Daarna kwamen de politieke vluchtelingen: niet alleen uit de Balkan, maar in 2010 ook uit Azië en later tijdens de Grote Volksverhuizingen rond 2020 ook uit Afrika, mede gevoed door honger en dorst. Honderdduizenden, miljoenen. Inmiddels was deze groep van zogenaamde 'Gebondenen' ondanks een hoger sterftecijfer door de grotere aanwas in aantal even omvangrijk als de 'Evoluoten'. De evoluoten kwamen voort uit de groep van wat rond het jaar 2000 de legalen werden genoemd. Terwijl de 'Gebondenen' hun culturele erfgoed behielden en gespecialiseerd in gilden in monoraciale stadskernen het stedelijk gebied bevolkten en daar ook verbleven, woonden de solitair-levende 'Evoluoten' in hun kunstmatige staetes, ver van ons en ver van elkaar. Verschillende leefwerelden. Wij hebben elkaar en onze geschiedenis, wij huilen van droefgeestig geluk

onze verbondenheid eendachtig.

Een evoluoot, de onderzoeker

Mijn zoon is samen met zijn grootvader een weekje op vakantie in het regionale midden-europese centrum voor verre vakantie simulaties. De komende dagen kan ik dus rustig werken aan mijn opdracht om samen met 44 collega's de invloed van de het voedseladditief E4711 (praseodymium verrijkt) op de gezondheid van mannelijke volwassenen in de leeftijdsklasse 40 tot 45 jaar en de gewichtsklasse 80 tot 90 kg te analyseren. Deze studie is een onderdeel van een integrale studie waarin alle leeftijden en voorkomende gewichten zullen worden verwerkt tot een totale risico-evaluatie, hopelijk bruikbaar voor de bovenregelaars. Contacten met mijn collega-onderzoekers zijn zeer intensief. Mijn werkkamer is daartoe uitgerust met de modernste communicatieapparatuur. De vergadersimulator maakt een zeer realistische weergave van een echte fysieke vergadering; de afwezigheid van lichaamsgeuren wordt daarbij, zeker door mij, niet als een gemis ervaren. Op onze eerste bijeenkomst krijgen wij een overzicht van de relevante gegevens zoals verzameld door het betreffende gilde der gebondenen. Het boeit me minder dan ik had verwacht en ongewild gaan mijn gedachten uit naar het komende gesprek met mijn wettige echtgenote. Ik ben benieuwd of ze veel veranderd zal zijn, haar woonetage heb ik de laatste jaren gemeden. Ik kan haar zelfs even niet meer voor de geest halen en betrap mij erop dat mijn eigen leven zich schijnt te hebben vermengd met de indringende soapserie van de regionale holovisie-zender. Deze serie speelt zich af in onze eigen omgeving. Het goed onderhouden parklandschap met als regelmatig gespreide parels onze indrukwekkende familiehuizen vormt het natuurlijk aandoende decor. Ook de nabijgelegen stad met de zo nuttige werkers van deze samenleving komt incidenteel in beeld. De volledig geautomatiseerde transportsystemen voor voedsel en andere levensbehoeften zijn kunstig weggewerkt in ondergrondse tunnels. De door wind aangedreven energiegeneratoren vormen interessante en kleurrijke ruimtelijke patronen. De aanwezigheid van de UN-militairen die de regionale stabiliteit in stand houden is nauwelijks merkbaar en lijkt ook wat overbodig. Een geruisloos zwevend luchtschip completeert het vriendelijke omgevingsbeeld. Zelf kom ik er eigenlijk alleen maar voor de verplichte fietstochten of vrije oefening op rollerskates en een enkele regionaal georganiseerde wandeltocht. De ontmoeting met mijn echtgenote benauwt me omdat we nog moeten voldoen aan de eis een tweede kind te verwekken. De hiervoor noodzakelijke medische voorbereiding ligt als een loden last op mijn gemoed. Laat ik

me maar liever concentreren op de toch belangrijker gegevens van het onderzoek. Mijn 'personal chip' die mijn werkinspanning registreert had mij er trouwens door zacht gepiep ook al op gewezen. Het is juist nu van groot belang een flinke arbeidsinspanning te leveren omdat de CO₂-quote van ons huis op begint te raken. We zijn de laatste tijd wat onzorgvuldig met energie omgesprongen. De vergadering blijkt toe aan de concluderende fase, de werkverdeling voor de komende dag is duidelijk. Voor mij zit er ongeveer vier uur werk in. Morgen de volgende bijeenkomst. Nijver ga ik aan de slag.

Vanavond ben ik immers met een paar vrienden bij hoge uitzondering uitgenodigd in de stad. De maandelijkse feestavond van het gilde der praktizijnen is deze keer gericht op de samenwerking der klassen. Vandaar ook de uitnodiging aan ons. Ik verheug me er sterk op, het schijnt er nogal Bourgondisch toe te gaan. Als ik door gepast gebruik van geestverruimende middelen uit m'n gereserveerdheid kan breken wordt het vast heel interessant. We zullen zien.

Een gebodene, de gildemeester

Roman poetst zijn tanden; altijd een moment om de aanstaande activiteiten van die dag te laten passeren. Het wordt vast een ontspannen dag. Het wakker worden, veraangenaamd door zijn hartstochtelijke vrouw, wordt gevolgd door een exquis ontbijt bereid door zijn dochter. Zij zou het nog ver kunnen brengen in de gilde der nutrieten, die lieve knuffel! Wat stond er vandaag zoal op het programma? Vanochtend allereerst een bespreking met het wijkhoofd en andere meesters van de gilde der genots- en voedingsmiddelen. Zoals gebruikelijk zal het wel weer gaan over de ruimteverdeling in de stad en binnen de wijk. Alle gilden nemen in bevolkingsomvang toe, ondanks de evoluoot-afvaardiging van een kwantumkorting variërende per gilde van 0,011 tot 0,823 kind per vrouw op grond van afnemende verzorgingsbehoefte van de omringende 'Staetes'. Alle mogelijkheden voor verhogingen zijn al benut en nu staat alleen nog de optie van verdieping open. Maar ja, wie wil er nou ondergronds wonen en werken? Zelf woont hij met zijn gezin ruim: een leef-, werk- en slaapeenheid van 9 m² ieder. De werkeenheid was toegewezen vanwege zijn status als gildemeester, daarnaast verbleef het gezin toch veelal in het estaminet waar het aangenaam vertoeven was. Enfin, het wijkhoofd zal wel weer een 2-sporenbeleid voorstellen: maximale druk op andere gilden in aanpalende wijken en sanctiebeleid op overtreders in eigen gildewijk. Wellicht is het verstandig om een verbond te sluiten met de Aziaten, die het gilde der praktizijnen vormen. Hij heeft immers

vanmiddag met deze gilde toch al een lunchbespreking ter voorbereiding op het feest vanavond. Ofschoon op dit feest officieel de samenwerking der klassen centraal staat, zal het er vooral op aan komen de evoluoten die zich bezig houden met de gezondheidsaspecten van met praseodim verrijkt voedsel-additief E4711, te bewegen tot een advies aan de bovenregelaars dat gunstig uitpakt voor het ruimtegebruik van beide gilden. Dat zal geen probleem zijn gezien de combinatie van gretigheid en gevoeligheid der evoluoten voor geestverruimende genotsmiddelen! Na de lunch weer terug op de velobiel naar de eigen wijk om de lopende zaken met zijn gildegezellen door te nemen. Vandaag staat het actualisatie-programma van de centrale varkenstoren op de agenda. Hierbij gaat het om het doorvoeren van een nieuw genetisch modificatie-programma gericht op een verbeterde carnificatie gekoppeld aan re-utilisatie van faecaliën. Een factor 4 wordt haalbaar geacht. Eerst maar eens de organoleptische analyses afwachten. Wellicht ook maar eens het effect van verrijkt E4711 in deze sector aan de orde stellen. Dat hoeft niet langer dan een uurtje te duren. Zijn vrouw zal dan ook wel klaar zijn met haar inbreng in de gilde: bereiding van esoterische essences: muskusachtige geurstoffen voor Ongebondenenden ter versterking van lijfluchten; esprits ter verdrijving van humane odeurs van de Evoluoten. In de namiddag dus tijd genoeg voor tijdsverdrif. Misschien sport kijken in de aanpalende negro-wijk, maar zijn vrouw zal wel liever naar het bloemschikken in china-wijk willen gaan. Ach, Roman past zich wel aan, vanavond wordt het interessant genoeg. Hij zal wel zien.

Aarde 3000, de faculteit der geschiedvorsers

Na de beeldende voorstelling valt een dodelijke stilte. De gepresenteerde visie lijkt wel erg onwaarschijnlijk. Het zou allemaal volgen uit het speurwerk van de jonge geniale studenten van de pas opgerichte faculteit 'Geschiedenis der mensheid op de planeet aarde'. Waren de getallen zoals gegeven in de aparte toelichting wel betrouwbaar? Een bevolkingsaantal van 1010 zoals afgeleid uit de onafzienbare brei van gegevens in de primitieve opslagsystemen kon toch niet waar zijn: een factor 104 meer dan de huidige situatie. Het energiegebruik, kennelijk onder top-down controle, onvoorstelbaar hoog. Ook het vrije areaal aan natuurgebied moest

welhaast tot nul zijn gereduceerd. Praten over de kwaliteit daarvan doet zelfs belachelijk aan. Ook de leefbaarheid voor met name de cerebralen is van onwaarschijnlijk laag niveau: economisch sterk, sociaal erg karig. De levensstijl van de klasse der gebondenenden leek nog wel aardig. Enige vorm van potentiële vooruitgang lijkt in zo'n systeem niet mogelijk. Hier moest sprake zijn van misinterpretatie van de beschikbare gegevens en het gebruik van onbetrouwbare modellen. De commissie besluit dan ook dat het onderzoek niet bruikbaar is voor een promotie. Na rijp beraad worden de betreffende studenten toegevoegd aan een onderzoeksproject in een afgelegen deel van de Melkweg.

Uitgangspunten

Van belang geachte aspecten in het jaar 1999: mobiliteit een als maar meer knellend probleem informatie en optica technologie leidt tot veel mogelijkheden wens om gedrag burger te controleren; top down sturing energie en materiaal gebruik lijkt uit de hand te lopen etnische instabiliteit en trek naar veiliger oorden vakantiebestemmingen eroderen, verliezen identiteit

Behandelde aspecten van het jaar 2050

door vergrote communicatie zijn regionale verschillen kleiner geworden vakanties vinden plaats in 'simulatoria' er zijn twee uitelkaar gegroeide 'klassen' van activiteiten:
de klasse der 'evoluoten':
de evoluoten werken thuis aan een computer in hun riante 'staetes', controle en registratie vindt plaats door 'personal chips'; bestellingen van voedsel elektronisch. De staetes liggen regionaal gespreid rond de steden van de gebondenenden.
de klasse der gebondenenden:
de gebondenenden verzorgen de technische ondersteuning van het geheel; ze zijn georganiseerd in gilden, gebonden aan hun werkplek in compacte steden lange afstands vervoer vindt plaats middels robot gestuurde luchtschepen middellang vervoer vindt plaats met EML monorails lokaal vervoer met accu aangedreven 'smart cars'.

