



INSPIRATION SERIES
**RICHARD
VAN HOOIJDONK**
TRENDWATCHER & FUTURIST

TRENDS 2017-2018



**RICHARD
VAN HOOIJDONK**
TRENDWATCHER & FUTURIST



Richard van Hooijdonk
Trendwatcher & futurist

Trendwatcher, futurist en internationaal topspreker Richard van Hooijdonk neemt je mee naar een inspirerende toekomst die leven, werken en ondernemen drastisch gaat veranderen. Nieuwe technologie zal impact hebben op alles wat we doen. Inmiddels zijn de spraakmakende inspiratiesessies door ruim 350.000 mensen bijgewoond en werkt hij samen met BNR en RTL . Daarnaast presenteert hij wekelijks BNR 'Mindshift'. Met zijn internationale research-team onderzoekt hij 'megatrends' als robotica, dronetechnologie, zelfrijdend vervoer, Internet of Things, virtual reality, cryptocurrency, quantum computing, big data, biotech, nanotech, neurotech en de gevolgen daarvan voor vele sectoren.

Richard van Hooijdonk is onlangs verkozen tot meest gevraagde trendwatcher van Nederland.

Verwante wetenschappen en complementaire technologieën



Richard van Hooijdonk
Trendwatcher & futurist

De opwindendste technologietrends van 2017-2018 transformeren de toekomst. Dat is een feit en absoluut niet overdreven. De trends die we in dit trendboek bespreken geven aan wat ons te wachten staat: technologieën die het leven van onze kleinkinderen zullen bepalen.

Het is een spannend idee dat sommige dingen die mensen nog steeds zien als sciencefiction, in werkelijkheid nu al mogelijk zijn. Om ervoor te zorgen dat we het wetenschappelijk onderzoek naar trends die de toekomst definiëren op de juiste manier analyseren, gebruiken we harde feiten en de best mogelijke inzichten als basis.

Ons doel is om aan te geven hoe ver de wetenschap is gevorderd en wat de grenzen zijn. Die informatie willen we begrijp-

elijk maken, zodat jij de disrupties van nu en straks – de komende decennia – kunt volgen. Sommige veranderingen, die door een samenspel van met elkaar verbonden wetenschappen in gang zijn gezet, zullen aanvoelen als aardbevingen. Wij analyseren deze en aanvullende ontwikkelingen en leggen ze uit.

Wij weten dat het steeds lastiger is om alle techtrends bij te houden. Toch is het belangrijk een idee te hebben van de manier waarop biologie, scheikunde, natuurkunde en techniek als nooit tevoren samenwerken. Veel van het harde werk is door ons al gedaan, zodat jij kunt zien wat die trends precies inhouden en hoe de ene trend overgaat in de andere. Uiteindelijk zullen de grenzen van het onmogelijke daardoor steeds verder uitrekken.

VOORWOORD

Ook willen we je een glimp van de toekomst laten zien, door ervoor te zorgen dat je een holistisch gevoel krijgt bij al die nieuwe ontwikkelingen en beseft dat elke toekomstige trend verbonden is met andere trends.

Het is moeilijk te zeggen welke innovatie aan de basis heeft gestaan van al deze 'samenwerkende' trends maar, wist je dat:

- de technologie om machines met je gedachten te besturen al bestaat?
- het al mogelijk is om in real time organen te printen die persoonlijk afgestemd zijn op de transplantatiepatiënten?
- kunstmatige intelligentie nu al hedgefonds kunt beheren?
- artsen patiënten een sensor in pilvorm kunnen laten slikken, die alles rapporteert, van de kwaliteit van de vitale levensfuncties tot de effectiviteit van de ingenomen medicijnen?

Wie op de hoogte is van al bestaande technologieën, zal onze voorspellingen beter begrijpen. Dat we veroudering binnen drie decennia kunnen tegenhouden, bijvoorbeeld. Of dat android-assistenten straks bijna overal gemeengoed zijn. Ook dat verkeersongelukken en files - dankzij zelfrijdende en zelfreparerende auto's - binnenkort tot het verleden behoren.

Ben je bereid de komende veranderingen te omarmen? Ben je klaar voor de toekomst?

Internet of Things

Robotica

Zelfrijdende systemen

3D/4D printen

Virtual reality, augmented reality
en mixed reality

Biotech

Neurotech

Nanotech

Big data

INHOUD

Internet of Things



Het in feite ongecompliceerde Internet of Things (IoT) is een netwerk van sensoren, processoren en software dat miljoenen apparaten met elkaar verbindt. Voor jou heeft dat als voordeel dat je kunt beschikken over heel veel data, die je ook nog eens kunt controleren.

Kunstmatige of artificiële intelligentie (AI) kan voorspellende analyses uitvoeren op basis van deze bijna onvoorstelbare stortvloed aan informatie (big data). De connectiviteit die deze horizontale en verticale integratie aanstuurt, maakt de ontwikkeling van slimme technologie nog krachtiger.

Een steeds belangrijker onderdeel van het IoT zijn draagbare

medische apparaten (wearables) en implantaten. Door een pil te slikken waarin een sensor ter grootte van een zandkorrel is 'verstopt', kunnen patiënten artsen en andere zorgverleners real time informatie geven over de vitale functies en processen in hun lichaam. Dit betekent in de praktijk dat artsen medijnafhankelijkheid, leefstijlveranderingen en de mate waarin patiënten zich aan de behandeling houden objectief kunnen meten. Ook de patiënten weten daardoor meteen of de medicijnen die zij gebruiken aanslaan.

Heel belangrijk is het feit dat patiënten zelf kunnen bepalen welke informatie wanneer en met wie wordt gedeeld,

wat zorgen over privacy grotendeels overbodig maakt.

Dit is geen sciencefiction. Barton Health in de Verenigde Staten is al begonnen met het voorschrijven van Proteus Discover, een 'systeem' dat bestaat uit inslikbare sensoren, een kleine draagbare sensorpleister, een app op een mobiel apparaat en een providerportaal. Eenmaal geactiveerd geeft het systeem een ongekend inzicht in de gezondheidspatronen van de patiënt en de effectiviteit van medicijnen. Dat leidt tot accuratere diagnoses en betere behandelingen waar alle betrokkenen baat bij hebben.

Robotica



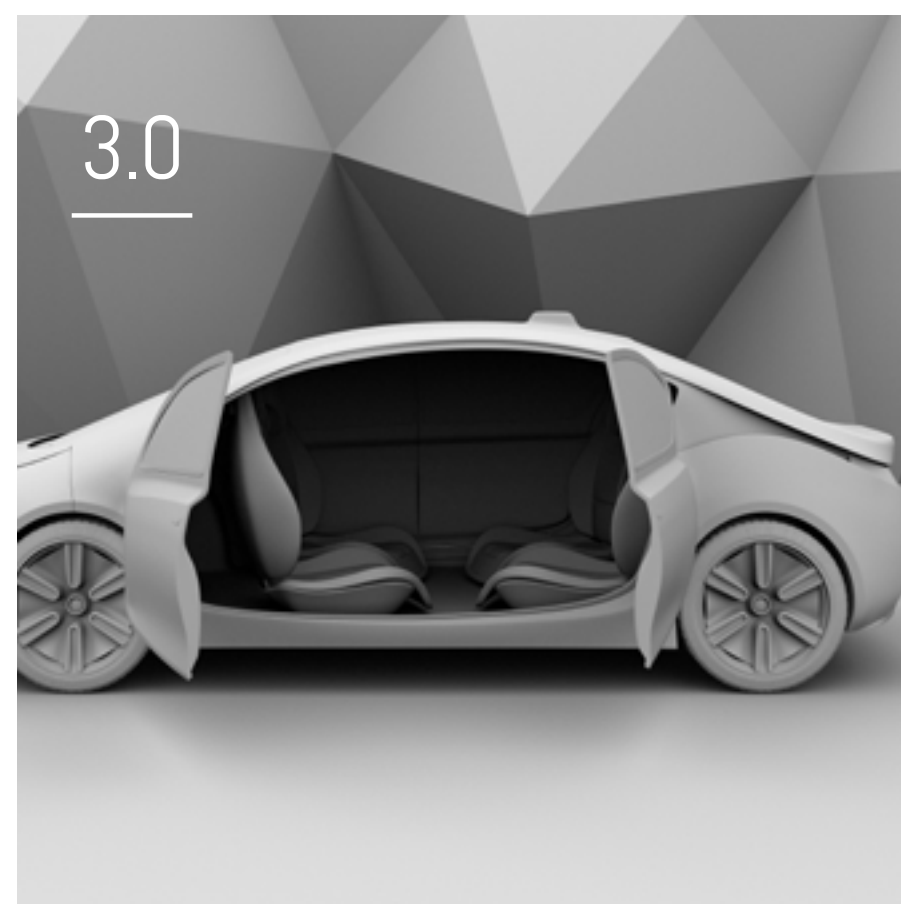
Robotica heeft de laatste jaren een enorme ontwikkeling doorgemaakt. Vergeleken bij menselijke arbeid kost automatisering relatief steeds minder. Bovendien erkent een groeiend aantal mensen dat geavanceerde robots wat een aantal taken betreft zelfs superieur zijn aan goed opgeleide arbeiders. Dit betekent dat robotautomatisering snel deel zal gaan uitmaken van ons dagelijks leven, thuis en op de werkvloer. De ruwe automatisering uit het verleden maakt dus plaats voor kleinere, slimmere en mobielere gerobotiseerde apparaten. We moeten ons voorbereiden op een revolutionaire verandering in productie, logistiek, geneeskunde en thuiszorg.

