VERKENNING TECHNOLOGISCHE INNOVATIES IN DE LEEFOMGEVING

JANUARI 2015

Raad
voor de leefomgeving
en infrastructuur

Raad voor de leefomgeving en infrastructuur

De Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) is het strategische adviescollege voor regering en parlement op het brede domein van duurzame ontwikkeling van de leefomgeving en infrastructuur. De raad is onafhankelijk en adviseert gevraagd en ongevraagd over langetermijnvraagstukken. Met een integrale benadering en advisering op strategisch niveau wil de raad bijdragen aan de verdieping en verbreding van het politiek en maatschappelijk debat en aan de kwaliteit van de besluitvorming.

Samenstelling Rli

Mr. H.M. (Henry) Meijdam, voorzitter
A.M.A. (Agnes) van Ardenne-van der Hoeven
Ir. M. (Marjolein) Demmers MBA
E.H. (Eelco) Dykstra, MD
L.J.P.M. (Léon) Frissen
Ir. J.J. (Jan Jaap) de Graeff
Prof. dr. P. (Pieter) Hooimeijer
Prof. mr. N.S.J. (Niels) Koeman
Ir. M.E. (Marike) van Lier Lels
Prof. dr. ir. G. (Gerrit) Meester
Ir. A.G. (Annemieke) Nijhof MBA
Prof. dr. W.A.J. (Wouter) Vanstiphout

Algemeen secretaris

Dr. R. (Ron) Hillebrand

Raad voor de leefomgeving en infrastructuur
Oranjebuitensingel 6
Postbus 20906
2500 EX Den Haag
info@rli.nl
www.rli.nl

In deze publicatie verkent de raad de mogelijke impact van technologische ontwikkelingen op de leefomgeving en infrastructuur. De focus ligt op zogeheten doorbraaktechnologieën die vanwege hun reikwijdte in verschillende sectoren de leefomgeving sterk kunnen veranderen. De raad beschouwt in het bijzonder de technologische ontwikkeling in de thema's gezonde voeding, slimme gebouwen en efficiënte mobiliteit en hoe deze samenkomen in onze leefomgeving.

INHOUD

1 Intensievere wisselwerking tussen technologie en samenleving 6

1.1 Aanleiding en verkenningsvraag 7

1.2 Belangrijkste waarnemingen in de verkenning 8

1.3 Urgente beleidsvragen 9

2 Versnelling van technologische ontwikkelingen 10

2.1 Wetmatigheden in tempo van technologische ontwikkeling 11

2.2 Convergentie versnelt doorbraken 13

2.3 Meer mensen met meer kennis verbonden in meer internationale netwerken 14

2.4 Versnelling in grootschalig gebruik van technologie 15

3 Effecten van doorbraaktechnologieën op de leefomgeving 16

3.1 Doorbraken in energietechnologie bepalend voor alle sectoren in de leefomgeving 19

3.2 Meer multifunctionele gebouwen 19

3.3 Intelligentie in voedings-, mobiliteits- en bouwtechnologie neemt toe 20

3.4 Fysieke en virtuele leefomgeving steeds sterker verweven 21

4 Belang van netwerken neemt toe 23

4.1 Technologie creëert tal van verbindingen 24

4.2 Innovaties ontstaan steeds meer in netwerken 24

4.3 Gespecialiseerde bedrijven in meerdere netwerken 25

4.4 Toenemende complexiteit, afnemende voorspelbaarheid 26

5 Innovaties en waardendebat steeds sterker verbonden 27

5.1 Technologie verandert waarden, maar zet ze ook onder druk 29

5.2 Aandacht voor morele vragen rond technologische innovaties vaker doorlopend 31

6 Versnelling en complexiteit stellen adaptief vermogen op de proef 34

6.1 Overheden bewegen vaker in netwerken 36

6.2 Overheden worden wendbaarder 37

7 Urgente beleidsvragen 39

7.1 Hoe kan het toenemende publieke belang van data-infrastructuur worden gewaarborgd? 40

7.2 Hoe kan de overheid bij toenemend gebruik van data ook waarden als transparantie, toegankelijkheid, privacy en vertrouwen borgen? 41

7.3 Hoe kan de overheid maatschappelijke debatten over technologie verbreden in tijd, betrokken partijen en in consequenties? 42

7.4 Hoe kan de overheid rekening houden met effecten van technologische innovaties op ruimtelijke ordening en infrastructuur? 43

7.5 Hoe verandert de rol van de overheid? 44

THEMATISCHE VERDIEPING 45

A.1 Technologie voor gezonde voeding 46

A.2 Technologie voor slimme gebouwen 49

A.3 Technologie voor efficiënte mobiliteit 52

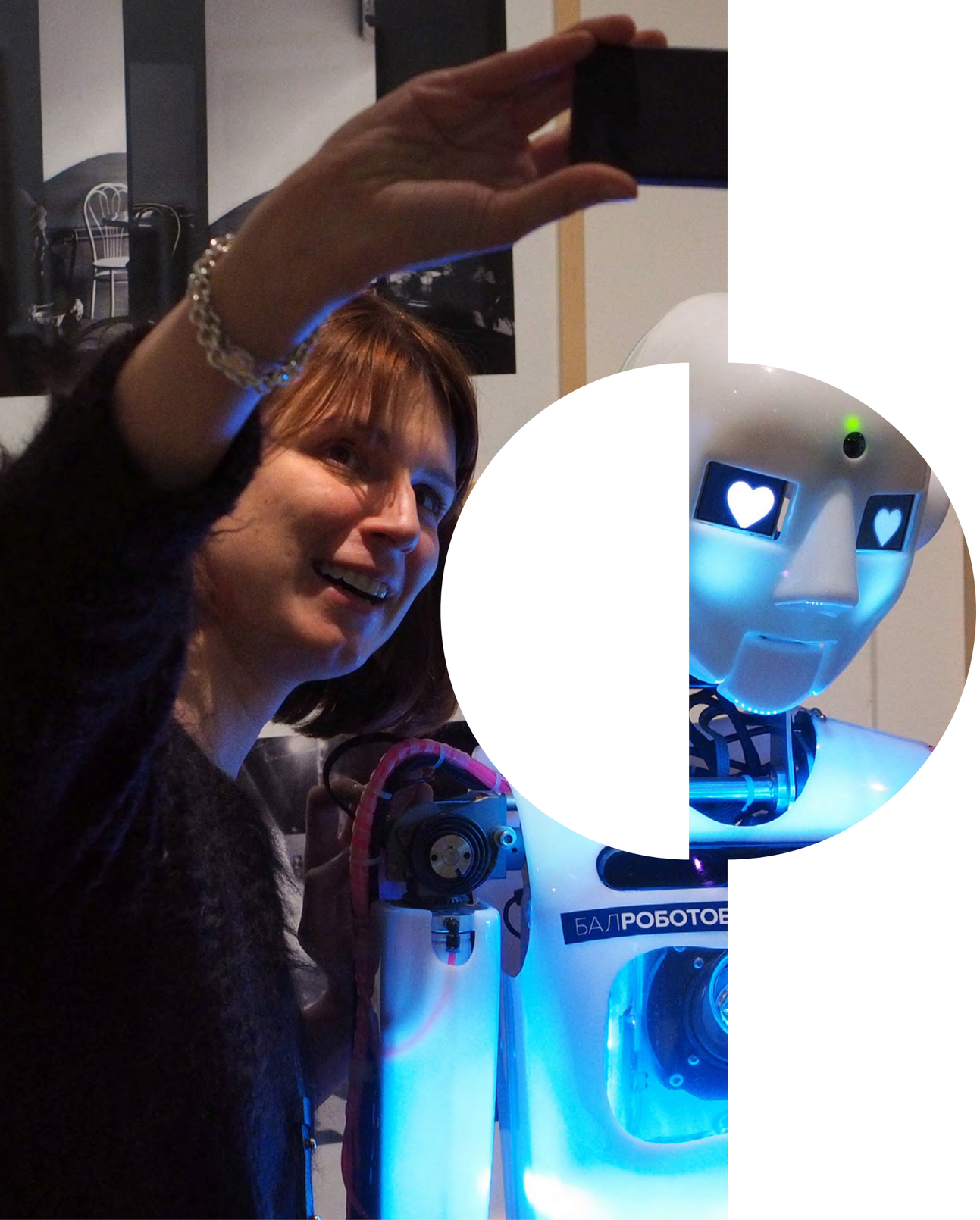
LITERATUUR 57

BIJLAGEN 61

Begrippenlijst 61

Totstandkoming verkenning 65

Overzicht publicaties 69



1

INTENSIEVERE WISSELWERKING TUSSEN TECHNOLOGIE EN SAMENLEVING

1.1 Aanleiding en verkenningsvraag

Technologie is overal om ons heen. Uitvindingen als de bijl, het wiel en de oven hebben vroeger onze manier van leven beïnvloed. Nu hebben we via social media contact met mensen over de hele wereld, doen we boodschappen vanuit huis en leidt een navigatie-app ons naar onze bestemming. Straks vangen nanodeeltjes efficiënt zonne-energie op voor energieneutrale gebouwen, hergebruikt de keukenrobot automatisch ons afval en delen we veel vaker (autonome) voertuigen met anderen. Technologie geeft, kortom, vorm aan ons leven en aan onze leefomgeving. Technologische ontwikkelingen volgen elkaar steeds sneller op en verspreiden zich steeds sneller over de wereld. In de toenemende complexiteit van onze samenleving hangen toepassingen van technologieën bovendien steeds meer met elkaar samen.

Van veel technologieën die de komende dertig jaar belangrijk worden, bestaan nu al prototypes of ze zijn zelfs al te koop. Autonome voertuigen, het intelligente huis als onderdeel van het *Internet of things*, 3D geprint voedsel naar onze persoonlijke voorkeur, kunstmatige intelligentie, bacteriën als biobrandstoffabriek, snellere accu's met de nieuwste nanomaterialen: het is geen theorie meer.

Welke technologieën de komende dertig jaar grootschalig worden toegepast en wanneer, valt niet met zekerheid te zeggen. Het is immers niet zeker welke nieuwe mondiale of regionale ontwikkelingen zich zullen voordoen of hoe maatschappelijke, demografische en sociaaleconomische veranderingen onze wensen en keuzes voor technologieën zullen beïnvloeden. De periode tussen de beschikbaarheid van een prototype, de marktintroductie (time-to-market) en het grootschalig gebruik (time-to-value) kan sterk uiteenlopen per technologie. De effecten van technologische innovaties zijn meestal ook niet op voorhand te voorzien. Wel is het zeker dat er grote verschillen zijn en zullen blijven in verwachtingen en opvattingen over gevolgen van technologische innovaties.

De Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) is van mening dat de versnelling en de toenemende complexiteit van technologische ontwikkelingen het van groter belang maken om vaker na te denken over de impact ervan en over de eventueel benodigde voorwaarden. De raad heeft daarom een aantal technologische ontwikkelingen en hun mogelijke gevolgen verkend voor de samenleving, zowel in het algemeen als hun betekenis voor de leefomgeving en infrastructuur. Centraal staat de vraag welke impact technologische innovaties kunnen hebben op zowel het publieke als het private domein voor de thema's gezonde voeding, efficiënte mobiliteit en slimme gebouwen. Deze thema's zijn gekozen in overleg met de Ministeries van Economische Zaken, van Infrastructuur en Milieu, en van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.

Het doel van de verkenning is om een beeld te geven van de ontwikkelingen die samenhangen met mogelijke technologische innovaties rond die thema's. De raad concentreert zich daarbij op technologieën die grote veranderingen in de samenleving kunnen veroorzaken door hun grote aantal verschillende toepassingen in diverse sectoren, zogenaamde doorbraaktechnologieën. De focus op technologie in deze verkenning geeft zicht op de nieuwe dynamiek in technologische ontwikkelingen en op de intensievere wisselwerking tussen technologie en samenleving. De raad realiseert zich dat het mogelijk grootschalige gebruik van doorbraaktechnologieën sterk afhangt van bijkomende sociale innovaties, hun bijdragen aan maatschappelijke opgaven en de risico's die ze met zich meebrengen. De raad koppelt aan deze verkenning geen aanbevelingen, maar geeft in hoofdstuk 7 een aantal beleidsvragen voor de rijksoverheid

die aanleiding kunnen geven tot een adviesrapport.

1.2 Belangrijkste waarnemingen in de verkenning

De belangrijkste waarnemingen van de raad worden hier kort weergegeven en daarna in de opeenvolgende hoofdstukken uitgewerkt.

Versnelling van technologische ontwikkelingen

Technologische ontwikkelingen gaan steeds sneller. Afzonderlijke technologieën komen samen (convergeren) en genereren daardoor nog meer innovaties. Steeds meer geschoolde mensen in de wereld bouwen voort op hun gebundelde kennis en denkkracht. Zij kunnen daarbij via steeds grotere internationale digitale netwerken meer kennis en ervaringen met elkaar delen en gezamenlijk aan oplossingen voor vraagstukken werken.

Effecten van doorbraaktechnologieën op de leefomgeving

De versnelling in technologische ontwikkelingen vergroot de kans dat de komende decennia meerdere doorbraaktechnologieën gelijktijdig of snel achter elkaar opkomen die onze leefomgeving ingrijpend kunnen beïnvloeden, en waardoor ook bestaande instituties ingrijpend kunnen veranderen. De raad denkt hierbij aan technologieën zoals 4D-printen, kunstmatige intelligentie, autonome voertuigen, kwantumcomputers en nieuwe generatie gentechnologie. De volgende generaties informatie- en communicatietechnologie (ICT) bieden de infrastructuur die van groot belang is voor verdere economische groei en maatschappelijke ontwikkeling. De raad verkent langs vier lijnen wat die doorbraaktechnologieën kunnen betekenen voor gezonde voeding, efficiënte mobiliteit en slimme gebouwen: de bepalende invloed van nieuwe energietechnologieën, de mogelijkheid van multifunctioneel gebruik van ruimtes en gebouwen, de opkomst van intelligentere systemen, en het verweven raken van onze fysieke en virtuele leefomgeving. De technologische ontwikkelingen binnen de thema's beïnvloeden elkaar ook in de leefomgeving.

Belang van netwerken neemt toe

Een groeiend aantal steeds diversere fysieke netwerken, sociale netwerken en datanetwerken raakt verbonden. Ook met de mens: technologie komt steeds dichter bij ons, zelfs in ons lichaam. Als gevolg van snellere mobiele communicatietechnologie, slimmere zelflerende algoritmes en verdergaande robotisering veranderen innovatieprocessen, productieprocessen en verdienmodellen, en verandert de arbeidsmarkt. Innovaties ontstaan steeds meer in netwerken. Bedrijven met gespecialiseerde kennis opereren in meerdere netwerken en toepassing van hun kennis vindt plaats in meerdere sectoren. Omdat technologieën steeds complexer zijn en steeds meer met elkaar in verband staan, is de impact van de toepassing ervan moeilijker te doorgronden, te voorspellen en te sturen.

Innovaties en waardendebat steeds sterker verbonden

Technologische ontwikkeling wordt voor een belangrijk deel gevoed door maatschappelijke waarden en door de opgaven en behoeften in de samenleving. Maar andersom beïnvloedt technologie ook sociale en morele waarden in de samenleving. Slimme technologie kan onze keuzemogelijkheden en autonomie vergroten, maar ook aanleiding zijn voor vragen over de zelfbeschikking van mensen over hun lichaam en hun privacy, over verantwoordelijkheid en over digitale veiligheid. Als technologische innovaties belangrijke waarden van personen of groepen mensen onder druk zetten, verzetten zij zich ertegen. Tegelijkertijd veranderen waarden van mensen en het belang dat ze eraan hechten door het gebruik van technologie. Zo staan groepen mensen

anders tegenover mobiele telefoons of het delen van privéfoto's op internet dan vijftien jaar geleden. Als mensen te zijner tijd vertrouwd zijn met de veiligheid van autonome voertuigen, kijken ze misschien anders aan tegen chauffeurs die ook dan nog graag zelf een voertuig willen besturen. De raad ziet dat de aandacht voor morele vragen rond technologische innovaties toeneemt en dat debatten erover op diverse plekken al vaker doorlopend worden gevoerd.

Versnelling en complexiteit stellen adaptief vermogen op de proef

De impact van innovaties, inclusief een eventuele verandering in de betekenis en het belang van waarden, is steeds vaker voelbaar, meestal nog voordat we er met elkaar over hebben nagedacht. Zo hebben smartphones onze sociale contacten sterk veranderd en is het gewoon dat de overheid digitale middelen uitgebreid inzet om bijvoorbeeld fraude op te sporen. Ongewenste gevolgen kunnen ons bovendien harder raken door de groeiende verwevenheid van mens en technologie. Als door iemand zelf verzamelde data over zijn activiteiten en biometrie op straat komen te liggen, zijn of haar persoonlijke gezondheidsprofiel, kan dat grotere consequenties hebben dan een pasfoto die ongewenst is verspreid.

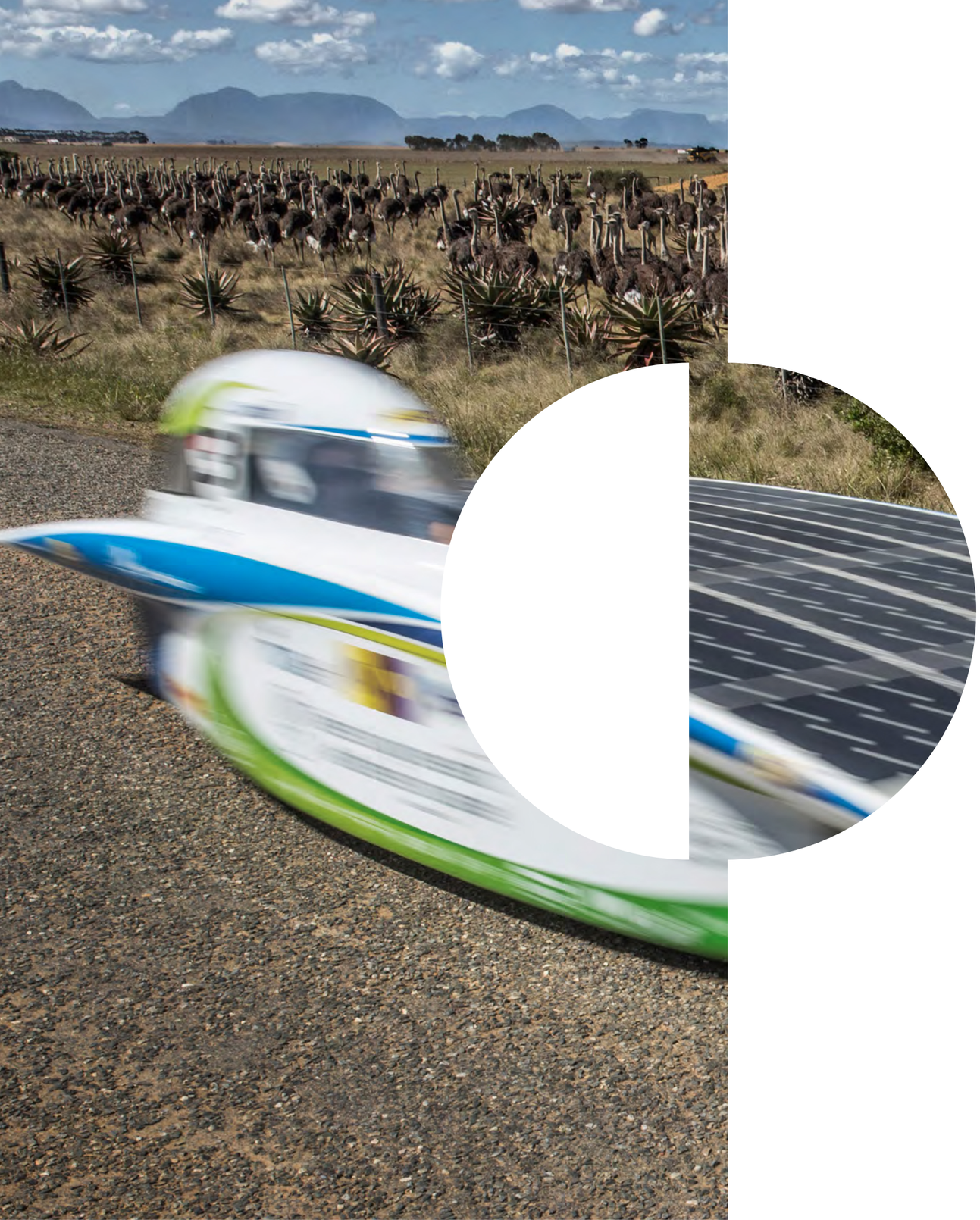
De versnelling en de complexiteit rondom technologische innovaties stellen ons adaptief vermogen op de proef. Dat geldt zowel voor de overheid als voor burgers, bedrijven en kennisinstellingen.
De raad ziet voorbeelden van een nieuw repertoire aan strategieën, interventies en instrumenten om met de steeds complexere samenleving en de onvoorspelbaarheid van processen om te gaan. Dit repertoire wordt vaak ondersteund door technologische mogelijkheden, zoals *big data*, realtime monitoring en digitale fora.
In die voorbeelden vergroten delen binnen de overheid hun adaptief vermogen door (technologische) ontwikkelingen te blijven verkennen, hun rol doorlopend hierop aan te passen, en door betrokken en actief in netwerken te bewegen.

1.3 Urgente beleidsvragen

De raad concludeert uit het voorgaande dat er een andere dynamiek en complexiteit ontstaat rondom technologische innovaties. Die vraagt om het versterken van het adaptief vermogen van de gehele overheid. Hiervoor is mede een andere overheidsparticipatie nodig, in bestaande en nieuwe netwerken. Daar wordt immers de intensievere wisselwerking tussen technologie en samenleving vormgegeven. Het is volgens de raad van groot belang om parallel aan de technologische ontwikkeling brede debatten te voeren over de impact van innovaties op waarden. De raad ziet hierin bij uitstek een taak voor de overheid, evenals in het stimuleren van 'een leven lang leren' en het voorkomen van ongewenste effecten van nieuwe maatschappelijke tweedelingen.

De raad werpt in hoofdstuk 7 vijf beleidsvragen op waarover de overheid zich met urgentie zou moeten buigen. Deze hebben betrekking op het toenemend publieke belang van data-infrastructuur, op de impact van toenemend gebruik van data op waarden, op de organisatie van maatschappelijke debatten over technologie, op de impact van technologische ontwikkeling op de ruimtelijke ordening en infrastructuur en tot slot op de veranderende rol van de overheid.

In de hoofdstukken worden ter illustratie voorbeelden gebruikt uit de thema's gezonde voeding, slimme gebouwen en efficiënte mobiliteit. In de thematische verdieping na hoofdstuk 7 zijn deze voorbeelden en andere mogelijke effecten van technologische innovaties per thema verzameld.



2

VERSNELLING VAN TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

Ons leven, onze leefomgeving en ons gedrag zijn inherent verbonden met technologie. Een leven zonder technologie is volstrekt ondenkbaar.

De raad ziet dat de ontwikkeling van technologie versnelt. Verschillende deskundigen zien trends die deze versnelling aantonen en zelfs in wetmatigheden gevat kan worden (zie paragraaf 2.1). Ten eerste is er een versnelling in aantal en reikwijdte van doorbraak-technologieën die ontstaan door het samenkomen (convergeren) van afzonderlijke technologieën (zie paragraaf 2.2). Technologische ontwikkeling vindt ten tweede steeds vaker plaats in een internationale context, waardoor het potentieel aan beschikbare kennis en denkkracht wordt vergroot (zie paragraaf 2.3). Mensen kunnen via internationale netwerken kennis en ervaringen met elkaar delen en gezamenlijk aan oplossingen voor vraagstukken werken. We bouwen voort op de gebundelde kennis van steeds meer mensen. Ten derde komen technologische innovaties voor steeds meer mensen beschikbaar dankzij dalende kosten. De snelheid waarmee consumenten deze innovaties omarmen wordt voortdurend groter (zie paragraaf 2.4).

2.1 Wetmatigheden in tempo van technologische ontwikkeling

De versnelling van technologische ontwikkelingen leidt tot een stuwmeer aan technologieën, die kunnen doorbreken (Trendrede.nl, 2013). De versnelling is bijvoorbeeld te zien in het stijgend aantal octrooien dat wereldwijd wordt toegekend en het stijgend aantal innovaties dat daarmee samenhangt. In 2010 werd 75% meer octrooien verleend dan in 2000, wat een sterkere groei is dan in het decennium daarvoor (30%) (Kurstjens et al., 2012).

De versnelling kan soms worden gevat in wetmatigheden zoals de wet van Moore (elke 24 maanden een verdubbeling van het aantal transistors op een chip) en de Carlson Curve (het in kaart brengen van DNA verbetert elke twee jaar met minimaal een factor twee in kosten en performance). Ray Kurzweil (1999) extrapoleert de wet van Moore naar het verleden door te kijken naar rekenprestaties: het aantal berekeningen per seconde per duizend dollar. Die rekenprestaties vertonen al honderd jaar lang een exponentiële groei, vanaf de analoge mechanische rekenmachines tot de latere computers met vacuümbuizen en de hedendaagse halfgeleiderchips. Hij spreekt van de wet van de versnellende meeropbrengst, die voor vele technologische en biologische evoluties geldt (zie voorbeeld in Kader 1 'Exponentiële groei zonne-energie'). In deze voorbeelden gaat de versnelde ontwikkeling gepaard met schaalverkleining: een steeds kleinere omvang van producten met een hogere performance.