Voeding

Basisbeeld

Veel voedingsmiddelen zullen de komende 50 jaar veranderen door toepassing van biotechnologie. Het gebruik van vlees en vis zal zeer waarschijnlijk teruglopen door toepassing van eiwithoudende vervangers. De voeding zal hoe langer hoe meer bestaan uit genetisch gemodificeerde producten en grondstoffen. Veel gewassen worden genetisch gemodificeerd met het oog op bescherming tegen ziekten en parasieten, vergroting van de opbrengst per hectare, groei onder ongebruikelijke omstandigheden (verzilt water, droger, of kouder klimaat, etc) en verbeteren van functionele eigenschappen zoals smaak en houdbaarheid. Met het oog op gezondheid wordt het voedingspakket verder gedifferentieerd naar bevolkingsgroepen en voorzien van daarop afgestemde supplementen. Verpakkingen gaan displays bevatten die signaleren wanneer bijvoorbeeld de houdbaarheid dreigt te worden overschreden. De koelkast, de voedingsbereider en /of de huisrobot, doet receptsuggesties en bestelt de dagelijkse boodschappen.

Mondiale Markt (A1) gecombineerd met een stimulerende houding ten opzichte van technologie

Vleesvervangers nemen een groter aandeel in het voedingspakket in. In het basisbeeld kwamen er al meer voedingsmiddelen voor specifieke bevolkingsgroepen. In dit scenario wordt de technologie nog verder ontwikkeld en worden voedingsmiddelen afgestemd op individuele behoeften. Die individuele behoeften worden niet alleen bepaald door individuele voorkeuren maar ook door individuele fysische behoeften. Dit betekent een enorme toename in tests en apparaten voor het vaststellen van die individuele behoeften⁸. Daarnaast is er ook een enorm aanbod van voedingsmiddelen met zeer specifieke voedingswaarden. Voedingpillen, –koekjes en –drankjes zijn in zwang.

Regionale Samenwerking (B2) gecombineerd met een terughoudende houding ten opzichte van technologie

In dit scenario worden meer producten uit de biologische landbouw gebruikt onder het motto ‘natuurlijk is goed’. Ook in dit beeld komen genetisch gemodificeerde gewassen voor (zie basis) maar in veel beperktere mate dan bij een stimulerende houding ten opzichte van technologie. Het ‘drie-gangen menu’ en de gezamenlijke familiemaaltijd blijven in zwang.

Mogelijke effecten op het milieu

Genetische modificatie van gewassen zal per eenheid product een positief effect hebben op het energie- en ruimtegebruik. Het gebruik van vleesvervangers zal daarnaast positieve gevolgen hebben voor het verlies aan nutriënten omdat de productie van vlees relatief veel voedsel vraagt. Genetische modificatie houdt risico's in voor aantasting van ecosystemen omdat ondanks screening, onvoorziene effecten niet zijn uit te sluiten. Hogere opbrengsten per hectare zijn mondiaal gezien gunstig voor het behoud van biodiversiteit. Biologische landbouw is energetisch niet interessanter, maar kent geen risico's voor het ecosysteem en is kleinschalig waardoor landschappelijk gezien aantrekkelijker.

⁸ De koelkast of magnetron vraagt om de uitkomst van de bloedtest van die morgen en bepaalt dat een ijzerhoudende maaltijd die dag gewenst is. Vervolgens kiest het apparaat een menu op basis van persoonlijke smaak en de wetenschap dat de desbetreffende persoon ongeveer een uur de tijd heeft tussen het nuttigen van de maaltijd en een sportafspraak.

De verandering is eeuwig en daardoor verandert er niets - Overpeinzingen in een geautomatiseerde 21e eeuw -

Rob J.M. Maas

Essay opgedragen aan Annemarth Idenburg

Voorspellen is moeilijk

Everything that can be invented has been invented - Charles Duell, US Patent Office, 1899

The radio craze will die out in time - Thomas Edison, 1922

Television may be technically possible, but commercially it is an impossibility - Lee DeForest, inventor of the Audion tube, 1926
I think there is a world market for about 5 computers - Thomas Watson, chairman IBM, 1943

There is no reason for anyone to have a computer at home - Ken Olson, president Digital, 1977

640 K of memory ought to be enough for anybody - Bill Gates CEO Microsoft, 1981

The cloning of mammals is biologically impossible - McGrath & Solter, Science 14 dec 1984

Eén RIVM-computer met internetaansluiting is voldoende- Ruud van Noort, RIVM, 1998

Veel zal er niet veranderen

De inkomensverdeling zal net zo scheef blijven als hij in de afgelopen eeuw is geweest. In 2050 zal zeker 3/4 van de huidige gebouwen en (spoor-)wegen nog aanwezig zijn.

Ook in 2050 zullen de basisbehoeften nog steeds bestaan uit wonen, voeding en vervoer. Werk en materieel bezit blijven ook over 50 jaar belangrijke statussymbolen.

De technologische ontwikkeling zal doorgaan, dat betekent dat er steeds meer gedaan kan worden met steeds minder moeite; het leven zal verder versnellen.

Godsdienst-twisten, etnische verschillen en regionaal chauvinisme zijn al honderden jaren een bron van spanning en zullen dat ook in komende 50 jaar blijven.

In lijn met de trend uit de afgelopen eeuw zal de blik op de wereld in 2050 breder geworden zijn, maar wel oppervlakkiger.

De mensen worden steeds onafhankelijker van elkaar en proberen zich te profileren, terwijl producten, diensten en informatiestromen verder standaardiseren. Nederland is al honderden jaren een toevluchtsoord voor vluchtelingen geweest. In 2050 zal 1 op de 3 mensen van buitenlandse afkomst zijn. Veel Nederlanders emigreren (parttime) naar groenere en rustigere delen

van de EU, of zoeken de zon op.

Het is nog even wennen aan die nieuwe dagindeling. Tot vorige week was het bestaan jachtig, maar nu ik gebruik heb gemaakt van de zorgverlofregeling heb ik in ieder geval meer tijd om eens na te denken over het nut van het bestaan. Ik ben vlak voor het einde van het vorige millennium geboren en nu net 50 geworden. Ik had de keuze mijn ouders te laten opnemen in zo'n geheel geautomatiseerd verzorgingscentrum of hen zelf te verzorgen door mijn opgebouwde pensioenrechten gespreid op te nemen. In combinatie met het basisinkomen en de opbrengst van het appartement annex kantoor in Bodengraven en de bungalow aan de Schotse zonnekust kan ik goed rondkomen. De huizenprijzen zijn hier in Winschoten ook aanzienlijk lager. Het contact met andere mensen is hier nog echt; hoewel ik de intensieve conversaties met collega's via het beeldscherm wel mis.

Overigens denk ik net als veel ex-collega's aan wat bijverdiensten door het openen van een interactieve level C-informatie-site, bijvoorbeeld over milieubewust consumeren. Daar hoor je de laatste nooit meer wat over, terwijl ik onlangs nog zulke bruikbare informatie tegen kwam in de boekenkast van mijn vader. Gelukkig is er een groeiende groep mensen die zich verzetten tegen de hoge werkdruk en de jacht naar steeds meer bezit en het nieuwste van het nieuwste. De afgelopen jaren leek het leven ook steeds virtueel geworden. Als ik wilde hoefde ik mijn woon/slaapkamer niet uit en kon ik werken, winkelen en recreëren vanachter het interactieve audiobeeldscherm. Je hele omgeving wordt dan teruggebracht tot videopresentaties, het beantwoorden van videomails en het reageren op verzoeken van allerhande huishoudelijke apparatuur. Live-beelden over de oorlogen in Azië en Afrika zijn amper te onderscheiden van strategy-spelen.

Als planbureamedewerker was het mijn taak om informatiesites van anderen van een onafhankelijk waarheidsstempel (level) te voorzien en om te proberen temidden van het dagelijkse informatiebombardement aandacht te vragen voor de volgende elektronische referenda. De deelname daaraan is gelukkig

redelijk geworden, na de invoering van de fiscale vergoeding voor zulke deelname aan de democratie, maar steeds meer blijken mensen amper te weten waar het over gaat. Ze kunnen vrijwel geen onderscheid maken tussen echte objectieve omgevingskwaliteitsindicatoren en de resultaten van hun simcity-spelletjes.

De meeste harde werkers denken tijdelijk aan hun virtuele leven te kunnen ontsnappen door om de 6 weken een even virtuele adventure-holiday te hebben in Patagonië, Mongolië of Siberië. Het Himalayagebied wordt door de fall-out-problematiek nog steeds gemeden. Er wordt heel wat afgevoegen. Het vliegtuig is op dit moment de belangrijkste vervuilingbron op aarde, vooral de 800-zitters. En dan is het vliegen alleen nog maar bereikbaar voor zakenlieden (maar wie hoort daar tegenwoordig niet toe?) en de 10% rijksten der aarden (maar ja, dat zijn ook al bijna 1 miljard mensen).

Gelukkig is voor continentaal verkeer de zeppelin en de flitstrein een goedkoop alternatief, maar ja in Europa lijkt eigenlijk alles op elkaar: woon/werkkolossen in de stadscentra, waartussen je af en toe nog een monument kunt ontwaren, zwaar bewaakte villawijken in het groen daaromheen en eindeloze loodsen en winkels als voorraadschuren langs de grote wegen, afgewisseld door die troosteloze en onveilige slums met 'bordkartonnen' woningen, waar je beter maar niet in terecht kan komen.

Toch is er de afgelopen decennia veel ten goede veranderd. Nederland speelde een vooraanstaande rol bij tal van technologische doorbraken. Stork ontwikkelde waterstofcentrales zonder CO₂-uitstoot. Twentestad vaart er wel bij. Gasfornuizen en gasverwarmingsketels zijn alleen nog in het openluchtmuseum te bewonderen. De centrale elektriciteitsvoorziening moet wel concurreren met de steeds efficiëntere decentrale elektriciteitsvoorziening uit afval, zonlicht en wind. De meeste auto's zijn ook elektrisch. Hier en daar zie je nog zo'n biobrandstofauto. Maar die worden versneld vervangen. De smogproblematiek en de druk op de schaarse ruimte maakte het gebruik van ethanol uit gewassen ongewenst. Een probleem vormen nog de vliegtuigen en de zeeschepen. De zeppelin is maar beperkt inzetbaar en de meeste vervoersstromen zijn wereldwijd en supersonisch. Gelukkig heeft Schiphol niet die mondiale betekenis gekregen die men aan het begin van deze eeuw voorzag. Na de fusie van KLM en Air Lingus is de hubfunctie terecht gekomen op Shannon Airport; en is er dus toch een vliegveld op een eiland ontstaan,

althoewel goedkoper dan het aanvankelijk bedachte eiland in de Noordzee. De tweede Nederlandse luchthaven Tholen heeft een grote betekenis als goederenluchthaven, maar een groot deel van de vluchten vindt er binnen Europa plaats en per zeppelin.

DSM ontwikkelde met steun van de EU het afbreekbare bioplastic op basis van natuurlijke koolhydraten. Daardoor is er vrijwel geen etheen-plastic meer in gebruik. De grondstoffen komen vooral uit Frankrijk en Ierland. Als innovatiecentrum staat de Maasvallei nog steeds aan de top. De Nederlandse markt voor milieutechnologie heeft een extra impuls gekregen na het milieu-accord tussen UN en de 50 grootste multinationals. Daardoor is een mondiale markt ontstaan.

Alles in en om het huis werkt elektrisch. Alle apparatuur kan draadloos worden aangestuurd en o.m. geprogrammeerd worden via het audio-beeldscherm. Alle informatieoverdracht gaat nu draadloos, een stuk sneller dan de ouderwetse internetconnecties via het elektriciteitsnet; de geluidssnelheid wordt benaderd. Met draadloze energieoverdracht verwacht men binnenkort ook o.a. de auto-accu op afstand op te kunnen laden. Wie had ooit gedacht dat die simpele afstandsbedieningen uit de jaren negentig ooit nog zo'n cruciale rol zouden gaan spelen in ons leven. Binnenkort kunnen alle glasvezelkabels de grond uit. Door miniaturisatie en nanotechnologie zijn er elk half jaar weer steeds knappere apparaten beschikbaar; deze kunnen binnenkort meer informatiestromen verwerken dan het menselijk brein. Schaakkampioenschappen gaan nu al tussen computers. Jammer dat Philips hier de boot gemist heeft: die heeft zich terug getrokken op photovoltaïsche lampen en interactieve audiobeeldschermen (dat is een onuitputtelijke markt want in iedere ruimte staat wel zo'n scherm waar je tegen kan praten - alleen al in dit huis staan er 6). De automatisering leidt wel tot steeds minder privacy: iedereen die wil kan meeluisteren en meekijken; alhoewel iedereen volhoudt slechts anderen (via beeldscherm en geluid) in de gaten te houden vanwege de eigen veiligheid.