We denken vaak dat robotica uitsluitend iets is voor de zware industrie. Maar dat is een ouderwetse zienswijze. Dankzij een betere mobiliteit, het streven naar minder krachtsinspanning en het feit dat lerende machines er aankomen, zal robotica het belang van fabrieken overstijgen. Een legioen van robots vindt in de toekomst zijn weg naar vele particuliere woningen, waar zij de bewoners als persoonlijke assistenten veel werk uit handen nemen. Android-assistenten en volledig geautomatiseerde fabrieken zijn zeer binnenkort werkelijkheid!

Recente ontwikkelingen op het gebied van kwantumcomputers,

zoals Watson van IBM, wijzen op de komst van onvoorstelbaar slimme, denkende machines die het potentieel hebben om accountants, ingenieurs, artsen en advocaten te vervangen. Mobiele, intelligente, veilige robots nemen straks misschien tot wel 80 procent van de bestaande banen over, met een toekomstige werkgelegenheids crisis als gevolg. De vierde industriële revolutie heeft een enorme impact op de werkgelegenheid.

Zelfrijdende systemen



Zelfrijdende systemen zijn al zover klaar, dat zij de manier waarop ons vervoer is geregeld voor altijd kunnen veranderen. Recente ontwikkelingen en verbeteringen op het gebied van informatie delende sensoren, real-time dataverwerking en draadloze communicatie houden in dat machines straks de controle over je auto overnemen. Hierdoor kun je tijdens het rijden de krant lezen, je e-mail checken of ontspannen en genieten van de rit. Deze trend belooft onontkoombare disruptie en is veel geavanceerder dan veel mensen zich realiseren.

Otto, een in Californië gevestigde en door Uber overgenomen startup, laat zien hoever deze trend al is ontwikkeld. Otto heeft onlangs een autonome tractor-aanhanger gepresenteerd, uitgevoerd met high-tech-apparatuur ter waarde van \$30.000, die in staat is zonder menselijke inmenging op 190 kilometer afstand lading af te leveren.

Otto gebruikt een serie sensoren, waaronder lidar, een technologie die in dit geval de afstand tot andere voertuigen op de weg meet met behulp

van licht (laserpulsen). Een bedrag van \$30.000 voor het upgraden van een personenauto lijkt veel, maar voor een bestaande tractor of vrachtwagen is het een verstandige uitgave. Een nieuwe truck is zes keer zo duur.

De vraag is niet *of* zelfrijdende systemen menselijke chauffeurs gaan vervangen, maar *hoe snel* dat gebeurt. Implementatie van deze nieuwe techniek zal op termijn tijd en geld besparen.

INHOUD

3D/4D Printen



3D-printen is een aanvullende productiewijze, waarbij lagen van thermoplastisch of hars door precisieapparatuur worden geperst in een bepaalde vorm en daarna worden gehard. Printtechnologie heeft voor traditionele productiemethoden en de geneesmiddelenindustrie al voor disruptie gezorgd, maar nu de technologie verbetert en de prijzen dalen, staat verdere innovatie voor de deur, variërend van de detailhandel tot medische implantaten en restaurants.

Doordat 3D-print technologie het mogelijk maakt om op aanvraag te produceren en printers in de nabije toekomst niet perse op een centrale plaats hoeven te staan, kun je straks eenvoudig een product bestellen en het thuis binnen enkele minuten printen. Ditzelfde gemak geldt ook voor bedrijven, die niet meer hoeven te wachten tot een vervangend onderdeel is

verscheept en afgeleverd. Ook zij kunnen onmiddellijk *in house* printen, waardoor doorlooptijden straks tot het verleden horen.

De mogelijkheden van 3D-printen zijn verbazingwekkend. Het Wake Forest Baptist Medical Center heeft met succes oor-, bot- en spierstructuren geprint, die later in dieren zijn geïmplan-teerd. Het geprinte weefsel is in de testdieren op natuurlijke wijze gaan groeien en functioneren. Het onderzoek is gefinancierd door het Amerikaanse leger, dat hoopt dat soldaten op deze manier kunnen herstellen van anders catastrofale verwondingen.

Het printen van organische weefsels, waaronder bloedvaten, is mogelijk dankzij de bio-inkt die door wetenschappers van de Universiteit van Missouri is ontwikkeld. Dat is in feite een vloeibare suspensie van

cellen en nutriënten, vaak met een anorganische structuur of matrix waarop cellen kunnen groeien. Eenmaal geprint in de juiste vorm, wordt de ontstane structuur ondergedompeld in nutriënten of geïmplan-teerd, waarna het groeiproces begint.

Het bioprintbedrijf Organovo produceert op dit moment lever- en nierweefsel voor onderzoek. Door dit op ethisch verantwoorde wijze te testen op mensen is het bijvoorbeeld mogelijk te bepalen wat de veilige limieten zijn voor het toedienen van medicijnen. In de zeer nabije toekomst zijn menselijke organen op deze wijze ook voor transplantatiedoeleinden te kweken, waardoor vele levens worden gered en lange wachtlijsten voor geschikte organen tot het verleden gaan behoren.

En dit is nog maar het begin.

Virtual reality, augmented reality and mixed reality



Virtual en augmented reality zullen het onderwijs, het bedrijfsleven en de gezondheids- en amusementsindustrie voor altijd veranderen.

Hoe meeslepend de veranderingen uiteindelijk zijn hangt af van de ervaringen die ze veroorzaken. Virtual reality (VR) neemt de gebruiker mee van de echte naar een gesimuleerde wereld. Augmented reality (AR) voegt een digitale 'laag' toe aan de omgeving waarbinnen de gebruiker zich bevindt, zoals grafieken of andere extra informatie. Gemengde realiteit, of mixed reality (MR), heeft iets van beide en leidt tot het beïnvloeden van de werkelijkheid door die aan te vullen met interactieve digitale aspecten.

Stel je voor dat je door een huis loopt dat je wilt kopen en alle informatie die je nodig hebt, variërend van woon-werkreistijden tot de afmetingen van de kamers, het bad, de keuken en je kantoor, verschijnt op precies op het goede moment in beeld. Dat kan doordat de MR-bril die je draagt al je oogbewegingen registreert, precies weet waar je naar kijkt en 'aanvoelt' op welk moment je meer wilt weten over de hoogte van de hypotheek of de energiekosten. Ook is het met AR mogelijk je eigen meubels in de nieuwe kamers te projecteren, waardoor je precies kunt zien of de bank past.

Makelaars kunnen niet wachten op dit soort virtuele rondleidingen. Straks kunnen hun klanten

met een VR headset op woningen of bedrijfspanden bekijken vanuit hun eigen luie stoel. Het 3D-model van de woning, compleet met de meubelen en accessoires van de gebruikers zodat zij virtueel kunnen nagaan wat past of niet past, geeft een levensecht gevoel bij het huis dat ze via VR 'bezichtigen'.

Biotech



Bij biotechnologie is verbeelding even belangrijk als wetenschap. Het is belangrijk biologie te beschouwen als een complexe technologie, die we in ons voordeel moeten omvormen.

Om het leven zelf te kunnen manipuleren, moeten wetenschappers de beste kwantumcomputers koppelen aan innovatieve nanotechnologie en ontwikkelingen in biologie en scheikunde. In dat kader onderstreept ook biotech-

nologie de groeiende trend dat wetenschappen en bouwkunde steeds meer met elkaar en de snelste computers – die een toenemende verwerkingscapaciteit hebben – verbonden zijn. Wanneer dat bovendien onze verbeelding prikkelt, kan dat leiden tot interessante mogelijkheden.

Onderzoekers van de Universiteit van Californië in San Francisco en de daaraan gelieerde Gladstone Institutes, hebben

een 'gen-montageplatform' genaamd CRISPR gebruikt om T-cellen te kopiëren van mensen die genetisch immuun zijn voor de effecten van hiv. Door de cellen van 'gewone' mensen aan te passen, is het mogelijk deze genetische weerstand op hen over te brengen.

Stel je voor dat je daardoor kunt worden ingeënt tegen hiv! Dat is pas het begin van deze fantastische trend.

Neurotech



Door te focussen op de interactie tussen brein en computer, verbindt neurotechnologie gedachten met de buitenwereld. Afhankelijk van complexe sensoren en verfijnde wetenschappelijke en technische ontwikkelingen, biedt neurotechnologie blinden de kans te zien, dwarslaesiepatiënten (weer) te lopen en depressieve mensen zichzelf te helen. Neurotech stelt ons ook in staat machines te besturen met onze gedachten, waardoor we in zelfs aanverwante technologieën als robotica en zelfrijdende systemen kunnen revolutioneren.

De sleutel tot deze nieuwe technologie is de brein-com-

puter interface (BCI), een systeem dat zorgt voor een directe meting van breinactiviteit door kleine elektrische signalen te vertalen in een taal die de computer kan begrijpen. Daardoor kan een enkele gedachte in potentie alles besturen dat kan worden geautomatiseerd.

Klinkt als sciencefiction?