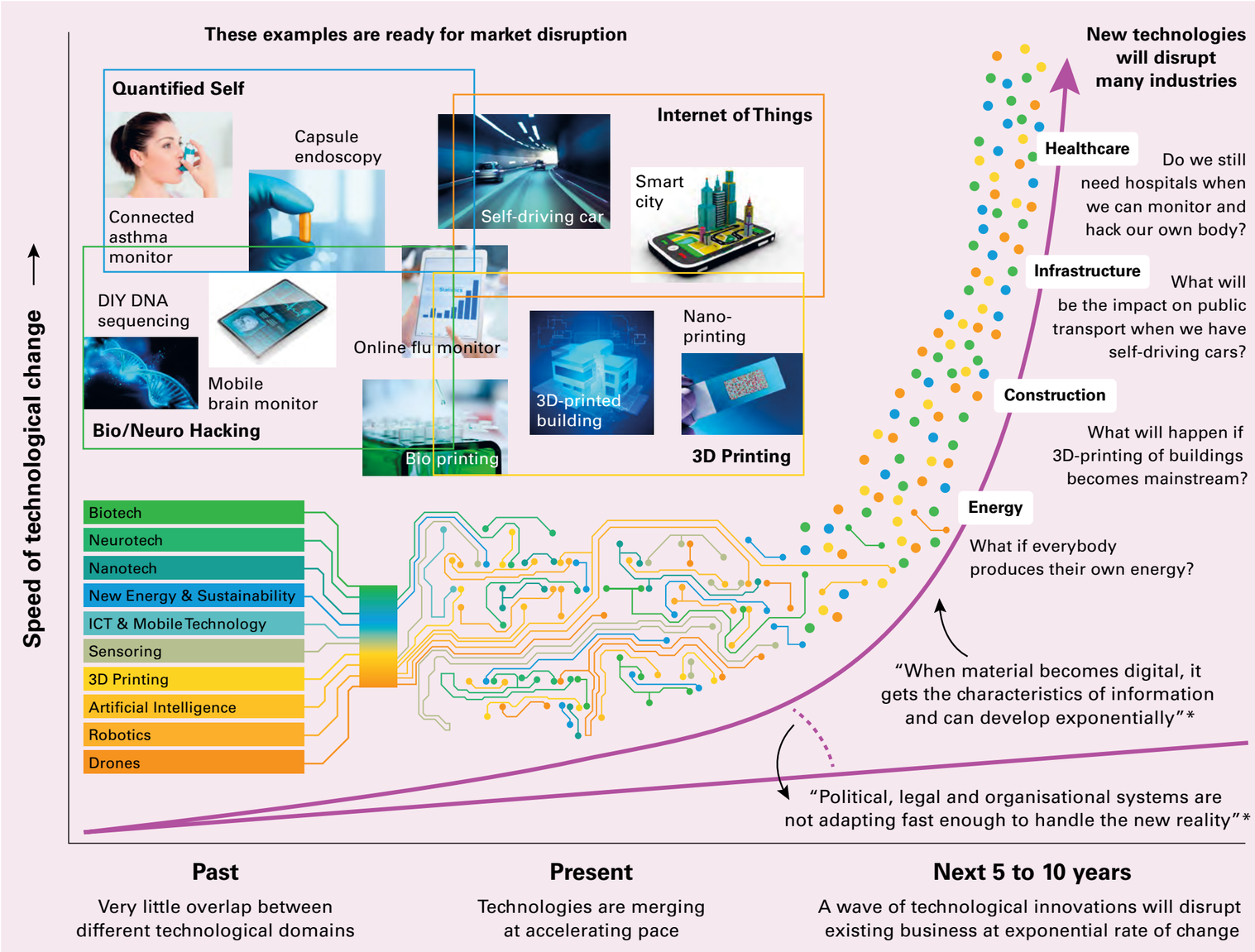
Kader 1: Exponentiële groei zonne-energie

De toename in de wereldwijde energieproductie door zonnecellen en in de opslagcapaciteit van elektrische energie, met name door de toepassing van nanotechnologie, kennen ook dergelijke wetmatigheden. De geïnstalleerde zonnecelcapaciteit is wereldwijd toegenomen van 23 gigawatt in 2009, naar 71 gigawatt in 2011 tot 139 gigawatt in 2013 (European Photovoltaic Industry Association, 2014). Als dit nog maar 1% dekt van de energiebehoefte in de wereld, maar exponentiële groei is van toepassing, dan is de situatie waarin zonne-energie in de totale energiebehoefte zal voorzien over acht verdubbelingstappen (1%, 2%, 4%, 8%, 16%, 32%, 64%, 128%) een feit. Deze situatie kan binnen twee decennia worden bereikt (De Ridder, 2011).

Bij deze wetmatigheden wordt de technologische versnelling vaak vooraf gegaan door een periode van gestage ontwikkeling. Bijvoorbeeld: de eerste zonnecel werd al in 1883 gemaakt en de technologie van 3D-printen is al dertig jaar oud. In deze aanloopperiode zijn de verwachtingen hooggespannen en die lijken meestal niet te worden waargemaakt, waardoor de ontwikkeling vaak niet meer serieus wordt genomen. Echter, na een lange aanloopperiode blijken die technologieën snel te kunnen groeien in toepassing en mate van gebruik. Figuur 1 laat zien dat verschillende technologische ontwikkelingen op of dicht in de buurt van het punt van doorbraak zitten. Bill Gates (1995) gaf aan, dat mensen altijd de verandering die de komende twee jaar zal plaatsvinden overschatten en de verandering die de komende tien jaar zal plaatsvinden onderschatten ("Don't let yourself be lulled into inaction", volgens Bill Gates).

Sommigen stellen dat exponentiële groei zich beperkt tot technologische ontwikkelingen die gepaard gaan met schaalverkleining van componenten (Kelly, 2010), zoals de wet van Moore. De versnelling in veel andere kennisgebieden lift dan vooral mee op de versnelling in informatie- en communicatietechnologie. Critici stellen dat het einde van de wet van Moore in zicht is, omdat

Figuur 1: Versnelling van technologische ontwikkeling



Bron: Deloitte, 2013. * Quote: Salim Ismail, Global Ambassador & Founding Executive Director Singularity University

een nog verdere verkleining van de 'nanochip' niet mogelijk is (Kaku, 2011). Anderen menen dat de verdubbeling in performance wel door zal gaan door het gebruik van andere concepten dan de standaard siliciumchip (Huff, 2009), zoals stapeling van chips, gebruik van koolstofnanobuisjes of van kwantumcomputers (een van de Nationale Iconen 2014; zie Rijksoverheid, 2014).

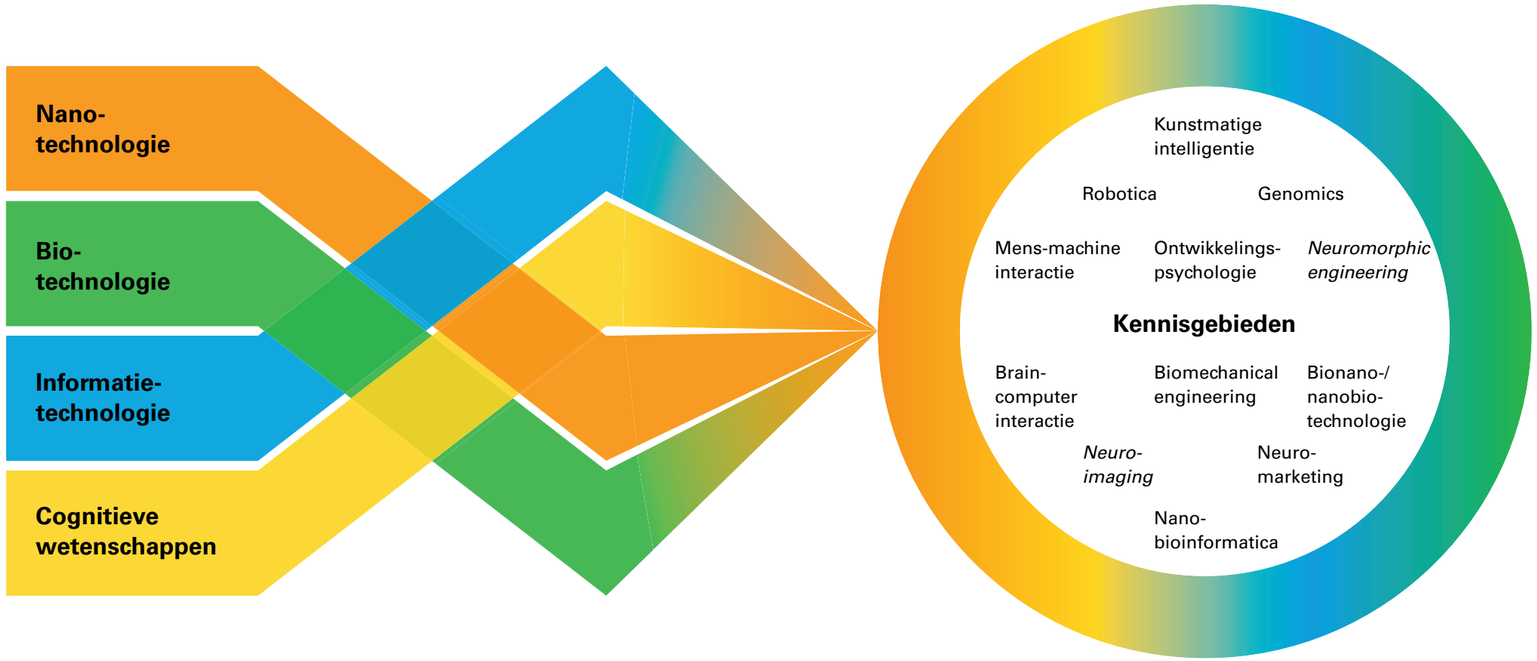
Of het komt tot een grootschalig gebruik van de genoemde technologieën in Figuur 1 is afhankelijk van economische factoren, zoals gevestigde belangen, aanwezige standaarden, energieprijzen en beschikbaarheid van grondstoffen, en van maatschappelijke factoren, zoals maatschappelijke opgaven die ermee verbonden zijn (Scheerder et al., 2014), wensen van consumenten en acceptatie van effecten op waarden.

2.2 Convergentie versnelt doorbraken

Innovaties vinden meestal plaats op het raakvlak tussen kennisgebieden en op de grenzen tussen sectoren. Met name nanotechnologie, biotechnologie, informatietechnologie en cognitieve wetenschappen (NBIC-technologieën) raken steeds meer met elkaar verweven in nieuwe technologieën (Roco & Bainbridge, 2003). Een voorbeeld is het onbemande luchtvaartuig (drone). Dat gebruikt energie-efficiënte batterijen, lichte materialen en kleine sensoren op basis van nanotechnologie, informatietechnologie voor navigatie en lerende systemen uit de cognitieve wetenschappen om de piloot te ontlasten of zelfs te vervangen. Het is deze convergentie die de drone mogelijk maakt en zijn ontwikkeling versnelt.

Figuur 2 geeft voorbeelden van waar de NBIC-technologieën elkaar nog meer raken en overlappen.

Figuur 2: Convergentie van NBIC-technologieën



Daar ontstaan nieuwe kennisgebieden die hun wortels hebben in meerdere NBIC-wetenschappen. Uit informatietechnologie en cognitieve wetenschappen bijvoorbeeld, komen innovaties voort op het gebied van kunstmatige intelligentie die worden gebruikt bij de ontwikkeling van zelfsturende voertuigen. Vanuit nanomaterialen en biotechnologie ontstaan nieuwe productieprocessen voor voedingsmiddelen, zoals het winnen en modificeren van plantaardige eiwitten. In de cognitieve wetenschappen maakt

ICT nieuwe beeldtechnieken mogelijk, zoals *neuro-imaging*. Deze technologie wordt inmiddels toegepast om te onderzoeken waar onze voorkeur voor bepaalde voedingsmiddelen vandaan komt. Op basis van kennis over nanomaterialen, cognitie en ICT worden ten slotte intelligente systemen voor ons huishouden ontwikkeld.

2.3 Meer mensen met meer kennis verbonden in meer internationale netwerken

Het aantal mensen dat tijd en geld heeft om aan technologie te werken, neemt toe door groei van de wereldbevolking en de wereldeconomie en dankzij emancipatie, waardoor meer mensen hoger onderwijs volgen (Kurstjens et al., 2012). Gebruikers zijn niet enkel meer eindgebruikers, maar maken onderdeel uit van het innovatieproces (Slot & Frissen, 2007). Er is dus wereldwijd een groter potentieel aan mens- en denkkracht beschikbaar en dat leidt tot snellere technologische ontwikkeling (zie ook Kader 2 'Vergroting van interactieve kennisnetwerken versnelt technologie').

Technologische ontwikkelingen versnellen bovendien als er meer belangen of meer belangstelling rond een bepaalde technologie zijn geconcentreerd. In een snel platter wordende wereld waarin fysieke afstanden door digitale verbindingen steeds minder een rol spelen (Friedman, 2008) gaat dat steeds beter en sneller, mede dankzij de vorming van economische unies en internationale instituties. Sociale en economische internationale netwerken worden versterkt door de mogelijkheden die ICT biedt. Mensen, tijd en geld kunnen dan op een hoger schaalniveau gericht worden ingezet met een gedeeld doel: die technologie te ontwikkelen.

Kader 2: Vergroting van interactieve kennisnetwerken versnelt technologie

De wet van Metcalfe (oprichter van het bedrijf 3Com en uitvinder van het Ethernet-protocol) stelt dat de waarde van een interactief netwerk kwadratisch toeneemt met het aantal aangesloten gebruikers. Dat verklaart wellicht waarom Google een miljard dollar wil investeren om 180 satellieten te lanceren met de startup O3b Networks (de naam refereert aan de drie miljard mensen die nog geen toegang hebben tot internet). Dit is niet het enige plan van Google om mobiel internet in grotere delen van de wereld beschikbaar te maken. Google probeert in project Loon met luchtballonnen op twintig kilometer hoogte netwerksignalen door te geven naar gebieden zonder internet. Daarnaast plant Google de aanbieding van snelle internetdiensten in twaalf steden in de Verenigde Staten via een glasvezelverbinding (*fiber-to-the-home*). Google heeft ook bedrijven en experts geworven die drones willen gaan inzetten voor het breed beschikbaar maken van internet.

Charles Leadbeater publiceerde in 2004 'The Pro-Am Revolution', waarin hij beschrijft dat mensen steeds vaker amateuractiviteiten nastreven op professioneel niveau. In hetzelfde jaar publiceerde James Surowiecki 'The Wisdom of Crowds' waarin hij betoogt dat grote groepen mensen tot betere oplossingen en inzichten komen dan de slimste individuen. De consument of burger informeert zich op internet over een onderwerp (van de aanschaf van een auto tot aan het proces van schaliegaswinning) en blijkt regelmatig over even veel of zelfs meer kennis van zaken te beschikken dan de professional.

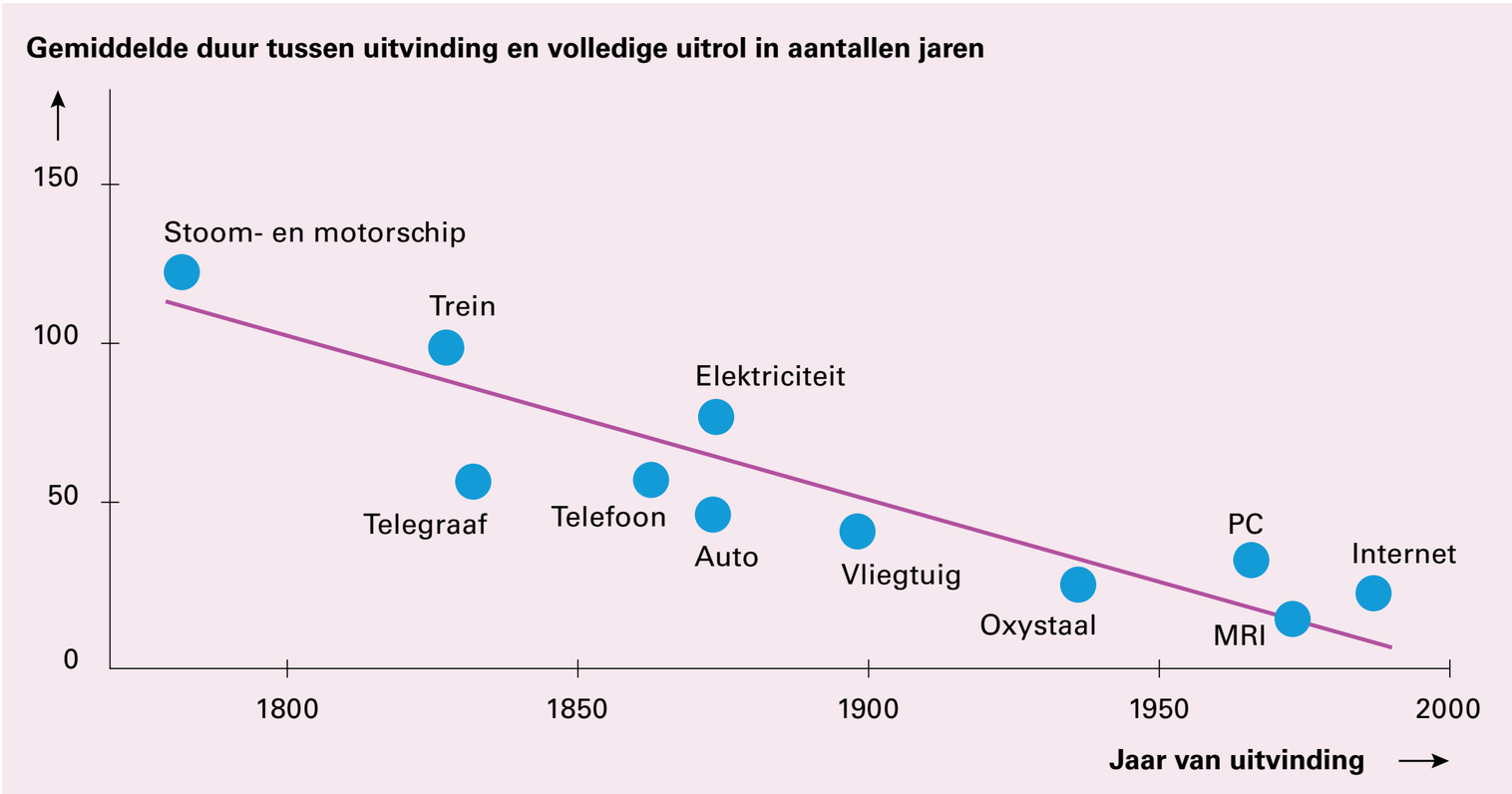
2.4 Versnelling in grootschalig gebruik van technologie

Een doorbraaktechnologie manifesteert zich pas echt, wanneer er sprake is van een wijdverbreide toepassing (Perez, 2002). Dalende kosten zorgen ervoor dat nieuwe technologieën voor steeds meer mensen beschikbaar zijn. Daardoor kunnen zich ook weer nieuwe innovaties ontwikkelen. Goedkope rekenkracht, opslagcapaciteit en breedbandinternet verklaren samen het enorme succes van YouTube. YouTube heeft dus kunnen voortbouwen op de beschikbaarheid van betaalbare computers met voldoende rekenkracht voor video-bewerking door consumenten zelf (Montgomery, 2013).

Dalende kosten leiden er ook toe dat producten steeds goedkoper per klant op maat gemaakt kunnen worden. Deze trend wordt versterkt door de mogelijkheid van 3D-printing om kleinschalig maatwerk dichtbij de klant te leveren.

Ook de snelheid waarmee consumenten innovaties omarmen, wordt voortdurend groter. De acceptatie van het stoomschip vergde meer dan een eeuw, het internet veranderde de wereld in slechts een decennium. Apple en Facebook realiseerden een revolutie in minder dan vijf jaar. De tijd die nodig is om een innovatie wereldwijd uit te rollen, halveert iedere vijftig jaar (zie Figuur 3).

Figuur 3: Steeds sneller grootschalig gebruik van nieuwe technologie



Volledige uitrol vindt plaats wanneer de technologie op grote schaal gebruikt wordt voor productie van (onafgewerkte) goederen of diensten. De figuur geeft een gemiddelde weer van alle relevante landen. Bron: Kurstjens et al., 2012

3

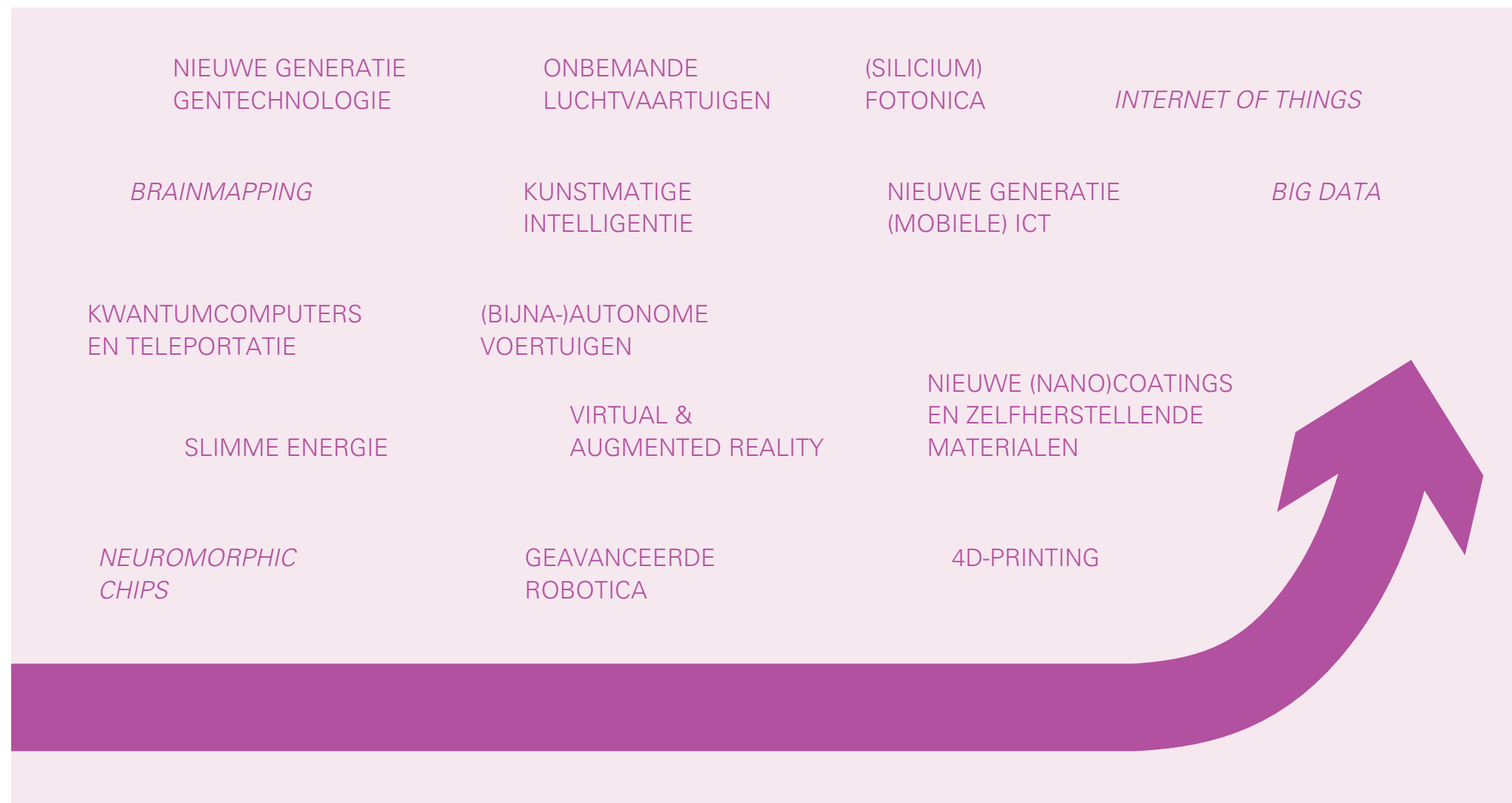
EFFECTEN VAN DOORBRAAK-TECHNOLOGIEËN OP DE LEEFOMGEVING

Technologieën kunnen op meerdere manieren een doorbraak betekenen. Ze kunnen nieuwe oplossingen bieden voor maatschappelijke opgaven, zoals het efficiënter benutten van weginfrastructuur met autonome voertuigen of het zuiniger gebruik van schaarse grondstoffen met precisielandbouw. Ook kunnen ze maatschappelijke verhoudingen veranderen door marktverschuivingen (retail verandert door internetwinkels; zie Shopping2020, 2014), door vorming van nieuwe economische sectoren (ontwikkeling van apps) of door veranderingen in productieketens (lokale productie van reserveonderdelen met 3D-printers). Daarmee kunnen ze bestaande instituties ingrijpend veranderen.