Weliswaar is de EU nu een politieke eenheid, toch zijn de regio's steeds machtiger geworden. De rol van Den Haag is onbeduidend: het is een soort klachten- en controledienst als voorportaal naar Berlijn. Het democratische keuzeprocess van de gewenste leefomgeving wordt in de regio's en steden vormgegeven in omgevingsplandiscussies. De participatie van de bevolking wordt door (een

veelheid aan) informatiesites ondersteund met steeds aanschouwelijker modellen. Hier in Winschoten is er weinig om over te stemmen: reeds in 2015 heeft de bevolking ervoor gekozen aan de omgeving een natuurbestemming te geven: de grond is in bezit van het Gronings landschap. Winschoten kan zich wel ontwikkelen, maar niet groeien. Daardoor is Winschoten niet alleen erg groen, de bevolking is er gemiddeld wat ouder, maar ook veel relaxter en socialer dan in Bodengraven. Dat is nog eens wat anders dan Bodengraven en omgeving, waar elk jaar weer opnieuw (democratisch en per elektronisch referendum) wordt gekozen voor het veranderen van groen in rood. Alleen pretparken en groene privéparken houden daar nog stand. Het hart van de randstad is een van de meest gewilde plekken vanwege de centrale ligging en goede ontsluiting. De democratisering van het omgevingsbeleid heeft geleid tot een grote diversiteit aan keuzen, hoewel ik het stedelijk gebied eigenlijk maar een erg eenvormig vind: alleen in de (anarchistische) oude wijken van bijvoorbeeld Almere en IJburg uit het nonconformisme van de vele immigranten zich in een veelkleurig geheel (met relatief weinig groen), maar die slums zijn nogal onveilig, door etnische conflicten en .

Het merendeel van de jongeren en de

immigranten is gehuisvest in verbouwde kantorencomplexen in de stadscentra. In de afgelopen 50 jaar heeft het kantoorwerk zich grotendeels verplaatst naar de eigen woning. De modale burger woont in vrijstaande woningen met flinke tuin in afgeschermden wijken met eigen beveiligingsdiensten. Burgers kunnen subsidie krijgen voor het bevorderen van de biodiversiteit in hun tuin.

Van ondergronds bouwen is in Nederland nog weinig terecht gekomen. Anders dan in Londen en Parijs, zijn in Nederland ondergrondse winkelcentra beperkt tot Delft, Utrecht en Den Haag, toen daar de spoor- en rijkswegen onder de grond verdwenen. Van een ondergronds openbaar vervoernet is ook nog geen sprake: de randstadingmetro die zeer winstgevend geëxploiteerd wordt door TRT-Luxemburg gaat alleen ondergronds in Utrecht, Amsterdam, Leiden, Den Haag, Delft, Rotterdam en Gouda.

Het idee van getrapte distributie van hoofddistributiecentra tot fijnmazig verdeelde wijkterminals is ontleend aan de studie over ondergrondstransport in het onderzoek Duurzame Technologische Ontwikkelingen (DTO).

Gezondheid en Zorg

Basisbeeld

Biotechnologie, nanotechnologie, ICT en materiaaltechnologie zullen (op de lange termijn) ook tal van medische toepassingen hebben. Deze toepassingen zijn te typeren als

1. *Preventieve technieken;*

Toegenomen kennis van het menselijk genoom maakt het wellicht ook mogelijk individuele voedings- en gedragsadviezen te geven. Huishoudelijke apparaten kunnen gebruikt worden als ondersteuning; een koelkast die menu suggesties doet en de bewoners helpt herinneren dat het tijd is voor het nemen van de vitamine pillen.

2. *Eerder signaleren van ziekten en gebreken;*

Als één van de mogelijke toepassingen van nanotechnologie worden sensoren op moleculaire schaal genoemd. Dergelijke sensoren zouden ingebracht kunnen worden bij personen met een verhoogde kans op een bepaalde ziekte of gebrek, zodat deze al in een vroeg stadium gesignaleerd en behandeld kunnen worden. Ook het op afstand kunnen raadplegen van experts, mogelijk via toepassingen van ICT waardoor de expert zelfs op afstand de patient kan voelen en ruiken, horen onder deze categorie.

3. *Beter repareren;*

Er zijn tal van technologische ontwikkelingen die tot het beter repareren gerekend kunnen worden. Een robot die het precisiewerk van chirurgen overneemt is één voorbeeld. Met zo'n robot zou een chirurg ook op afstand kunnen opereren. Toepassingen van nanotechnologie worden gezien in de locale afgifte van medicijnen waardoor bijwerkingen kunnen verminderen. Tissue-engineering werkt aan verbeterde transplantaten die het risico van afweermechanismen verkleinen. Toepassingen worden ook gezien in huid en botweefsel dat bij de patient 'aangroeit'.

Stimulerende houding ten opzichte van technologie

Bij een stimulerende houding van technologie zullen de preventieve technieken nog meer op een individu zijn afgestemd als in het basis beeld (zie ook stukje over voeding). Ook de signalerende taak van technologie zal verder worden uitgewerkt. Er zal bijvoorbeeld veel frequenter gescreend worden. Technieken ten aanzien van beter repareren zullen ook verder gevorderd zijn. Niet alleen huid- en botweefsel zal op basis van patient-eigen weefsel gekweekt kunnen worden, maar ook sommige organen (b.v. de lever). Daarnaast zal bij een stimulerende houding ten opzichte van technologie voortgang geboekt zijn met betrekking tot een vierde type van medisch handelen, namelijk het:

4. *Vertragen van veroudering;*

Technieken van de eerste drie typen zouden met name een effect kunnen hebben op het aantal gezonde levensjaren, het verbeteren van de kwaliteit van het leven bij ziekten en gebreken en het verlengen van de gemiddelde levensduur. Ze zouden gezien kunnen worden als verbeteringen van bestaand medisch handelen. Vertragen van de veroudering is echter een fundamenteel andere ontwikkeling. Hier gaat het om het verlengen van de maximale levensduur. Een tweede effect zou kunnen zijn dat vrouwen tot op hogere leeftijd kinderen kunnen krijgen. Technieken die dit mogelijk zouden maken komen voort uit het huidige kankeronderzoek. Het onderzoek bevindt zich echter nog in een heel pril stadium. Grootschalige toepassingen op mensen en een significante toename van de maximale levensduur zijn zeker niet te verwachten binnen de tijdhorizon van de milieuverkenning.

Mogelijke effecten op het milieu

Zoals gezegd zouden bovenstaande technieken kunnen leiden tot een toename van de gemiddelde levensduur en het aantal gezonde jaren. Zo'n mogelijke toename is waarschijnlijk

heel klein vergeleken met de toename in gemiddelde levensduur die in het verleden gehaald is, of die nog mogelijk is met de huidige stand der techniek in minder ontwikkelde landen. Maar duidelijk is dat deze technologische ontwikkelingen gevolgen hebben voor de omvang en samenstelling van de bevolking en daardoor indirect negatieve gevolgen hebben voor de milieudruk.

Werk en opleiding

Basisbeeld

Ook in 2050 zullen er nog scholen bestaan. Daarnaast wordt thuis 3D interactief onderwijs gevolgd door kinderen en volwassenen. ICT maakt het mogelijk dat werknemers overal met elkaar in contact kunnen komen. Telewerken en virtueel op afstand vergaderen worden usance maar vervangen niet volledig het fysiek samenwerken. De enorme toename van de capaciteit van computers en sterke verbeteringen in de logistieke dienstverlening leiden er toe dat de productie van allerlei goederen (door robots) efficiënt op maat gemaakt wordt, afgestemd op de individuele vraag. De economie kan de komende 50 jaar geschetst worden als een overgang van diensteneconomie via kenniseconomie naar ideeëneconomie waarbij creativiteit een heel belangrijke productiefactor wordt.

De arbeidsomstandigheden in de industrie en de agrarische sector worden aanzienlijk verbeterd door bijvoorbeeld biosensoren.

Landbouw

Door genetische modificatie van gewassen wordt het mogelijk minder stikstof te gebruiken in de landbouw. De Nederlandse landbouw kan als kenniscentrum gaan fungeren voor gespecialiseerde en hoogwaardige suiker- en zetmeelproductie. Deze, veelal op genetisch gemodificeerde gewassen gebaseerde, teelt wordt met name afgezet in de farmaceutische en chemische industrie en in mindere mate in de voedings- en genotsmiddelenindustrie. Nieuwe materialen in de kassenbouw en de inzet van sensoren en robots leiden tot een sterke vermindering van het gebruik van water, meststoffen en energie.

Biologische landbouw vindt plaats op bescheiden schaal gericht op exclusieve producten, in combinatie met natuurbeheer en recreatie.

Industrie

Door directe bewaking van productieprocessen wordt de emissie van veel stoffen drastisch gereduceerd. (Bio)sensoren worden gebruikt voor het monitoren van productieprocessen. In de chemie kunnen reacties qua energie en grondstofgebruik efficiënter verlopen dankzij specifieke (bio)katalysatoren en nieuwe procesroutes. De chemie en de bouwmaterialenindustrie maken meer gebruik van (genetisch gemodificeerde) biograndstoffen. Micro-elektronische oormerken maken de inzameling, sortering en dus het hergebruik van producten en materialen aanzienlijk eenvoudiger.

Mondiale Markt (A1) gecombineerd met een stimulerende houding ten opzichte van technologie

Het bedrijf, de centrale werkplek, zal in dit scenario nog maar weinig voorkomen. Men is mobiel en heeft de (toegang tot) kennis in het koffertje. Vergaderen gebeurt veelal in gemakkelijk bereikbare vergadercentra. Ook productiebedrijven zullen steeds meer uit kleine, snel verplaatsbare eenheden bestaan. Een bedrijf strijkt daar neer waar het verwacht in korte tijd veel winst te kunnen maken. Als door veranderende vraag of regelgeving de omstandigheden veranderen wordt het bedrijf of gesloten of verplaatst naar een winstgevender omgeving. Doordat bedrijven met name moeten concurreren op de snelle

introductie van nieuwe op specifieke behoeften gerichte producten is de aandacht voor duurzaamheid in dit scenario niet groot.

Regionale Samenwerking (B2) gecombineerd met een stimulerende houding ten opzichte van technologie

Scholen hebben in dit scenario een veel bredere functie dan het aanbieden van educatie. Ze zijn 24 uur per dag open voor allerlei activiteiten. Mensen werken hier meer fysiek samen dan in het basisbeeld. Dit hoeft niet te betekenen dat werknemers, zoals nu, dagelijks naar de werkgever reizen. Er ontstaan, naast de nu bekende bedrijfsverzamelgebouwen, ook meer 'werkplekverzamelgebouwen', waar werknemers van verschillende bedrijven een vaste werkplek hebben.

Bedrijven richten zich veel meer op het leasen van duurzaam geproduceerde producten en verdienen met name aan de daarbij behorende dienstverlening. Door verbeterde communicatie met de leverancier van de producten wordt dit ook voor de klanten een aantrekkelijke optie. Duurzame bedrijventerreinen, waarop bedrijven vergaand streven naar integratie van materiaalstromen, komen hier tot bloei.