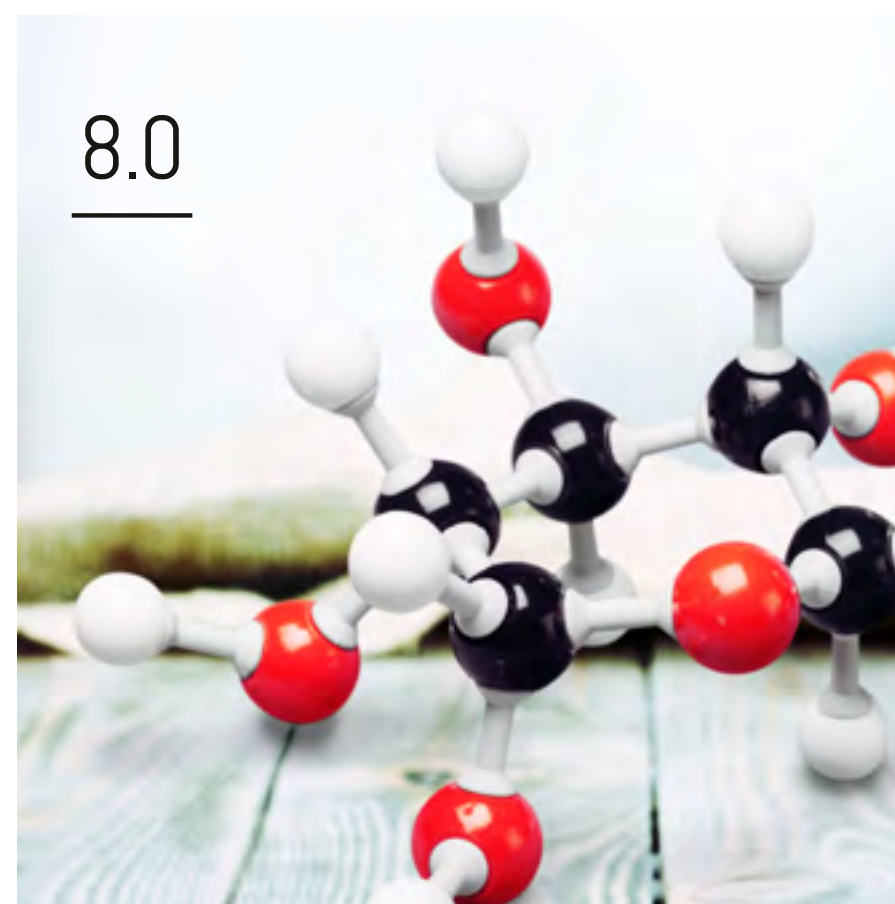
Philips ontwikkelt al medische systemen voor thuisgebruik die van een BCI gebruikmaken. Daardoor kunnen patiënten die lijden aan neurodegeneratieve aandoeningen, zoals Alzheimer en de ziekte van Parkinson, hun medische apparaten zelf thuis besturen. Deze systemen meten de elektrische activiteit

van het brein die wordt gegenereerd door bepaalde gedachten, zoals 'open mijn e-mail'. De interface vertaalt deze gedachten in een commando, zoals een stemgestuurd systeem zou doen, waardoor een patiënt met een beperking of spraakgebrek toch in staat is apparaten te activeren en besturen, zonder dat hij zijn stem of handen hoeft te gebruiken.

Niet alleen wordt onafhankelijkheid door deze technologie een bereikbaar doel voor mensen die anders voortdurend zorg nodig hebben, het is ook een volgende stap naar meer vormen van met gedachten gestuurde robotica.

INHOUD

Nanotech



Nanotech is net zo interessant als gecompliceerd. Deze technologie onderzoekt en gebruikt de verrassende eigenschappen van microdeeltjes en zet daarmee de regels van de fysica en de scheikunde op z'n kop. Van antimicrobiële vormen tot buizen met omhulsels die niet dikker zijn dan een atoom, nanotechnologie belooft een radicale disruptie van materiaalwetenschap en geneeskunde.

Deze ontwikkelingen in de nanotechnologie staan echter niet op zichzelf. Het gaat om vooruitgang op meerdere terreinen, zoals fysica, scheikunde, 3D-printen, biologie en bouwkunde. En deze aanvullende wetenschappelijke ontwikkelingen geven de werkelijkheid opnieuw vorm door een onvoorstelbare grote variatie aan toepassingen te introduceren. Een veelbelovend voorbeeld van nanomachines is ontwik-

keld door Joseph Wang van de Universiteit van Californië in San Diego en Anna Balazs van de Universiteit Pittsburgh. Met door hen gecreëerde microscopische 'motoren' van goud en platina tonen ze aan dat de toevoeging van waterstofperoxide de microdeeltjes helpt bij het zelfherstel van ontworpen circuits. Door de chemische reactie tussen de vloeistof en het platina en het daaruit ontstane drijfgas wordt, ontdekten ze, de gouden kant van de zogenoemde Janusdeeltjes aangetrokken door het energiewaardeverschil dat is veroorzaakt door de disruptie. Het gevolg is dat de deeltjes effectief op de plek terechtkomen waar ze het circuit kunnen afsluiten en de reparatie in werking kunnen zetten.

Stel je voor dat je de volgende keer als je koffie morst op je pc of je mobiel in het water valt, de

beschadigde circuits zichzelf kunnen herstellen! Uitermate veelbelovend, natuurlijk. Maar de ontwikkelingen zelf zijn nog veel fascinerender.

Reparatiekosten van bestaande technologieën waarop we dagelijks rekenen, zoals communicatiesatellieten, zijn meestal vrij hoog. Het is onpraktisch om de satellieten terug te halen als een circuit uitvalt en in de ruimte repareren is vaak ook geen optie. Nano-deeltjes kunnen er daarentegen voor zorgen dat satellieten zichzelf bijvoorbeeld kunnen herstellen. Dat bespaart miljoenen euro's en garandeert een langdurige ononderbroken dienstverlening.

Het duurt niet lang meer voordat bijna alle elektronica zichzelf kan repareren.

Big data



Big data is een aanzwellende tsunami van informatie, gegenereerd door mobiele apparaten, sensoren, het Internet en genetwerkte objecten als pinapparaten en wearables. Big data is 'ruw en ongestructureerd' en heeft een verfijnde analyse nodig voordat het bruikbaar is.

Big data is de sleutel tot klanttevredenheid en de spil voor het vervullen van dagelijkse consumentenwensen. Dankzij big data zijn bedrijven beter in

staat hun klanten te begrijpen, weten ze wat klanten willen en kunnen ze daar onmiddellijk op reageren. En door big data te combineren met kunstmatige intelligentie zijn fantastische nieuwe ontwikkelingen mogelijk.

Door machines beheerde hedgefonds zijn al een realiteit. Aidya, dat wordt gerund door een complex AI-systeem, gebruikt de data die het verzamelt op de wereldwijde financiële markten – echte big data – voor het voorspellen van prijsschom-

melingen en markttrends voor de lange termijn. Aidya werkt ongeveer zoals het menselijk brein en probeert marktveranderingen te begrijpen door ze in de juiste context te plaatsen en te kijken naar zowel het grote geheel als de individuele spelers. Het gaat niet om sneller, maar om slimmer handelen.

Aidya is nog maar het topje van de ijsberg.

TRENDS 2017



1.0

Het Internet
of Things:
slimme
verbindingen



4.0

3D/4D printen:
de productiemethode
van de toekomst



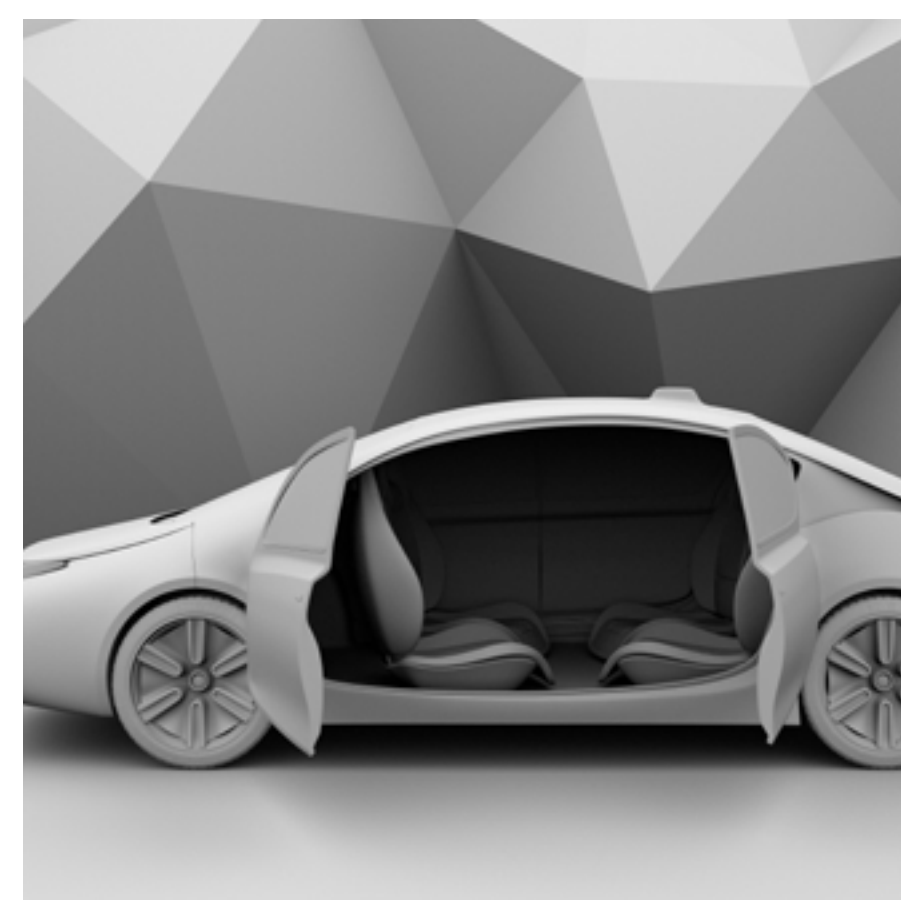
2.0.