Dat doorbraaktechnologieën ons dagelijks leven en onze leefomgeving veranderen is niet nieuw. Staalskeletbouw en lift transformeerden onze bebouwde omgeving: die ging de hoogte in. Trein en auto maakten het mogelijk om sneller lange afstanden af te leggen; de daarvoor noodzakelijke nieuwe infrastructuren hadden een andere inrichting van steden tot gevolg. Container en koeltechniek waren belangrijk voor de ontwikkeling van een wereldwijd netwerk van voedselketens, waardoor producten onafhankelijk van seizoenen beschikbaar kwamen.

De eerder besproken versnelling in technologische ontwikkelingen vergroot de kans dat de komende decennia meerdere doorbraaktechnologieën gelijktijdig of snel achter elkaar opkomen die onze leefomgeving ingrijpend kunnen beïnvloeden. De lijst hieronder geeft een overzicht van mogelijke doorbraaktechnologieën van de komende decennia. Nieuwe generatie ICT neemt hierin een bijzondere plaats in, omdat het niet zozeer meer een eigenstandige technologie is, maar de infrastructuur biedt die van groot belang is voor verdere economische groei en maatschappelijke ontwikkeling.

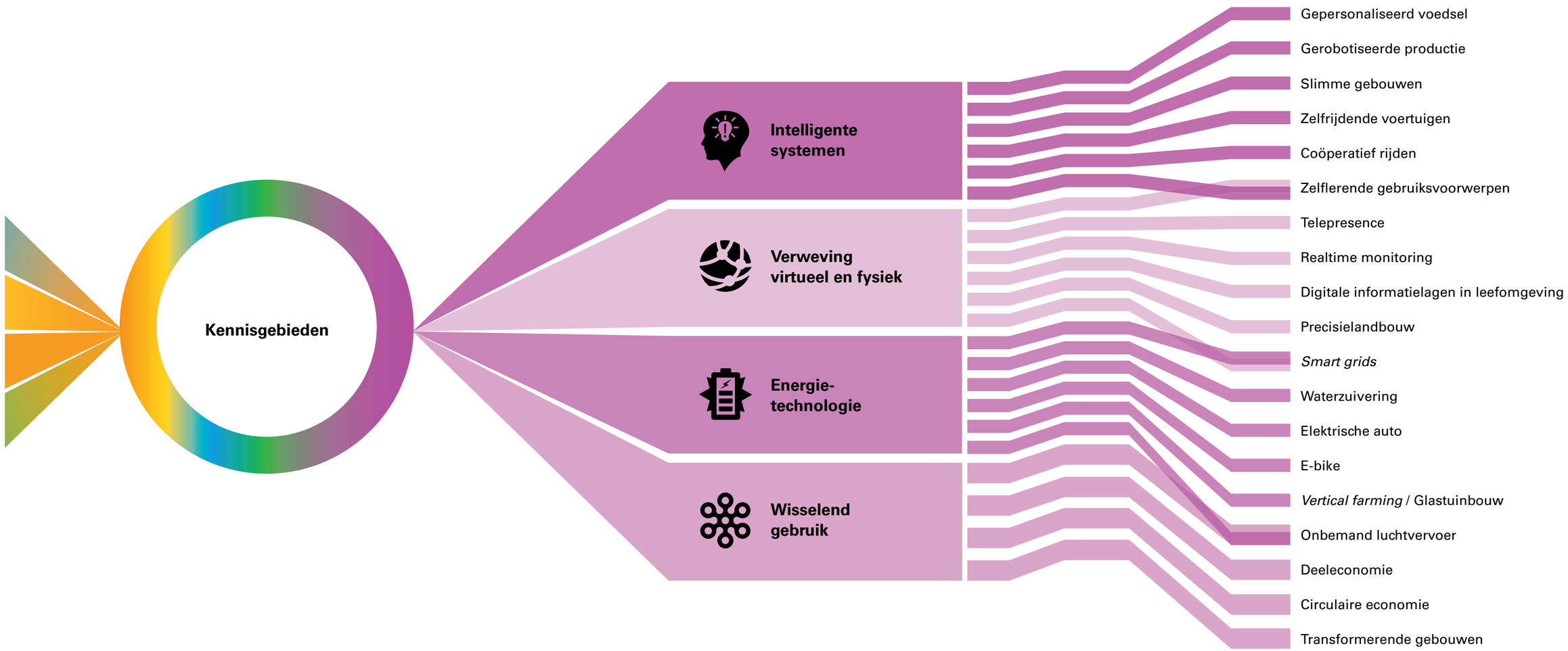
Figuur 4: Mogelijke doorbraaktechnologieën van de komende decennia



Bronnen: Manyika et al., 2013; Kurzweil, 2005; MIT Technology Review, 2014; Scheerder et al., 2014

In de volgende paragrafen wordt verkend wat deze doorbraaktechnologieën voor gezonde voeding, efficiënte mobiliteit en slimme gebouwen kunnen betekenen. Dit gebeurt langs vier lijnen (zie Figuur 5): de bepalende invloed van nieuwe energietechnologieën, de mogelijkheid van multifunctioneel gebruik van ruimtes en gebouwen, de opkomst van intelligentere systemen, en het verweven raken van onze fysieke en virtuele leefomgeving. De technologische ontwikkelingen binnen de thema's beïnvloeden elkaar en zijn bovendien door de impact op de leefomgeving onherroepelijk met elkaar verweven.

Figuur 5: De mogelijke impact van doorbraaktechnologieën langs vier lijnen



3.1 Doorbraken in energietechnologie bepalend voor alle sectoren in de leefomgeving

Doorbraken in duurzame energie bepalen in hoge mate de ontwikkelingen in zowel voeding, mobiliteit als gebouwen. Nieuwe nanomaterialen maken doorbraken mogelijk in energieopslag (grotere opslagcapaciteit en hogere oplaadsnelheid), waardoor zonne- en windenergie beter op grotere schaal zijn te benutten. Zonnecellen op basis van nanomaterialen kunnen meer energie per vierkante meter gaan opleveren. Een andere mogelijkheid is ontwikkeling van energieleverende nanocoatings voor muren en daken, auto's of wegen. Doordat ze grote oppervlakken kunnen bestrijken, hoeft de efficiëntie niet zo hoog te zijn om toch een renderende hoeveelheid energie te kunnen leveren. Dankzij deze en andere ontwikkelingen, bijvoorbeeld op het gebied van isolatie en nieuwe 4D-geprinte, herprogrammeerbare bouwmaterialen, kunnen gebouwen niet alleen energieneutraal worden, maar ook energie gaan leveren en zelfs zelfvoorzienend worden.

Betaalbare, schone energiebronnen voor vervoer kunnen de uitstoot van broeikasgassen sterk verminderen en de luchtkwaliteit in onze directe leefomgeving verbeteren. Als de energiekosten bij vervoer niet meer bepalend zijn, kan de mobiliteit in aantal en duur van verplaatsingen sterk groeien. Daarnaast kunnen nieuwe soorten vervoersbewegingen ontstaan, bijvoorbeeld individueel transport door de lucht of door een exoskelet ondersteund snelwandelen.

Voor de teelt van gewassen kan het in bepaalde gebieden rendabel worden om zout water in zoet water om te zetten voor irrigatie en zo meer voedselzekerheid te bieden. Ook teelten in glastuinbouw die veel energie vragen of *vertical farming* worden op meer plaatsen mogelijk. De gevolgen voor land- en tuinbouw in Nederland laten zich moeilijk in kaart brengen, omdat goedkope, schone energie zal leiden tot verschuivingen in de land- en tuinbouwproductie wereldwijd.

Meer decentrale energieproductie en intelligenter energiegebruik zoals in gebouwen en buitenverlichting maar ook bijvoorbeeld door de accu's van elektrische auto's op te nemen in een *smart grid*, kan de energie-infrastructuur drastisch veranderen. De combinatie van centrale en decentrale energievoorzieningen kan waarschijnlijk bijdragen aan een robuustere energievoorziening door een veel groter aantal knooppunten.

De verwachting van het International Energy Agency is dat hernieuwbare energiebronnen bijna de helft van de mondiale groei in opwekking van elektriciteit tot 2040 zullen leveren, onder andere door dalende kosten. De vraag naar fossiele brandstoffen blijft stijgen, maar het aandeel van fossiele brandstoffen en de internationale energieprijzen dalen (International Energy Agency, 2014). Het blijft dus de vraag wanneer de energiekosten voor mobiliteit, voeding en gebouwen drastisch zullen dalen.

3.2 Meer multifunctionele gebouwen

Met nieuwe materialen, interactieve OLED-wanden (*organic light emitting diode*), robotica, modulaire bouweenheden (Larson, 2012) en virtual, *augmented* en *ambient reality* kunnen ruimtes worden aangepast aan individuele behoeften en voorkeuren. Onze persoonlijke voorkeuren voor inrichting en sfeer van een ruimte (woning of kantoor) kunnen we digitaal doorgeven en bij binnenkomst, of zelfs vooraf, worden meubilair, installaties, wanden, deuren en aankleding aangepast aan onze specifieke eisen. Daardoor kunnen we ons op meerdere plekken beter thuis voelen.

Diezelfde technologie maakt het makkelijker om gebouwen en woningen te delen, waardoor het aantal

ruimtes dat nodig is voor verschillende functies kan verminderen. Een ruimte kan dan achtereenvolgens dienen als gymzaal, theater of ontmoetingsruimte al naargelang de behoefte van dat moment. Nieuwe materialen en bouwelementen in combinatie met 4D-printers en bouwrobots maken het mogelijk om sneller dan nu een gebouw neer te zetten, aan te passen of weer af te breken en de bouwmaterialen te recyclen. Daardoor kan de bouw en renovatie van woningen en kantoren flexibeler worden.

Als het eenvoudiger wordt om ruimtes naar behoefte te transformeren, kan het een verdere verdichting van steden mogelijk maken. Er komt niet zozeer meer ruimte, maar er komen wel meer opties voor wisselend gebruik van ruimte. Dit kan grote gevolgen hebben voor de bestaande praktijk van ruimtelijke ordening en van inrichting van een leefomgeving waarin meer functies zijn verweven. Het is de vraag of die mogelijkheden snel benut gaan worden in de praktijk, omdat daarin gevestigde belangen een rol spelen, zoals eigendomsrecht, afgesproken bestemmingen en grondposities. Daarnaast kan wisselend gebruik van ruimtes en gebouwen gevolgen hebben voor vervoersstromen en de bijbehorende infrastructuur.

3.3 Intelligentie in voedings-, mobiliteits- en bouwtechnologie neemt toe

Naast nieuwe energietechnologie en materialen is een andere belangrijke ontwikkeling het groeiend gebruik van kunstmatige intelligentie in voeding, mobiliteit en gebouwen. Mobiele telefoons, auto's en productierobots bevatten al kunstmatige intelligentie: ze maken eenvoudige keuzes via voorgeprogrammeerde algoritmes, zoals welke twitterberichten op iemands tijdlijn komen. Inmiddels zijn er ook al de eerste toepassingen van zelflerende algoritmes. Deze algoritmes leren te presteren op basis van meetsignalen uit sensoren in een onbekende en veranderende omgeving, zoals militaire robotezels die materieel vervoeren. *Neuromorphic chips*, die ontworpen zijn op basis van neurologische structuren in plaats van digitale logica, worden geschikt voor het verwerken van complexe sensorische informatie zoals beelden en geluiden (Human Brain project; zie Europese Commissie, 2014). Sommige onderzoekers denken met kunstmatige intelligentie de intelligentie van het menselijk brein te kunnen evenaren of zelfs te overstijgen.

Voertuigen worden steeds intelligenter. Vliegtuigen kunnen prima opstijgen, vliegen en landen op de automatische piloot. Auto's gebruiken computers voor het reguleren van brandstofverbruik, voor het bewaren van afstand tot de auto ervoor, voor het berekenen van de snelste route op basis van actuele verkeersinformatie en voor autonoom inparkeren. Verschillende bedrijven werken aan hun eigen versie van een steeds meer autonome auto. Wegen kunnen efficiënter gebruikt worden door het gebruik van realtime informatie over weggebruik via verkeersregulering en door informatie aan weggebruikers door te geven. Door communicatie tussen voertuigen onderling en tussen voertuig en verkeersinfrastructuur wordt 'coöperatief rijden' in een 'treintje' achter elkaar mogelijk.
Dit betekent wel een intensiever gebruik van het wegdek waardoor onderhoud eerder nodig kan zijn. De volgende generatie wegdek kan kleinere scheuren zelf herstellen en data over de staat van het wegdek doorgeven voor preventief onderhoud. De aansluiting van autonome voertuigen op openbaar vervoer stelt ook eisen aan de inrichting van de ruimte rond bijvoorbeeld een station (Jansma, 2014).
Als autonome voertuigen zichzelf kunnen voorrijden en als er een verschuiving optreedt in de richting van gedeeld gebruik van voertuigen, kan er veel parkeerruimte vrijkomen. Ruimte die kan worden gebruikt om de kwaliteit van de woonomgeving te verbeteren.

Kunstmatige intelligentie, naast *big data* en DNA-sequencing, kan ons ook verder helpen met gezonder eten. Nanobiosensoren in bijvoorbeeld een smartphone, smartband of verwerkt in kleding kunnen biomarkers door de huid heen meten. Ze kunnen ook bewegingspatronen verzamelen en analyseren. Op basis van die metingen kan individueel een voor dat moment geschikt gecombineerd voedings- en bewegingsadvies worden gegeven. Mensen experimenteren al met deze mogelijkheden om informatie over zichzelf te verzamelen en hiervan te leren (*Quantified Self*). Cognitie-onderzoek, onder andere via *neuroimaging*, kan meer inzicht geven in de effecten van voeding in combinatie met bewegen, op iemands gezondheid en geestelijk welbevinden. Een computer kan aan de hand van de benodigde voedingsstoffen, gemeten door sensoren, en van onze eigen smaakvoorkeuren een creatief recept bedenken dat die twee aspecten combineert (IBM, 2014). Vervolgens kan een robot het gewenste recept automatisch bereiden. Dergelijke robots zijn momenteel al in ontwikkeling, evenals de 3D-voedselprinter. Meer kennis over gepersonaliseerde gezonde voedingspatronen kan bovendien leiden tot doorbraken in de behandeling van specifieke ziekten, en is van belang voor de verzorging van ouderen en voor het bevorderen van de algemene lichamelijke en geestelijke gezondheid. Als we daardoor gemiddeld langer gezond ouder worden, beïnvloedt dat weer het mobiliteitspatroon en de woon- en recreatiewensen van mensen.

Hightechlandbouw onder geconditioneerde omstandigheden met behulp van bijvoorbeeld sensoren, LED-verlichting (*light emitting diode*) en lokale toediening van water en andere stoffen levert hogere opbrengsten per vierkante meter op en maakt voedselproductie in de bebouwde omgeving mogelijk. Dat kan zorgen voor kortere, herkenbaarder voedselketens. De ontwikkeling naar een biobased economie, ondersteund door gentechnologie en biokatalyse, kan in combinatie met *vertical farming* binnen een stad het benutten van reststromen vereenvoudigen. Bijvoorbeeld: het gebruik van reststromen voor het maken van grondstoffen voor bioplastics, waarmee in 3D-printers allerlei producten lokaal kunnen worden gemaakt. Dat kan bijdragen aan het sluiten van stofstromen binnen de stad. Daardoor kunnen grote veranderingen optreden in goederenstromen: lokaal, nationaal en internationaal.

3.4 Fysieke en virtuele leefomgeving steeds sterker verweven

Niet alleen gebruiksvoorwerpen maar ook onze leefomgeving en infrastructuur zullen steeds meer intelligentie bevatten. Huizen worden slimmer door domotica die interactief met de bewoners het leefmilieu, de communicatie, het vermaak, de beveiliging en het energieverbruik regelen. Een stap verder is dat het domoticasysteem robots aanstuurt die verzorgingstaken op zich nemen, zoals het inkopen en bereiden van maaltijden en die ervoor zorgen dat we voldoende bewegen. Nieuwe vormen (naast telefoon en internet) van telepresence, virtual reality en telerobotica maken het mogelijk contacten te leggen en ervaringen op te doen - bijvoorbeeld van reizen in andere landen – zonder je woning te verlaten. Dankzij dit soort technologieën kunnen meer mensen mogelijk langer zelfstandig wonen (Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, 2014a).

Ook als het gaat om mobiliteit zullen de fysieke en virtuele omgeving steeds meer met elkaar versmelten. Het mobiliteitssysteem van de toekomst wordt bijna volledig gestuurd door zelflerende algoritmes die reageren op verschillende datastromen, die een actueel beeld (realtime monitoring) geven van de

verkeerssituatie. Daardoor kunnen files en ongevallen worden geminimaliseerd, zelfs in gemengde verkeersstromen die bestaan uit autonome vrachtwagens, bijna-autonome voertuigen en door mensen gestuurde voertuigen. De rol van de data-infrastructuur wordt daardoor minstens zo bepalend als die van de weginfrastructuur. Ze gaan op in een enkele mobiliteitsinfrastructuur.

RFID-chips (*radio-frequency identification*) en nanosensoren leveren gegevens op over herkomst, hoeveelheid en kwaliteit van voedingsmiddelen. Dankzij een goede ICT-infrastructuur in combinatie met apps voor smartphones en smartbands kunnen die gegevens gemakkelijk door de hele keten, inclusief consumenten, worden gedeeld.
Herkomst en samenstelling van voedingsmiddelen worden transparanter, waardoor mensen veel meer hun eigen voorkeuren kunnen volgen,
inclusief op maat gemaakte producten uit de 3D printer. Dat schept weer mogelijkheden voor primaire producenten in de buurt of verder weg, want dankzij deze technologieën kunnen ze een directe relatie aangaan met hun klanten en inspelen op hun wensen en voorkeuren.

4

BELANG VAN NETWERKEN NEEMT TOE

Een groeiend aantal steeds diversere fysieke netwerken, sociale netwerken en datanetwerken raakt verbonden. Ook met de mens: technologie komt steeds dichter bij ons, zelfs in ons lichaam. Als gevolg van snellere mobiele communicatietechnologie, slimmere zelflerende algoritmes en verdergaande robotisering veranderen innovatieprocessen, productieprocessen en verdienmodellen, en verandert de arbeidsmarkt. Innovaties ontstaan steeds meer in netwerken. Bedrijven met gespecialiseerde kennis opereren in meerdere netwerken en toepassing van hun kennis vindt plaats in meerdere sectoren. Omdat technologieën steeds complexer zijn en steeds meer met elkaar in verband staan, is de impact van de toepassing ervan moeilijker te doorgronden, te voorspellen en te sturen. Dit hoofdstuk licht deze vier effecten van nieuwe technologieën op de samenleving toe.

4.1 Technologie creëert tal van verbindingen

ICT legt verbindingen in en tussen diverse soorten netwerken: fysieke netwerken, zoals energie-infrastructuur, (water)wegen en wijken; sociale netwerken, zowel *face to face* als virtueel, en datanetwerken. Ontwikkelingen in de ICT stimuleren globalisering dankzij snelle, bijna onmiddellijke communicatie en het delen van documenten via internet. Afstanden zijn drastisch verkleind, en informatie en ervaringen worden steeds breder en sneller verspreid. Het groeiend aantal verbindingen tussen netwerken versterkt de samenhang tussen economische sectoren en tussen maatschappelijke vraagstukken. De volgende generatie mobiele ICT zal mensen en organisaties ook steeds meer verbinden met kunstmatige intelligentie in computers, robots en mobiele telefoons (zie paragraaf 3.3). Nicholas Carr (2011) maakt daarbij de kanttekening dat naast voordelen, zoals veel meer toegang tot informatie en tot hulp om problemen op te lossen, ook nadelige effecten kunnen optreden, zoals vermindering van concentratie, reflectie en creativiteit.

Met steeds kleinere sensoren, steeds slimmere elektronica en nieuwe nanocoatings komt technologie steeds dichter bij en zelfs in ons lichaam (Van Est et al., 2014). We zijn er al aan gewend onze mobiele telefoons voortdurend bij ons te dragen. De eerste smartbands zijn al op de markt. Ook zijn er prototypes van hemden met geïntegreerde sensoren en elektronica. De volgende stap is dat er meer technologische artefacten in ons lichaam komen, niet alleen om ziekten te behandelen, maar ook als ondersteuning in het dagelijks leven. Oftewel: technologie verandert van *carryable, wearable* en *nearable* naar *insideable* (Engelen, 2014). De eerste mensen hebben al een RFID-chip laten implanteren om toegang te krijgen tot hun woning, kantoor of clubs, waar ze dan met het saldo op hun chip kunnen betalen.

4.2 Innovaties ontstaan steeds meer in netwerken

Door een groeiend aantal netwerken met een steeds grotere diversiteit, raken samenlevingen fundamenteel anders georganiseerd (Castells, 2005). Dankzij technologische mogelijkheden ontstaan zelfsturende netwerken van grote en kleine bedrijven, kennis- en onderzoeksinstellingen en consumenten. In de verdere evolutie van de kenniseconomie wordt daarmee triple helix (samenwerking tussen bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheid) een verouderd begrip en moeten we het, in navolging van onder andere de Europese Commissie, hebben over quadruple helix: de burger wordt als een belangrijke bron van ervaring, kennis en belangen toegevoegd aan het krachtenspel tussen overheden, de onderzoekswereld en het bedrijfsleven in de kenniseconomie.

Zelfsturende netwerken helpen met het tot wasdom brengen van innovaties die economisch en maatschappelijk rendement opleveren, omdat ze de intensieve wisselwerking tussen actoren vanuit verschillende

sectoren en kennisgebieden vergemakkelijken. De kracht van netwerken ligt in het creëren van nieuwe verbindingen, die op hun beurt leiden tot nieuwe inzichten en discussies, ook over standaardisering, intellectueel eigendom en mechanismen voor conflictbeslechting. Die wisselwerking gedijt in fysieke netwerken zoals brainparks en technolabs en in digitale netwerken zoals open-innovatieplatforms (zie Kader 3 'Kenniseconomie in netwerken').

Welke digitale netwerken bij deze processen betrokken zijn, varieert per vraagstuk en hangt af van het moment. Een proces van actief verkennen kan beginnen in een breed netwerk om veel ideeën en waarden te verzamelen. Vervolgens kan het in een kleiner en anders samengesteld deel van het netwerk worden voortgezet om te werken aan oplossingen die dan weer breed worden verspreid om feedback te genereren. Als een vraagstuk het beste lokaal kan worden aangepakt en opgelost, kunnen de benodigde kennis en best practices worden gehaald uit een veel groter (inter)nationaal netwerk.

Kader 3: Kenniseconomie in netwerken

Op de High Tech Campus in Eindhoven werken bedrijven en onderzoeksinstellingen in open-innovatieprocessen samen. De mensen die bij die organisaties werken, ontmoeten elkaar op de campus, maar ze zijn ook verbonden met andere mensen in wereldwijde digitale innovatienetwerken. Via een crowdsourcingplatform als Quirky wordt productontwikkeling versneld. Vanwege het succes van crowdsourcing heeft het bedrijf GE zijn octrooiportefeuille opengesteld voor de Quirky-gemeenschap om meer nieuwe producten per jaar te ontwikkelen. Via internet zijn in de afgelopen jaren lokale bedrijven in korte tijd uitgegroeid tot multinationale ondernemingen (bijvoorbeeld Uber, Facebook, Google). In de toekomst worden dit soort trends alleen maar sterker door meer en snellere (draadloze) verbindingen, intelligentere mobiele apparaten en doordat er steeds meer mensen internet kunnen gebruiken.

4.3 Gespecialiseerde bedrijven in meerdere netwerken

Snellere mobiele communicatietechnologie, slimmere zelflerende algoritmes en verdergaande robotisering leiden niet alleen tot nieuwe producten. Naast innovatieprocessen veranderen ze ook productieprocessen, verdienmodellen en de arbeidsmarkt. Er ontstaat een grotere dynamiek in het bedrijfsleven, waarbij de dalende trend in de gemiddelde levensduur van bedrijven zich voortzet. Alleen bedrijven die sneller dan anderen hun productiecapaciteit, soort product en bedrijfsmodel kunnen aanpassen, zullen concurrerend blijven in de kenniseconomie (Kurstjens et al., 2012).

Door het grote belang van kennis zal verdere specialisatie vaak noodzakelijk worden, waarbij gespecialiseerde bedrijven in meerdere netwerken en sectoren op een grotere internationale markt opereren. Kleine bedrijven kunnen geld verdienen door op basis van zeer gespecialiseerde kennis samen te werken met andere kleine en met grote bedrijven. Een bedrijf als KPN zet zich in voor het leveren van connectiviteit; content en toepassingen realiseert KPN samen met andere grote en kleine bedrijven (De Jager, 2014). ASML heeft een netwerk van honderden kleinere bedrijven, die niet alleen specifieke onderdelen leveren, maar deze in samenspraak met ASML ook voortdurend ontwikkelen.