Mogelijke effecten op het milieu

Verskillende toepassingen van doorbraaktechnologieën hebben een positieve invloed op het energie- en grondstoffengebruik (bijvoorbeeld telewerken, efficiëntere productieprocessen en sluiten van kringlopen). Met genetisch gemodificeerde gewassen kan de landbouwsector de nutriëntenproblematiek beperken. Biologische gewasbescherming leidt tot minder bestrijdingsmiddelen. De toepassing van biograndstoffen in plaats van fossiele energiebronnen heeft een positief effect op het klimaat, maar de teelt heeft ruimte nodig en er ontstaat een grotere druk op de biodiversiteit. Het spreekt bijna vanzelf dat wanneer geproduceerd wordt voor een maatschappij die sterker gericht is op individuele behoeften en materiële zaken, veel milieuproblemen hardnekkig blijven. Positieve gevolgen voor vrijwel alle milieuproblemen zijn te verwachten wanneer zich in de maatschappij een nieuwe gemeenschapszin ontwikkelt en men een meer functie gerichte houding heeft ten aanzien van de omgeving.

Verkeer en Vervoer

Basisbeeld

Al jaren en geldend over de hele wereld, kennen we een gemiddeld constante, dagelijkse reistijd en reisbudget. Snellere vervoerssystemen leiden dus tot grotere afstanden die overbrugd worden. Ondanks telewerken en vergaderen op afstand blijven mensen ook in de zakelijke sfeer elkaar ontmoeten, zij het misschien minder frequent dan nu. De auto raakt niet uit beeld. Ontwikkelingen in ICT en sensortechnologie maken het mogelijk dat veilige geleidesystemen worden aangelegd, die er toe leiden dat de capaciteit van hoofdwegen (personen per m² per uur) fors wordt uitgebreid. Er wordt automatisch afgerekend op alle wegen in Nederland naar het tijdstip van gebruik en de grondprijs. In de stedelijke gebieden wordt gebruik gemaakt van light rail. Voor aansluiting van wegtransport op snel transport met hoge snelheidstreinen en (voor de lange afstand) vliegtuigen, worden geautomatiseerde transferia aangelegd. Er komen systemen waarbij men elektronisch vervoer kan reserveren, kiezend tussen snelheid en prijs.

Vliegtuigen zijn in 2050 stiller geworden; de luchtvloot wordt geheel vernieuwd waarbij geluid afkomstig van de motor en het stromingsgeluid verder wordt gereduceerd. Bovendien vliegen over 50 jaar de eerste modellen waarbij het ontwerp zodanig is aangepast dat motorlawaai minder de grond bereikt. Voor start en landing wordt gebruik gemaakt van door

ICT mogelijk geworden operationele maatregelen, zoals gekromde aanvliegroutes. Woonbestemmingen kunnen zo vergaand worden ontzien. De luchtverkeerssystemen en de boordapparatuur worden hierop aangepast. Luchtschepen worden waarschijnlijk alleen voor plezierreisjes gebruikt.

Alle vervoersmiddelen zullen bestaan uit lichte, maar zeer sterke materialen die het voertuig energiezuinig en duurzaam maken. Met nanomaterialen worden uiterst compacte batterijen en brandstofcellen ontwikkeld. Voor de aandrijving van auto's wordt waarschijnlijk gebruik gemaakt van waterstof en elektriciteit. Ook wordt de toepassing van vliegwielen mogelijk. Deze ontwikkelingen maken de auto in de stad stiller (bij hogere snelheden spelen banden en wegdek de belangrijkste rol). Ook nanocoatings voor de lagers maken voertuigen in de stad stiller. Zij zorgen ook voor een betere bescherming van voertuigen tegen corrosie.

Door met name ICT wordt het mogelijk het goederenvervoer in en tussen grote steden ondergronds te laten plaats vinden. Pakketdiensten maken een zeer sterke groei door, mede door het teleshoppen.

Geliberaliseerde markt

In dit scenario wordt de samenleving gekenmerkt door verplaatsingen tussen wonen en werken op individuele wijze. Dit is onafhankelijk van een oriëntatie op materiële of juist immateriële waarde. De aanleg van vervoers-infrastructuur speelt een dominante rol bij de ruimtelijke inrichting. Veel van verbeteringen in de energie-efficiëntie van vervoerssystemen zoals geschetst in het basisbeeld, worden in dit scenario te niet gedaan door de enorme toename in mobiliteit.

Regionale Samenwerking(B2) gecombineerd met een stimulerende houding ten opzichte van technologie

In dit maatschappijbeeld functioneert, naast een beperkt geleid vervoerssysteem voor auto's, een sterk verbeterd, compleet openbaar vervoerssysteem dat zowel op korte, middellange als lange afstand is gericht, goed op elkaar is afgestemd en ruimtelijk optimaal is gesitueerd. Light rail speelt hier een belangrijke rol. Daarnaast worden veel voorzieningen voor het fietsverkeer geschapen en wordt de fiets zelf gebruikersvriendelijker. Van de auto wordt langzaam afscheid genomen omdat de nadelen in termen van ruimte, emissies en kosten als te groot worden ervaren.

Mogelijke effecten op het milieu

Vrijwel alle toepassingen van nieuwe technologieën (zoals op afstand werken, winkelen, e.d., lichtere voertuigen, nieuwe aandrijfsystemen en stiller luchtverkeer) wijzen op positieve gevolgen voor het milieu. In hoeverre het milieu in 2050 beter af is, hangt echter ook samen met de ontwikkeling van het aantal passagiers- en tonkilometers. Bij een toenemende welvaart zoals in de IPCC scenario's is verondersteld, worden voordelen voor het milieu ten dele ongedaan gemaakt, dit geldt voornamelijk voor het Mondiale Markt (A1) scenario. De geschetste alternatieven hebben vooral een verschillende invloed op de ruimtelijke indeling van Nederland.

Recreëren en beheren

Basisbeeld

Dankzij enkele doorbraaktechnologieën is het mogelijk geworden zich te ontspannen in lokale ontspanningsparken waar men zich waant in verre buitenlanden (inclusief licht, kleur en geur). Vakantiereizen vinden deels thuis plaats op de bank; de wereld wordt vanuit de huiskamer verkend. Hoe natuurgetrouw deze virtuele reizen ook lijken, zij vormen toch een

surrogaat voor de ervaring van het echte reizen. On-line toerisme via webcamera's is waarschijnlijk eerder een aanvulling dan een vervanging van het reizen. De kwaliteit van water, bodem en lucht wordt voortdurend onder andere met biosensoren gecontroleerd. Vanuit de ruimte (remote sensing) wordt de kwaliteit van de omgeving waargenomen en wordt signaleerd waar ingrijpen gewenst is.

Geliberaliseerde markt gecombineerd met een stimulerende houding ten opzichte van technologie

Werk en vrije tijd lopen in dit scenario steeds meer in elkaar over. Aangezien werknemers niet gebonden zijn aan een fysieke werkplek, is ook de restrictie van werk tot specifieke tijden minder belangrijk.

In het natuurbeheer is de biotechnologie een belangrijke factor. Milieuvervuiling wordt opgeruimd door genetisch gemodificeerde micro-organismen en (bijna) uitgestorven planten en dieren worden met behulp van genetische modificatie en kloontechnieken weer terug gebracht.

Terughoudende houding ten opzichte van technologie

Mede door (kleinschalige) biologische landbouw is het platteland aantrekkelijker geworden. Voor de meeste biologische landbouwers is recreatie en natuurbeheer een minstens even belangrijke bron van inkomsten als de productie van landbouw gewassen.

Mogelijke effecten op het milieu

De geschetste effecten van technologieën zijn neutraal tot positief. Grote overdekte 'natuur-recreatie-parken' zijn energie- en ruimte-intensief, maar compenseren gedeeltijk korte vakantiereizen naar het buitenland. Virtuele reizen zijn helemaal energie en ruimte besparend. De combinatie van biologische landbouw met een recreatieve en natuurfunctie compenseert het grote ruimte beslag van de biologische landbouw. Dit alles staat echter los van het volume effect mogelijk gemaakt door de toenemende welvaart in de scenario's en de toename van 'vrije tijd'. Dat laatste is zeker het geval in het Geliberaliseerde markt scenario.

5. Slotopmerkingen

Onwikkelingen in doorbraaktechnologieën hebben een belangrijke invloed op het aanzien van de wereld in 2050. Ze zullen daarbij ook een belangrijke invloed hebben op de kwaliteit van het milieu in dat jaar. Welke invloed dat zal zijn is echter veel minder eenvoudig te voorspellen. Veel van de in dit rapport besproken technologieën bieden mogelijkheden voor verbeteringen van het milieu. Er kan winst geboekt worden op gebieden van energie efficiëntie, de uitstoot van emissies, het ontstaan van afvalstoffen en geluidsoverlast. Maar tegelijkertijd zijn er ook risico's verbonden aan nieuwe technologieën; effecten die nu nog nauwelijks of niet in te schatten zijn. Deze risico's spelen al een belangrijke rol in de discussie omtrent biotechnologie, maar zijn ook aanwezig bij andere technologieën. Ook ethische aspecten spelen een rol. Een groot vertrouwen in technologische oplossingen voor de huidige milieuproblemen zou kunnen leiden tot een beleid dat te eenzijdig gericht is op het stimuleren van technologie. Het loopt daarbij het gevaar weinig oog te hebben voor de risico's verbonden aan technologische ontwikkelingen. Aan de andere kant kan een eenzijdige aandacht voor de risico's leiden tot een beleid dat slechts gericht is op het stimuleren van gegarandeerde technologische verbeteringen. Dergelijk beleid loopt het risico voorbij te gaan aan de kansen die technologische ontwikkelingen bieden tot 'echte' doorbraken voor verbeteringen van het milieu.

Veel van de ontwikkelingen op de beschreven technologie gebieden vinden plaats binnen internationaal opererende bedrijven en onderzoeksgroepen. Nationale overheden kunnen deze ontwikkelingen maar in beperkte mate sturen. Toch moet de (mogelijke) invloed van de overheid met name op de toepassingen van de technologieën ook weer niet onderschat worden. Juist als het gaat om nieuwe technologieën waarbij de onzekerheden over de economische haalbaarheid nog groot zijn, lijkt een overheid een belangrijke rol te kunnen spelen in het dichten van de kloof tussen onderzoek en toepassing. Dit gebeurt dan ook vooral in het licht van het grote economische belang om de boot niet te missen in de internationale concurrentiestrijd. Daarbij heeft de overheid met regelgeving invloed op het gehele traject van technologie ontwikkeling (van innovatie tot diffusie); b.v. octrooi- en patenten regelingen, regelgeving t.a.v. kennisinfrastructuur, energie-accijnsen en -heffingen, milieuregelgeving en veiligheidsvoorschriften, subsidieregelingen voor toepassingen van nieuwe technologie, etc. Ook beleid op het gebied van het (hoger) onderwijs is van belang voor de ontwikkeling van de doorbraaktechnologieën. En tenslotte heeft de overheid een belangrijke rol als (mogelijke) afnemer van nieuwe technologische toepassingen (denk met name aan mogelijke infrastructurele toepassingen).