Robotica:
Androïden aan
de horizon



5.0.

Virtual reality,
augmented reality
en mixed reality:
zien is echt geloven



3.0

Zelfrijdende
systemen:
de weg op met
denkende machines
achter het stuur



6.0

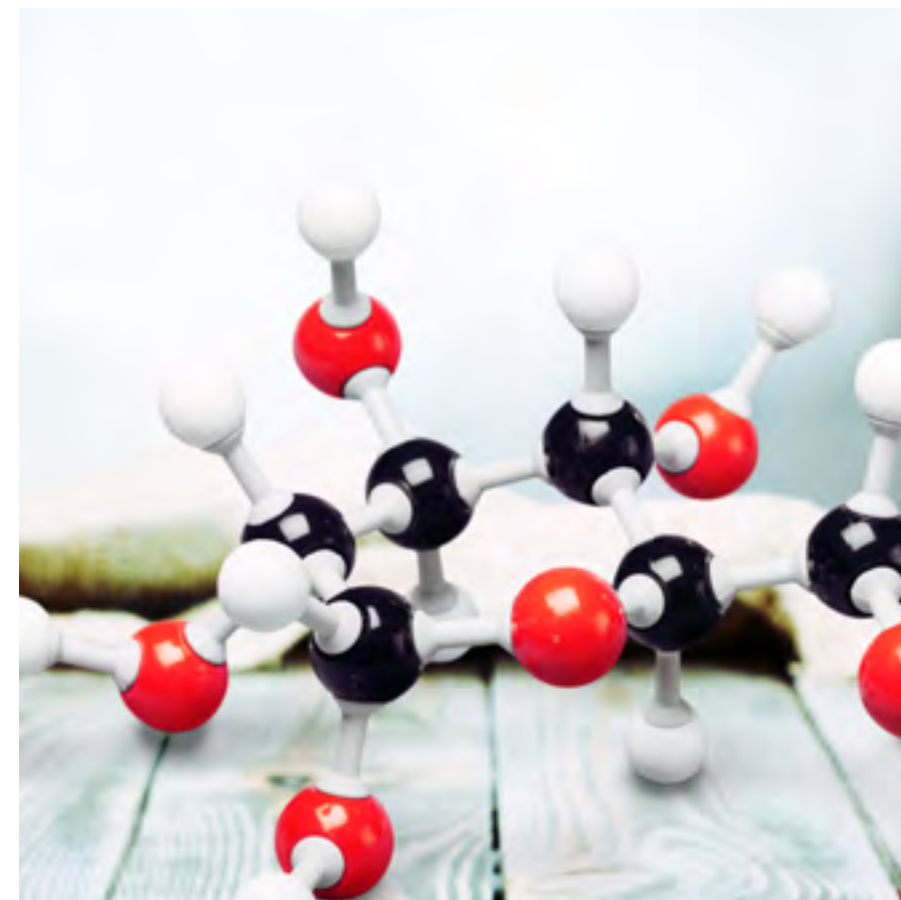
Biotechnologie:
het leven als
technologie

TRENDS 2017



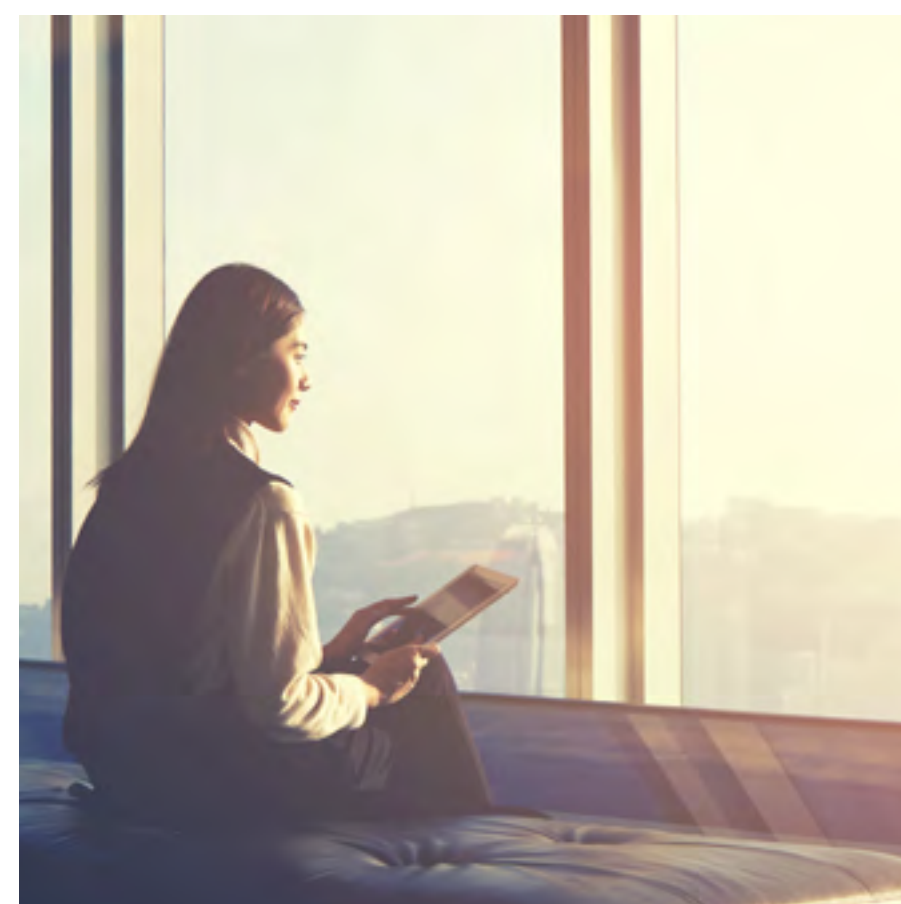
7.0

Neurotech:
Breintechnologie
en neuro-hacks



8.0

Nanotech:
Microscopisch
is groots



9.0

Big data:
Beter leven,
dankzij betere
informatie



1.0

Het Internet of Things: slimme verbindingen

IOT

CONNECTIONS
DISTRIBUTIONS
SEGMENTATIONS
SOCIAL NETWORK



Het in concept ongecompliceerde Internet of Things (IoT) is een netwerk van sensoren, processoren en software dat miljoenen apparaten met elkaar verbindt. Voor jou heeft dat als voordeel dat je kunt beschikken over heel veel data, en deze informatie kun je ook nog eens controleren.

Kunstmatige of artificiële intelligentie (AI) kan voorspellende analyses uitvoeren op basis van deze bijna onvoorstelbare stortvloed aan informatie (big data). De connectiviteit die deze horizontale en verticale integratie aanstuurt, maakt de ontwikkeling van slimme technologie nog krachtiger.