Als bedrijven internationaal snel groeien door grootschalig gebruik van hun innovatie, kan hun product de nieuwe internationale standaard bepalen. Dit kan een platform bieden voor ondernemers om

nieuwe producten aan te bieden zoals nieuwe apps (Kreijveld et al., 2014). Aan de andere kant, hoe meer wij gebruikmaken van de producten en diensten van bijvoorbeeld Google, hoe meer informatie Google over ons kan verzamelen ('googlen' is een werkwoord geworden). Die informatie kan Google inzetten voor het ontwikkelen van nieuwe diensten in bijvoorbeeld de verzekeringsbranche, de reiswereld en in kredietverstrekking. Zo is inmiddels een nieuwe innovatiedynamiek ontstaan, waarin specialisatie (in het geval van Google het verzamelen, combineren en interpreteren van data) juist leidt tot bedrijfsactiviteiten in meerdere sectoren. Door die combinatie van bedrijfsactiviteiten kunnen bedrijven een bijna monopolistisch marktaandeel krijgen, wat tot wantrouwen kan leiden bij consumenten en overheid. Het Europees Parlement bijvoorbeeld heeft 27 november 2014 een motie aangenomen die de Europese Commissie oproept tot het splitsen van zoekmachine-activiteiten van andere commerciële activiteiten binnen bedrijven.

Als gevolg van de grotere dynamiek in het bedrijfsleven kunnen banen verdwijnen, bijvoorbeeld in productie, dienstverlening en transport. Er kunnen ook nieuwe banen ontstaan, bijvoorbeeld in onderhoud, recreatie en algoritmeontwikkeling. Er ontstaat dan waarschijnlijk ook een grotere vraag naar specifieke eigenschappen van mensen: kritisch denken, creativiteit, (empathisch) communiceren en samenwerken. De precieze impact op de arbeidsmarkt is nu nog niet te overzien.

4.4 Toenemende complexiteit, afnemende voorspelbaarheid

Niet alleen technologieën zijn steeds complexer van aard en staan steeds meer met elkaar in verband. Ook netwerken die ogenschijnlijk niets met elkaar te maken hebben, kunnen in verbinding een complex georganiseerd systeem vormen met nieuwe eigenschappen en functionaliteiten (Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek, 2014a). Dergelijke complexe systemen zijn moeilijk te doorgronden en te sturen, maar ze hebben ons in de natuur altijd omringd. Ons eigen lichaam bijvoorbeeld is een complex biologisch systeem, waarvan wetenschappers onderdelen en hun onderlinge relaties steeds beter begrijpen, maar de samenhang nog niet in zijn geheel hebben ontrafeld. Nieuw is dat technologische systemen in hun complexiteit op biologische systemen gaan lijken. De toenemende technische complexiteit gaat gepaard met de toenemende sociale complexiteit van onze samenleving. Er zijn steeds grotere verschillen in de manier waarop mensen omgaan met beleidsmaatregelen of beschikbare technologieën. Zo blijven ontwikkelingen in hightech (3D-printen) en low tech (voedsel uit je eigen moestuin) beide bestaan en leiden ze in wisselwerking tot nieuwe mogelijkheden.

In het algemeen geldt, dat allerlei voorheen gescheiden ontwikkelingen elkaar beïnvloeden, zowel elkaar versterkend of tegenwerkend, en dat causaliteit daardoor steeds minder lineair is. Dat maakt processen moeilijker voorspelbaar. Het is lastig om vele stappen vooruit te kijken naar de mogelijke effecten van technologische ontwikkelingen, als die zowel elkaar beïnvloeden, als van invloed zijn op sociale ontwikkelingen. Die sociale ontwikkelingen kunnen weer de technologische ontwikkelingen beïnvloeden. Het enige dat wel zeker is, is dat er onverwachte positieve en negatieve effecten zullen optreden (Van der Steen & Van Twist, 2014).

Er zijn ook corrigerende mechanismen. Innovaties in het ene gebied kunnen negatieve effecten hebben op andere maatschappelijke terreinen. In netwerken die met elkaar verbonden zijn, zullen deze negatieve effecten sneller opgemerkt worden door mensen die hiermee begaan zijn. Binnen netwerken hebben zij ook gelijk fora om deze effecten voor het voetlicht te brengen en de discussie erover aan te gaan.

5

INNOVATIES EN WAARDENDEBAT STEEDS STERKER VERBONDEN

Technologische ontwikkeling wordt voor een belangrijk deel gevoed door maatschappelijke waarden en door de opgaven en behoeften in de samenleving. Maar andersom beïnvloedt technologie ook sociale en morele waarden in de samenleving. Slimme technologie kan onze keuzemogelijkheden en autonomie vergroten, maar ook aanleiding zijn voor vragen over de zelfbeschikking van mensen over hun lichaam en hun privacy, over verantwoordelijkheid en over digitale veiligheid. Als technologische innovaties belangrijke waarden van personen of groepen mensen onder druk zetten, verzetten zij zich ertegen. Tegelijkertijd veranderen waarden van mensen en het belang dat ze eraan hechten door het gebruik van technologie. Zo staan groepen mensen anders tegenover mobiele telefoons of het delen van privéfoto's op internet dan vijftien jaar geleden. Als mensen te zijner tijd vertrouwd zijn met de veiligheid van autonome voertuigen, kijken ze misschien anders aan tegen chauffeurs die ook dan nog graag zelf een voertuig willen besturen. De raad ziet dat de aandacht voor morele vragen rond technologische innovaties toeneemt en dat debatten erover op diverse plekken al vaker doorlopend worden gevoerd.

Onze moraal, de handelingen en het gedrag die we als correct en wenselijk zien, wordt bepaald door tradities en waarden die in de samenleving bestaan: daarop baseren we met elkaar onze gedragsregels (normen). Onze waarden zijn geen vaststaand gegeven: ze worden beïnvloed door de tijdsgeest en door het gebruik van technologieën. Mensen en technologie vormen elkaar over en weer. Door de toenemende verwevenheid van mens en technologie beïnvloeden technologische innovaties steeds meer onze moraal (Verbeek, 2014).

Figuur 6: Voorbeelden van waarden

Sommige waarden zijn fundamenteel en universeel van aard, zoals veiligheid, gelijkheid en vrijheid (zie ook Universele Verklaring van de Rechten van de Mens). Andere voorbeelden van waarden zijn beleefdheid, creativiteit en vertrouwen (zie Figuur 6). Op basis van gedeelde waarden spreken we normen met elkaar af, waarop we elkaar kunnen afrekenen.

Zo volgt uit de waarde veiligheid de norm om de veiligheidsgordel in de auto te dragen. Als iemand dat niet doet, mag de politie diegene daarvoor bekeuren. Waarden gaan dus vooraf aan normen. Als de betekenis en het belang dat we aan waarden hechten veranderen, zullen de daaraan gekoppelde normen ook veranderen.

Welke waarden een individu of een groep mensen belangrijk vindt en welke normen ze daaruit afleiden, kan sterk verschillen. Als mensen wel dezelfde waarden belangrijk vinden, zijn er toch verschillen in welke situatie ze welke waarde het belangrijkste vinden. Of ze vertalen dezelfde waarde in een andere norm. Mede daardoor zijn er grote verschillen in verwachtingen en opvattingen over gevolgen van technologische innovaties. Die verschillen kunnen door de toenemende invloed van technologische innovaties op onze moraal groter worden.

5.1 Technologie verandert waarden, maar zet ze ook onder druk

Naast door verwondering gedreven wetenschap zijn er ook maatschappelijke en economische drijfveren voor technologische ontwikkeling. Consumenten doen ideeën op over wat leuk zou zijn om te hebben (een koelkast die je boodschappen voor je bestelt), of welke problemen opgelost moeten worden (toch de trap naar de slaapkamer op kunnen met een lichamelijke beperking). Bedrijven en investeerders wegen marktkansen af en sturen daardoor de richting van onderzoek en innovatie. Overheden geven richting aan technologische ontwikkelingen onder andere door het innovatiebeleid en het verstrekken van subsidies te verbinden aan maatschappelijke opgaven en de daaraan verbonden waarden. Ze willen door die technologieën die waarden in de samenleving versterken.

Afwegingskaders voor technologische innovaties beperken zich vaak tot concreet meetbare waarden, bijvoorbeeld effecten op milieu, gezondheid en

Kader 4: Waarden en de ov-chipkaart

De ov-chipkaart biedt openbaarvervoerbedrijven de mogelijkheid om middelen en mensen efficiënter in te zetten. De opbrengstverdeling tussen de bedrijven kan nu sneller en eerlijker plaatsvinden. De ov-chipkaart biedt gemak voor de reiziger, omdat hij met deze kaart toegang heeft tot al het openbaar vervoer in Nederland (Translink, 2014). Het is door de overgang van de strippenkaart naar de ov-chipkaart niet meer mogelijk om iemand mee te laten reizen op de eigen kaart. Voor de eerste treinrit met een ov-chipkaart is een startinvestering nodig van 27,50 euro. Er zijn nieuwe spelregels geïntroduceerd om iemand uit te kunnen zwaaien op het perron. De ov-chipkaart heeft, kortom, met een keuze voor een set aan waarden gevolgen voor andere sociale waarden rondom mobiliteit. Zo wordt tijdens de introductie en later op basis van gebruikerservaringen een maatschappelijk debat gevoerd over het wegen van de waarden die zijn versterkt en van de waarden die onder druk zijn gekomen. De gebruiksregels en voorwaarden zijn hierdoor gaandeweg aangepast. Staatssecretaris Mansveld wil de ov-chipkaart doorontwikkelen met behulp van lokale pilots. Die bieden ook experimenteerruimte voor bijvoorbeeld het gebruik van smartphones en andere nieuwe betaalmethoden.

veiligheid. Zoals gezegd hebben innovaties echter ook effect op sociale en morele waarden, zoals keuzevrijheid en transparantie, die minder makkelijk te meten zijn. Soms bedoeld en soms onbedoeld, zoals blijkt uit het voorbeeld in Kader 4 'Waarden en de ov-chipkaart'. Die effecten worden nog wel eens vergeten (Swierstra, 2011).

Als gezichtsherkenning met een smartphone, een bril of in sociale media mogelijk is, is de vraag niet alleen of dat een bedreiging wordt voor de waarde privacy, maar vooral ook hoe onze waarden en normen over privacy daardoor gaan veranderen en hoe de grenzen tussen privé en openbaar erdoor zullen verschuiven. De waarden waarmee we Google Glass en opvolgers beoordelen, worden beïnvloed door de bril zelf en de mogelijkheden die die biedt (Verbeek, 2014).
Jongeren die van jongs af aan met de mobiele telefoon zijn opgegroeid, bespreken in een volle treincoupé aan de telefoon zonder enige terughoudendheid hun liefdesleven met een vriendin. Medereizigers kunnen zich hieraan storen. Als energie door toekomstige technologieën veel goedkoper en duurzamer wordt, kan onze houding ten opzichte van energiezuinigheid veranderen. De smartphone biedt ons steeds meer intelligente functies, maar verzamelt ook steeds meer data over ons, waardoor onze privacy in het geding komt. Technologieën kunnen dus zowel positief bijdragen aan waarden als waarden onder druk zetten (zie ook Kader 5 'Verzet tegen inbreuken op privacy').

In een omgeving waarin we omringd zijn door slimme technologie kunnen keuzemogelijkheden en autonomie groter worden. Iemand die aan huis gebonden is, bijvoorbeeld, is minder afhankelijk van hulp door het gebruik van internetwinkels voor aankopen, gebruikt sociale en virtuele media voor contacten, en zoekt zelfstandig informatie over mogelijke behandelingen op internet. Zijn of haar autonomie wordt in de toekomst nog vergroot dankzij zorgrobots en autonome voertuigen.
We raken er inmiddels al aan gewend dat we niet meer elke keer ons wachtwoord hoeven in te tikken, dat de zoekmachine uit eigen beweging interessante producten aan ons voorlegt en dat sociale media voorstellen doen voor nieuwe contacten die bij ons profiel passen. Ons akkoord met een privacyverklaring op een website geven we vaak achteloos, zonder de verklaring te lezen. De vraag is of en zo ja in hoeverre iemand kan overzien wat de consequenties zijn van zijn of haar toestemming voor het gebruiken van persoonlijke informatie, zelfs na het lezen van de verklaring.

Kader 5: Verzet tegen inbreuken op privacy

"Zet niets op papier en zeker niets in een computer of mobiele telefoon. Hou alles in je hoofd. Dat is de enige plek met privacy die we nog hebben." (Forsyth, 2010). Zeker achthonderd Nederlanders proberen van de social-mediagigant Facebook 500 euro schadevergoeding te krijgen voor de schending van hun privacy. De Nederlandse burgerrechtenbeweging Bits of Freedom en de gespecialiseerde juridische praktijk ICTRecht in Amsterdam menen dat Facebook bewust de Europese regels overtreedt, omdat het bedrijf zonder toestemming het surfgedrag van gebruikers volgt door *tracking cookies*. Zo zou ten onrechte worden bijgehouden welke internetpagina's gebruikers wel en niet 'liken'. Al deze gegevens worden vervolgens aan zakelijke klanten doorverkocht. Na de uitspraak van het Europees Hof van Justitie over het 'recht op vergeten' worstelt Google om de enorme stroom aanvragen te verwerken. Om nepprofielen tegen te gaan, vraagt Facebook om je echte naam te gebruiken, anders wordt je account geblokkeerd. Dit heeft onverwachte effecten gehad voor dragqueens en transgenders. Het nieuwe netwerk Ello kreeg daardoor ineens dertigduizend verzoeken per dag van mensen die uit protest tegen Facebook wilden overstappen.

De raad ziet steeds meer bedrijven de impact van hun innovaties op waarden uitvoerig verkennen door producten eerst aan te kondigen om discussie erover uit te lokken, door actief met consumenten op digitale fora in gesprek te gaan en door meer tussenversies van producten uit te brengen om gebruikerservaringen op te doen. Hierdoor krijgen deze bedrijven een beeld van hoe producten worden ontvangen en hoe ze in het gebruik mogelijk waarden beïnvloeden.
Door over producten breder te communiceren, kan ook discussie ontstaan over of en hoe waarden in bestaande of nog te ontwikkelen wetgeving kunnen worden geborgd, bijvoorbeeld aansprakelijkheid bij autonome voertuigen of bij bewegende huisrobots. Het herkennen van gezichten is door Google bewust nog niet geïntroduceerd in Google Glass om eerst de maatschappelijke discussie erover zich te laten ontwikkelen.

5.2 Aandacht voor morele vragen rond technologische innovaties vaker doorlopend

Het resultaat van de persoonlijke afweging tussen waarden die worden versterkt of onder druk gezet door een nieuwe toepassing van technologie, is voor iedereen verschillend. De vraag of een technologie wel of niet gewenst is, is daardoor moeilijk te beantwoorden. Steeds meer technologie komt dichter bij ons of zelfs in ons (zie paragraaf 4.1) en raakt ons leven en onze waarden steeds meer. Mensen zijn ook mondiger geworden en kunnen via digitale fora hun mening makkelijker verspreiden (Stikker, 2013). Daarnaast is de impact vooraf steeds moeilijker te voorspellen door de toenemende complexiteit (zie paragraaf 4.4). Als gevolg daarvan ziet de raad dat de aandacht voor morele vragen rondom een technologische innovatie op diverse plekken toeneemt en er vaker doorlopende debatten zijn in plaats van een eenmalige discussie voor of na de implementatie ervan.

Morele vragen rondom technologieontwikkeling krijgen steeds vaker al aandacht in een vroege fase van onderzoek en ontwikkeling. Met het oprichten van het Centrum voor Ethiek en Technologie in 2006 versterkten de drie Nederlandse technische universiteiten de kennisbasis over dit onderwerp. In het onderzoeksprogramma NanoNextNL (2011) wordt 15% van het budget uitgetrokken voor onderzoek naar risico's van nanodeeltjes en naar de maatschappelijke inbedding van nanotechnologie.
In het Europese onderzoeks- en innovatieprogramma wordt ingezet op de ontwikkeling van het concept van *responsible innovation*, waarbij het maatschappelijk debat over technologische innovaties een intrinsiek onderdeel is van het innovatieproces (Europese Commissie, 2014). Het programma Maatschappelijk verantwoord innoveren van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (2014b) financiert en stimuleert onderzoek waarin bij het ontwerpen van nieuwe technologie direct gekeken wordt naar de ethische en maatschappelijke aspecten door onderzoekers van verschillende wetenschapsgebieden samen.
Bedrijven communiceren steeds meer met hun omgeving (overheden, consumenten, omwonenden, ngo's) over de achterliggende waarden van hun handelen en van de producten die ze verkopen, zowel voorafgaand aan en gedurende het ontwikkelingsproces als achteraf. Zo verantwoorden bedrijven zich over duurzaamheid in rapporten over maatschappelijk verantwoord ondernemen of over privacy in transparantierapporten. Juist bij digitale producten zoals zoekmachines en sociale media is het de bedrijven duidelijk dat klanten makkelijk naar een andere aanbieder kunnen overstappen als ze het ethisch gezien te bont maken.

Kader 6: Robots die morele keuzes voor ons maken

Robots, in de breedste zin van het woord, zijn intelligente systemen, die in staat zijn om 'morele beslissingen' te nemen. Dit is geen sciencefiction. Als een kind voor een autonoom voertuig de weg oploopt , moeten er een keuze worden gemaakt: een noodstop maken, doorrijden omdat er een bus vol kinderen achter het voertuig zit, naar links uitwijken waar een volwassene staat? Tegenwoordig kunnen auto's met adaptieve cruisecontrole ingrijpen als we te dicht op de achterkant van onze voorganger komen. De vraag is hoe dit systeem bepaalt of het achteropkomend verkeer niet in gevaar gebracht wordt door hard te remmen. Algoritmes bepalen steeds meer wat we te zien krijgen via bijvoorbeeld Google, Facebook, Twitter, maar maken ook steeds meer morele keuzes voor ons. Hoe gaan we daar mee om? Wie ontwerpt die machine-intelligentie, hoe worden morele keuzes in algoritmes vastgelegd en hoe wordt transparantie geboden over die keuzes?

De betekenis en rol van technologische ontwikkelingen zijn niet los van de sociale context van technologie te waarderen. De sociale context verandert door nieuwe wetgeving, nieuwe bedrijvigheid, nieuwe internationale trends, nieuwe technologieën (zie voorbeeld Kader 6 'Robots die morele keuzes voor ons maken') enzovoort. Bestaande technologie kan door gebruik in combinatie met nieuwe technologie weer nieuwe gebruiksmogelijkheden krijgen en daarmee andere effecten hebben dan voorheen. De grotere snelheid waarmee technologische ontwikkelingen elkaar opvolgen vraagt daarom volgens de raad om een andere, doorlopende reflectie op de mogelijke betekenis en rol van die ontwikkelingen. Het voorbeeld van de ov-chipkaart in Kader 4 illustreert hoe door de ervaringen met de kaart en het maatschappelijk debat daarover de gebruiksregels en voorwaarden gaandeweg zijn aangepast.
Bryant Walker Smith schetst een soortgelijk proces voor het ontwikkelen van regelgeving en voorwaarden voor het gebruik van autonome voertuigen. In verschillende staten van de Verenigde Staten zijn onder de bestaande wetgeving zelfrijdende voertuigen toegestaan, mits een bestuurder aanwezig is om zo nodig de besturing ter hand te nemen. Onduidelijk is echter wat deze bestuurder wel en niet mag doen tijdens het rijden of hoe ruim van tevoren het voertuig een signaal moet afgeven aan de bestuurder om de besturing veilig over te nemen (Walker Smith, 2014). De antwoorden op dat soort vragen zullen met de geboden experimenteerruimte en maatschappelijk debatten in diverse netwerken over de ervaringen door voortschrijdend inzicht tot stand komen.

Door verdergaande internationalisering kunnen ontwikkelingen onvermijdelijk op de Nederlandse samenleving afkomen. Een voorbeeld zijn innovaties op het gebied van genetische modificatie . In de Europese Unie (EU) is de toepassing van deze technologieën beperkt door strenge regels voor voedsel- en veevoerdoeleinden bij teelt en invoer (Europees Parlement, 2001). Voor industriële en medische toepassingen gelden dezelfde regels, maar daar leiden ze tot veel minder beperkingen. Buiten de EU wordt genetische modificatie ook voor voedsel op steeds grotere schaal toegepast, onder andere in de Verenigde Staten, Brazilië, Australië en China.
In de loop der jaren zijn de technologieën waarmee genetisch materiaal wordt gemodificeerd sterk doorontwikkeld. Er ontstaan nieuwe mogelijkheden, niet alleen in de productie voor voedsel en veevoer, maar ook voor de biobased economie en voor

medische toepassingen. Met nieuwe technologieën voor genome editing, zoals CRISPR–Cas (*clustered regularly interspaced short palindromic repeat - associated protein*), zijn wijzigingen in het genoom met veel grotere precisie uit te voeren. Daarnaast zijn er in de EU veredelingstechnieken in ontwikkeling die wel gebruikmaken van gentechnologie, maar niet leiden tot soortoverschrijding. De discussie is gaande of deze technieken, zoals cisgenese bij aardappelen, genetisch gemodificeerde dan wel traditioneel veredelde producten opleveren. In deze producten is niet meer te zien langs welke route de gewijzigde erfelijke eigenschappen tot stand zijn gekomen. Als die veredelingstechnieken worden beschouwd als traditionele veredeling, dan zouden ze niet onder de EU-regelgeving voor genetisch gemodificeerde organismen (ggo's) vallen en daarmee ook niet onder de verscherpte risicoanalyse voor deze producten.

De EU heeft in januari 2015 nieuwe regelgeving vastgesteld, waardoor de afzonderlijke lidstaten gemotiveerd kunnen afwijken van een toelating van de teelt op EU-niveau (Europees Parlement, 2014). Lidstaten kunnen zo strengere eisen stellen aan teelt van genetisch gemodificeerde gewassen binnen de eigen landsgrenzen. De Commissie genetische modificatie (COGEM) constateerde eerder dat de EU-regelgeving onvoldoende rekening houdt met nieuwe ontwikkelingen in onder andere genome editing. Zij stelt voor om regelgeving te richten op de veiligheid van producten in plaats van productiewijze zoals in de huidige regelgeving (COGEM, 2014a en 2014b). Het blijft de vraag of de EU in internationaal verband opnieuw een brede afweging gaat maken tussen de maatschappelijke en economische voor- en nadelen van de huidige regels.

6

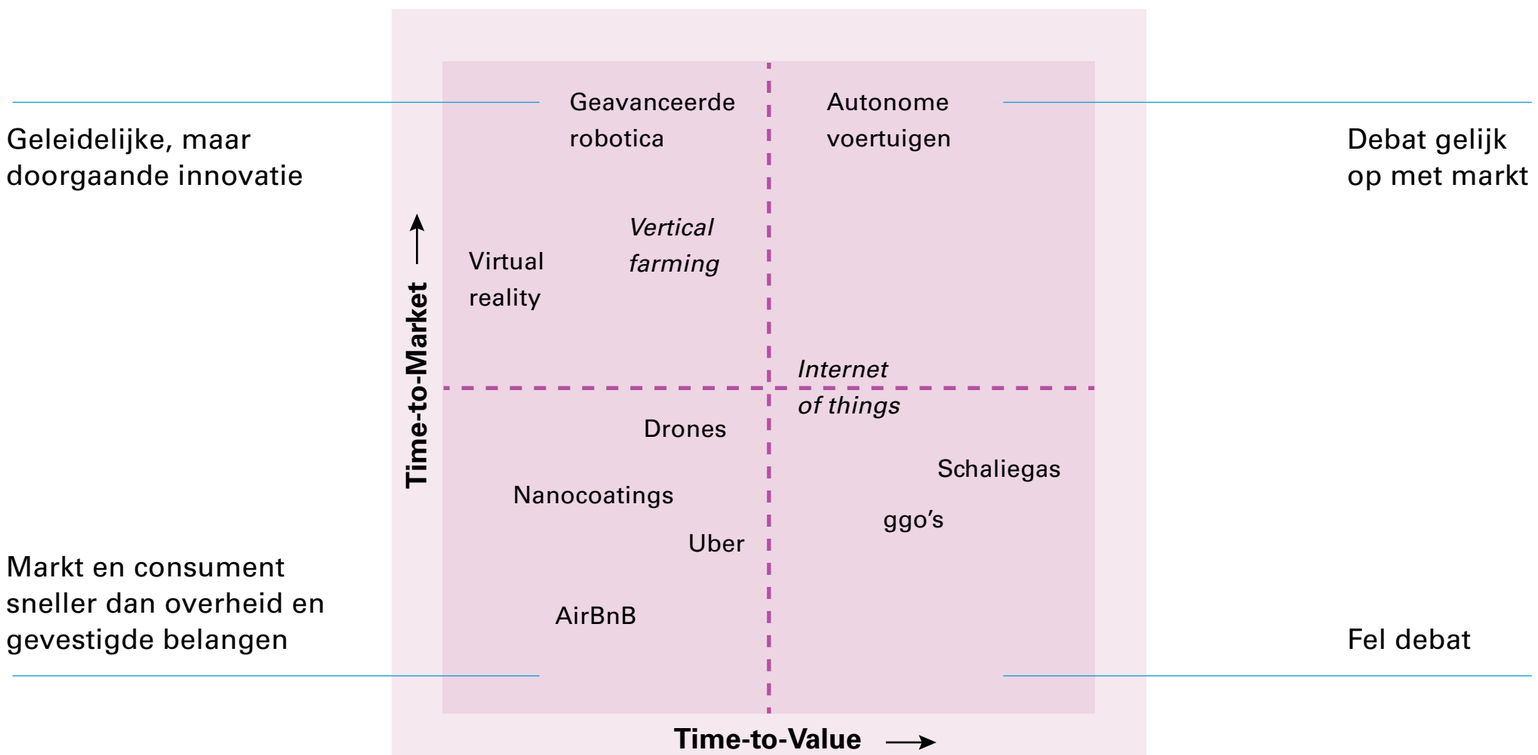
VERSNELLING EN COMPLEXITEIT STELLEN ADAPTIEF VERMOGEN OP DE PROEF

De impact van innovaties, inclusief een eventuele verandering in de betekenis en het belang van waarden, is steeds vaker voelbaar, meestal nog voordat we er met elkaar over hebben nagedacht. Zo hebben smartphones onze sociale contacten sterk veranderd en is het gewoon dat de overheid digitale middelen uitgebreid inzet om bijvoorbeeld fraude op te sporen. Ongewenste gevolgen kunnen ons bovendien harder raken door de groeiende verwevenheid van mens en technologie. Als door iemand zelf verzamelde data over zijn activiteiten en biometrie op straat komen te liggen, zijn of haar persoonlijke gezondheidsprofiel, kan dat grotere consequenties hebben dan een pasfoto die ongewenst is verspreid. De versnelling en de complexiteit rondom technologische innovaties stellen ons adaptief vermogen op de proef. Dat geldt zowel voor de overheid als voor burgers, bedrijven en kennisinstellingen.