Een uitermate belangrijke factor (wellicht de belangrijkste) voor de uiteindelijke (milieu) effecten van de in dit rapport beschreven doorbraaktechnologieën is echter het gedrag van mensen. Veel van de mogelijke efficiëntie winsten van technologieën zullen teniet gedaan worden als er tegelijkertijd een grote toename is in de (fysieke) consumptie van de toepassingen. Dit gebeurt als het gedrag van consumenten en bedrijven met name gericht is op de kwantiteit van de toepassingen en niet op de kwaliteit van de functie die vervuld moet worden. We noemden dit een materiële of product-gerichte houding in plaats van een functie-gerichte houding die meer tussen een materiële en immateriële oriëntatie in hangt. Tot nu toe zijn de preferenties van consumenten en bedrijven echter meestal het uitgangspunt en niet het onderwerp van beleidsveranderingen. Hierdoor zullen waarschijnlijk in het Mondiale markt (A1) scenario, dat gekenmerkt wordt door geliberaliseerde markten en een oriëntatie op materiële waarden, veel technologische toepassingen die een belangrijke milieuwinst kunnen opleveren niet opgepakt worden, en zullen efficiëntie verbeteringen teniet worden gedaan

door de groei in de materiële welvaart. In het Regionale samenwerking (B2) scenario, gekenmerkt door op duurzaamheid gerichte overlegeconomieën en een oriëntatie op immateriële waarden, is de kans op significante milieuverbetering door toepassing van dezelfde technologieën veel groter. Terwijl hierdoor de noodzaak voor overheidsturing in een A1 wereld dus groter lijkt dan in een B2 wereld, is de weerstand in zo'n wereld tegen overheidsbemoeienis ook groter. Maar strikte handhaving zal in een A1 wereld wel sneller worden geaccepteerd om *free riders* te straffen en rechtsgelijkheid te garanderen. In een B2 wereld zal er een groter draagvlak zijn voor overheidsbeleid, met name als dit tot stand komt via afstemming met verschillende belanghebbenden. Daar staat tegenover dat de besluitvorming in zo'n wereld complex en tijdrovend zal zijn.

Samenvattend kan worden gesteld dat de technologieën beschreven in deze studie tal van mogelijkheden bieden voor milieuvriendelijke toepassingen. De aanwezigheid van deze mogelijkheden is op zich echter geen garantie dat deze technologieën ook tot een duurzamere wereld zullen leiden. Niet voor niets eindigt de vijfde milieuverkenning met het noemen van verschillende barrières. Er is veel mogelijk maar het gaat niet vanzelf.

Literatuur

Literatuurstudie algemeen

- Blom, W.F., 1999, Operationaliseren van een dynamisch input-outputmodel voor vraagstukken over ontkoppeling van milieu en economie, RIVM rapportnr. 778001003, Bilthoven
- Cramer, J.M. en W. Zegveld, 1990, Schoon produceren: wie kan er wat aan doen? in: Het Milieu: denkbeelden voor de 21st eeuw, Commissie Lange Termijn Milieubeleid, Kerkebosch B.V., Zeist
- Drissen, E., L.C. Braat en M.C.H. Witmer, 2000, Scenario's voor de Vijfde Nationale Milieuverkenning, RIVM rapportnr. 408129012, Bilthoven
- DTO, 1997, DTO-Visie 2040-1998; Technologie sleutel tot een duurzame welvaart, Interdepartementaal Onderzoeksprogramma Duurzame Technologische Ontwikkeling, Uitgeverij ten Hagen&Stam, Den Haag
- El Serafy, S., 1991, The Environment as Capital, in: Ecological Economics, the science and management of sustainability, edited by R. Constanza, Columbia University Press, pg. 168-175
- Glenn, J.C. en Th. J. Gordon, 1998, 1998 State of the Future, Issues and Opportunities American Council for the United Nations University, Washington D.C.
- Glenn, J.C. en Th. J. Gordon, 1999, 1999 State of the Future, Challenges we face at the millennium, American Council for the United Nations University, Washington D.C.
- Grupp, H., 1999, Foresight Activities, in: Technological Forecasting and Social Change, Volume 60 1-3
- Haskoning Forum, 1999, Interview met Prof. dr. ir. H.W. Lintsen: Nederland is af – wat nu? in: Haskoning Forum, nieuwsbulletin van Haskoning B.V. Jaargang 6 nr. 4, september 1999
- Hofkes, M.W., A.M. Idenburg en H. Verbruggen, 1998, Ontkoppeling milieu en economie; de noodzaak van een toename van de eco-efficiëntie? RIVM rapportnr. 778001002
- IPCC, 2000, Special Report on Emission Scenarios; A Special Report of Working Group III, Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK
- Kaku, M., 1998, Visions – How science will revolutionize the Twenty-First Century, Oxford University Press, UK
- Kemp, R., 1995, Environmental Policy and Technical Change, Proefschrift van de Universiteit Limburg, Maastricht
- Luiten, E. en R. Harmsen, 1999, A conceptual model for understanding technology development, paper presented at the International Summer Academy on Technology Studies, Deutschlandberg, Oostenrijk
- Martin, B.R., 1995, Foresight in Science and Technology, in: Technology Analysis & Strategic Management, Volume 7, No. 2, pg. 139-168
- Mirsky, Steve, 1999, Future Schlock, in: Scientific American Volume 10, No. 3
- National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP) and Science and Technology Agency JAPAN, 1997, The Sixth Technology Forecast Survey; Future Technology in Japan Toward The Year 2025, NISTEP report No. 52
- Nijhuis, E.W.J.T., A.F.L. Slob, J. van der Vlies en R.A.P.M. Weterings, 1999, Eindrapportage Scenariostudie sleutelvoorraden (SCALA), TNO-rapport STB-99-45
- Riele, H.R.M. te, e.a., 2000, Transitie, Kunnen drie mensen de wereld doen omslaan? Publicatiereeks milieustrategie, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 176878/SDU/WAP

- RIVM, 2000, Nationale Milieuverkenning 5 2000-2030, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Samsom B.V. Alphen aan de Rijn
- Schijndel, M.W. van en J.P.M. Ros, 2000, Drijvende krachten achter technologieontwikkeling in productiesectoren, RIVM rapport nr. 778011002, Bilthoven
- Smalley, R.E., 1995, Nanotechnology and the next 50 years, <http://cnst.rice.edu/dallas> 12-96.html
- Vos, R. de, 2000, Benut begrotingsruimte voor duurzame ontwikkeling, interview met H. Wijffels, in: Stroom, 23 juni 2000
- VROM/EZ/LNV/V&W, Nota Milieu en Economie (1997)
- Weaver, P., J.L.A. Jansen, G. van Grootveld, E. van Spiegel en Ph. Vergragt, 2000, Sustainable Technology Development, Greenleaf Publishing Ltd, Sheffield, UK
- Weizsäcker E.U. von, A.B. Lovins en L.H. Lovins, 1995, Faktor Vier, Doppelter Wohlstand-halbierte Naturverbrauch, Droemer Knauer, München
- Wilt, J.G. de, e.a., 1999, Wetenschap en technologie, kansen voor agrosector, groene ruimte en vissector, Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek, NRLO-rapport nr. 90/1
- Wolde A. ten, 1998, Nanotechnology, towards a molecular construction kit, Stichting Toekomstbeeld der Techniek, Publicatie nr. 60, Den Haag

Literatuurstudie ICT

- Almelo, L. van, 1999, De infocratie klopt op de deur, in: Openbaar Bestuur Magazine nr.2
- Bullinga, M., 1999, Een Ministerie van Ruimte & Tijd, Ministerie van VROM
- Bullinga, M., 2000, Internet is goed voor privacy, Volkskrant 5 mei 2000
- CPB, 2000, Centraal Economisch Plan 2000, Centraal Planbureau, Sdu Uitgevers, Den Haag.
- Don, H. en M. Pomp, 1999, Wat betekent de kenniseconomie? in: Missie Infodrome Infodrome, Amsterdam
- DTO, 1997, Verplaatsen; ontwerp van duurzame vervoerssystemen
- Egmond, N.D.van, 1999, ICT en Milieu: een paradox, in: Missie Infodrome, Infodrome, Amsterdam
- Gates, Bill, 1999, The digital nervous system, internetpagina: www.siemens.com.
- Grinsven, Lucas van, 2000, Baas op eigen buis, Volkskrant 15 januari 2000
- Kaku, M., 1998, Visions – How science will revolutionize the Twenty-First Century, Oxford University Press, UK
- Klein Lebbink, Gerben, 1994, Microsystem technology: exploring opportunities, internetpagina: website www.stt.nl.
- Kluytmans, Henry, 1997, Een mogelijke tijdlijn voor de ontwikkeling van moleculaire fabricage, internetpagina: <http://members.brabant.chello.nl>, 14 maart 1997
- Nature 13 juli 2000
- Rikhof P., 1999, De mens wordt God, interview met Paul Ostendorf, Carp
- Rispens, Sybe I., 1999, De e-familie: Er komen auto's zonder stuur en gaspedaal, in: Intermediair nr. 21
- Rongen, J. van en B. Bruggeman, 1999, De onweerstaanbare opmars van de digitale assistent, internetpagina: www.computable.nl, 20 augustus 1999
- Vermeer, B., 1999, De e-familie: Waar blijft het huis van de toekomst? in: Intermediair nr. 21
- Webeling, P., 1999, De mens is de vertragende factor geworden, interview met Hans Wijers in: Safe
- Willems & van den Wildenberg B.V., 1999, Het arbeidsperspectief van de biomedische ingenieur, Den Haag
- WRR, 1998, Staat zonder land. Een verkenning van bestuurlijke gevolgen van ICT, Rapporten aan de Regering nr 54, WRR, Sdu Uitgevers, Den Haag

Literatuur biotechnologie

- Altieri, M.A., 2000, Executive Summary of International Workshop on the Ecological Impacts of Transgenic Crops, 2-4 maart 2000, University of California, Berkeley
- Arundel, A. e.a., 2000, How important is genetic engineering to European seed firms? in: Nature Biotechnology, Volume 18, juni 2000
- Bioforum Internationaal 1/2000
- Bionieuws, 2000, Eerste bioactieve kunstheup van IsoTis getransplanteerd”, in: Bionieuws jaargang 10 nr. 4, 26 februari 2000
- Bulfield G., 2000, Farm animal biotechnology, in: Trends in Biotechnology Volume 18, januari 2000
- Cantor, R. Ch., 2000, Biotechnology in the 21st century, in: Trends in Biotechnology, Volume 18, januari 2000
- Carty, Dr. A.J., President National Research Council, Speech at opening of Queen's Biosciences Complex. Kingston, Ontario, November 27, 1997, internetpagina: <http://www.nrc.ca/corpserv/queen.html>
- Delta, TU-Delft: diverse afleveringen
- Demain, A.L., 2000, Microbial biotechnology, in: Trends in Biotechnology, Volume 18, januari 2000
- Dickson, D. Scientists back GM for Third World, in: Nature, Volume 406, 13 juli 2000
- DTO 1997, DTO Sleutel Chemie; zon en biomassa; bronnen van de toekomst, Den Haag
- Dunwell, J.M., 1999, Transgenic Crops: The Next Generation, or an Example of 2020 Vision, in: Annals of Botany 84, pg. 269-277
- Gianessi, L.P. en J.E. Carpenter, 1999, Agricultural Biotechnology: Insect Control Benefits, National Center for Food and Agricultural Policy, Washington DC
- Guerinot, M.L., 2000, The Green Revolution Strikes Gold, in: Science, Volume 287, 14 januari 2000
- Heath, C.A., 2000, Cells for tissue engineering, in: Trends in Biotechnology, Volume 18, januari 2000
- Kaku, M., 1998, Visions – How science will revolutionize the Twenty-First Century, Oxford University Press, UK
- Miller, J.A. en V. Nagarajan, 2000, The impact of biotechnology on the chemical industry in the 21st century, in: Trends in Biotechnology, Volume 18, januari 2000
- Nature Biotechnology, december 1999
- Rikhof P, 1999, De mens wordt God, interview met Paul Ostendorf, in: Carp
- Scientific American, Your bionic future, Volume10, No 3
- Scientific American, Extreme engineering, Volume10, No 4
- Scientific American, Special issue: What science will know in, december 1999
- Senker, J. e.a., 2000, European exploitation of biotechnology - do government policies help?, in: Nature Biotechnology, Volume 19, juni 2000
- Smaglik, P., 2000, Educated US public get more wary of genetic engineering, in: Nature, Volume 405, 29 Juni 2000
- TechNieuws, nr. 37:8, oktober/november 1999
- Trends in Biotechnology, Volume 17 (1999)
- Voeding Nu, december 1999
- Wackett, L.P., 2000, Environmental biotechnology, in: Trends in Biotechnology, Volume 18 Januari 2000
- Willems & van den Wildenberg B.V., 1999, Het arbeidsperspectief van de biomedische ingenieur, Den Haag
- Woodrow Wilson Biology Institute, Anna Treohan, Future of biotechnology, internetpagina <http://www.accessexcellence.org/AE/AEPC/WWC/1993/future.html>