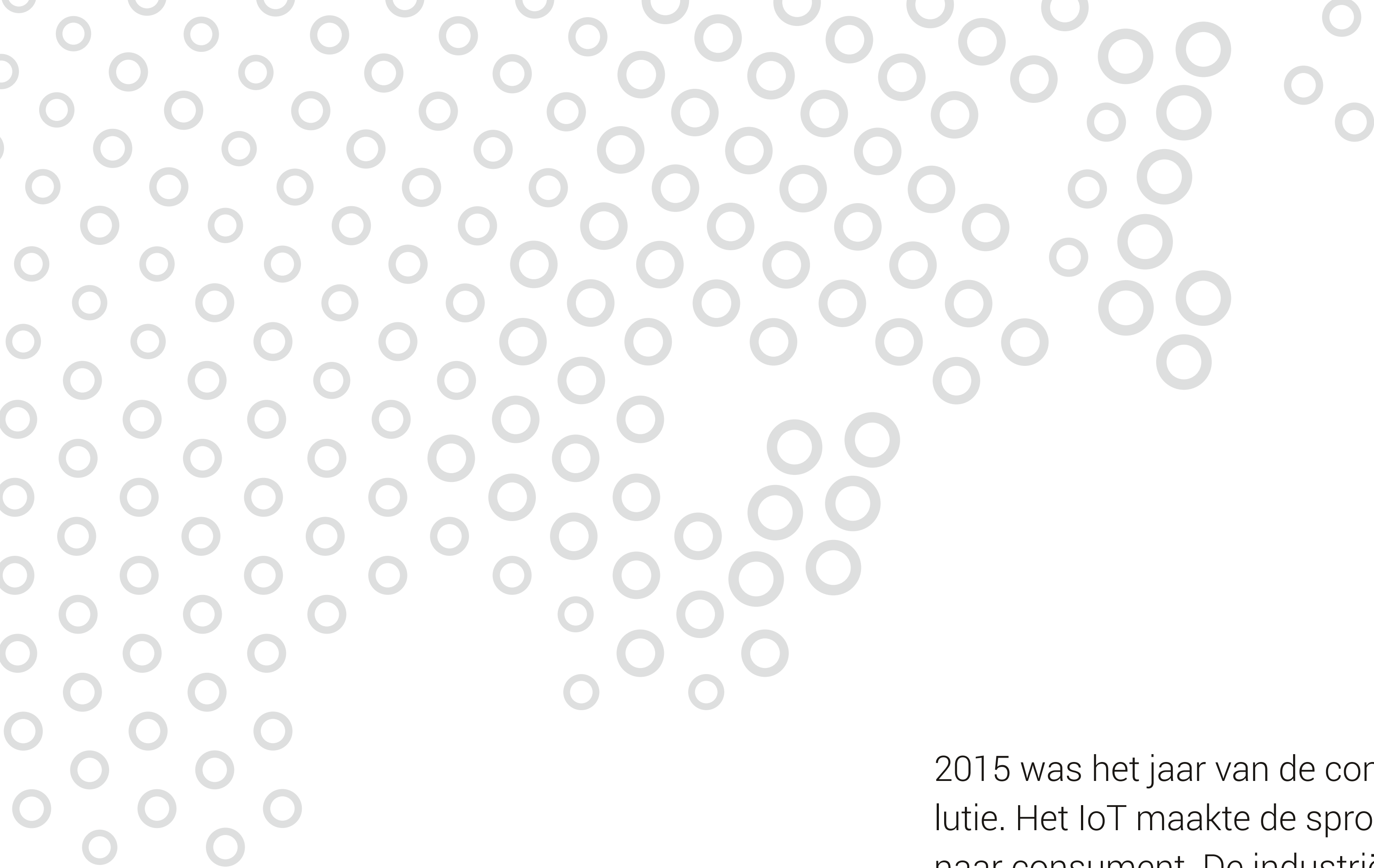
De afgelopen jaren

Het is belangrijk te begrijpen dat de technologie achter het IoT geen op zichzelf staande trend is, maar een samenspel van een aantal interconnectieve ontwikkelingen. In 2014 werd kunstmatige intelligentie gebruikt om patronen te ontdekken en te beoordelen binnen het enorme data-aanbod. De overal aanwezige mobieltjes en andere data genererende apparaten en 'wearables' maken de datastroom zo groot dat die inmiddels een kritisch punt heeft bereikt. Verbeteringen in sensortechniek, cloud computing en draad-

loze snelheid hebben de integratie mogelijk gemaakt tussen verschillende databronnen en het centrum dat al die gegevens verwerkt en analyseert.

Crowdfunding en een explosie van durfkapitaal faciliteerden in 2014 een snelle groei van het Internet of Things. Op alle fronten was vooruitgang te zien. Bijvoorbeeld bij het beter monitoren van patiënten, maar ook op het gebied van augmented reality, zelfrijdende auto's, slimme steden, verbonden fabrieken

en robotica. De snelheid waarmee startups, fusies en overnames zich manifesteerden was eveneens groot. Industriële giganten als Cisco en Google slokten potentiële concurrenten en medewerkers op.



2015 was het jaar van de consumentenrevolutie. Het IoT maakte de sprong van industrie naar consument. De industriële en commerciële IoT-toepassingen liepen aanvankelijk niet synchroon, maar illustreerden het gebruik van wearables door werknemers dat verandering op komst was. De groei van het consumenten-IoT liet zien dat het publiek de voordelen van deze nieuwe technologie had ontdekt. In 2015 begon Best Buy met het aanbieden van een 'smart home'-sectie, met elkaar verbonden wearables van Fitbit gaven fitness een ander gezicht en gekoppelde slimme elektronica vond op grote schaal zijn weg naar het dagelijks leven van steeds meer mensen. Volgens Harbor Research kwamen er in 2015 drie miljard nieuwe verbonden apparaten bij.

Natuurlijk waren consumenten niet de enige winnaars in 2015. Slimme elektriciteitsnetwerken en slimme gebouwen die via sensoren het energieverbruik meten, voorspellen en efficiënter maken werden onderdeel van het echte leven. Van gebouwen die menselijke afwezigheid opmerken en de verlichting dimmen tot elektriciteitsnetwerken die laag gebruik tijdens piekuren registreren en belonen, het IoT overtuigde veel bezorgde mensen ervan dat het Internet of Things geen hightech hype was, maar op vele fronten een rendabele strategie. Fabrikanten weten inmiddels dat de data die ze via het IoT verzamelen en analyseren bijdraagt aan verbeterde efficiëntie en opbrengsten.

De gevaren van het sturen van enorme hoeveelheden data naar een centrale opslag voor analysedoeleinden zijn inmiddels duidelijk. De oplossing: het verzamelen en analyseren van data bij de bron, met behulp van geautomatiseerde analytische berekeningen. Dit is mogelijk dankzij snellere processoren. Natuurlijk zijn er grenzen aan de kracht van 'edge analysis', zeker vergeleken met kwantumverwerking in de kern. Deze technologische explosie heeft ook andere uitdagingen aan het licht gebracht.

Privacywaakhonden maken zich steeds meer zorgen over de manier waarop data wordt verzameld, gedeeld en opgeslagen. Wetgevers realiseerden zich al in 2015 dat nieuwe regelgeving nodig was. Veel gebruikers van het eerste uur waren zich niet bewust van het feit dat een leger van apparaten privé-informatie verzamelt en dat verkopers die vervolgens weer delen. Ze hadden ook geen idee van de risico's die ze lopen door hacking en gegevensdiefstal in onveilige systemen. In bijvoorbeeld de gezondheidsindustrie is datadiefstal van verbonden apparaten reden tot zorg, net zoals dat eerder het geval was bij potentieel vijandige data-analyses door verzekeringsmaatschappijen.

De IoT-industrie was in 2014 en 2015 nog steeds **gefragmenteerd**. Dat kwam door de eigen 'ruimte' die grote spelers als Google of Apple en een legioen van onafhankelijke startups claimden. Om het IoT echt te laten floreren moeten bedrijven, die elk hun eigen gepatenteerde apparaten en software hebben, aardiger voor elkaar zijn. Dat leek lange tijd onmogelijk.

De groei van het Internet of Things liet gedurende die twee jaar zien dat de bestaande draadloze netwerken de enorme datastroom, afkomstig van de vele met elkaar verbonden apparaten, simpelweg niet aankonden. **5G draadloze netwerken** kunnen dit probleem oplossen, doordat hun ultrahoge frequenties veel meer informatie kunnen verwerken dan nu. Veel providers maken nog gebruik van lage frequenties. 5G vraagt om een complete revisie van de hardware en infrastructuur van draadloze systemen. Aanpassingen zijn onvoldoende, alleen totale vervanging is een optie. De kosten en de tijd die hiermee gepaard gaan zijn onvoorstelbaar.

Huidige ontwikkelingen





2016 was het jaar van **fusies en overnames**. Het was overduidelijk dat geen enkel bedrijf beschikte over álle expertise die nodig is om het uiterste uit het IoT te halen. In plaats van het *in-house* ontwikkelen van vaardigheden, kennis en technische mogelijkheden in eigen huis, besloten steeds meer industriereuzen firma's over te nemen, die al over de expertise van de toekomst beschikken. Dell, IBM, Texas Instruments en Intel breidden hun leveranciersnetwerken uit om de snelheid van de IoT-ontwikkelingen te kunnen bijhouden.

2016 was ook het jaar van **interne herijking**. IBM en Intel maakten verlies op de segmenten waarin ze oorspronkelijk succesvol waren. Beide bedrijven ontsloegen medewerkers en verschoven middelen naar het IoT. Vooral IBM ging er helemaal voor en wedde dat zijn kunstmatig intelligente supercomputer Watson het analyseren van door IoT gegenereerde big data zou domineren. Dit weerspiegelde het feit dat de hightechmarkt zich in toenemende mate realiseerde dat het IoT meer gaat over de data die het genereert, dan over de met elkaar verbonden apparaten zelf.

“Slechts 15 procent van de ondervraagden wil graag een volledig zelfrijdende auto. Meer dan 45 procent wil helemaal geen zelfrijdend voertuig.”

Het afgelopen jaar kende ook enkele missers. Een aantal IoT-toepassingen vonden hun weg niet naar de consument en sommige problemen uit 2015 bleven onopgelost.

- **Ten eerste** reageerde men soms apathisch op pogingen om meer interesse voor slimme woningen op te wekken. Ideeën om koelkasten zelf melk te laten bestellen voordat alle pakken leeg zijn of te voorspellen wanneer onderhoud noodzakelijk is, zullen uiteindelijk aantrekkelijk zijn voor consumenten, maar ook nog in 2017 kijken veel mensen de kat voorlopig nog uit de boom. Ze twijfelen nog of ze hun huis willen uitrusten met de allernieuwste technologie. Het goede nieuws is dat dit soort innovaties inmiddels wel door de industrie is omarmd. Slimme fabrieken en netwerken vertrouwen al op voorspellende aankopen en onderhoud.
- **Ten tweede** leken consumenten eveneens minder enthousiast over de zelfrijdende auto's, die marktleiders als Google, Mercedes, Audi en Tesla binnenkort op de markt willen brengen. Mary Beth Griggs schreef in Popular Science dat recent onderzoek in de Verenigde Staten wees op lauwe interesse. “Slechts 15 procent van de ondervraagden wil graag een volledig zelfrijdende auto. Meer dan 45 procent wil helemaal geen zelfrijdend voertuig.” Consumenten bleken vooral bezorgd te zijn over de veiligheid van een volledig zelfrijdend systeem en 94,5 procent wilde de mogelijkheid houden zelf te blijven sturen, remmen en versnellen. Dit betekende niet dat het idee van zelfrijdende auto's geen kans maakt op de markt. Het illustreerde eerder welke potentiële kansen en uitdagingen er zijn voor investeerders in deze technologie.
- **Ten derde** was de fragmentering van de IoT-markt zelfs toegenomen, doordat veel bedrijven hun gebruik van de nieuwe technologie beschouwden als bedrijfsgeheim. Brian Kester, hoofd IoT bij Autodesk, waarschuwde dat bedrijven het IoT zouden gaan zien als een concurrentievoordeel dat beveiliging en geheimhouding vereist. Wanneer dit zo doorgaat kan dat de ontwikkeling van IoT de komende jaren vertragen. In 2016 bleven zorgen over dataveiligheid bestaan. Recente en toekomstige wetgeving in de Europese Unie (inclusief het Verenigd Koninkrijk) maakt het verzamelen van data moeilijker doordat consumenten daarvoor expliciet toestemming moeten geven en verzekeraars geen persoonlijke gegevens meer mogen gebruiken. Alle bedrijfstakken die voor zichzelf investeren in het IoT zijn verplicht hun netwerkbeveiliging te verbeteren. Dat is een kostbare aangelegenheid.