De raad ziet voorbeelden van een nieuw repertoire aan strategieën, interventies en instrumenten om met de steeds complexere samenleving en de onvoorspelbaarheid van processen om te gaan. Dit repertoire wordt vaak ondersteund door technologische mogelijkheden, zoals big data, realtime monitoring en digitale fora. Daarbij ziet de raad dat delen binnen de overheid hun adaptief vermogen vergroten door betrokken en actief in netwerken te bewegen (zie paragraaf 6.1), door (technologische) ontwikkelingen te blijven verkennen, door hun rol doorlopend hierop aan te passen en zo wendbaarder te zijn (zie paragraaf 6.2).

Adaptief vermogen betekent het in staat zijn om continu in te spelen op nieuwe ontwikkelingen en daardoor tijdig mee te kunnen bewegen met die ontwikkelingen. Rollen, doelen, activiteiten en strategieën worden doorlopend aangepast. Hierdoor kan ook de richting van de technologische ontwikkeling zelf worden beïnvloed.

Figuur 7: Time-to-market versus time-to-value en het maatschappelijk debat



6.1 Overheden bewegen vaker in netwerken

De versnelling in technologische ontwikkeling is met name terug te zien in snellere marktintroducties: een kortere time-to-market. Tegelijkertijd verloopt de brede maatschappelijke acceptatie (time-to-value) grilliger naarmate het maatschappelijk debat over betrokken waarden ingewikkelder is. Figuur 7 geeft een aantal voorbeelden van innovaties met de verschillende verhoudingen tussen de periode voor marktintroductie en de periode tot en met brede maatschappelijke acceptatie (als die er uiteindelijk komt). Als de impact van een innovatie meerdere sectoren en betrokkenen raakt, en als in de loop van de tijd ook het debat in de samenleving verandert, kan het verschil tussen die twee periodes groter worden.

De raad ziet dat delen van overheden actief en oprecht bereid zijn om met anderen samen te werken, te discussiëren en gezamenlijk tot oplossingen te komen. Ze schakelen daarbij meer en meer tussen hun diverse rollen (wetgever, financier, aanjager, bemiddelaar, enzovoort) en acteren in en tussen diverse netwerken van betrokkenen. In deze wisselwerking tussen overheden en partijen in de samenleving in netwerken lijken processen beter te verlopen, het draagvlak voor de aangepaste uitrol van een innovatie groter te zijn en daarmee de time-to-value van projecten zelfs sneller gerealiseerd te worden (zie het voorbeeld in Kader 7 'Overheidsparticipatie').

De dynamiek van netwerken en de veelzijdigheid van complexe opgaven zijn niet meer alleen met een top-downbenadering van overheden te sturen. Hun standaardprocedures en efficiencynormen zijn niet altijd al ingericht op snelle technologische ontwikkelingen. De raad constateert dat diverse delen van overheden nog onvoldoende ingericht zijn voor een adaptieve rol in een netwerkomgeving. Ze betrekken bijvoorbeeld nog geen burgers of consumenten bij deze netwerken of verbinden hun deelproblemen niet met andere vraagstukken. Ze gaan vooral uit van hun vaste plek in het oude netwerk, werken volgens de hen bekende spelregels en houden vast aan de huidige werkcultuur.

Debatten over technologische ontwikkelingen worden veelal in bestaande netwerken gevoerd. Daardoor ondervinden nieuwe spelers belemmeringen bij de toelating tot die netwerken. Anders gezegd: netwerken (sociaal, fysiek en digitaal) verbinden niet alleen, maar sluiten ook nieuwkomers uit. Daarmee negeren ze ook regelmatig ideeën om drempels te slechten voor

Kader 7: Overheidsparticipatie in netwerken

Binnen het project 'The Living Wall' hebben bewoners en ondernemers een ander plan ingebracht dan dat van Rijkswaterstaat en de gemeente Utrecht. Om de geluidsoverlast te beperken bij de verbreding van snelwegen naast de Utrechtse wijk Lunetten zou een geluidsscherm geplaatst worden tussen de weg en de wijk. Een aantal bewoners was naast de geluidsoverlast echter ook bezorgd over de luchtkwaliteit. Zij hebben een bewonerscomité opgericht om een alternatief uit te werken dat beide zorgen zou oplossen. De 'Living Wall' is een hoger geluidsscherm om het lawaai verder te beperken dat tegelijkertijd de lucht filtert doordat het scherm is bedekt met planten. Om de hogere kosten ervan te dekken, hebben zij in een businessplan andere doelen, zoals ruimtegebruik boven de weg en minder vrachtverkeer door de wijk, aan het initiatief gekoppeld. Wat als een standaardproces begon met een formele informatie- en inspraakronde, is geëindigd in een dynamisch proces met alle betrokkenen, waardoor andere opties denkbaar, logisch en uitvoerbaar zijn geworden (Van der Steen et al., 2014).

vernieuwing en voor het oplossen van maatschappelijke problemen. Vaak worden bestaande belangen van bedrijven, burgers of overheden aangevoerd als argument om ontwikkelingen te vertragen of tegen te houden. Dat kan legitiem zijn, maar het kan ook duiden op een blinde vlek voor nieuwe kansen en voor de risico's bij het vasthouden aan het bestaande.

Niet iedereen vervult even gemakkelijk een rol in maatschappelijk debatten of sluit zich probleemloos aan bij nieuwe netwerken. Ongelijke toegang tot nieuwe technologieën kan leiden tot nieuwe tweedelingen in de samenleving of bestaande tweedelingen versterken. Het is een zichzelf versterkend proces, omdat individuen en groepen die niet betrokken zijn bij het debat, ook niet hun invloed kunnen doen gelden, waardoor ze nog meer buitengesloten raken.

6.2 Overheden worden wendbaarder

In paragraaf 4.4 is beschreven dat de complexiteit en samenhang van nieuwe technologieën het moeilijker maken om de gevolgen ervan te voorspellen voor individu en samenleving, en dat de onvoorspelbaarheid nog groter wordt doordat individu en samenleving weer reageren op die nieuwe technologieën. Omdat de gevolgen zich moeilijk laten inschatten, is het problematisch om vooraf kaders te stellen voor toepassing van nieuwe technologieën. Bestaande wetten en regelgeving, net als het ontbreken ervan, kunnen het adaptief vermogen beperken (Pelkmans & Renda, 2014).

Overheden die kiezen voor een benadering van actief verkennen en ervaren, doen bij elke stap steeds nieuwe kennis en ervaringen op en kunnen zo meebewegen met ontwikkelingen. Daardoor wordt hun adaptief vermogen groter. Het betekent dat de overheid haar rol aanpast in de tijd, afhankelijk van het proces, aan de samenwerkingspartners en de belanghebbenden. Door ideeën van betrokken organisaties en burgers te gebruiken en afspraken te maken over het verwerken van voortschrijdend inzicht, kunnen alle partijen sneller meebewegen. Dat verhoogt de wendbaarheid van overheden bij het inspelen op nieuwe ontwikkelingen

Kader 8: Wendbare gemeenten

In plaats van inzetten op weerbaarheid voor schokken van veranderingen, kan een gemeente ook inzetten op wendbaarheid om snel op veranderingen te kunnen inspelen en mee te kunnen bewegen. Er zijn gemeenten die er in hun strategie voor de drie decentralisaties op het gebied van zorg, jeugd en werk van uitgaan dat zaken anders zullen lopen dan voorzien. Ze gaan het experiment aan om alvast te beginnen onder de nieuwe spelregels binnen deze beleidsterreinen om te ervaren hoe deze uitpakken. Deze gemeenten zetten in op de veerkracht in de lokale gemeenschap. Om maximaal leervermogen te realiseren, investeren sommige gemeenten in verbindingen met andere gemeenten, burgers en professionals. Deze gemeenten hebben vooral zorgen over de mate waarin het Rijk ruimte blijft bieden om op veerkracht te vertrouwen, in plaats van die toch weer in te kaderen (Van der Steen & Van Twist, 2014). Door het netwerk te verbreden waarin de gemeente opereert en andere partijen als nieuwe knooppunten in het netwerk aan zich te verbinden, kan er in nood sneller (tijdelijk) van een andere oplossing of route in het netwerk worden gebruikgemaakt.
Vooruitlopend op de inwerkingtreding in 2018 van de Omgevingswet zijn er ook juridische mogelijkheden gecreëerd om met deze wet alvast te experimenteren.

(zie Kader 8 'Wendbare gemeenten'). Dat kan betekenen op tijd een stap terug te doen. De *Localism Act* van Groot-Brittannië biedt daartoe het *Right to Challenge*: lokale gemeenschappen en burgers kunnen voorstellen doen om publieke taken over te nemen (Verenigd Koninkrijk, 2011).

Een voorbeeld is de ontwikkeling van autonome voertuigen. De Nederlandse overheid wil dat bedrijven kennis ontwikkelen en ervaring opdoen op dit gebied om hun concurrentiepositie te versterken. De overheid spreekt dan geen oordeel uit, maar onderzoekt wel wat de mogelijke positieve en negatieve effecten zijn van autonome voertuigen. Dat doen ze samen met belanghebbende partijen. Binnen de huidige regelgeving is experimenteerruimte gecreëerd, waarbij wel de overkoepelende wetgeving voor aansprakelijkheid en privacy voorlopig blijven gelden in plaats van hiervoor al hele nieuwe wetgeving op te stellen. De overheid speelt ook een bemiddelende rol door ervoor te zorgen dat weggebruikers, gedragsdeskundigen, burgers, belangenclubs, experts en andere belanghebbenden over de meest actuele informatie beschikken. Op die manier kunnen alle betrokkenen voortdurend meedenken over de manier waarop autonome voertuigen in ons dagelijks leven, in onze leefomgeving en in ons waardepatroon kunnen worden ingepast. Afhankelijk van de manier waarop de technologie, het gebruik ervan en ons waardepatroon zich ontwikkelen, kan de overheid regels opstellen om publieke waarden, zoals veiligheid en privacy, te beschermen.

De raad constateert dat overheden hun adaptief vermogen kunnen vergroten als er niet alleen experimenteerruimte aanwezig is, maar ook een cultuur waarin fouten mogen worden gemaakt om van te leren. Binnen die experimenteerruimte kunnen de betrokkenen de maatschappelijke impact van technologische innovaties uitproberen, ervaren en gezamenlijk het effect ervan op verschillende waarden wegen. De introductie van nanotechnologie in Nederland lijkt op een dergelijke benadering te zijn gebaseerd (Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, 2014b). Door experimenteerruimte vergroten overheden hun eigen leervermogen, maar ook dat van burgers, bedrijven, kennisinstellingen en maatschappelijke organisaties (Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid, 2006).

Leren gebeurt ook door het doen van toekomstverkenningen en *backcasting*. De overheid van Singapore leert op die manier, waardoor zij telkens met kleine stappen anticiperen op nieuwe mogelijkheden van technologieën en op veranderende economische verdienmodellen. De raad ziet wel dat in horizonscans en trendanalyses de impact van doorbraaktechnologieën nog beperkt (bijvoorbeeld via *what if* scenario's) wordt meegenomen, omdat ze omkleed zijn door grote onzekerheden (Planbureau voor de Leefomgeving i.s.m. Centraal Planbureau, 2013).

Technologische ontwikkelingen vragen volgens de raad ook om een groter adaptief vermogen in het onderwijs. Energie-efficiëntie wordt een vereiste in de bouwwereld, maar worden er wel voldoende scholieren, studenten en zij-instromers voor opgeleid? Als eindelijk de instroom van bètastudenten toeneemt bij hogescholen, wordt er niet snel geschakeld om dit mogelijk te maken, maar wordt een numerus fixus ingesteld. De werknemers van de toekomst zullen nog meer gevraagd worden om snel toegang tot informatie te vinden, om met grote hoeveelheden informatie om te gaan, om informatie van diverse achtergronden samen te brengen en te evalueren, en het allerbelangrijkste: om zelf nieuwe kennis toe te voegen. De toekomstige arbeidsmarkt vraagt om mensen die kritisch kunnen denken, algoritmes begrijpen (European Schoolnet, 2014), creatief zijn, goed kunnen communiceren en samenwerken.

7

URGENTE BELEIDSVRAGEN

De raad concludeert uit het voorgaande dat er een andere dynamiek en complexiteit ontstaat rondom technologische innovaties. De technologische ontwikkeling versnelt en kan zowel op voeding, gebouwen als mobiliteit grote impact hebben. Technologische innovaties zorgen voor nieuwe economische, maatschappelijke en ethische vragen en kunnen bestaande instituties ingrijpend veranderen. Dit vraagt om het versterken van het adaptief vermogen in de gehele overheid. Hiervoor is een andere overheidsparticipatie nodig, in bestaande en nieuwe netwerken. Daar immers wordt de intensievere wisselwerking tussen technologie en samenleving vormgegeven. Het is volgens de raad van groot belang om parallel aan de technologische ontwikkeling brede debatten te voeren over de impact van innovaties op waarden. De raad ziet hierin bij uitstek een taak voor de overheid evenals in het stimuleren van 'een leven lang leren' en het voorkomen van ongewenste effecten van nieuwe maatschappelijke tweedelingen.

De raad geeft hieronder een vijftal beleidsvragen waarover de overheid zich met urgentie zou moeten buigen. Deze hebben betrekking op het toenemend publieke belang van data-infrastructuur, op de impact van toenemend gebruik van data op waarden, op de organisatie van maatschappelijke debatten over technologie, op de impact van technologische ontwikkeling op de ruimtelijke ordening en infrastructuur, en tot slot op de veranderende rol van de overheid.

7.1 Hoe kan het toenemende publieke belang van data-infrastructuur worden gewaarborgd?

De data-infrastructuur raakt verbonden met allerlei nieuwe functies, zoals het *Internet of (living) things* in gebouwen en productieketens, dynamische mobiliteitssystemen en precisielandbouw. Omdat die een steeds grotere rol speelt in wonen, werken, zorgen, produceren en recreëren, wordt de data-infrastructuur een cruciaal onderdeel van de leefomgeving. Datagebruik en toegang tot dataverkeer worden maatschappelijk en economisch gezien steeds belangrijker en worden daarmee een publiek belang door waarden zoals open toegang, transparantie, veiligheid, privacy en robuustheid. Dat roept de vraag op hoe publieke en private verantwoordelijkheden moeten worden verdeeld bij het behartigen van het publieke belang van de data-infrastructuur. Publieke verantwoordelijkheden zijn ook nog verdeeld tussen de rijksoverheid, decentrale overheden, de Europese Unie en bredere internationale gremia. Hoe houden deze overheden zicht op de ontwikkelingen van de data-infrastructuur in de verschillende sectoren en daarmee op de verandering in het publieke belang?

Belangrijke aspecten van data-infrastructuur zijn toegankelijkheid, betrouwbaarheid en snelheid van de verbindingen. Nederland heeft vergeleken met omliggende landen een uitgebreide data-infrastructuur, maar een blijvende voorsprong is niet vanzelfsprekend. Als sectoren steeds afhankelijker worden van de data-infrastructuur, wordt de betrouwbaarheid in situaties die sterk afwijken van de reguliere omstandigheden ook belangrijk. Denk aan redundantie in het systeem bij lokale uitval of aan kwetsbaarheid door afhankelijkheid van een of enkele grote marktpartijen.

Technologische ontwikkeling is een belangrijke factor in de dynamiek in de samenleving, waardoor eerdere waarborgen van publieke belangen niet meer effectief zouden kunnen zijn en moeten worden herzien. Als het publieke belang van de data-infrastructuur voor de samenleving verandert, kan er aanleiding zijn de borging daarvan opnieuw te bekijken. De Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (2000) onderscheidt vier mechanismen voor het borgen van publieke belangen: regels, concurrentie, hiërarchie en institutionele waarden. De Eerste Kamer

publiceerde een besliskader ter ondersteuning van de besluitvorming over privatisering en verzelfstandiging van overheidstaken (Eerste Kamer, 2012).

7.2 Hoe kan de overheid bij toenemend gebruik van data ook waarden als transparantie, toegankelijkheid, privacy en vertrouwen borgen?

Het groeiende aantal verbindingen en het inbouwen van intelligentie in gebruiksapparatuur of zelfs in ons lichaam creëert nieuwe datastromen. Dat leidt weer tot vragen over wie welke data waarvoor mag gebruiken onder welke voorwaarden, zoals transparantie, privacy, betrouwbaarheid van data en digitale veiligheid.

Om de voordelen van *big data* goed te kunnen benutten, is het belangrijk privacyvragen, het correct benutten van data en transparantie over de toepassing ervan te onderkennen. Consumenten en burgers moeten opgeslagen gegevens over henzelf kunnen controleren en verbeteren (Bloem et al., 2014), en er toegang tot hebben voor eigen gebruik. Dit vraagt van de rijksoverheid effectieve privacywetgeving en herkenbaar toezicht op overtredingen. Aanvullend kunnen overheden in aanbestedingen duidelijke eisen stellen.

Waarschijnlijk wordt in de toekomst de vraag naar symmetrie in datagebruik dwingender. Symmetrie wil zeggen dat mensen hun gegevens net zo snel kunnen downloaden als uploaden en hun gegevens zelf kunnen gebruiken en aanpassen. Dit is afhankelijk van de architectuur van databases (Munnichs et al., 2010). Symmetrie bepaalt mede of digitalisering niet alleen ons gemak, maar ook echt onze autonomie zal vergroten (zie voorbeeld Kader 9 'Slimme steden ontwerpen samen met burgers'). Misschien zijn vertrouwen, autonomie en het creëren van handelingsruimte met inzicht in en grip op de werking van algoritmes wel belangrijker dan absolute bescherming van persoonlijke data. Dat het belangrijk is, blijkt uit het stopzetten van de algemene wettelijke invoering van het elektronisch patiëntendossier, dat uiteindelijk was te herleiden tot zorg over het eigendom van de medische gegevens en over de privacy van patiënten. Evgeny Morozov (Martijn, 2014) geeft aan dat onze privacy niet gered is als iedereen controle heeft over zijn eigen data. Hij geeft aan dat daar zelfs een keerzijde aan zit: dan zou niemand meer hoeven bij te dragen aan publieke belangen die met *big data* kunnen worden gerealiseerd.

Omdat 93% van de internetgebruikers de algemene voorwaarden niet leest voordat zij op akkoord klikken, introduceert de Nationale DenkTank 2014 de DataWijzer: voorwaarden zijn daarin versimpeld met behulp van herkenbare pictogrammen (2014). De denktank stelt voor vier icoontjes te gebruiken, zodat het voor gebruikers in één oogopslag duidelijk wordt wat er met hun gegevens gebeurt: hoe lang de gegevens worden bewaard, welke gegevens precies

Kader 9: Slimme steden ontwerpen samen met burgers

Stedelijke bestuurders bekijken nogal eens de technologische mogelijkheden voor de ontwikkelingen van een slimmere stad vanuit overheidsperspectief en bestaande publieke belangen. In dit soort plannen is het van belang dat bewoners een duidelijke rol krijgen, opdat zo meer wederkerigheid in de belangen en mogelijkheden ontstaat. Daarbij gaat het om vragen als: wat schieten de bewoners op met een ontwikkeling, hoe dragen de plannen bij aan hun sociale relaties, welke waarden worden voor hen versterkt door de plannen, hoe mogen zij de gegenereerde data gebruiken?

worden opgeslagen, of de gegevens kunnen worden doorverkocht aan derden en of de voorwaarden onder Nederlandse wetgeving vallen of niet.

Het kabinet heeft recent een aanzet gegeven tot een kabinetsvisie op de fenomenen *big data* en profilering in de private sector, in relatie tot het recht op privacy en het recht op gelijke behandeling. Het kabinet erkent het toenemend maatschappelijk en economisch potentieel voor het gebruik van data. Tevens ziet het kabinet dat de impact van de technologie en eraan verbonden ontwikkelingen in de markt het vertrouwen kan schenden van burgers in de manier waarop er met hun gegevens wordt omgegaan. Bestaande wetgeving over bescherming tegen inbreuk op de persoonlijke levenssfeer en tegen ongelijke behandeling sluit niet altijd aan bij de veranderingen in het gebruik van data (Tweede Kamer, 2014). In de voorgenomen aanpak onderkent het kabinet dat vanwege de toenemende complexiteit meerdere sporen naast wetgeving of het vastleggen van standaarden door de overheid nodig zijn, zoals het stimuleren van het principe *privacy by design* en het organiseren van een expertgroep met een brede vertegenwoordiging vanuit de samenleving. De technologische ontwikkelingen die zijn beschreven in deze verkenning versterken het belang van een dergelijke kabinetsbrede visie. Het gaat immers om ontwikkelingen die via verschillende sectoren (en daarmee departementen) onze (persoonlijke) leefomgeving raken.

De groeiende vraag naar symmetrie roept een aantal vragen op. Gaan overheden en bedrijven straks extra betalen of kortingen bieden voor onze persoonlijke data vanwege de grote waarde ervan? Of ontstaan er zoveel data dat de prijs ervoor alleen maar lager wordt?
Krijgen organisaties die een reputatie kunnen opbouwen in het aanbieden van waardevolle diensten waarbij betrouwbaar met de persoonlijke data wordt omgegaan een streepje voor bij mensen vanwege het vertrouwen dat ze wekken?
Door ontwikkeling in technologie zullen deze vragen actueel worden, zowel voor voeding, gebouwen als mobiliteit. Hoe kunnen verschillende delen binnen de overheid bij de ontwikkeling van beleid gericht op deze vragen zicht houden op de verschillen en de overeenkomsten tussen verschillende sectoren?

7.3 Hoe kan de overheid maatschappelijke debatten over technologie verbreden in tijd, betrokken partijen en in consequenties?

De raad ziet aanleiding om de processen van technologische ontwikkelingen meer gelijk op te laten lopen met debatten over de brede impact ervan. Vanwege die brede en moeilijk voorspelbare impact zal voortschrijdend inzicht doorlopend meegenomen moeten worden en alle betrokkenen aangesloten moeten zijn. Een meer parallel proces van technologische ontwikkeling en doorlopende debatten over de impact biedt meer mogelijkheden om technologie aan te passen aan waarden die we als samenleving belangrijk vinden. In dat proces vindt de raad het belangrijk om impliciete keuzes expliciet te maken, zodat defaults (standaardwaarden) in innovaties zichtbaar worden. Bijvoorbeeld de default dat het apparaat niet te openen is voor reparatie, of dat gps-locaties altijd worden doorgestuurd naar de leverancier, of dat het autonome voertuig altijd zou uitwijken voor honden. Sociale en morele waarden zijn dan meegenomen in het ontwikkel- en ontwerpproces.

De raad ziet dat deze verbreding in debatten in de steeds complexere samenleving om een nieuw repertoire aan strategieën, interventies en instrumenten

vraagt. Dat kan soms wel worden ondersteund door technologische mogelijkheden, zoals *big data*, realtime monitoring en digitale fora. Naar de mening van de raad blijft naast het gebruik van deze technologische mogelijkheden wel actief onderzoek nodig om te begrijpen wat er aan de hand is, want anders vervalt monitoren tot symptoombestrijding.

7.4 Hoe kan de overheid rekening houden met effecten van technologische innovaties op ruimtelijke ordening en infrastructuur?