Literatuur nanotechnologie

- Amato, I., 1999, Nanotechnology, Shaping the world atom by atom, National Science and Technology Council, Committee on Technology, The Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology
- Bionieuws, 2000, Nanotechnologie: 'de Vinger van God' in: Bionieuws, jaargang 10 nr. 4, 26 februari 2000
- Carty, Dr. A.J., 1999, Impacts of Science and Technology in the 21st Century, Lezing op internet pagina van National Research Council:
<http://www.nrc.ca/corpserv/queen.html>
- Chehab, N. en C.M. Enzing, 1998, Nanotechnologie, Quick Scan, NRLO-rapport nr. 98/37, Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek
- Forrest, D., 1989, Regulating Nanotechnology Development, paper Massachusetts Institute of Technology
- Forrest, D., 1995, The Future Impact of Molecular Nanotechnology on Textile Technology and on the Textile Industry, paper presented at Discover Expo '95, Industrial Fabric & Equipment Exposition, Charlotte, North Carolina
- Kaku, M., 1998, Visions – How science will revolutionize the Twenty-First Century, Oxford University Press, UK
- Lawler, A., 2000, Clinton seeks 'Major Lift' in U.S. Research Programs, in: Science 28 januari 2000
- Leson, A., 1998, Presseinformation XII/98, Internet pagina van Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik http://www.iws.fhg.de/ext/allg/presse/pres98_12.htm
- Macilwain, C., 2000, Nanotech thinks big, in: Nature, juni 2000
- MESA⁺, 1999, MESA⁺, Materials, Technologies and systems for the information society, Brochure van MESA⁺ Universiteit Twente
- Mirsky, S., 2000, Tantalizing Tubes – Hype aside, applications for carbon nanotubes progress slowly - , in: Scientific American, juni 2000
- Nemecek, S., 1999, Some Assembly required, How to fabricate things atom by atom in: Scientific American, Volume 10 No. 4
- Ouwerkerk, J., 1997, De evolutie naar de nanoschaal, interview met Prof. dr. C.I.M. Beenakker, Prof. Dr. C.I.M., Dr. L.J. Geerlings en Prof. dr. J.E. Mooij in: Delta nr. 29, Technische Universiteit Delft
- Reed, M.A. en J.M. Tour, 2000, Computing with molecules, in: Scientific American, juni 2000
- Robillard, Prof. dr. G.T. in: Nanotechnologie: 'de Vinger van God' in: Bionieuws 4, 26-2-2000
- Schmidt, A. P., 1999, Nanotechnologie, Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts? internetpagina: <http://www.heise.de/tp/deutsch/inhalt/co/2614/1.html>
- Smalley, R.E. 1995, Nanotechnology and the next 50 years, <http://cnst.rice.edu/dallas12-96.html>
- Stigter, J., 2000, In bad met de slappe beeldbuis, Interview met Prof. dr. Richard Friend, in: Volkskrant 26 februari 2000
- Voss, D., 1999, A small World, Labs-on-chips become reality, in: Scientific American Volume 10 No. 4
- Wolde, A. ten, 1998, Nanotechnologie, op weg naar een moleculaire bouwdoos, Stichting Toekomstbeeld der Techniek, rapportnr. STT60, Den Haag
- Zaalen, M. van, 1999, Interview met Prof. dr. ir. D.N. Reinhoudt, in: UT Mediair, jaargang 11, nr. 5, Universiteit Twente

Literatuurstudie materiaaltechnologie

- Ball, Ph., 1997, *Made to Measure, new materials for the 21st century*, Princeton University Press, Princeton
- Beukers, A. en E. van Hinte, 1998, *Lightness; The inevitable renaissance of minimum energy structures*, 010 Publishers, Rotterdam
- DTO, 1997, *DTO Visie 2040-1998; Technologie, sleutel tot een duurzame welvaart*, Den Haag
- DTO, 1997, *DTO Sleutel Chemie; zon en biomassa; bronnen van de toekomst*, Den Haag
- ESA & APME, 1999, *Coming of age: plastics and space meeting the challenges to mankind*, European Space Agency & Association of Plastics Manufacturers in Europe, Noordwijk
- Forrest, D., 1989, *Regulating Nanotechnology Development*, paper, Massachusetts Institute of Technology
- Klein Lebbink, G., 1994, *Microsystem technology: exploring opportunities*, internetpagina: website www.stt.nl
- Leenders, M., 1997, *Vervangende geneeskunde heeft de toekomst*, interview met Prof. dr. C.A. van Blitterswijk in: *Delta* 4 -12-1997, Technische Universiteit Delft
- Rispens, S. I., 1999, *De e-familie: Er komen auto's zonder stuur en gaspedaal*, in: *Intermediair* nr. 21
- Scientific American*, 1999, *Extreme engineering*, Volume 10, No. 4
- Technisch Weekblad*, 5 januari 2000, *Aluminiumschuim maakt auto lichter en veiliger*
- Tekke, R., 2000, *Stikstof verlengt levensduur van autobanden*, in: *Cobouw* 13 juni 2000
- Valk, B. van der, 2000, *Paddestoeltoren als wapen in strijd tegen verstedelijking*, in: *Cobouw* 21 februari 2000
- Venemans, ir A., 1996, *Bouwwijs, materialen en methoden voor toekomstige gebouwen*, samenvatting van publicatie nr. 59, Stichting Toekomstbeeld der Techniek, Den Haag
- Verkeerskunde*, 7 juni 2000, *Geluiddempend asfalt met ingebouwde zonnecollectoren*
- Verseput, W., 1999, *Enzym laccase mogelijk alternatief voor giftige lijm in vezelplaat*, in: *Cobouw*, 24 december 2000
- Versluis, K., 1998, *Het moet lichter, sterker en duurzamer*, interview met onder meer ir. C.J.T.M. Willems van het Netherlands Institute for Metals Research, in: *Delta*, 23-4-1998, Technische Universiteit Delft
- Weaver, P., J.L.A. Jansen, G. van Grootveld, E. van Spiegel en Ph. Vergragt, 2000, *Sustainable Technology Development*, Greenleaf Publishing Ltd, Sheffield, UK
- Weterings, dr. R., drs. J. Kuijper en ir. E. Smeets, 1997, *81 mogelijkheden*, *Technologie voor duurzame ontwikkeling*, TNO-STB
- Willems & van den Wildenberg B.V., 1999, *Het arbeidsperspectief van de biomedische ingenieur*, Den Haag

Bijlage 1: Impressies uit de gehouden workshops over technologie 2050

Begin 2000 zijn twee workshops gehouden teneinde de essays, flitsen en literatuurstudie in ruimere kring te bediscussiëren. De eerste workshop werd bijgewoond door de auteurs van de essays, enkele deskundigen uit de wetenschappelijke wereld, vertegenwoordigers van een aantal departementen en enkele RIVM'ers. Aan de tweede workshop namen vooral schrijvers van flitsen en RIVM'ers deel. De eerste workshop was bedoeld om de extremen en gemene delers naar voren te halen, de tweede workshop ging nader in op mogelijkheden en bedreigingen van technologie en de rol van de overheid bij technologieontwikkeling. De term impressies in de titel (in plaats van bijvoorbeeld 'verslagen') is gekozen om aan te geven dat er niet sprake is van een letterlijke weergave van de discussies, maar dat de belangrijkste bevindingen zijn weergegeven. Uiteraard werd niet al het onderstaande door iedereen gedeeld.

Externe workshop gehouden op 26 januari 2000

Het jaar 2050 lijkt ver weg, maar veel van de technologie die dan volop wordt toegepast is nu eigenlijk al in de kiem aanwezig. De weg van het verkrijgen van kennis naar ontwikkeling en vervolgens naar toepassing volgt een S-curve en is meestal lang.

Die S-curve kan tijdelijk onderbroken worden als bijvoorbeeld er (zoals sommigen denken) rond 2010 een crash optreedt als gevolg van een generatiewisseling, als het besef doorbreekt van de eindigheid van voorraden, of iets dergelijks.

Even hier aan voorbij gaand is in de workshop gesteld dat grenzen tussen de basistechnologieën vervagen. Voortgang in ICT kan niet zonder nanotechnologie, dus nanotechnologie zal zeker verder ontwikkeld worden. Combinatie van technologieën maakt volgens de deelnemers bijna alle denkbare ontwikkelingen mogelijk. Ze versterken elkaar ook grotendeels. De gecombineerde effecten van enkele technologieën (nano/ict, nano/bio en bio/ict) worden deels nog als black box gezien.

De toepassingsgebieden van nanotechnologie op bijvoorbeeld wonen, transport, energie en ICT zijn enorm en heel voorstelbaar. Aan bio-kunststoffen zou elke gewenste eigenschap gegeven kunnen worden. Op medisch gebied is zeer veel mogelijk mede als gevolg van het Human Genoom project. Door minder sterfte groeit de bevolking sterker dan verwacht met wellicht grote maatschappelijke gevolgen. Door biotechnologie kan ook efficiënter gebruik gemaakt worden van bodem en water ten behoeve van voeding. 'De koe is niet meer nodig voor melk en vlees'. Ook kunnen gewassen onder extremere condities verbouwd worden. Met biotechnologie zou zelfs een virtuele biodiversiteit gemaakt kunnen worden.

De komende tien jaar wordt het bio-ethische debat gevoerd over de vraag of we wat we kunnen, ook willen. Hierbij moeten burgers en actiegroepen nadrukkelijk aan bod komen. Ook ICT kan gevaren in zich bergen zoals manipulatie van burgers.

Voor de ontwikkeling van kennis zou de aanwezigheid van voldoende geschoold wetenschappelijk personeel volgens sommigen wel eens belangrijker kunnen zijn dan de aanwezigheid van geld. In een kenniseconomie die nu ontstaat zou meer gelet moeten worden op octrooieren.

De overheid zou wel moeten zorgen voor het subsidiëren van fundamenteel onderzoek, maar voor toepassingsgericht onderzoek zou dat niet nodig zijn.

Wel is een stimulerende rol nodig bij toepassing van technologie. Een overheid moet grenzen stellen, geen middelen voorschrijven.

De ontwikkeling van nieuwe technologie is 'footloose'. Het scheppen en onderhouden van een goed vestigingsklimaat voor R&D is dus uitermate belangrijk voor een (ons) land. De gevolgen voor het milieu zijn afhankelijk van de toepassingen. Positieve gevolgen domineren, hoewel sommigen ook spreken van grote onzekerheden. Het is ook afhankelijk van de vraag of schaarste goed tot uitdrukking wordt gebracht in de prijs. ICT leidt tot een aanzienlijk elektriciteitsverbruik. Per saldo leidt ICT misschien wel tot efficiënter reizen, maar niet tot minder reizen zoals soms wordt gedacht.