MAAR ER WAS IN 2016 OOK GOED NIEUWS

Belangstelling voor en investeringen in het IoT in **Nederland** leidden tot **'s werelds eerste landelijke IoT-werk**. Azië, met name Singapore, lijkt klaar te zijn voor een IoT-revolutie als het gaat om **slimme steden**. Don LeLoach, voorzitter en CEO van Infobright zei daarover in de *New Equipment Digest*:

"De meeste steden werken aan langetermijnplannen voor slimme steden, waarin ruimte wordt gemaakt voor autonoom rijdende auto's. De meeste autofabrikanten overwegen soortgelijke mogelijkheden, tegelijk met de groei van ride sharing bedrijven als Uber en Lyft en de rol die deze belangrijke startups overal in de markt spelen. Steden passen ook hun infrastructuur aan om duurzamere, productievere en leefbaardere omgevingen te creëren. Ook zullen ze agressiever gebruikmaken van op het IoT gebaseerde diensten."

De beveiliging van het Internet of Things verbeterde. WISeKey integreerde bijvoorbeeld op beveiliging afgestemde kunstmatige intelligentie en authenticatieprotocollen in zijn verticale netwerken. De uitleg is te vinden in een recent persbericht:

"IoT-apparaten zouden in staat moeten zijn zichzelf onderdeel te maken van vertrouwde netwerken, gebaseerd op wederzijdse authenticatie, identiteit en integriteit. Dit vertrouwde cyberveiligheidsplatform accepteert uitsluitend IoT-apparaten met een erkende identiteit en een geldig integriteitsrapport voordat ze mogen communiceren met andere apparatuur binnen het vertrouwde netwerk'.

'Deze veelbelovende ontwikkeling zal de komende jaren leiden tot oplossingen voor de beveiligingsproblemen rond het IoT.'

Interessante toepassingen van de technologie

IOT IN JE LICHAAM: PROTEUS DISCOVER

Draagbare medische apparaten (wearables) en implantaten worden steeds belangrijkere onderdelen van het IoT. Door een pil te slikken waarin een sensor ter grootte van een zandkorrel is 'verstopt', kunnen patiënten artsen en andere zorgverleners in real time informatie geven over de vitale functies en processen in hun lichaam. Dit betekent in de praktijk dat artsen medicijnafhankelijkheid, leefstijlveranderingen en de mate waarin patiënten zich aan de behandeling houden objectief kunnen meten. Ook de patiënten weten daardoor meteen of de medicijnen die zij gebruiken al dan niet aanslaan. Heel belangrijk is het feit dat patiënten zelf kunnen bepalen welke informatie wanneer en met wie wordt gedeeld. Dat maakt bezorgdheid over privacy grotendeels overbodig.

Barton Health in de Verenigde Staten is al begonnen met het voorschrijven van Proteus Discover aan patiënten. Het systeem bestaat uit inslikbare sensoren, een kleine draagbare sensorpleister, een app op een mobiel apparaat en een providerportaal. Eenmaal geactiveerd geeft het systeem een ongekend inzicht in de gezondheidspatronen van de patiënt en de effectiviteit van medicijnen. Dat leidt tot accuratere diagnoses en betere behandelingen waar alle betrokkenen profijt van hebben.

IOT IN HUIS: ECHO DOT, NEST EN OWLET

Echo Dot is een apparaat ter grootte van een puck, dat reageert op stemcommando's die beginnen met de naam Alexa. Het is een persoonlijke assistent die in meerdere ruimten actief is en een beetje lijkt op Jarvis (Just A Rather Very Intelligent System) van Tony Stark uit de Iron Man films. Echo Dot is een Siri – een persoonlijke assistent-toepassing voor het mobiele besturingssysteem IOS – die via stemcommando's eveneens alarms kan instellen, de temperatuur kan regelen, een pizza of een taxi kan bestellen, muziek kan afspelen en de agenda kan beheren. Het leert nieuwe vaardigheden van gebruikers en programmeurs en past die automatisch toe.





De slimme thermostaat Nest leert aan welke temperatuur gebruikers de voorkeur geven en regelt automatisch het klimaat in de woning voor optimaal comfort. Nest weet dat je overdag een temperatuur van 21 graden prefereert, maar 's nachts 18 graden prettiger vindt. Nest weet wanneer je thuis, op je werk of op vakantie bent en past de verwarming of airco daarop aan waardoor je uiteraard veel geld bespaart.

Owlet is een slim sensorsysteem dat de gezondheid van je baby via een draagbaar apparaat monitort. De sensor, die 'verstopt' is in een sokje, meet de vitale levensfuncties van je kind. Deze data wordt vervolgens doorgestuurd naar je mobiele telefoon zodat je als ouder altijd zeker weet dat je baby lekker en veilig ligt te slapen.

IOT EN SLIMME INFRASTRUCTUUR: TRANSACTIVE GRID

Brooklyn Microgrid maakt gebruik van een blockchain, een gedistribueerde databank waarin data nauwelijks is te manipuleren of vervalsen, om de uitwisseling van energie met bijvoorbeeld burens te faciliteren via zijn TransActive Grid. Door sensoren en meters te verbinden met de blockchain, meet de microgrid de energieproductie van de zonnepanelen en vergelijkt de grid het energiegebruik met dat van de burens. Wanneer een huis meer produceert dan gebruikt, verkoopt het 't surplus aan energie automatisch aan een buur. Daardoor ontstaat op kleine schaal uitwisseling van energie in een private nutsmarkt. Lokale productie en distributie verhogen de energie-efficiëntie, verminderen vervuiling, zorgen voor overvloed en flexibiliteit tijdens slecht weer en brengen de kosten enorm omlaag.



IOT IN DE INDUSTRIE 4.0: SCHAEFFLER EN IBM'S WATSON

Lagerproducent Schaeffler heeft IBM's supercomputer Watson gehuurd om de data van miljoenen via IoT verbonden sensoren en apparaten te analyseren. Watsons rekenkracht, *deep learning* capaciteiten en niet-lineaire cognitie zorgen ervoor dat de supercomputer enorme hoeveelheden data kan beoordelen en patronen kan herkennen. Schaeffler en IBM hopen dat Watson gebruikers kan helpen sneller besluiten te nemen, efficiëntie te verbeteren en kosten te verlagen. Dan gaat het vooral om het onderhoud van de lagers die ervoor zorgen dat windturbines kunnen draaien. "Watson beoordeelt de sensoren die op elke turbine de windsnelheid meten om te kunnen voorspellen wanneer het vrijwel windstil is, zodat onderhoud gemakkelijker, sneller en goedkoper kan."

Een ander voorbeeld is Schaefflers besluit te willen voorspellen wanneer het nodig is onderhoud te plegen aan treinlagers. Door sensoren onderdeel te maken van deze systemen, kan het bedrijf ruwe data over trillingen, temperatuur, torsie en snelheid naar Watson sturen, waardoor IBM's kunstmatige intelligentie problemen kan voorspellen en onderhoud kan plannen voordat er iets mis is.



De toekomst van het Internet of Things

Nu de kosten van verfijnde sensoren verder dalen en de snelheid en kwaliteit van connectiviteit stijgen, ligt het voor de hand om veel meer devices met het IoT te gaan verbinden. Slimme algoritmen maken het mogelijk dat vrijwel alles met alles 'praat' en dat data over en weer gaat, waardoor het IoT antwoord geeft op alledaagse vragen en problemen.

Het is niet moeilijk om je voor te stellen welke slimme apparaten in de toekomst deel van ons leven gaan uitmaken. De komende tien tot twintig jaar worden zeer interessant. Je begint de dag met een mok in je hand die de warmte en smaak van je koffie via sensoren registreert en deze informatie meteen deelt met je koffiezetapparaat. Die optimaliseert vanaf dat moment de smaak en de temperatuur, gebaseerd op wat jij in het verleden lekker

vond. Als een sensor doorgeeft dat je klaar bent om naar je werk te gaan, zorgt jouw auto ervoor dat het binnen lekker warm is. Daarna rijdt de auto naar je werk, terwijl je op je gemak je e-mail checkt. Je kantoor merkt dat je eraan komt en zet de lichtintensiteit wat hoger zodat je gemakkelijker kunt lezen. Vervolgens wordt je favoriete Thaise gerecht voor tijdens je lunchpauze besteld. Aan het einde van de dag kom je thuis en gaat de deur automatisch open omdat sensoren aangeven dat je je handen vol hebt. De koelkast weet wat erin ligt en op basis van die ingrediënten geeft de keuken suggesties voor snelle maaltijden. Kortom: het dagelijks leven wordt comfortabeler doordat intelligente apparaten problemen slim oplossen.