In hoofdstuk 3 heeft de raad vier lijnen geïdentificeerd voor de betekenis van doorbraaktechnologieën voor de leefomgeving. Die vier lijnen bieden aanknopingspunten waarmee rekening moet worden gehouden in ruimtelijke ordening, maar ze roepen ook vragen op.

Technologische ontwikkeling verandert het gebruik van openbare ruimtes en het gebruik van gebouwen. Ruimtes, gebouwen en weggedeeltes kunnen makkelijker voor wisselende functies worden gebruikt. Gebouwen en ruimtes kunnen straks sneller worden gebouwd of getransformeerd (zie paragraaf A2 verderop). Als ontwikkelen en bouwen straks nog sneller gaat, wat betekent dit dan voor de besluitvormingsprocessen rond ruimtelijke ordening? Hoe kunnen bestemmingsplannen flexibeler worden? Wat betekent dat voor de zekerheden bij investeringsbeslissingen en voor de afschrijvingstermijn van investeringen?

De leefomgeving wordt zelf een intelligent systeem. Wie gaan delen van die intelligentie beheren? Hoe ver kunnen intelligente systemen straks gaan in het zelf besluiten nemen? Hoe afhankelijk raken we van die systemen of hun leveranciers? Welke waarden zitten in die systemen verwerkt? Welke timing is geschikt om in te spelen op een andere ruimtelijke inrichting die past bij meer intelligentie in gebouwen, productieprocessen, wegen en voertuigen?

Ten slotte kunnen doorbraken in energietechnologie doorwerken in de ruimtelijke inrichting. Door meer decentrale energieproductie en intelligenter energiegebruik kan de energie-infrastructuur drastisch veranderen, bijvoorbeeld om het voor elke partij mogelijk te maken om energie te leveren aan het netwerk. Met meer zelfvoorzienende gebouwen op het gebied van energie kan de rol van het huidige energienetwerk ook sterk veranderen. Er kunnen verder meer verschillende dragers van energie opkomen en andere methoden van opslag of transport.

De overheid baseert zich bij beleidsontwikkeling voor ruimtelijke ordening onder andere op horizonscans en trendanalyses. Deze verkenning toont de toenemende verwevenheid van fysieke en virtuele ruimte, de bepalende invloed van nieuwe energietechnologieën, de ontwikkeling van wisselend gebruik van gebouwen en ruimtes en de toenemende intelligentie in technische systemen om ons heen. De raad ziet aanleiding om na te denken over het structureel verkennen en meer meenemen van technologische ontwikkelingen in gangbare verkenningsmethoden om zo deze ontwikkelingen beter aan de huidige en toekomstige maatschappelijke opgaven te verbinden.

7.5 Hoe verandert de rol van de overheid?

Naarmate technologie een grotere invloed heeft op ons dagelijks leven, is het in het belang van de burger om een grotere rol te spelen in de ontwikkeling en toepassing ervan. In paragraaf 6.1 is aangegeven dat niet iedereen die rol makkelijk kan oppakken, met als mogelijk gevolg nieuwe of sterkere tweedelingen in de maatschappij. Netwerken kunnen de platforms bieden voor deze debatten, maar dat vereist onder andere netneutraliteit en inclusiviteit.
Frances Brazier (2014) constateert dat er andere paradigma's nodig zijn om de netwerkfuncties zo in te richten, dat mensen mogelijkheden krijgen om te participeren en om verantwoordelijkheid voor hun eigen gedrag te nemen in complexe dynamische systemen. Participatie vergroot transparantie en vertrouwen. De raad meent dat het een nog belangrijker rol van de overheid wordt om de toegang tot netwerken te faciliteren en te waarborgen dat groepen breed betrokken blijven in debatten.

Technologische ontwikkelingen veranderen ook markten en instituties, waarbij bestaand beleid en wetgeving meestal belangen van bestaande marktspelers en instituties meer borgen dan de belangen van nieuwe spelers. Nieuwe spelers kunnen in korte tijd impact hebben op publieke belangen en waarden, in positieve zin maar ook in negatieve zin. Wat voor soort wet- en regelgeving of welk aanvullend instrumentarium is beter toegesneden op de introductie van nieuwe technologieën, opdat ook bij een versnelling in technologische innovaties kansen bij opgaven in de leefomgeving niet onbenut blijven en risico's worden beperkt?

De internationalisering van technologische ontwikkelingen, door innovatieprocessen in internationale netwerken en het sneller wereldwijd verspreiden van innovaties, verandert ook het Nederlandse speelveld hierin. Denk bijvoorbeeld aan standaarden die elders worden ontwikkeld en op ons afkomen. Soms zijn dit publieke en soms private standaarden. Hoe verandert de rol van de overheid als bij de toenemende verwevenheid van technologie in netwerken en toenemende complexiteit de standaard moeilijker is te bepalen? Gaat de overheid onderdeel vormen van het netwerk waarin standaarden worden ontwikkeld, omdat in het standaardisatieproces ook de defaults voor technologische innovaties worden bepaald? Is door de mondiale schaal waarop de technologische ontwikkeling plaatsvindt standaardisatie nog meer een taak voor de Europese Unie en voor andere internationale netwerken?

Niet alleen de rol van de overheid verschuift. Ook voor bedrijven, kennisinstellingen en burgers verschuiven rollen. De overheid kan en moet meer ruimte laten aan deze partijen om hun verantwoordelijkheid en ideeën op te pakken, terwijl in andere gevallen meer sturing en visie van de overheid nodig blijft. De vraag is hoe meer delen van de overheid een benadering van actief verkennen en experimenterend leren onderdeel kunnen maken van hun werkwijze en daarbij meer deelnemen aan netwerken, meerdere partijen in een vroeger stadium betrekken en crosssectoraal denken. Instituten als het Rathenau Instituut kunnen hierbij een rol spelen. Daar is niet één model voor op te stellen en het vraagt daarom de komende jaren om veel durf in experimenteren en vertrouwen van de overheid in andere partijen.

THEMATISCHE VERDIEPING

De volgende paragrafen geven een korte impressie, zonder uitputtend te zijn, van wat de technologieën uit het overzicht 'Mogelijke doorbraaktechnologieën van de komende decennia' in hoofdstuk 3 kunnen betekenen voor achtereenvolgens de thema's gezonde voeding, slimme gebouwen en efficiënte mobiliteit.

A.1 Technologie voor gezonde voeding

De productie van voedsel is een aaneenschakeling van toegepaste technologieën. Technologieën die productievolume vergroten, technologieën die voor hygiëne zorgen, technologieën die smaak, textuur en bite beïnvloeden en technologieën die voedingswaarde van voedsel veranderen. Er zijn technologieën in ontwikkeling die ons voedsel en ons voedingspatroon sterk kunnen veranderen. De Stichting Toekomstbeeld der Techniek heeft een aantal van die technologieën in een overzicht gebundeld en toegelicht in hun publicatie 'Toekomstverkenning Agro & Food' (te verschijnen).

Technologie kan het netwerk van ketens in de voedselindustrie volledig veranderen. Sommige ketens kunnen verdwijnen, maar er ontstaan ook nieuwe ketens die overlappen met andere sectoren, zoals de chemiesector. Handelsakkoorden en andere economische en politieke samenwerkingsverbanden hebben eveneens grote invloed op technologische innovaties en op ketens in de voedselindustrie. De Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid bepleit een verandering van een landbouwbeleid naar een voedselbeleid, onder andere omdat het netwerk van voedselketens ('voedselnet') sterk is veranderd door de grotere rol van niet-agrarische bedrijven in dit netwerk. Hierdoor ontstaan zorgen over de robuustheid van het voedselsysteem, mede omdat een groot deel van de markten in handen is gekomen van een klein aantal bedrijven (Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid, 2014).

Retail

Door informatie- en communicatietechnologie (ICT), RFID-chips (*radio-frequency identification*), nanosensoren in slimme verpakkingen, *smartbands* en allerlei apps, genereert de voedselketen steeds meer gegevens die steeds gemakkelijker door de hele keten heen, tot en met consumenten, uitgewisseld kunnen worden. Met tracking en tracing kan steeds makkelijker worden gemonitord waar producten vandaan komen, en dat helpt bij het sturen op voedselveiligheid, duurzaamheid en fair trade. Door meer en betere informatie kan de consument zijn aankoopgedrag van voedsel nauwkeuriger gaan afstemmen op zijn persoonlijke voorkeuren. Met de toenemende verwevenheid van fysiek en online winkelen, kan de consument makkelijker van leverancier veranderen. Leveranciers kunnen online makkelijker met elkaar worden vergeleken en ze kunnen thuis of bij een afhaalpunt producten afleveren. Primaire producenten, in de buurt of verder weg, kunnen ondersteund door technologieën als de 3D-printer samen met consumenten beter inspelen op hun voorkeuren. De vorm en de rol van retail en tussenhandel kunnen hierdoor sterk veranderen. Wat die veranderingen inhouden en hoe ingrijpend ze zijn, is nog onduidelijk. De vele vormen (denk aan lokaal en globaal, klein- en grootschalig, korte en lange productieketens) kunnen naast elkaar blijven bestaan. Innovatieve retailkanalen zoals online-abonnementen op streekproducten of verpakkingsloze supermarkten zijn al in opkomst.

Precisielandbouw

Precisielandbouw kan opbrengsten sterk verhogen, wat een positief effect heeft op voedselzekerheid. Met onbemande luchtvaartuigen, minisatellieten en sensoren kan meer en gerichter informatie worden verzameld. Robotica, bijvoorbeeld, maakt minutieus gericht toedienen van water, voeding en (biologische) gewasbescherming mogelijk. Voedselopbrengsten variëren per vierkante meter en per jaar, omdat het

om biologische systemen gaat, maar door precisie-landbouw wordt de variatie kleiner. Gerichte toediening van bestrijdingsmiddelen vermindert bovendien het gebruik ervan met een lagere druk op het milieu tot gevolg. Verbeterde monitoring en control vergroot de voorspellende waarde van productiemodellen en verhoogt de transparantie door de hele keten.

De ontwikkeling van de biobased economie (van een economie die draait op fossiele grondstoffen naar een economie die draait op biomassa als grondstof), met bijdragen vanuit gentechnologie en biokatalyse, stimuleert de ontwikkeling van agro-industrieparken. De combinatie van hightechlandbouwproductie en productie van biomassa in de stedelijke omgeving, bijvoorbeeld door *vertical farming, aquaponics* en *urban aquaculture*, kan grote effecten hebben op de lengte van voedselketens, op circulaire stoffenstromen en op de toepassing van biobased producten zoals bioplastics in 3D-printers. Het is de vraag of hightech-landbouwproductie gaat plaatsvinden in bestaande bedrijven die nieuwe kennis gebruiken of in nieuwe bedrijven die gaan concurreren met de traditionele landbouw.

Figuur 8: Infographic 'gezonde voeding'

Vervangers voor huidige dierlijke eiwitten in voeding
Toenemende welvaart zorgt mondiaal voor een groei in de consumptie van dierlijke eiwitten. Dat lijkt niet in overeenstemming met wat we beschouwen als een gezond voedingspatroon. Door de groeiende consumptie van dierlijke eiwitten groeien ook de relatief grote ecologische nadelen van de huidige productiemethoden van dierlijke eiwitten. Technologie die een gezonde en ecologisch verantwoorde vervanging van dierlijke eiwitten in voedselpatronen mogelijk maakt, is daarom interessant.

Technologie kan op verschillende manieren dierlijke eiwitten in voeding smakelijk en gemakkelijk vervangen, bijvoorbeeld door gebruik van plantaardige eiwitten uit zeewier als vleesvervangers. McDonald's ontwikkelt samen met VION (een internationaal opererend voedselbedrijf) hamburgers op basis van eiwitten uit tomaten. Verschillende technologieën, zoals 3D-printing, helpen bij het creëren van een aantrekkelijke textuur of bite die lijkt op die van vlees. Een andere ontwikkeling is kweekvlees op basis van stamcellen, dus vleesproductie zonder levende dieren. Ten slotte wordt onderzocht hoe door technologieën insecteneiwitten kunnen worden toegevoegd aan westerse voedingsmiddelen. Insecten zijn in grote delen van de wereld een traditioneel onderdeel van de voeding, maar in West-Europa is het ongebruikelijk. In landen waar deze traditie wel bestaat, lijkt de consumptie van insecten overigens deels verdrongen te worden door de consumptie van vlees.

Synthetische biologie en genome editing
Mede door convergentie tussen ICT, nano- en biotechnologie zijn de technologieën waarmee genetisch materiaal wordt gemodificeerd, sterk doorontwikkeld. Er ontstaan nieuwe mogelijkheden, niet alleen in de productie voor voedsel en veevoer (groene biotech), maar ook voor de biobased economie (witte biotech) en voor medische toepassingen (rode biotech). Met nieuwe technologieën voor genome editing, zoals CRISPR–Cas (*clustered regularly interspaced short palindromic repeat - associated protein*), zijn wijzigingen in het genoom uit te voeren met veel grotere precisie dan voorheen (COGEM, 2014a). Daarnaast zijn er veredelingstechnieken in ontwikkeling die wel gebruikmaken van gentechnologie, maar niet leiden tot soortoverschrijding. Een voorbeeld is de cisgenese bij aardappelen, waar soorteigen genen uit wilde aardappelrassen worden gebruikt om de resistentie tegen phytophthora (aardappelziekte) te verhogen.

In de synthetische biologie gaat men verder dan het veranderen van de erfelijke eigenschappen en worden bouwstenen ontwikkeld voor het ontwerpen, aanpassen en beheersen van biologische systemen (Rerimassie & Stemerding, 2014). Deze bouwstenen kunnen gebruikt worden als schakelaar om genen actief of inactief te maken, als opslagmedium voor data, of om de stofwisseling van micro-organismen te sturen. DNA-strengen kunnen inmiddels in iedere gewenste samenstelling tegen lage prijzen besteld worden via internet, waardoor de toepassing van deze technologie ook toegankelijk is geworden voor relatief kleine bedrijven.

Synthetische biologie ondersteunt de ontwikkeling richting een biobased economie, omdat daardoor fossiele grondstoffen voor productieprocessen vervangen kunnen worden. Er zijn inmiddels mogelijkheden om sneller en heel gericht producten te kweken die bepaalde gewenste stoffen maken, zoals spinrag (toepasbaar als extreem sterke textielvezel) uit geitenmelk (Lewis, 2014). Er wordt verder geëxperimenteerd met het produceren van koemelk en zelfs moedermelk uit gemodificeerd gist. Grootschalige toepassing van dergelijke technologie kan grote gevolgen hebben voor de zuivelsector. Ook wordt er gewerkt aan de ontwikkeling van antibiotica die de kans op resistente bacteriën

aanzienlijk vermindert: de lantibiotica.
Bij de ontwikkelingen rond genetische modificatie en synthetische biologie zijn behalve vragen over veiligheid en security ook ethische, juridische en sociale vragen aan de orde. Zo is er bijvoorbeeld discussie over octrooiering. Een nieuwe ontwikkeling is de databank van de BioBricks Foundation, bedoeld voor een vrije toegang tot ontwikkelde biologische bouwstenen om zo de innovatie binnen de synthetische biologie te versnellen (Rerimassie & Stemerding, 2014).

Gepersonaliseerde voeding

De voedselketen wordt door technologie verlengd naar het individu: individuele lichaamsmetingen door steeds kleinere en goedkopere sensoren, die met data-analyse vertaald kunnen worden naar individuele voedingsbehoeften. Zowel in de geneeskunde als in de voeding verschuift de kennis op basis van statistieken (epidemiologie) naar kennis op basis van individuele eigenschappen: de *quantified self* leidt tot *personalised medicine* en *personalised food.* Door de toepassing van nanobiosensoren in een *lab-on-a-chip*, of nog eenvoudiger door met licht door de huid heen te meten, kunnen verschillende biometrische kenmerken gemeten worden. Dit geeft snelle feedback over iemands levensstijl en voedingsbehoefte.

Cognitie-onderzoek, ondere andere via *neuroimaging*, levert ons steeds meer kennis op van de impact van voeding op iemands gezondheid en geestelijk welbevinden, en van de synergie tussen voeding en bewegen. Die kennis wordt gebruikt in *games for health*, die op wetenschappelijke basis spelenderwijs mensen trainen in het maken van gezonde voedingskeuzes.
Nutrigenomics bestudeert de interactie tussen iemands persoonlijke genen en voeding. Het microbioom van iemand, het geheel van micro-organismen in zijn of haar lichaam zoals darmflora, kan steeds eenvoudiger in kaart gebracht worden. Een verstoord microbioom kan dan hersteld worden door fecale transplantatie, *phage therapy* of 'yoghurt op recept'.

Door mobiele informatievoorzieningen en *big data* zullen we die kennis steeds beter en makkelijker kunnen gebruiken. Gepersonaliseerde informatie ontstaat via *smartbands*, slimme verpakkingen en slimme drinkbekers. Voedingssupplementen, die wellicht via synthetische biologie geproduceerd worden, kunnen gekozen worden op basis van alle verzamelde informatie. Met een 3D voedselprinter wordt het bovendien mogelijk om van afzonderlijke componenten gepersonaliseerde voeding samen te stellen dat ook smaakvol en aantrekkelijk is. Gepersonaliseerde voeding wordt al gemaakt in ziekenhuizen en verzorgingshuizen om ondervoeding en voedselverspilling tegen te gaan. De toepassing voor de bredere consumentenmarkt wordt onderzocht. Gepersonaliseerde voeding kan gevolgen hebben voor de lichamelijke en geestelijke gezondheid van grotere groepen mensen en voor preventie bij gezonde mensen, wat weer zorgt voor hogere arbeidsproductiviteit, minder zorgkosten, meer mobiliteit, enzovoort.

A.2 Technologie voor slimme gebouwen

Gebouwen zijn aangesloten op verschillende netwerken: riolering, waterleidingnet, gasnetten, elektriciteitsnetten, wegennetten, vaarwegennetten en verschillende communicatienetwerken, zoals telefoon, kabel en glasvezel. Met drones kunnen gebouwen ook aansluiten op het netwerk van luchtverkeer. Die ontwikkeling leidt mogelijk tot meer gebruik van daken als landingsplaats en dus als toegang tot gebouwen om pakketjes aan te nemen of vanuit je eigen grotere drone het gebouw binnen te gaan. Dat vraagt om een ander ontwerp. Door internet en door apparaten met verschillende sensoren en processoren (het *Internet of things*) krijgen gebouwen een zekere vorm van intelligentie. Verschillende technologieën kunnen

dit deel van onze leefomgeving sterk veranderen.

Domotica

Slimme elektronica betreedt vaak ongezien onze leefomgeving. In gebouwen vinden we inmiddels veelvuldig smartphones, tablets, smart tv's, slimme keukenapparatuur, slimme energiemeters, gameconsoles en eenvoudige robots zoals de stofzuigrobot. Het slimme huis of kantoor ontwikkelt zich door dergelijke domotica tot een geautomatiseerd pand waarin elektronica het leefmilieu, communicatie, vermaak, beveiliging en duurzaam energieverbruik interactief regelt. Sensoren monitoren de temperatuur, de hoeveelheid licht, de ventilatie, de indeling van de ruimte en de objecten daarin, en de aanwezigheid van bewoners. Slimme apparatuur stelt op basis van kennis over gebruikers de omgevingswaarden voor het binnenmilieu in. Door nog verder ontwikkelde technologie kan het slimme huis ook betrokken worden bij leefstijl- en verzorgingstaken, zoals in meer of mindere mate ondersteund koken, voedsel beheren en voldoende bewegen. Sensoren kunnen ook toegepast worden in sloten waardoor ze bijvoorbeeld bewoners herkennen aan een bij hen geïmplanteerde chip of aan biometrische kenmerken, zoals een vingerafdruk, gezichtskenmerken of een hartslagpatroon. Mogelijk zullen door technologie meer mensen langer zelfstandig thuis kunnen wonen. Robots kunnen daarbij helpen door mensen gezelschap te houden en door bij anderstaligen desgewenst met hen te praten in hun eigen moedertaal. Een huis vol sensoren kan wel onze privacy beïnvloeden, wat effecten kan hebben op ons sociaal gedrag, ons wonen en onze autonomie.

Door technologie ontstaan ook nieuwe manieren om contact te hebben met anderen, zonder fysieke nabijheid. Naast de telefoon en het internet kunnen virtual reality, telerobotica of telepresence en brein-tot-brein communicatie serieuze en soms noodzakelijke alternatieven worden voor fysieke nabijheid, mobiliteit en contact. Met telepresence en virtual reality kunnen we onze persoonlijke inrichting van ons huis of kantoor als het ware digitaal meenemen, waardoor we ons overal thuis kunnen voelen. Dat kan ook fysiek. Nieuwe materialen en robotica maken de komst van volledig transformeerbare ruimtes mogelijk. Het aantal ruimtes dat nodig is om verschillende functies per persoon te ondersteunen, kan daardoor afnemen. Overigens leren ervaringen uit het verleden met verstedelijking en verworven rechten op ruimte, zoals huiseigenaarschap of grondposities in een stad, dat in een stad niet snel minder ruimte gebruikt wordt voor gebouwen. Verstedelijking gaat namelijk door zolang het ontmoetingsmogelijkheden verbetert, economische agglomeratievoordelen biedt en netto minder milieudruk oplevert. Wel delen we onze gebouwen en woningen steeds meer. De verwevenheid tussen virtuele en fysieke gebouwen verandert onze perceptie van de grenzen van onze persoonlijke leefomgeving.

Bouwmethoden en -installaties: flexibel en duurzaam

De bouw van woningen en kantoren kan flexibeler worden door 4D-printen. 4D-geprinte onderdelen kunnen zo ontworpen worden dat ze gemakkelijk uiteenvallen in recyclebare elementen. Sensoren kunnen aangeven wanneer onderdelen van een gebouw vervangen moeten worden, onderhoud nodig hebben of gerepareerd moeten worden. Schadeverzekeraars experimenteren al met het repareren van kleine schades aan huizen met 3D-geprinte onderdelen. Verder maken nieuwe materialen, het gebruik van modulaire bouweenheden en virtual reality het mogelijk om steeds sneller een gebouw neer te zetten, aan te passen of weer af te breken en om de materialen te recyclen. Ook elementen in gebouwen (installaties, meubilair, wanden, deuren) kunnen steeds makkelijker veranderd worden om te passen bij specifieke, individuele eisen.

Figuur 9: Infographic 'slimme gebouwen'

Circulair ontwerpen opent de deur voor het vervangen of vernieuwen van onderdelen van bijvoorbeeld een HR-ketel in plaats van het plaatsen van een volledig nieuwe ketel, en er worden ook bouwelementen ontworpen die tijdelijk zorgtaken ondersteunen en die later weer makkelijk verwijderd en hergebruikt kunnen worden. Zonnepanelen worden door nanotechnologie effectiever en kunnen verwerkt worden in bouwelementen zoals dakpannen, ramen en wandbedekkingen. Ook planten in en om het huis kunnen energie gaan leveren. Nanotechnologie, soms in combinatie met biotechnologie, ontwikkelt mogelijkheden om kosteneffectief energie in huis of in de auto op te slaan, waardoor de afhankelijkheid van centrale energieopwekking afneemt.

De vrije beschikbaarheid van professionele ontwerpsoftware, zoals WikiHouse en open source ontwerpen, maken het voor de eindgebruiker makkelijker om deel te nemen aan zowel het ontwerp- als het bouwproces. Gebouwen worden daardoor nu al steeds vaker ontwikkeld door de eindgebruiker. Dit kan leiden tot meer variatie in gebouwen en tot lagere kosten. Waarschijnlijk zet de trend door – die al decennia blijkt uit het groeiende aantal doe-het-zelfzaken – om gedeeltelijk of geheel zelf te bouwen door gebruik van de 3D-printer.

Dit kan gevolgen hebben voor de rollen die professionals, zoals architecten, aannemers en installateurs, spelen bij met name bestaande bouw. Het bouwen van energieneutrale gebouwen is ook in het belang van de eindgebruiker, omdat die de kosten na oplevering moet dragen. Als energieproductie en –opslag zelfs leiden tot overvloedige en goedkope energie, kan dat voor gebouwen grote consequenties hebben.

Flexibele gebouwen vergen ook een ander ontwerp. Om functies en installaties werkelijk flexibel te maken, moet er in het ontwerp al rekening mee gehouden worden dat buizen, leidingen, panelen en kabels gemakkelijk verwijderd en/of aangebracht kunnen worden. Circulair bouwen kan de levensduur van gebouwen verlengen, vooropgesteld dat de ondersteunende structuur behouden blijft en alleen de indeling en het gebruik van andere componenten worden gewijzigd. Dat vergt andere bouwmaterialen en –methoden die bovendien het bouwproces verkorten en die de overlast van het bouwen beperken. Nieuwe bouwblokken die dit mogelijk maken, kunnen de kosten met 70% verlagen en de bouwtijd met 80% verkorten (Farnsworth, 2014). In China zijn al huizen geprint voor 4.800 Amerikaanse dollars per stuk.
Een van de grootste vertragende factoren voor deze innovatiekansen is het gebrek aan opgeleid personeel dat op deze manier kan bouwen en installeren.
Door technologie zouden gebouwen en ruimtes makkelijker gevormd kunnen worden naar wat op dat moment nodig is. Het flexibeler maken van gebouwen voor verandering, sloop of vervanging kan door bijvoorbeeld nieuwe materialen, nieuwe modulaire bouwtechnieken (Larson, 2012) en door het gebruik van 4D-printing.
Deze technologieën kunnen grote veranderingen in de bouwsector betekenen. Het concept ‘vorm volgt functie’ geldt dan in mindere mate voor het gebouw zelf en dus voor het ontwerp.