Interne workshop gehouden op 2 februari 2000

Technologie ontstaat veelal uit de wens het leven te vergemakkelijken. Met technologie worden bijvoorbeeld zo efficiënt mogelijk zoveel mogelijk soorten producten gemaakt. Een belangrijke drijfveer voor toepassing van technologie is een goed belegde boterham. Behoeften zijn onder te verdelen in een tiental universeel geldige kernpunten, maar ze zijn vergaand rekbaar; ze kunnen op heel verschillende wijze worden bevredigd, al naar gelang de burger zich wil manifesteren. Het aanbod aan producten stuurt deels de wijze van behoeften bevrediging.

De potentie van nieuwe technologieën voor allerlei toepassingen is groot. Nanotechnologie en biotechnologie zullen elkaar versterken. Straks kunnen we bij wijze van spreken leven van zonne-energie en gras. Met eco-engineering is de natuur weer herstelbaar. Technologie ten behoeve van gezondheid krijgt altijd steun. Fysiek worden we uniformier door de vergaande mogelijkheden van genterapie. Het leven is maakbaar, beschermen hoeft niet meer want wat wegvalt kan weer opnieuw gemaakt worden. Alle producten kunnen straks op specificatie van de individuele consument worden gemaakt. In de toekomst worden vrijwel alleen nog lichte, sterke materialen (zoals bio-kunststoffen en composieten) gemaakt van vervangbare grondstoffen. Deze materialen zullen (indien gewenst) visueel niet te onderscheiden zijn van traditionele materialen. De dienstensector levert in de toekomst niet alleen producten, maar gaat veel meer dan nu functies verzorgen.

Tegenover de extreme of paradijselijke visies op technologische mogelijkheden worden ook bedreigende ontwikkelingen gezet. Worden we in plaats van vrijer niet juist meer afhankelijk van de techniek en meer manipuleerbaar? De nieuwe technologieën zullen ook nieuwe gevaren met zich mee brengen zoals nieuwe biologische wapens, uit de hand lopende ecologische ontwikkelingen en nieuwe vormen van criminaliteit.

Het is ook niet onwaarschijnlijk dat alternatieve levenswijzen opkomen waarbij materiële goederen minder belangrijk worden. Misschien gaan we onze status wel ontlenen aan rust en vrije tijd (geen PC meer nodig hebben). Willen we wel wonen in huizen van kunststof? Virtueel reizen zal niet in de plaats komen van het echte reizen maar wordt gezien als een aanvulling.

Ruimte zal de beperkende factor worden. De meeste ruimte gaat misschien wel op aan biomassa ten behoeve van de energieproductie. Gaat dat niet ten koste van voedselproductie en biodiversiteit? Is biotechnologie wel zo efficiënt? Je hebt vaak grote volumina nodig en er is sprake van langzame reacties. Tijd, ruimte en energie lijken 'uitwisselbaar'. Leiden veranderingen in technologie tot een efficiënter gebruik van tijd, ruimte en energie of gaat het steeds ten koste van de andere elementen? En geldt zoiets ook niet voor informatie?

Wat zou de rol van de overheid kunnen of moeten zijn bij technologie-ontwikkeling? De overheid heeft een taak om lange-termijn belangen in het oog te houden, iets wat niet direct gevraagd kan worden van het bedrijfsleven, uitzonderingen daargelaten. Verder moet

de overheid waken voor maatschappelijke belangen waar deze in de knel kunnen komen met individuele belangen. Ook in de toekomst moet van een overheid verwacht worden dat deze doelen en normen (grenzen) stelt. In essentie niet anders dan nu. De overheid blijft belangrijk waar het gaat om de grote lijnen en het stimuleren van gewenste ontwikkelingen en het afremmen van ongewenste. De overheid moet ook flexibel zijn want de doelen veranderen bij nieuwe problemen.

Sommigen vragen zich af of de overheid naast een keuringsdienst voor producten, niet ook een keuringsdienst zou moeten hebben voor informatie en voor technologie. Niet om te komen tot censuur, maar om informatie-overlast en desinformatie te minimaliseren. De overheid zou deze taak niet zelf behoeven uit te voeren, maar zou het initiatief kunnen nemen voor het instellen van een onafhankelijke instantie. Maar misschien komen er vanzelf wel selectiebedrijfjes.

Iets anders is dat als nationale overheden van mening zijn dat technologie-ontwikkeling een belangrijke motor is voor economische groei, zij wel activiteiten rond technologie-ontwikkeling naar zich toe kunnen halen. Te denken valt daarbij aan het scheppen van een aantrekkelijke vestigingsplaats en woonomgeving, het investeren in kennis en nieuwe netwerken en het stimuleren van bepaalde toepassingen. Voor technologie-ontwikkeling moet de overheid een breed veld van wetenschappelijk onderzoek in stand houden (ook ivoren torens) en zelf blijven scannen op maatschappelijk relevante niet-commerciële ontwikkelingen. Zij kan zorgen voor fondsen waar partijen dan voor kunnen tenderen. De overheid moet zich zeker niet beperken tot het stimuleren van een enkele technologie.

Tot slot kan gesteld worden dat nationale overheden slechts in beperkte mate mogelijkheden hebben om technologische ontwikkelingen te sturen en grenzen te stellen aan die ontwikkelingen, als gevolg van de globalisering. Grenzen worden gesteld in WTO, EU en UN verband. Steekwoorden: vrijhandel, concurrentie(vervalsing), EU-richtlijnen voor bijvoorbeeld de emissie van vrachtwagens en te goedkope kerosine.

Bijlage 2: Deelnemers workshops Technologie 2050

Workshop 26 januari 2000

Naam	Werkzaam / Organisatie
Prof. ir. J. baron van Till	Stratix
Drs. S. Keuning	Bioclear
Dr. A. ten Wolde	VNO-NCW
Dr. A. Beukers	Technische Universiteit Delft
Drs. E. van Hinte	Journalist
Dr. A.J. Nijman	Philips
Prof. dr. ir. J.L.A. Jansen	Programma DTO
Prof. dr. Ph. Vergragt	Technische Universiteit Delft
Dr. J. van der Vlies	TNO-STB
Ir. M. Butter	TNO-STB
Drs. F.J.G. van de Linde	Stichting Toekomstbeeld der Techniek
Ir. R. van der Hoed	Technische Universiteit Delft
Dr. F. Vollenbroek	Ministerie van VROM
Drs. L. van Damme	Ministerie van Economische Zaken
Drs. A. Kwak	Ministerie van VROM
Ir. P.P.M. Nouwen	ARCADIS Heidemij Advies
Drs. ing. R.J. de Bes	ARCADIS Heidemij Advies
Drs. O.J. van Gerwen	RIVM
Dr. L.C. Braat	RIVM
Drs. R.J.M. Maas	RIVM
Drs. J.P.M. Ros	RIVM
Drs. ing. W.F. Blom	RIVM
Drs. D. Nagelhout	RIVM
Dr. ir. A.M. Idenburg	RIVM

Workshop 2 februari 2000

Dr. A.M. Breure
 Dr. Th.G. Aalbers
 Dr. E. Drissen
 Dr. P.G.N. Kramers
 Drs. R.J.M. Maas
 Dr. A.M. Idenburg
 Ir. J. Spakman
 Drs. J.P.M. Ros
 Ing. J. Slootweg
 Dr. R. Thomas
 Drs. J.A. Annema
 Drs. ing. W.F. Blom
 Dr. D. Onderdelinden
 Drs. D. Nagelhout
 Dr.ir. D. van Lith

(Allen RIVM)

Bijlage 3: IPCC scenario's

De scenario's van het IPCC beschrijven mogelijke ontwikkelingen van de wereld in de eenentwintigste eeuw. Zij zijn geconstrueerd vanuit vier wereldbeelden die ontstaan door de volgende trends tegen elkaar af te zetten: 1) globalisering versus regionalisering en 2) geliberaliseerde markten versus op duurzaamheid gerichte overleconomieën (*figuur 1*). Binnen het wereldbeeld met mondiale vrijhandel zijn scenario's uitgewerkt die verschillen in technologische ontwikkeling. De scenario's zijn kwantitatief ingevuld met behulp van internationaal geaccepteerde rekenmodellen (IPCC, 2000). De scenario's zijn uitwerkingen naar de toekomst van dominante trends in sturende krachten, zoals die in de afgelopen decennia wereldwijd, dan wel in bepaalde wereldregio's zijn voorgekomen. Dergelijke trends worden in de verhalen op een samenhangende manier doorgetrokken. In de scenario's is dit vertaald naar gekwantificeerde, onderling consistente veronderstellingen voor de sturende krachten. Dit impliceert overigens niet dat het ene scenario een meer waarschijnlijker toekomst voor de wereld oplevert dan het andere. Hoe dominanter bepaalde trends in een wereldregio worden, hoe meer tegenkrachten zich zullen doen gelden. In de scenario's wordt verondersteld dat dergelijke tegenkrachten op de een of andere manier worden opgevangen.

Mondiale Markt (A1, met kenmerken van het Global Competition scenario, CPB, 1997) De Mondiale Markt wereld wordt gekenmerkt door een sterke economische dynamiek. Op internationaal niveau worden afspraken gemaakt om protectionisme tegen te gaan en toetredingsbarrières op de markten af te breken. Het investeringsniveau ligt hoog, ook voor investeringen in technologisch onderzoek en onderwijs. De productiviteit van arbeid, kapitaal en hulpbronnen neemt daar-door sterk toe. De informatie- en communicatie-technologie (ICT) speelt een grote rol. De ontwikkeling van de biotechnologie werkt door in gezondheidszorg en landbouw. De arbeidsmarkt wordt in sterke mate flexibel. Convergentie van de Bruto Binnenlands Producten (BBP's) van de wereldregio's gaat gepaard met een toename van de inkomensongelijkheid, wereldwijd, tussen werkenden en uitkeringsgerechtigden en tussen hoog en laag opgeleiden. De wereldbevolking bereikt een maximum rond 2050 en daalt daarna. De focus in het welvarende deel van de bevolking is op materiële consumptie, met weinig zorg over onrechtvaardige verdelingen. In deze cultuur past ook aandacht voor kunst, maar voor natuur en milieu is minder belangstelling. In toenemende mate ontstaat convergentie tussen regionale culturen. Dit leidt tot een toename van de mobiliteit van mensen en ideeën. De besturingsystemen globaliseren. De mondiale ICT-infrastructuur bevordert snelle uitwisseling van ideeën en snelle besluitvorming, hetgeen leidt tot een afnemende rol voor overheden in economisch management en in gezondheidszorg, onderwijs en andere diensten en tot een toenemende druk om belastingen te verlagen. De nutsmarkten worden nog slechts in lichte mate gereguleerd. De Midden-Europese landen treden toe tot de Europese Unie. Dit gaat echter niet gepaard met een intensievere samenwerking. Er is geen overeenstemming over de einddoelen van de Europese integratie. Ieder land probeert afzonderlijk een zo sterk mogelijke positie te bereiken. De besluitvorming binnen de Europese Unie wordt niet verder verdiept. De steun van de Europese Unie aan de landbouwsector wordt verminderd. Er komt geen gemeenschappelijk beleid voor energie, verkeer en milieu.