De groei van het IoT maakt binnenkort niet alleen zelfrijdende auto's mogelijk, maar

zorgt er ook voor dat voertuigen 'aanvoelen' dat er iets gerepareerd moet worden voordat er echt iets aan de hand is. Vervolgens rijden ze zichzelf naar de (robot-)reparateur. Op dezelfde manier houden verbonden draagbare medische meetinstrumenten, wearables, elk aspect van jouw gezondheid in de toekomst in de gaten. Ze sturen je arts een seintje nog voordat jij je ziek voelt. De toekomst van genetwerkte objecten en complexe algoritmen maken de dingen om je heen niet alleen reactief, maar ook preventief actief, door te voorspellen wat je nodig hebt en dat te regelen voordat je erom hoeft te vragen.

Toekomstige uitdagingen voor het IoT

De komende jaren worden grotendeels gebruikt voor het oplossen van bestaande problemen.

Zwakke beveiligingsonderdelen binnen het IoT zullen de industrie de komende drie tot vijf jaar nog zorgen baren. Zodra bedrijven in toenemende mate vertrouwen op de data-netwerken waarin deze nieuwe technologie voorziet, zal naar verwachting flink worden geïnvesteerd in beveiligingsupgrades. Bedrijven gaan dan zelfs strijden om de beste vaardigheden en kennis te ontwikkelen die nodig zijn om het IoT veilig te maken.

Recente ontwikkelingen op het gebied van sensoren en datatransmissie laten zien dat **standaard besturingssystemen te groot zijn om het leger van IoT-apparaten van energie te kunnen voorzien**. Vooruitdenkende start-ups en de flexibelere grote ondernemingen zullen toewerken naar micro-besturingssystemen, net zoals dat gebeurd is in de beginperiode van de smartphones.

De software die het analyseren van big data mogelijk maakt vraagt om dramatische verbeteringen. Het volume van door het IoT geproduceerde data vraagt om betere cloudopslag, die te realiseren is via kunstmatige intelligentie en 'edge' analytica en algoritme-ontwikkeling. Al deze concepten bevinden zich in de kern van het technologieweb en hun succes is mede afhankelijk van de vooruitgang die we boeken op het gebied van big data.

5G Internet is de enige manier om de enorme stroom van data die het IoT genereert bij te kunnen houden. De vervanging van de infrastructuur die daarvoor nodig is vraagt een enorme toewijding.

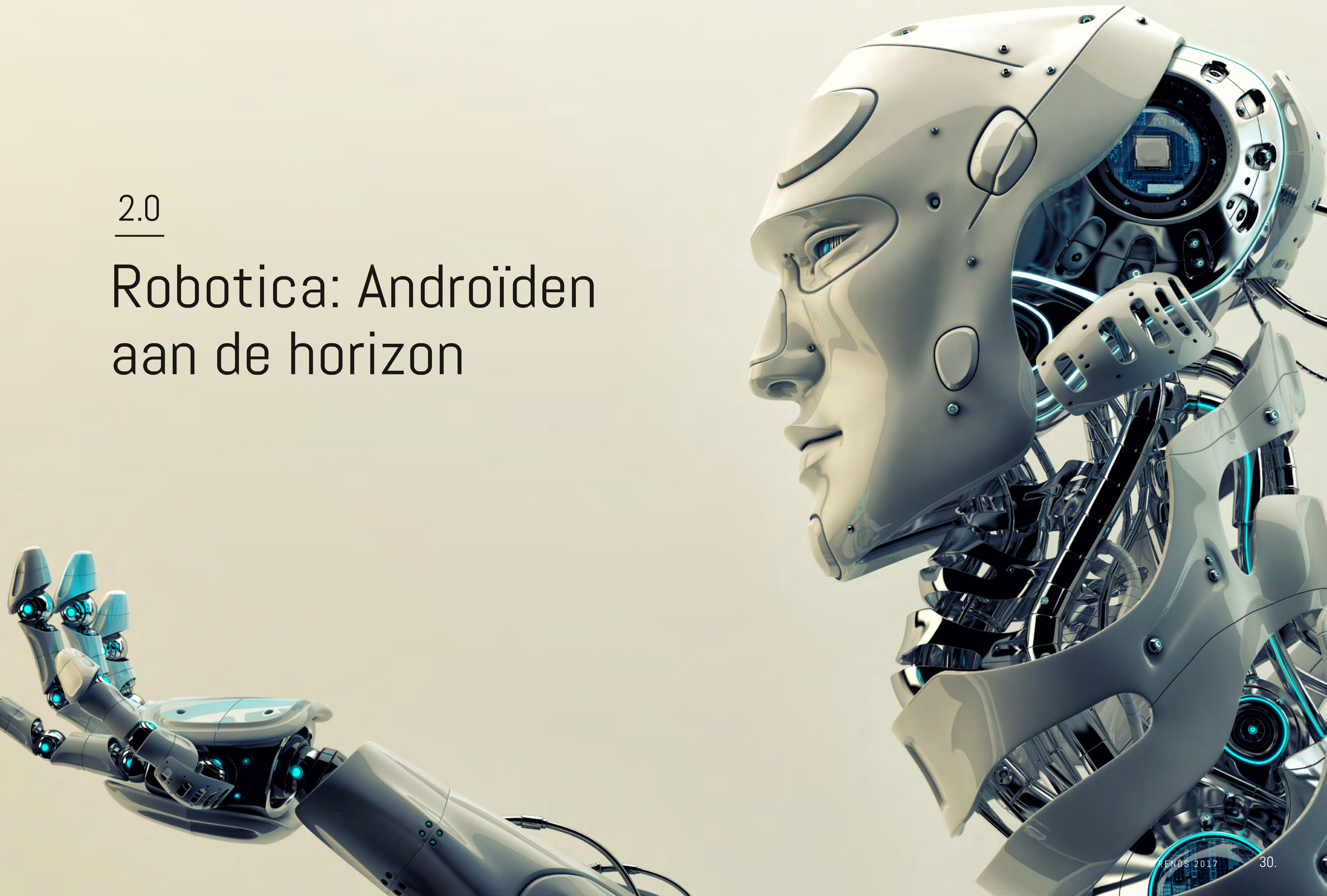
New York City beschikt over honderden 4G-telefoonmasten die nu al een bijna niet te vatten gegevensstroom verwerken. Een 5G-systeem vraagt om miljoenen zenders. Waar er een ontbreekt is geen bereik mogelijk. Het belangrijkste is dat al deze zenders verbonden moeten zijn met een onzichtbare 'backhaul' (die randapparatuur verbindt met de ruggengraat van het netwerk). Er is wat dit betreft nog een lange weg te gaan. Het gaat niet over het aansluiten van een paar honderd torens, maar over vrijwel elk gebouw, elk huis en elke straat. Het is immense uitdaging. Daarom verwachten ingewijden dat 5G eerst in en om het huis zal worden gebruikt en later op straat en in openbare gelegenheden.

Om 5G draadloos te laten functioneren zoals nu 4G, is een totaal nieuwe infrastructuur van bedrade verbindingen nodig. Daar hangt een flink prijskaartje aan. Deskundigen verwachten dat gedurende dit proces nieuwe contractvormen ontstaan, omdat bedrijven voor mobiele telefonie zullen proberen hun kosten te delen met bedrijven die 5G nodig hebben voor hun klanten en medewerkers.

Slimme bedrijven zullen profiteren van deze probleemoplossende trends door zich in het centrum van de IoT-innovatie te positioneren.

2.0

Robotica: Androïden aan de horizon





Robotica is een trend die de laatste jaren een enorme ontwikkeling heeft doorgemaakt. Automatisering kost, vergeleken met menselijke arbeid, relatief steeds minder. Bovendien erkent een groeiend aantal mensen dat geavanceerde robots wat bepaalde taken betreft zelfs superieur zijn aan goed opgeleide arbeiders. Dit betekent dat robotautomatisering snel deel zal gaan uitmaken van ons dagelijks leven, thuis en op de werkvloer. De ruwe automatisering uit het verleden maakt dus plaats voor kleinere, slimmere en mobielere gerobotiseerde apparaten. We moeten ons voorbereiden op revolutionaire veranderingen in productie, logistiek, geneeskunde en thuiszorg.

Robots zijn nu niet alleen meer te vinden in de zware industrie, maar ook in allerlei fabrieken. Veel producten die we dagelijks gebruiken zijn gemaakt door robohanden. Maar dat is pas het begin. Dankzij exponentiële ontwikkelingen op het gebied van mobiliteit en zelflerende machines staat er al een legioen van robots klaar om ons straks thuis als persoonlijke assistenten van dienst te zijn.

Door recente ontwikkelingen zijn robots beter in staat om in menselijke omgevingen te werken, complexe taken uit te voeren en andere machines te leren wat zij hebben ontdekt. Dit verkort bijvoorbeeld de trainingstijd voor het ombouwen van een assemblage- of productielijn.

'Androïde-assistenten
en volledig
geautomatiseerde
fabrieken laten niet
lang meer op zich
wachten!'