A.3 Technologie voor efficiënte mobiliteit

Nederland heeft bijna 140 duizend kilometer aan openbare weg, waarvan ongeveer 5.800 kilometer beheerd wordt door het Rijk. Jaarlijks staan Nederlanders bij elkaar opgeteld 62 miljoen uur in de file. De economische kosten hiervan worden geschat tussen de 2,4 en 3,2 miljard euro per jaar (Rijkswaterstaat, 2014). Naast de aanleg van wegen, extra rijstroken en versterkingen rond knooppunten, is het beleid gericht op gedragsbeïnvloeding van reizigers, zodat ze efficiënt gebruikmaken van de bestaande infrastructuur en mogelijkheden van het openbaar vervoer (ov).
Technologie is onmisbaar bij het optimaal genereren en gebruikmaken van verkeersinformatie, maar ook bij het bieden van gedragsopties om te reizen buiten de spits of met het ov, of om gewoon niet te reizen door bijvoorbeeld thuis te werken. Verkeersmanagement (toeritdosering, dynamische maximumsnelheden, spitsstroken en verkeersinformatie op panelen boven de weg en via andere kanalen) helpt de benutting van infrastructuur door het beïnvloeden van gedrag op de weg. Uitvoering van verkeersbeleid vergt veel informatie over het actuele weggebruik, bijvoorbeeld uit lussen in de weg, camera’s, informatie van telecomproviders en app-dienstverleners over het aantal mobiele telefoons op de snelweg waarvan de gebruikers niet in beweging zijn, maar ook over de mogelijkheden en argumenten van weggebruikers om hun gedrag aan te passen. Technologische innovaties worden ontwikkeld om de bestaande infrastructuur efficiënter te benutten door bijvoorbeeld persoonlijke reisinformatie en rijtaakondersteuning, maar ook in de vorm van prikkels om de spits te mijden. Zo kan het gebruik van verschillende modaliteiten, netwerken en infrastructuren geoptimaliseerd worden, maar bovenal het gedrag van de gebruikers hiervan.
Nieuwe voertuigen zoals e-bikes, drones en autonome voertuigen zullen ook nieuwe vraagstukken opwerpen over aanpassing van bestaande infrastructuur, over

aanleg van nieuwe infrastructuur of over een geheel nieuw verkeerssysteem om de nieuwe luchtvaartuigen en wegvoertuigen in goede banen te leiden.

Autonome voertuigen

Een nieuwe auto bevat tegenwoordig zo'n zeventig minicomputers; meer dan NASA destijds gebruikte om astronauten op de maan te krijgen (Timmer et al., 2013). Delen van autonoom rijden worden momenteel al in auto's in de dure segmenten van de automarkt verkocht. In de komende jaren worden steeds meer rijtaken, met name op snelwegen, autonoom. Google's prototype van de autonome auto uit 2014 biedt plaats aan twee personen en heeft enkel een start- en stop-knop, dus geen stuur en geen pedalen. Google brengt deze auto in 2020 op de markt, maar andere experts stellen dat de volledig autonome auto op zijn vroegst pas in 2030 realiteit zal zijn. Tot die tijd zullen autonome voertuigen niet volledig zelfstandig kunnen rijden op alle wegen en onder alle weersomstandigheden. Sommige situaties zullen voorlopig nog te complex zijn voor een computer. Niettemin betekent de ontwikkeling richting autonoom rijden wel dat over vijftien jaar de werkgelegenheid voor taxi- en vrachtwagenchauffeurs drastisch zou kunnen afnemen. Misschien gaan we ook anders aankijken tegen de vrijheid om zelf een voertuig te mogen besturen als autonome voertuigen veiliger blijken te zijn.

Sensoren, *big data*, communicatie- en energietechnologie, en de toenemende intelligentie in voertuigen en infrastructuur zorgen voor steeds rijkere informatie-uitwisseling tussen vervoermiddelen onderling, tussen vervoermiddelen en hun omgeving, en tussen gebruikers en hun 'digitale reisadviseur'.

De Nederlandse overheid vat die informatie-uitwisseling samen onder de noemer *Talking Traffic*. Er zijn ook systemen waar sensoren registreren of je in slaap dreigt te vallen achter het stuur, dat de auto 'voelt' hoe de bestuurder zich voelt en daarover communiceert met de bestuurder of zelf (automatisch) ingrijpt. Die sensoren worden zelfs al ingezet om de auto in zijn geheel te besturen (*mind-controlled car*) of om met behulp van neurofeedback de bestuurder zich optimaal te laten concentreren. Een digitale reisadviseur kan nu al reisvoorstellen doen op basis van iemands agenda, gedragsprofiel en voorkeuren, samen met actuele informatie uit de omgeving.

De *automotive* industrie ontwikkelt standaarden voor de communicatie tussen auto's en tussen auto's en weginfrastructuur. Die communicatie is bedoeld om voertuigen optimaal met elkaar te laten samenwerken. Auto's die met elkaar 'praten' weten nauwkeuriger van elkaar hoe hard ze rijden, of ze gaan remmen of van richting veranderen. De weginfrastructuur weet waar voertuigen zich bevinden en waar ze naartoe onderweg zijn. Communicerende voertuigen kunnen ook coöperatief rijden door samen een soort trein te vormen. Daardoor stroomt het verkeer beter door en neemt de veiligheid toe. De milieudruk kan hierdoor ook afnemen. Communicatiestandaarden zijn onderdeel van *Talking Traffic* en daarmee van de ontwikkeling van autonome voertuigen. Er worden ook autonome voertuigen ontwikkeld die alleen hun eigen rijgedrag en route optimaliseren en die niet kunnen communiceren met andere voertuigen en met de weginfrastructuur (Timmer & Kool, 2014).

Door de inzet van zelfrijdende motoren, fietsen of andere kleine voertuigen kunnen ook meerdere voertuigen naast elkaar op een 'klassieke' rijbaan rijden, wat minder ruimte per passagier kost. Doordat deze voertuigen zichzelf kunnen voorrijden en door een verschuiving richting gedeeld autogebruik, kan er veel parkeerruimte vrijkomen die ingezet kan worden voor het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit. Gedeeld voertuiggebruik verandert ook welke auto's nog worden aangeschaft, omdat het niet meer nodig

is een eigen auto te hebben die voor elke toepassing geschikt is. Auto's voor dagelijks woon-werkverkeer kunnen een stuk kleiner zijn, omdat 80% van de autoritten slechts één passagier bevat. Rijbanen die gereserveerd zijn voor zelfrijdende voertuigen kunnen dynamisch wisselen van rijrichting om op verschillende tijden ruimte te geven aan de drukste rijrichting.

Het ov kan met steeds betere en actuelere reisinformatie en zitplaatsinformatie aantrekkelijker worden, sterker nog, autonome voertuigen kunnen ook onderdeel worden van het ov. Een *Personal Rapid Transit* systeem werkt met kleine voertuigen zonder chauffeur die je letterlijk tot aan de voordeur, als een soort horizontale lift, afzetten. Overgangen tussen een autonoom voertuig en bijvoorbeeld trein vragen om een nieuwe inrichting van de ruimte rond stations (Jansma, 2014). Dergelijke optimalisaties van ruimtegebruik, bestaande weginfrastructuur en reisinformatie dragen positief bij aan alle vormen van mobiliteit. Of en welke verschuivingen er ontstaan tussen concurrerende alternatieven voor wegvervoer (waaronder het ov) en in mobiliteitsgedrag en –patronen is op voorhand niet te zeggen. Een scenario waarbij het verkeer vastloopt met autonome voertuigen, omdat de communicatie tussen de voertuigen niet goed verloopt door het

Figuur 10: Infographic 'efficiënte mobiliteit'

gebruik van verschillende standaarden, is ook denkbaar (Townsend, 2014). De zelfrijdende auto combineert enkele voordelen van autorijden en het ov, maar de e-bike kan ook een goed alternatief vormen voor korte ov- en autoritten. Die concurrentie met nieuwe modaliteiten introduceert een nieuwe onzekerheid die relevant is voor de basis van investeringskeuzes voor infrastructuur en ov, ook de keuzes die gereserveerd staan tot 2028 in het MIRT (meerjarenprogramma infrastructuur, ruimte en transport). Keuzes voor infrastructuur die nu gemaakt worden, werken door tot na 2050. Autonoom vervoer kan tegen die tijd net zo normaal zijn als de zelfsturende chauffeur van de afgelopen decennia.

Nieuwe materialen, duurzaam energiegebruik en snellere productie

Dankzij (nano)materiaalkunde zullen voor auto's en vrachtwagens steeds lichtere, sterkere materialen gebruikt worden voor lager energieverbruik en meer veiligheid. Steeds betere batterijen zorgen voor een steeds grotere actieradius. Nieuwe lithiumaccu's met koolstofnanodraden of met een gel van titaanoxide (Phys.org, 2014) zijn razendsnel op te laden en kunnen al binnen enkele jaren op de markt komen. Er zijn ook veel goedkopere accu's in ontwikkeling op basis van algen met een honderdmaal grotere capaciteit dan huidige batterijen, die bovendien sneller opladen dan huidige batterijen. Het voertuig zelf kan gemaakt worden van materiaal dat energie opwekt door zonneceltechnologie of kunstmatige fotosynthese. Opladen kan draadloos op plekken waar je vervoermiddel toch even stil staat of het voertuig rijdt er zelf naar toe als het even niet gebruikt wordt, over wegen van zelfherstellend materiaal met ingebouwde zonnecellen (Solaroad, 2014). De openbare weg zal een onderdeel worden van de energie-infrastructuur.

Vervoermiddelen kunnen door nieuwe productieprocessen zoals 4D-printing sneller en in een grotere variatie gemaakt worden, misschien ook niet meer in de fabriek, maar gedeeltelijk of geheel bij een garage om de hoek. Sensoren kunnen in het materiaal geprint worden. Door programmeerbare materialen die van vorm of functie veranderen na fabricage door bijvoorbeeld een elektrisch signaal, contact met water of blootstelling aan licht, komen er meer adaptieve systemen in onze vervoermiddelen. Bijvoorbeeld dat de buitenste laag van kleur kan veranderen voor betere zichtbaarheid in de sneeuw, dat het rubber van de banden zich aanpast aan de rijomstandigheden, of dat een extra stoel nauwelijks ruimte inneemt en zich eenvoudig laat uitklappen. De materialen van het vervoermiddel kunnen makkelijk hergebruikt worden door in het ontwerp al rekening met deze mogelijkheid te houden.

Virtueel verplaatsen: virtual reality en telepresence

Virtual reality biedt de levensechte gewaarwording van fysieke aanwezigheid op een plek waar iemand op dat moment niet is, met gebruik van alle zintuigen: horen, zien, voelen, ruiken en proeven. De eerste beelden van wat virtual reality brillen gaan brengen zijn indrukwekkend, maar tegelijkertijd zijn ze waarschijnlijk slechts het begin van hoe indringend virtuele ervaringen en aanwezigheid zullen zijn. Met telepresence kan iemand op afstand aanwezig zijn en communiceren via een robot. Die persoon neemt de omgeving via camera's en sensoren van de robot waar. Het is moeilijk te voorspellen hoe 'echt' we deze vorm van aanwezigheid zullen ervaren en of dat een groot deel van fysiek contact en mobiliteit zal vervangen of veranderen. Telefonie en internet kunnen een goed alternatief zijn voor een bezoekje. Ze helpen ook contacten te verbeteren en nieuwe contacten te leggen waardoor mensen vaker 'op bezoek gaan' bij iemand op grotere afstand.

Sneller, verder, schoner, hoger

Drones mogen dan nu nog niet overal rondvliegen, maar het internetbedrijf Amazon bereidt zich voor op

aangekondigde wetgeving in de Verenigde Staten, waardoor ze in de tweede helft van 2015 pakketjes door de lucht mogen bezorgen via drones. Intensieve toepassing van drones in een stedelijke omgeving, bijvoorbeeld als pakketbezorger of beveiliger, vereist het bestuderen van de mogelijke impact, zowel op het leefklimaat en veiligheid, als op privacy voor bewoners en aansprakelijkheid in luchtverkeer. Drones kunnen van vitaal belang worden bij het leveren van hulpgoederen in moeilijk bereikbare gebieden, zoals bij overstromingen of bij het snel ter plaatse krijgen van medische hulpmiddelen. De TU Delft ontwikkelt bijvoorbeeld een ambulancedrone die een AED (automatische externe defibrillator) snel ter plaatse brengt.

In Duitsland wordt dronetechnologie toegepast in een nieuw soort helikopter met achttien elektrisch aangedreven rotoren. Dit voertuig vliegt veiliger, stiller, schoner en zuiniger dan normale helikopters, waardoor vliegend personenvervoer laagdrempeliger wordt. Er is ook al een prototype hoverbike ontwikkeld die waarschijnlijk in 2017 op de markt komt. Het luchtverkeer wordt aantrekkelijker door de ontwikkeling van supersonische vliegtuigen die twee keer zo snel kunnen vliegen dan de huidige vliegtuigen. In 2015 is de eerste testvlucht van een soort spaceshuttle die het mogelijk maakt om van Amsterdam naar Sydney te vliegen in twee uur. Luchtvaart kan bovendien schoner worden, zoals het Zwitserse vliegtuig dat alleen op zonne-energie vliegt en in 2015 een vlucht rond de wereld zal maken. De trein kan overigens in snelheid blijven concurreren met vliegtuigen door in buizen onder vacuüm te zoeven met achtduizend kilometer per uur. Dan ben je in een uur van New York in London. Technologie brengt ook schoon, individueel, vliegend vervoer dichterbij voor zowel goederen als personen. Een verkeersmanagementsysteem voor vliegend vervoer wordt al ontwikkeld door NASA (Ackerman, 2014). Druk luchtverkeer boven een stad kan ook plaatsvinden met alleen maar zelfvliegende voertuigen om de veiligheid te waarborgen.

Nieuwe accutechnologie kan snel grote consequenties hebben voor mobiliteit en voor hoe we mobiliteit organiseren. Als elektrische auto's behalve lagere brandstofemissies ook goedkoper en duurzamer worden geproduceerd dan auto's met een verbrandingsmotor, kan het wagenpark snel vergroenen. Elektrische vrachtwagens mogen dan weer milieuzones in. Een beweging richting meer deelauto's kan ook de vervanging van het wagenpark structureel versnellen. Belastingen op brandstof en de wegenbelasting zullen dan volgens de huidige regels minder opbrengen. De milieuruimte van spitsstroken vergroot en door emissies beperkte maximumsnelheden kunnen worden verhoogd. De overheid zou nu al van zelfrijdende voertuigen of specifieke deelauto's kunnen eisen, dat ze elektrisch moeten zijn. De technologie wordt steeds goedkoper en *Well-to-Wheel* (zowel emissies van het voertuig zelf, *Tank-to-Wheel*, als emissies die vrijkomen tijdens winning en het raffinageproces of de productie van elektriciteit, *Well-to-Tank*, worden meegenomen) wordt steeds duurzamer. Het risico dat de populariteit van zelfrijdende voertuigen leidt tot een nieuwe toename of verlenging van de milieuproblemen van verbrandingsmotoren wordt daardoor steeds kleiner.

LITERATUUR

Ackerman, E. (2014). *NASA Developing Air Traffic Control System for Drones*. Geraadpleegd op 16 december 2014 via http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/aerial-robots/nasa-developing-air-traffic-control-system-for-drones

Bloem, J., Doorn, M. van, Duivestein, S., Manen, T. van & Ommeren, E. van, (2013). *Privacy, technologie en de wet: Big Data voor iedereen door goed design*. Groningen: Sogeti VINT.

Brazier, F. (2014). *Intreerede Shaping participation: a new design paradigm.* Geraadpleegd op 16 december 2014 via http://collegerama.tudelft.nl/Mediasite/Play/2907e80491544643a44b39b6abc3d7f71d

Carr, L. (2011). *The Shallows: what the internet is doing to our brains.* New York: W.W. Norton & Company.

Castells, Manuel & Cardoso, Gustavo, eds. (2005). *The network society: from knowledge tot policy.* Washington, DC: Johns Hopkins Center for Translantic Relations.

Commissie Genetische Modificatie (2014a). *Signalering en advies CRISPR-Cas; revolutie uit het lab.* Den Haag: COGEM.

Commissie Genetische Modificatie (2014b). *Bouwstenen voor een beoordelingskader voor teelt van gg-gewassen.* Den Haag: COGEM.

Deloitte (2013). *Exponential growth in technology will disrupt your industry and change your life.* Geraadpleegd op 15 december 2014 via http://actueel.deloitte.nl/media/177833/infographic_singularity_innovation.jpg

Eerste Kamer (2012). *De verbinding verbroken*. Vergaderjaar 2012–2013, C, B.

Engelen, L. (2014). Interview met Lucien Engelen, directeur REshape & Innovation Center Radboud UMC, op 14 mei 2014 door Agnes van Ardenne.

Est, R. van, m.m.v. Rerimassie, V., Keulen, I. van & Dorren, G. (2014). *Intieme technologie: de slag om ons lichaam en gedrag.* Den Haag: Rathenau Instituut.

European Photovoltaic Industry Association (2014). *Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018.* Brussel.

European Schoolnet (2014). *Computing our Future.* Geraadpleegd op 18 december 2014 via http://www.eun.org/publications/detail?publicationID=481

Europees Parlement (2001). *Richtlijn 2001/18/EG van het Europees Parlement en de Raad van 12 maart 2001 inzake de doelbewuste introductie van genetisch gemodificeerde organismen in het milieu en tot intrekking van Richtlijn 90/220/EEG van de Raad.* Brussel.

Europees Parlement (2014) COM (2010) 375: *Voorstel voor een verordening van het europees parlement en de raad tot wijziging van Richtlijn 2001/18/EG wat betreft de mogelijkheid voor de lidstaten om de teelt van ggo's op hun grondgebied te beperken of te verbieden*. Brussel.

Europese Commissie (2014a). *Human Brain Project.* Geraadpleegd op 16 december 2014 via https://www.humanbrainproject.eu/

Europese Commissie (2014b). *Responsible research & innovation*. Geraadpleegd op 15 december 2014 via http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/responsible-research-innovation

Farnsworth, C.B. (2014). *Smart Bricks Snap Together Like Big, Concrete Legos*. Geraadpleegd op 16 december 2014 via http://www.greenbuildermedia.com/news/blog/news/smart-bricks-snap-together-like-big-concrete-legos

Forsyth, F. (2010). *The Cobra*. London: Bantam Press.

Friedman, L. (2008). *De aarde is plat*. Amsterdam: Uitgeverij Nieuw Amsterdam.

Gates, B. (1995). *The Road Ahead*. New York City: Viking Press.

Huff, H. (2009). *Into the nano era, Moore's law beyond planar silicon CMOS.* New York City: Springer Publishing.

IBM (2014). *Computational creativity.* Geraadpleegd op 16 december 2014 via http://www.research.ibm.com/cognitive-computing/computational-creativity.shtml#fbid=DHMwV5vOox4

International Energy Agency (2014). *World Energy Outlook 2014*. London.

Jager, J. De (2014). Interview met Jan Kees de Jager, financieel directeur KPN, op 29 september 2014 door Agnes van Ardenne.

Jansma, R. (2014). *FreeWay/Change Route! Reis naar het einde van de weg (as we know it).* Geraadpleegd op 18 december 2014 via http://www.zja.nl/freeway.pdf

Kaku, M. (2011). *Physics of the Future: how science will shape human destiny and our daily lives by the year 2100*. New York City: Doubleday.

Kelly, K. (2010). *What Technology Wants.* New York: Viking Books.

Kreijveld, M., Deuten, J. & Est, R. van (2014). *De kracht van platformen.* Den Haag: Rathenau Instituut.

Kurstjens, H., Maas, J. & Steffens, T. (2012). *NL2030 - een nieuw verdienmodel voor Nederland.* Amsterdam: BCG.

Kurzweil, R. (1999). *The Age of Spiritual Machines*. New York City: Viking Press.

Kurzweil, R. (2005). *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology.* New York City: Viking Press.

Larson, K. (2012). *From folding cars to robotic walls: 5 innovations to make future cities far more livable.* Geraadpleegd op 16 december 2014 via http://blog.ted.com/2012/09/13/from-folding-cars-to-robotic-walls-5-innovations-to-make-future-cities-far-more-livable/

Leadbeater, C & Miller, P. (2004). *The Pro-Am Revolution: how enthusiasts are changing our economy and society.* London: Demos.

Lewis, R. (2014). *Synthetic spider Silk*. Geraadpleegd op 16 december 2014 via http://sbi.usu.edu/single-blog-spider.cfm

Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R., Bisson, P. & Marrs, A. (2013). *Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy.* New York: McKinsey & Company.

Martijn, M. (2014). *Voor fundamentele technologiekritiek, klik hier.* Geraadpleegd op 18 december 2014 via https://decorrespondent.nl/270/Voor-fundamentele-technologiekritiek-klik-hier/8304120-358fa82f

MIT Technology Review (2014). *10 Breakthrough Technologies 2014.* Geraadpleegd op 16 december 2014 via http://www.technologyreview.com/lists/technologies/2014/

Montgomery, A. (2010). *A digital media primer for Geeks.* Geraadpleegd op 6 januari via https://www.youtube.com/watch?v=bIqMQYrq7-I

Munnichs, G., M Schuijff & M. Besters (red.) (2010). *Databases- Over ICG-beloftes, informatiehonger en digitale autonomie.* Den Haag: Rathenau Instituut.

NanoNextNL (2011). *Risk analysis and Technology assessment*. Geraadpleegd op 6 januari 2015 via http://www.nanonextnl.nl/themes/risk-analysis-and-technology-assessment.html

Nationale DenkTank 2014 (2014). *DataWijzer*. Geraadpleegd op 16 december 2014 via http://www.nationale-denktank.nl/eindrapport2014/oplossing-1-hack-je-hokje/oplossing-2-datawijzer-2/

Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (2014a). *Grip on complexity: how manageable are complex systems?* Den Haag.

Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (2014b). *Maatschappelijk verantwoord innoveren.* Geraadpleegd op 15 december 2014 via http://www.nwo.nl/onderzoek-en-resultaten/programmas/maatschappelijk+verantwoord+innoveren

Pelkmans, J. & Renda, A. (2014). *Does EU regulation hinder or stimulate innovation.* Brussel: Centre for European Policy Studies.

Perez, C. (2002). *Technological revolutions and financial capital: the dynamics of bubbles and golden ages.* Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.

Phys.org (2014). *Ultra-fast charging batteries that can be 70% recharged in just two minutes.* Geraadpleegd op 16 december 2014 via http://phys.org/news/2014-10-ultra-fast-batteries-recharged-minutes.html

Planbureau voor de Leefomgeving i.s.m. Centraal Planbureau (2013). *Welvaart en leefomgeving: Horizonscan*. Den Haag.

Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (2014a), *Langer zelfstandig, een gedeelde opgave voor wonen, zorg en welzijn.* Advies 01. Den Haag.

Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (2014b). *Risico's gewaardeerd: naar een transparant en adaptief risicobeleid.* Advies 06. Den Haag.

Rerimassie, V. & Stemerding, D. (2014). *SynBio Politics - Bringing synthetic biology into debate*. Den Haag: Rathenau Instituut.

Ridder, W. de (2011). *De wereld breekt open.* Amsterdam: Pearson Benelux B.V.

Rijksoverheid (2014). *Nationale Iconen 2014*. Geraadpleegd op 5 januari 2015 via http://www.rijksoverheid.nl/doe-mee/lopende-projecten/nationaal-icoon-2014

Rijkswaterstaat (2014). *Verkeersmanagement*. Geraadpleegd op 16 december 2014 via http://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/verkeersmanagement/

Roco, M.C. & Bainbridge, W.S. (2003). *Converging technologies for improving human performance: nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Scheerder, J, Hoogerwerf R & Wilde S. de (2014). *Horizonscan 2050. STT-80.* Den Haag: Stichting Toekomstbeeld der Techniek.

Shopping2020 (2014). *Kernbevindingen Shopping2020*. Geraadpleegd op 5 januari 2015 via https://www.shopping2020.nl/Kernbevindingen_Shopping2020

Slot, M., & Frissen, V. (2007). *Users In The 'Golden' Age Of The Information Society.* Observatorio (OBS*), 1(3), 201-224.

Solaroad (2014). *Unieke Innovatie.* Geraadpleegd op 18 december 2014 via http://www.solaroad.nl/

Steen, van der M., Scherpenisse, J., Hajer, M., Gerwen, O.J. van & Kruitwagen, S. (2014). *Leren door doen: overheidsparticipatie in een energieke samenleving.* Den Haag: Nederlandse School voor Openbaar Bestuur en Planbureau voor de Leefomgeving.