Regionale Markt (A2, met kenmerken van het Divided Europe scenario, CPB, 1997) Mensen, ideeën en kapitaal zijn niet erg mobiel. Er kunnen grote regionale verschillen in welvaart ontstaan afhankelijk van de beschikbaarheid van voorraden, het onderwijsniveau en de cultuur. De nadruk op familiewaarden laat de bevolkingsgroei slechts langzaam afnemen. Dit leidt tot een grote totale bevolking met grote verschillen in groei tussen de regio's. De combinatie van matige economische groei en hoge bevolkingsgroei leiden ertoe dat het inkomen per hoofd van de bevolking het laagste is van de vier werelden. Voedselvoorziening heeft de hoogste prioriteit vanwege de hoge bevolkingsgroei. De economieën in het algemeen en de industrie in het bijzonder kennen een hoge energie- en koolstofintensiteit doordat zij terugvallen op de regionaal beschikbare fossiele voorraden vanwege een trage ontwikkeling van schone energietechnologie. Regionale identiteit prevaleert. Er is een toename van religieuze en culturele activiteiten. Welvarende regio's beperken immigratie en technologie overdracht om hun voorsprong te behouden. De cultuurverschillen tussen de regio's leiden tot verschillen in consumptieve voorkeuren hetgeen de interactie en handel tussen regio's verder vermindert. Multilaterale instituties blijken steeds minder in staat om marktonvolkomenheden en handelsbarrières het hoofd te bieden. Aandacht voor mondiale problemen wordt daardoor minder. Het pure vrije markt model steunend op monetaire regulering en beperkt overheidsingrijpen verliest op den duur zijn aantrekkingskracht. Regionale en nationale sturing van overheden wordt weer sterker. De Europese Unie is geconcentreerd op bescherming van de verworven positie en concurrentie met de andere economische regio's. De Midden-Europese landen worden niet of met grote aarzeling toegelaten tot de Europese Unie. Regelgeving vanuit Brussel blijft beperkt. De steun van de Europese Unie aan de eigen landbouwsector en de optimalisatie van de industrie en het vervoer wordt voortgezet. Er komt slechts in beperkte mate voortgang in het gemeenschappelijk beleid voor energie en milieu.

Mondiale Samenwerking (B1; geen vergelijkbaar CPB-scenario beschikbaar) Economische ontwikkeling is gebalanceerd en effectief in het realiseren van een rechtvaardige inkomensverdeling. Dit scenario levert net als het A1-scenario een snel veranderende en convergerende wereld, maar met andere prioriteiten dan in die wereld. De rijke regio's ontwikkelen effectieve methoden om de ontwikkelingsregio's te helpen met onder meer technologieoverdracht. De dienstensector groeit met telewerken, internetonderwijs, openbaar vervoer en een uitgebreide verzorging in het sociaal-medische vlak. Dematerialisatie van de consumptie is de trend. Bijzondere aandacht is er voor efficiëntie in het gebruik van strategische voorraden zoals natuur en drinkwater. Er zijn grote natuurgebieden, hetgeen indirect leidt tot hoge voedselprijzen. De herverdeling van de welvaart en de hoge belastingen om de duurzaamheidsinitiatieven te financieren remmen het functioneren van wereldmarkten. De demografische transitie naar lage sterfte en geboortecijfers vindt net als in de A1-wereld overal plaats, hier vooral om sociale en milieuredenen. Toenemende welvaart en welvaartsverdeling gesteund door beleid gericht op onderwijs voor vrouwen en

lokale initiatieven leiden tot een snelle daling van de vruchtbaarheid. Een groot deel van het inkomen wordt uitgegeven aan diensten in plaats van aan materiële goederen en meer aan kwaliteit dan aan kwantiteit. Het duurzaamheidsdenken dringt door in de ontwikkeling van technologie en levensstijl. De marktideologie wordt vervangen door de duurzaamheidwaarden. De trend van globalisering en liberalisering gaat door. Nationale en internationale overheden vormen een belangrijke factor in de sturing op weg naar duurzaamheid. Internationale instituties helpen schone technologie te verspreiden. Recycling en hergebruik zijn overal ingevoerd. De combinatie van organisatorische en technische verandering leidt tot grote besparingen (materiaal en energie) en dus tot emissiereductie. Er ontstaat een soepele transitie naar alternatieve energiesystemen. Het landgebruik wordt strak bestuurd. In Europa worden de Midden-Europese landen toegelaten tot de Europese Unie. Deze uitbreiding vergt, een intensieve samenwerking met een sterke sturing vanuit Brussel. De steun aan duurzame landbouw wordt uitgebreid en er ontstaat een gemeenschappelijk beleid voor duurzame energieproductie, openbaar vervoer en milieukwaliteit.

Regionale Samenwerking (B2, met kenmerken van het European Coordination scenario, CPB, 1997) In de wereld ontstaat economische blokvorming. De opgeworpen handelsbarrières hebben een negatief effect op de groei van de handel en, in het verlengde daarvan, op de economische groei. De nadruk ligt op de eigen identiteit en zelfvoorzienendheid. Deze waarden ontwikkelen zich binnen de eigen culturele en economische regio. Regionale verschillen in bevolkingsontwikkeling en inkomen kunnen groot zijn. In vergelijking met de Mondiale Markt wereld is de internationale concurrentie minder scherp, waardoor de druk om uit concurrentieoverwegingen te innoveren geringer is. De grotere waardering van een schoon milieu leidt tot stimulering van milieu- en energie-technologie. In deze technologievelden wordt bovendien meer informatietechnologie toegepast. De consumptie is niet erg modegevoelig, terwijl duurzaamheid van producten een belangrijk aspect is in het consumptiepatroon. Gemeenschappelijkheid komt ook terug in de waardering van de regionale cultuur en van regionale producten. De maatschappelijke betrokkenheid is groot. Dit uit zich zowel in een ruime sociale zekerheid, maar ook in een groot draagvlak voor milieumaatregelen. Het geloof in het vermogen van internationale politieke instituties om duurzame ontwikkeling te bereiken neemt af. Samenwerking binnen de regio's en steun van overheden aan nationale en lokale inspanningen worden als kansrijkere route gezien. De transitie naar alternatieve energiesystemen is in sommige regio's soepel, maar andere regio's blijven achter. Milieubewuste ruimtelijke planning en beheer van milieukwaliteit binnen de regio's krijgen voorrang boven investeringen in mondiale afspraken en verdragen. De Europese Unie kiest voor een verdere verdieping van de samenwerking. Verdere integratie van de Europese Unie vindt via de weg van meerdere snelheden plaats, waarbij een kopgroep de andere landen meetrekt..

Bijlage 4 Verzendlijst

1. Mr.Ir. J.H. Enter, DGM, Directie SB
2. Dr.Ir. B.C.J. Zoeteman, plv. DG Milieubeheer
3. Ing. C. Moons, DGM, Directie ICB
4. Dr. F. Vollenbroek, DGM, Directie SB
5. Drs. R. Brinkman, DGM, Directie SB
6. Drs. A. Kwak, DGM, Directie SB
7. Ing. J. Blauwbroek, DGM, Directie SB
8. Drs. L. van Damme, Ministerie van Economische Zaken
9. Drs. I. Baas, Ministerie van OC&W
10. Drs. P.E. de Jongh, Ministerie van LNV
11. Prof. Ir. J. baron van Till, Stratix, Amsterdam
12. Drs. S. Keuning, Bioclear, Groningen
13. Dr. A. ten Wolde, VNO-NCW, Den Haag
14. Dr. A. Beukers, TU Delft
15. Drs. E. van Hinte, Den Haag
16. Dr. A.J. Nijman, Philips, Eindhoven
17. Prof. Dr.Ir. J.L.A. Jansen, DTO, Delft
18. Prof. Dr. H. Achterhuis, Universiteit Twente, Enschede
19. Prof. Dr.Ir. D.N. Reinhoudt, Universiteit Twente, Enschede
20. Prof. Dr. Ir. H. Brezet, TU Delft
21. Prof. Dr. Ph. Vergragt, TU Delft
22. Prof. Dr. C.M.J. van Woerkum, Universiteit Wageningen
23. Prof. Dr. J.M. Cramer, Cramer Milieudadvies, Arnhem
24. Dr. J. van der Vlies, TNO-STB, Delft
25. Ir. M. Butter, TNO-STB, Delft
26. Dr. R.A.P.M. Weterings, TNO-MEP, Apeldoorn
27. Drs. F.J.G. van de Linde, Stichting Toekomstbeeld der Techniek, Den Haag
28. Ir. R. van den Hoed, TU Delft
29. Prof. Dr. Ir. H.W. Lintsen, TU Eindhoven
30. Dr. R.P.M. Kemp, MERIT, Universiteit Limburg, Maastricht
31. Dr. M.M. Pomp, Centraal Planbureau, Den Haag
32. Dr. H.J.B.M. Mannaerts, Centraal Planbureau, Den Haag
33. Dr. J. de Haan, Sociaal en Cultureel Planbureau, Den Haag
34. Prof. Dr. Ir. M.P.C. Weijnen, TU Delft
35. Prof. Dr. J.C.J.M. van den Bergh, Vrije Universiteit, Amsterdam
36. Drs. M.T.E. van Keulen, Infodrome, Amsterdam
37. Dr. J. Krozer, Cartesius Instituut, Universiteit Twente, Enschede
38. Dr. R. Van de Peppel, Universiteit Twente, Enschede
39. Prof. Dr. T. Beckers, Globus, Katholieke Universiteit Brabant, Tilburg
40. Prof. Dr. G. Spaargaren, Globus, Katholieke Universiteit Brabant, Tilburg
41. Prof. Dr. C.A.J. Vlek, Universiteit Groningen
42. Dr. W. Jager, Universiteit Groningen
43. A.J.M. van den Biggelaar, SNM, Utrecht
44. Drs. T. Wams, Milieudefensie, Amsterdam
45. Prof. Dr. J.B. Opschoor, ISS, Den Haag
46. Depot Nederlandse publicaties en Nederlandse bibliografie, Den Haag
47. Directie RIVM
48. Prof. Ir. N.D. van Egmond

49. Ir. F. Langeweg
50. Dr. L.C.Braat
51. Dr. J.A. Hoekstra
52. Drs. R.J.M. Maas
53. Dr. R. Thomas
54. Dr. M.A.J. Kuijpers-Linde
55. Dr. T.G. Kimman
56. Drs. Ing. W. F. Blom
57. Drs. B.J.E ten Brink
58. Drs. J.A. Annema
59. Dr. W. Slooff
60. Dr. D. Onderdelinden
61. Dr. P.G.N. Kramers
62. Dr. T.G. Aalbers
63. Drs. J.P.M. Ros
64. Ing. C.W.M. van der Maas
65. Dr.Ir. B.P. Loos
66. Dr. J.E.N. Bergmans
67. Drs. O.J. van Gerwen
68. Dr. A.M. Breure
69. Dr. E. Drissen
70. Ir. J. Spakman
71. Ing. J. Sloomweg
72. Dr. Ir. D. van Lith
73. Drs. L.J. Brandes
74. Dr. M.C.H. Witmer
75. Ir. R.M.M. van den Brink
76. Ir. P.M. van Egmond
77. Ir. J.G. Elzenga
78. Ir. R.F.J.M. Engelen
79. Drs. A.H. Hanemaaijer
80. Drs. J.G.J. Olivier
81. Drs. J.A. Oude Lohuis
82. Drs. G.A. Rood
83. Drs. M.W. van Schijndel
84. Ir. W.L.M. Smeets
85. Drs. C. Vringer
86. Prof. Dr. G.P. van Wee
87. Dr. Ir. L.G. Wesselink
88. Drs. J.J. van Wijk
89. Dr. H.C. Wilting
90. Ir. H. van Zeijts
91. Dr.Ir. B. Metz
92. Dr. H.J.M. de Vries
93. Drs. D.P. van Vuuren
94. Drs. J.A. Bakkes
95. N. Hoogslag,
96. Ir. P.P.M. Nouwen, Meursgroep, Woerden
97. Drs. Ing. R.J. de Bes, Arcadis, 's-Hertogenbosch
98. Dr. Ir. A.M. Idenburg
99. Drs. D. Nagelhout

- 100. Hoofd Bureau Voorlichting en Public Relations
- 101. Bureau Rapportenregistratie
- 102-111. Bureau Rapportenbeheer
- 112-199. Reserve-exemplaren
- 200. Bibliotheek RIVM/LAE