Steen, M. van der & Twist, M. van (2014). *Weerbaar of wendbaar zijn? Strategische opties in de voorbereiding op de drie decentralisaties.* Beleid en Maatschappij (41) 1, 58-64.

Stichting Toekomstbeeld der Techniek (te verschijnen). *Toekomstverkenning Agro & Food.* Den Haag.

Stikker, M. (2013). *Public Domain 4.0*. Geraadpleegd op 18 december 2014 via http://waag.org/nl/blog/public-domain-40

Surowiecki, J. (2004). *The Wisdom of Crowds.* New York: Anchor Books.

Swierstra, T. (2011). *Heracliteïsche ethiek. Omgaan met de soft impacts van technologie.* Geraadpleegd op 6 januari 2015 via http://www.maastricht-university.nl/web/file?uuid=a890d326-daa3-4301-a99e-feb71eabed12&owner=d830039e-09a5-41cd-b29f-32979c7bf950

Timmer, J., Smids, J., Kool, L., Spahn, A. & Est, R. van, (2013). *Op advies van de auto: Persuasieve technologie en de toekomst van het verkeerssysteem.* Den Haag: Rathenau Instituut.

Timmer, J. & Kool, L. (2014). *Tem de robotauto. De zelfsturende auto voor publieke doelen.* Den Haag: Rathenau Instituut.

Townsend, A. (2014). *Re-programming Mobility The Digital Transformation of Transportation in the United States.* New York: New York University.

Translink (2014). *Waarom de ov-chipkaart?* Geraadpleegd op 16 december 2014 via https://www.translink.nl/nl-NL/OV-chipkaart/Waarom-OV-chipkaart

Trendrede.nl (2013). *Trendrede 2014.* Geraadpleegd op 15 december 2014 via http://www.trendrede.nl/trendrede

Tweede Kamer (2014). *Kamerbrief big data en privacy.* Brief van de minister van Economische Zaken aan de Tweede Kamer van 19 november 2014. Vergaderjaar 2014-2015, 32761, nr. 78.

Verbeek, P. (2014). *Op de vleugels van Icarus: hoe techniek en moraal met elkaar meebewegen.* Rotterdam: Lemniscaat.

Verenigd Koninkrijk (2011). *Localism Act.* Geraadpleegd op 18 december 2014 via http://www.local.gov.uk/localism-act

Walker Smith, B. (2014). *A legal perspective on three misconceptions in vehicle automation.* Road Vehicle Automation Lecture Notes in Mobility, Springer, p. 85, juni 2014.

Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (2000). *Het borgen van publiek belang.* Rapport 56. Den Haag: SDU Uitgevers.

Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (2006). *Lerende overheid: een pleidooi voor probleemgerichte politiek.* Rapport 75. Den Haag: Amsterdam University Press.

Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (2014). *Naar een voedselbeleid.* Rapport 93. Den Haag: Amsterdam University Press.

BIJLAGEN

BEGRIPPENLIJST

3D-printen Het produceren van producten of onderdelen die laag voor laag worden opgebouwd met een grotere driedimensionale vormvrijheid dan bij andere productietechnieken.

4D-printen 3D-printen waarbij het product in de tijd driedimensionaal van vorm kan veranderen onder invloed van een verandering in zijn omgeving als water, warmte of elektriciteit.

Algoritme Een eindige reeks instructies die via een aantal stappen naar een beoogd doel leidt.

Aquaponics Een methode om voedsel te verbouwen, waarbij conventionele aquacultuur (het kweken van vissen, schaaldieren en schelpdieren) op een symbiotische manier gecombineerd wordt met hydrocultuur (het kweken van planten in water).

Augmented reality Computergemaakte informatie in beeld en geluid die de werkelijk omgeving aanvult.

Backcasting Vanuit een gewenst toekomstbeeld terugredeneren welke beleidsopties of handelingen dat toekomstbeeld kunnen realiseren.

Bacteriën als een biobrandstoffabriek Een kolonie van bacteriën, bijeengehouden in een vat of petrischaal, die stoffen omzetten in biobrandstof zoals bio-ethanol.

Big data Grote, complexe, veranderende verzameling data die met nieuwe data-analysetechnieken doorzoekbaar en analyseerbaar is, op grond waarvan (statistische) gegevens over en patronen in fenomenen kunnen worden verkregen.

Biokatalyse Het gebruik van enzymen voor biochemische omzettingen op industriële schaal bijvoorbeeld voor voedsel en veevoer, voor de biobased economie en voor medische toepassingen.

Brainmapping Het in kaart brengen van hersenfuncties door het meten van activiteit in de verschillende hersengebieden om de relatie tussen structuur en functie van het menselijk brein te begrijpen.

Cisgenese Vorm van genetische modificatie waarbij DNA wordt ingebracht dat van dezelfde soort of van een kruisbare verwant afkomstig is (COGEM).

CRISPR-Cas Dit systeem (*clustered regularly interspaced short palindromic repeat - associated protein*) kan specifieke DNA-sequenties herkennen om gericht erfelijk materiaal te veranderen. Het is met dit systeem mogelijk om genexpressie te reguleren, (delen van) genen te verwijderen, nieuwe genen of DNA-fragmenten te introduceren of om locaties van bepaalde sequenties binnen het genoom zichtbaar te maken.

Crowdsourcing Het verkrijgen van diensten, ideeën of kennis door bijdragen te vragen, meestal online, aan een grote groep niet vooraf gespecificeerde individuen.

DNA-sequencing Het bepalen van de volgorde van de bouwstenen (nucleotiden) in een DNA-streng.

Domotica Apparaten en infrastructuur in en rond een gebouw die elektronisch registreren, communiceren en sturen, om functies te regelen zoals verlichting, verwarming, zorgtaken en ontspanning, ter verbetering van bijvoorbeeld comfort, energiebesparing en veiligheid.

Drone Een onbemand luchtvaartuig dat autonoom vliegt of op afstand wordt bestuurd.

Ethernet-protocol Een communicatieprotocol voor het uitwisselen van gegevens tussen computers.

Fecale transplantatie Het overbrengen van bacteriën uit de ontlasting van een gezond persoon naar een ontvanger.

Fotonica Leer en techniek van de omzetting van licht naar elektriciteit en andersom (zoals zonnecellen, lichtsensoren en lasers), het transport van licht en licht als drager van informatie.

Genetisch gemodificeerd organisme (ggo) Organisme waarvan het genetische materiaal veranderd is op een wijze die van nature niet mogelijk is door voortplanting of natuurlijke recombinatie en die het vermogen bezit dat genetisch materiaal te vermenigvuldigen of over te dragen (COGEM).

Gentechnologie Benaming voor technieken die leiden tot veranderingen in het genetische materiaal (COGEM).

Geothermie De energie die in de vorm van warmte onder de aardkorst zit opgeslagen.

Koude kernfusie Het versmelten van kernen van verschillende atomen tot een element met een zwaardere kern op een relatief lage temperatuur, waarbij energie vrijkomt.

Kunstmatige fotosynthese Het benutten van zonlicht voor een efficiëntere omzetting dan planten naar andere energiedragers zoals waterstof en ethanol.

Kunstmatige intelligentie De wetenschap die zich bezighoudt met het realiseren van intelligentie in objecten, zoals redeneren, leren of het begrijpen van spraak.

Kwantumcomputer Een computerarchitectuur gebaseerd op eigenschappen van quantumdeeltjes, met een potentieel veel grotere rekensnelheid.

Lab-on-a-chip De techniek om verschillende laboratoriumfuncties op een klein oppervlak te integreren. In het geval van analyse van vloeistoffen zijn er zeer kleine volumes nodig ten opzichte van de reguliere laboratoriumtechnieken.

Internet of things Het concept dat steeds meer objecten, data, processen en mensen verbonden worden aan internet en dus met elkaar. Hierdoor worden allerlei objecten in staat om te communiceren met mensen en met andere objecten en op grond daarvan autonome beslissingen te nemen.

Lantibiotica Een verzameling peptiden met een lengte die varieert tussen de twintig en veertig aminozuren. Ze ontlenen hun naam aan speciale aminozuren die via een zogenaamde thio-etherbrug (één zwavelatoom) aan elkaar gekoppeld zijn: de lanthionines.

Nanobiosensor Een sensor die met behulp van nanotechnologie en een biologisch element, zoals een enzym of een antilichaam, een kleine hoeveelheid analyte kan detecteren.

Nanodeeltje Een deeltje ter grootte van 1 tot 100 nanometer, waarbij zich andere eigenschappen van het materiaal kunnen voordoen dan bij grotere afmetingen.

Neuroimaging Technologie om de structuur en eigenschappen van een menselijk brein af te beelden.

Neuromorphic chip Een microprocessor die ontworpen is op basis van neurologische structuren in plaats van digitale logica, geschikt voor verwerking van complexe sensorische informatie zoals beeld en geluid.

OLED *(organic light emitting diode)* Een lichtemitterende diode (LED) is een lichtbron op basis van halfgeleidermaterialen die licht geven als er stroom doorheen loopt. Organische LEDs bestaan uit organische materialen zoals polymeren, die makkelijker op grote vlakken zijn aan te brengen.

Phage therapy De therapeutische toepassing van *bacteriophages* (virussen die specifieke bacteriën of groepen bacterieën infecteren en zich daarin vermenigvuldigen) om bacteriële infecties te behandelen.

Quadruple helix Een innovatieschool die uitgaat van de samenwerking tussen overheid, bedrijfsleven, kennisinstellingen en burgers.

Quantified self Een concept waarin mensen informatie verzamelen over zichzelf met behulp van technologie met het doel hiervan te leren.

Responsible innovation Een transparant, interactief proces waarin innovatoren, gebruikers en maatschappelijke partijen tot een gedeeld beeld komen over de (ethische) acceptatie, duurzaamheid en maatschappelijk wenselijkheid van het innovatieproces en de verkoopbare producten.

RFID-chip *(radio-frequency identification)* Een chip die via radiosignalen draadloos van een afstand kan worden uitgelezen om een object te identificeren, informatie af te lezen of op te slaan.

Smartband Een polsband die informatie verzamelt over de mate van activiteit van een persoon en lichaamswaarden zoals zijn hartslag. en deelt met een app, zodat hij later kan aflezen hoe lang hij geslapen heeft of hoeveel stappen hij heeft gezet.

Smart grid Een elektriciteitsnetwerk waarbij de vraag naar elektriciteit met behulp van een digitaal intelligent netwerkbeheer afgestemd wordt op in de tijd geoptimaliseerd gebruik van centraal en decentraal opgewekte energie. Apparaten zoals elektrische auto's of wasmachines kunnen elektriciteit afnemen op momenten met een lagere vraag voor eventueel een lager tarief.

Stamcel Een cel die zich kan ontwikkelen tot elke soort lichaamscel en waaruit iedere soort bloedcel gevormd kan worden.

Supergeleiding Het transport van elektronen zonder elektrische weerstand in een bepaalde groep materialen, meest bij zeer lage temperaturen.

Synthetische biologie Een onderzoeksveld dat zich richt op het veranderen van bestaande organismen met als doel het verkrijgen van nuttige functies, en tevens op het ontwerpen en synthetiseren van kunstmatige genen en complete biologische systemen (COGEM).

Technologie De systematische toepassing van (exact-) wetenschappelijke kennis ten behoeve van praktische doeleinden (Stichting Toekomstbeeld der Techniek).

Teleportatie De rechtstreekse verplaatsing van objecten of informatie van de ene plaats naar de andere, zonder dat het object of de informatie fysiek de ruimte tussen beide plaatsen hoeft te doorkruisen.

Telepresence Een verzameling technologieën die de gebruiker het gevoel geeft ergens anders te zijn of een vorm van aanwezigheid van de gebruiker te verwezenlijken op een andere plek dan de gebruiker zelf.

Telerobotica Het op afstand besturen van robots waarbij fysieke handelingen van de bestuurder worden gekopieerd door de robot.

Transistor Een elektronische halfgeleidercomponent die gebruikt wordt voor het versterken of schakelen van elektronische signalen.

Triple helix Een innovatieschool die uitgaat van de samenwerking tussen overheid, bedrijfsleven en kennisinstellingen.

Urban aquaculture Het kunstmatig houden van vissen, schaaldieren en schelpdieren in vijvers en basins in een stedelijke omgeving.

Vertical farming Een vorm van landbouw waarbij gebruik wordt gemaakt van gestapelde (kunstmatig verlichte) kweeklagen in gebouwen of in steden geplaatste hoogbouw, zogenaamde verticale boerderijtorens.

Virtual reality Een door een computer gesimuleerde omgeving die mensen visueel en auditief, soms aan-gevuld met geur en tast, kunnen ervaren als realiteit.

Waarde Een betekenisgevend ideaal of motief.

Well-to-Wheel Een rekenmethode waarin zowel emissies van het voertuig zelf (*Tank-to-Wheel*) als emissies die vrijkomen tijdens winning en het raffinageproces of de productie van elektriciteit (*Well-to-Tank*) worden meegenomen.

TOTSTANDKOMING VERKENNING

Samenstelling van de raadscommissie en projectteam

Raadscommissie

Agnes van Ardenne, RIi (voorzitter raadscommissie)
Toon Buddingh', oprichter en CEO van Akebia Interim Management
Erik Fledderus, managing director Information Society TNO
Annemieke Nijhof, RIi
Frank Witlox, hoogleraar Economische Geografie Universiteit van Gent
René-Jan Zorge, oprichter en CEO van PROOV B.V.

Projectteam

Lianne Doeswijk, projectleider
Mirjam van Gameren, projectassistent
Indra Haimé, projectassistent
Michiel Ooms, projectmedewerker
Yvette Oostendorp, projectmedewerker

Geraadpleegde deskundigen en instanties

Expertmeeting 26 juni 2014 'Inzicht in technologieën'

Monique Blokpoel, senior innovation officer Eneco
Paul Havinga, hoogleraar Pervasive Systems Universiteit Twente
Janneke Hoedemakers, zakelijk directeur Mesa+
Frans Kampers, coördinator Innovative Technologies Wageningen UR
Femius Koenderink, hoogleraar atoom- en molecuulfysica FOM Instituut AMOLF
Elly Konijn, hoogleraar Media Psychologie VU Amsterdam

Expertmeeting 11 juli 2014 'Impact van nieuwe technologieën'

Edwin Hamoen, consultant Institute for Sustainable Process Technology
Michiel Jak, innovation director Mobility TNO
Rein Jansma, architect Zwartsma en Jansma architecten
Michiel Korthals, emeritus hoogleraar Filosofie en Ethiek Wageningen UR
Joris Lohman, directeur Youth Food Movement
Henk Oosterling, hoogleraar Filosofie Erasmus Universiteit Rotterdam
Mieke Oostra, lector Innovatieve Technologie in de Bouw Hogeschool Saxion
Krijn Poppe, business developer Wageningen UR
Egbert Stolk, onderzoeker Stedebouw TU Delft
Paul Veger, CEO Decos Technology Group
Margot Weijnen, hoogleraar Proces- en Energienetwerken TU Delft
Annita Westenbroek, directeur Dutch Biorefinery Cluster
Silke de Wilde, projectleider Stichting Toekomstbeeld der Techniek
Renger Witkamp, hoogleraar Voeding en Farmacologie Wageningen UR

Deelnemers online discussieforum gefaciliteerd door Synmind

Marcus Barber, strategic futurist Looking Up Feeling Good
Robert Bolton, senior creative strategist Idea Couture
Freija van Duijne, mede-oprichter en voorzitter Dutch Future Society
Kaat Exterbille, managing director Strategic Foresight Europese Commissie
Peter Haring, director Research & Development Unilever Research
Rob van den Hoven van Genderen, directeur Center for Law & Internet VU Amsterdam
Helma Kaptein, directeur Generade
Roland Kupers, eigenaar Roland Kupers Consultancy
Glenn Lyons, hoogleraar Transport en Samenleving University of the West of England
Tim Nestik, onderzoeker Russian Academy of Sciences
Krijn Poppe, business developer Wageningen UR
Wytze Schouten, adviseur Mapping the Forest
Tim Schwanen, hoogleraar Transport Studies University of Oxford
Harish Shah, eigenaar Stratserv Consultancy
Ruud Smeulders, eigenaar BrilliantBrains
Gerben Tijkken, infrastructuurspecialist Sogeti
Martin Voorzanger, oprichter Toogethr
Marc van der Ven, projectmanager Ruimtelijke Ontwikkeling Provincie Noord-Brabant
Peter van der Wel, futuroloog en econoom

Voorts zijn gesprekken gevoerd met

Isabel Arends, hoogleraar Biocatalysis and Organic Chemistry TU Delft
Nico Baken, senior strategist KPN
Tiny van Boekel, hoogleraar Productontwerpen en Kwaliteitskunde Wageningen UR
Bart Bos, research manager Smart Mobility TNO
Alex Brenninkmeijer, lid College Europese Rekenkamer
Frans Brom, hoofd Technology Assessment Rathenau Instituut
Ton de Bruin, adviseur Visievorming en Strategie Verbond van Verzekeraars
Henrieke Crielaard, manager Voeding en Gezondheid Centraal Bureau Levensmiddelenhandel
Ton Dassen, senior wetenschappelijk onderzoeker Planbureau voor de Leefomgeving
Paul Diederen, adjunct-directeur Adviesraad voor Wetenschap, Technologie en Innovatie
Rick ten Doeschate, adviseur College van Rijksadviseurs
Ingrid Doorten, senior adviseur Raad voor de Volksgezondheid & Zorg
Freija van Duijne, mede-oprichter en voorzitter Dutch Future Society
Henriëtte van Eijl, policy officer DG Enterprise and Industry Europese Commissie
Lucien Engelen, directeur REshape & Innovation Center Radboud UMC
Rinie van Est, themacoördinator Technology Assessment Rathenau Instituut
Guillén Fernández, hoogleraar Cognitieve Neurologie Donders Instituut Radboud UMC
Frank Hagemeier, directeur Rail Systems / Mobility & Logistics Siemens
Joop Ham, financieel directeur Lely Industries N.V.
Jeroen van den Hoven, hoogleraar Ethiek TU Delft
Jan Kees de Jager, financieel directeur KPN
Marc Jansen, directeur Centraal Bureau Levensmiddelenhandel

Sigrid Johannisse, adviseur vice-president Neelie Kroes Europese Commissie
Francine Houben, architect-directeur en mede-oprichter Mecanoo Architecten
Rob van den Hoven van Genderen, directeur Center for Law & Internet VU Amsterdam
Frans Kampers, coördinator Innovative Technologies Wageningen UR
Marcel Kleijn, senior raadsmedewerker Adviesraad voor Wetenschap, Technologie en Innovatie Aukje Kuypers, voorzitter directieteam Kuijpers Installatie
Bas Kuypers, business development Kuijpers Installatie
Martijn Lazet, mede-eigenaar LazetBuma
Jan Pieter van der Lugt, directeur Food and Nutrition TNO
Geert Munnichs, themacoördinator Technology Assessment Rathenau Instituut
Max Remerie, directeur Business Development & Sustainability Officer Siemens
Jan van Rijsingen, eigenaar J. van Rijsingen Holding
Carl Rohde, eigenaar Science of the Time
Marcel Rommerts, policy officer DG Mobility & Transport, Europese Commissie
Willem Jan Snel, architect Mecanoo Architecten
Martijn van der Steen, co-decaan en adjunct-directeur Nederlandse School voor Openbaar Bestuur
Marleen Stikker, mede-oprichter en directeur Waag Society
Marja van Strien, programmadirecteur Connecting Mobility Rijkswaterstaat
Jan Hendrik Sweers, strategisch adviseur Connecting Mobility Rijkswaterstaat
Tsjalling Swierstra, hoogleraar Filosofie Universiteit Maastricht
Jelte Timmer, junior onderzoeker Rathenau Instituut
Anton Valk, geassocieerd lid Rli
Peter-Paul Verbeek, hoogleraar Filosofie van Mens en Techniek Universiteit Twente
Geert Verbong, hoogleraar System Innovations and Sustainability Transitions TU Eindhoven
Richard Weurding, directeur Verbond van Verzekeraars
Ellen Rowan-Willemse, projectleider Stichting Toekomstbeeld der Techniek

Gesprekken departementen

Jan Bert Dijkstra, directeur programma Beter Benutten Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Imar Doornbos, senior beleidsmedewerker Directie Energie en Duurzaamheid Ministerie van Economische Zaken
Fred Eybergen, senior beleidsmedewerker Directie Onderzoek en Wetenschapsbeleid Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap
Mark Frequin, directeur-generaal Wonen en Bouwen Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
Vincent van der Gun, coördinerend specialistisch adviseur directie Ruimtelijke Ontwikkeling Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Niek Hazendonk, senior beleidsmedewerker directie Agrokennis Ministerie van Economische Zaken
Hans Hoogeveen, directeur-generaal Agro Ministerie van Economische Zaken
Willemieke Hornis, senior beleidsmedewerker directie Ruimtelijke Ontwikkeling Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Caspar de Jonge, programmamanager programmadirectie Beter Benutten Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Maarten Kansen, wetenschappelijk onderzoeksmedewerker Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Kees Lever, directeur Plantaardige Agroketens en Voedselkwaliteit Ministerie van Economische Zaken

Ferdi Licher, directeur Kennis en Verkenningen Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties

Lidewijde Ongering, directeur-generaal Bereikbaarheid Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Henk Reinen, MT-lid directie Voeding, Gezondheidsbescherming en Preventie Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

Marjolijn Sonnema, destijds directeur Voeding, Gezondheidsbescherming en Preventie Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

Giap Tan, senior adviseur Kennis en Verkenningen Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties

Hans Tijl, directeur Ruimtelijke Ontwikkeling Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Martijn Weijtens, MT-lid directie Plantaardige Agroketens en Voedselkwaliteit Ministerie van Economische Zaken

Nora van der Wenden, directeur Onderzoek en Wetenschapsbeleid Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap

Externe reviewers

Frans Brom, hoofd Technology Assessment Rathenau Instituut

Valerie Frissen, directeur SIDN Fonds / raadslid AWTI

Martijn van der Steen, co-decaan en adjunct-directeur Nederlandse School voor Openbaar Bestuur

Rob van den Hoven van Genderen, directeur Center for Law & Internet VU Amsterdam

OVERZICHT PUBLICATIES

2014

Vrijkomend rijksvastgoed, over maatschappelijke doelen en geld. December 2014 (Rli 2014/07)

Risico's gewaardeerd, naar een transparant en adaptief risicobeleid. Juni 2014 (Rli 2014/06)

Milieuschade verhalen, advies financiële zekerheidsstelling milieuschade Brzo- en IPPC4-bedrijven. Juni 2014 (Rli 2014/05)

De toekomst van de stad, de kracht van nieuwe verbindingen. April 2014 (Rli 2014/04)

Kwaliteit zonder groei, over de toekomst van de leefomgeving. April 2014 (Rli 2014/03)

Doen en laten, effectiever milieubeleid door mensenkennis. Maart 2014 (Rli 2014/02)

Langer zelfstandig, een gedeelde opgave van wonen, zorg en welzijn. Januari 2014 (Rli 2014/01)

2013

Duurzame keuzes bij de toepassing van het Europees landbouwbeleid in Nederland. Oktober 2013 (Rli 2013/06)

Sturen op samenhang, governance in de metropolitane regio Schiphol/Amsterdam. September 2013 (Rli 2013/05)

Veiligheid bij Brzo-bedrijven, verantwoordelijkheid en daadkracht. Juni 2013 (Rli 2013/04)

Nederlandse logistiek 2040, designed to last. Juni 2013 (Rli 2013/03)

Onbeperkt houdbaar, naar een robuust natuurbeleid. Mei 2013 (Rli 2013/02)

Ruimte voor duurzame landbouw. Maart 2013 (Rli 2013/01)

2012

Keep Moving, Towards Sustainable Mobility. Edited by Bert van Wee. Oktober 2012 (Rli/EEAC)

Colofon

Tekstredactie
Catherine Gudde, Paradigma Producties

Fotoverantwoording
Cover: eVolo/REX / Hollandse Hoogte
Pagina 6: Corbis / Hollandse Hoogte
Pagina 10: Hans Peter van Velthoven / HP|PH Photography
Pagina 16: CAMERA PRESS/ED/CE - Google / Hollandse Hoogte
Pagina 23: Bram Petraeus / Hollandse Hoogte
Pagina 27: Christophe Licoppe - Philip Reynaers / Hollandse Hoogte
Pagina 34: Corbis / Hollandse Hoogte
Pagina 39: Flip Franssen / Hollandse Hoogte
Pagina 45: GE Japan Corporation

Grafisch ontwerp
2D3D Design

Publicatie Rli 2015/01
Januari 2015

Vertaling
Deze verkenning is vertaald in het Engels en te downloaden via www.rli.nl.
Hans van Leeuwen, Blue Chip

Digitaal magazine
Deze verkenning is in een verkorte Engelse versie beschikbaar ook als digitaal magazine, te bekijken via www.rli.nl. Tekst: Joost van Kasteren / Vertaling: Balance2, Amsterdam.

ISBN 978-90-77166-57-4
NUR 740