Vooruitgang in machinemobiliteit en machine learning

Machinemobiliteit verbeterde in 2015 enorm. Trappen, onregelmatige bestrating, puin en rommel zijn behoorlijke uitdagingen voor robots die zich voortbewegen op wielen of rupsbanden. Voor mensen ontworpen omgevingen bezorgen robotontwerpers hoofdpijn. Boston Dynamics, KAIST (het vroegere Korea Advanced Institute of Science and Technology), het Institute of Human and Machine Cognition (Florida) en de Carnegie Mellon Universiteit maakten in 2015 de weg vrij voor de komst van tweevoetige robots. De tweevoetige robot van KAIST won onlangs de DARPA Challenge, een wedstrijd om uit te vinden hoe robots reageren op ongelukken met kernreactoren zoals in Tsjernobyl en Fukushima. Ongelijke sintelblokkoppervlakken, trappen en

gesimuleerde radiofrequentiestoringen vergden het uiterste van de robots tijdens het uitvoeren van een aantal taken, waaronder het omdraaien van ronde kleppen en het doorbreken van muren. Geen enkele robot ging deze uitdaging autonoom aan, maar de winnende teams lieten een voorzichtige balans zien tussen mens en machine.

Tweevoetige robots zijn de komende drie tot vijf jaar nog niet volledig autonoom. Ze hebben nog menselijke assistentie nodig bij het uitvoeren van taken waarvoor ze niet zijn geprogrammeerd. In de wat verdere toekomst, wanneer machines beter in staat zijn te leren, hebben zelfs multifunctionele robots geen helpende hand meer nodig.





Volledig autonome robots kwamen in 2015, dankzij vooruitgang op het gebied van lerende machines, wel al een stap dichterbij. Amazon sponsorde dat jaar de Picking Challenge om te testen hoe goed verschillende robots voorwerpen op schappen in het magazijn kunnen herkennen en vervolgens beetpakken en inpakken (de winnaar kon binnen twintig minuten tien objecten selecteren en inpakken). De bedoeling is natuurlijk het vervangen van dure arbeiders door relatief goedkope machines, maar wat makkelijk is voor ons is dat lang niet altijd voor een robot. Een menselijke werknemer ziet onmiddellijk het verschil tussen een paraplu en een wandelstok. Een machine kan dat niet. Vooruitgang op het gebied van deep learning en het nabootsen van de denkwijze van het menselijk brein, gecombineerd met verbeterde sensoren, zorgen ervoor dat ingenieurs grote stappen kunnen maken, zodat Amazons droom van een volledig

gemechaniseerd verpakkingsmagazijn werkelijkheid kan worden.

Niet alleen boekte men in 2015 vooruitgang op het gebied van industriële robots. Lerende machines en mobiliteit werden al zoveel beter dat het idee van robots die bij mensen thuis verzorgende taken uitvoeren of 'werkzaam zijn' als persoonlijk assistent veranderde in een levensvatbare optie.

Dezelfde technologie die ervoor zorgt dat een tweevoetige robot de trap op en af kan in een reactor, is ook geschikt om een robot-assistent bij iemand thuis soepel te laten functioneren. Amazons inspanningen om machines te leren verschillende voorwerpen te onderscheiden, maakte het een robot-zorgverlener ook mogelijk een patient de juiste medicijnen te geven omdat hij had geleerd dat er in het 'kleine oranje potje' pillen zitten.

Recente ontwikkelingen in robotica

In 2016 speelde de co-bot, met zijn sterk verbeterde sensoren en mens-machine interface, een dominante rol. Traditioneel zijn voor krachtige fabrieksrobots grote veiligheidszones nodig. Door de extreme krachten die ze uitoefenen, moeten ze achter hekken staan of in uitsparingen in de vloer waar mensen niet mogen komen. Door met een frisse blik te kijken naar de interactie tussen mens en machine, waren ABB (Zwitserland), Universal Robots (Denemarken) en Rethink Robotics (Boston, Verenigde Staten) in staat om robots op de markt te brengen die op een veilige manier samen kunnen werken met mensen. Deze machines zijn voorzichtig, nauwkeurig en onvermoeibaar. In 2012 introduceerde Rethink overigens 'Baxter' al, een robot met nauwkeurige en krachtbeperkte bewegingen. Dat lijkt oud nieuws in 2017, maar Baxter is wat betreft het oplossen van problemen in robottechnologie nog steeds baanbrekend.

Zowel in de fabriek als thuis staan robots voor drie uitdagingen:

In de **eerste plaats** moeten ze veilig kunnen samenwerken met mensen. Dat geldt speciaal voor robots die thuiszorg verlenen of als persoonlijke assistenten functioneren. Zij mogen onder geen beding mensen verwonden.

Ten tweede moeten robots zich kunnen bewegen in omgevingen die zijn ontworpen voor mensen.

In de **derde plaats** moeten de machines en hun sensoren in staat zijn een groot aantal objecten en voorwerpen te herkennen, ook als ze niet onder een bepaalde noemer vallen of niet altijd op dezelfde plek staan.



Baxter, inclusief de praktische fabriekstoepassingen die zijn ontwerpers hebben bedacht, is een plausibel antwoord op twee van de hiervoor genoemde uitdagingen. Mobiliteit is echter niet echt een van Baxters' competenties!

Baxter merkt wanneer een mens naderbij komt en past dan onmiddellijk zijn snelheid en de richting waarin hij beweegt aan. Indien nodig stopt hij helemaal. Baxter is sterk genoeg om zware objecten op te tillen voor de mensen met wie hij werkt en tegelijk 'gevoelig' genoeg om op hun aanwezigheid te kunnen reageren. Hij kan hen zelfs laten weten dat hij een oogje in het zeil houdt. Er is geen gevaar voor de mensen om hem heen. Dat is een stimulans voor de ontwikkeling van thuiszorgrobots, die voorzien zijn van een soortgelijk systeem.



2016 stond ook in het teken van kunstmatige intelligentie. Verbeteringen in de processorsnelheid en de manier waarop machines leren, leidden tot doorbraken in de robotica, waardoor marktleiders in veel bedrijfstakken konden profiteren van de nieuwe mogelijkheden. Misschien wel het fascinerendste onderdeel van KI-onderzoek ging over machines die andere machines iets leren. Door robots onderling te verbinden via het Internet of Things en ze te voeden met een constante datastroom over de taken en prestaties van soortgelijke machines, leren ze van elkaar en werken ze beter.

Amanda Schaffer in de MIT Technology Review over hét obstakel op de weg naar gemechaniseerde distributiecentra en robotachtige persoonlijke assistenten: "Veel van de banen die mensen geschikt vinden voor robots, zoals het selecteren en verpakken van producten in magazijnen, het helpen van bedlegerige patiënten en het assisteren van soldaten aan het front, zijn niet mogelijk doordat robots gewone voorwerpen nog niet kunnen herkennen of er gemakkelijk mee kunnen omgaan."

Wij leren in onze jeugd wat dingen zijn en hoe we er veilig mee om moeten gaan. Robots daarentegen moeten worden geprogrammeerd om deze (voor ons) simpele taken uit te voeren. Dat is duur en kost tijd. Een oplossing voor dit probleem is één robot te leren dingen van elkaar te onderscheiden, bijvoorbeeld een appel van

een sinaasappel, zodat hij die kennis vervolgens op afstand op andere robots kan overbrengen. Stephanie Tellex (Brown Universiteit) werkt samen met Rethink Robotics om Baxter de verschillen tussen alledaagse voorwerpen te leren zien. Baxter is daarvoor niet geprogrammeerd, maar leert net zoveel als een kind zou leren. Hij bestudeert elk voorwerp, probeert het op verschillende manieren vast te pakken en slaat die informatie op om met 'soortgenoten' te kunnen delen. Als één Baxter iets leert, leren alle andere Baxters hetzelfde.

Een ander experiment met lerende machines werd gerealiseerd door Fanuc, een grote speler op het gebied van robotarmen. Samen met Nvidia, marktleider in de microprocessor- en KI-industrie, wil Fanuc geautomatiseerde assemblage- en productielijnen op revolutionaire wijze aanpassen door lerende machines in te zetten. Op dit moment gaat elke nieuwe productierun in een fabriek gepaard met een moeilijke en tijdrovende herprogrammering. De visie van het bedrijf is om slimme robotarmen te gebruiken om dit proces te verkorten: één robotsysteem leert, en deelt het geleerde met de andere robots. Om de grote stroom data die de lerende robots genereren aan te kunnen, heeft Fanuc een chipfabrikant gevraagd de processorkracht te leveren die het systeem nodig heeft. Het gaat hier dus niet om één nieuwe technologie of ontwikkeling, maar om de interconnectiviteit tussen diverse trends: robotica, big data, het IoT en KI.

Interessante toepassingen van de technologie

SWARMBOTS:

M.A.R.S.

De Duitse agrarische marktleider Fendt past vooruitdenkende en geavanceerde sensor-systemen toe in de landbouw. Mobile Agricultural Robot Swarms (MARS) zijn kleine geautomatiseerde groepen lichte robots die vanuit een centrale locatie worden geactiveerd. De robots zijn uitgerust met gevoelige GPS-systemen waardoor ze gewassen met grote precisie kunnen planten en verzorgen. Doordat ze weinig wegen kunnen ze geen schade aanrichten op de akkers. Ze werken autonoom, maar worden op afstand gemonitord zodat gebruikers het prestatieniveau van de robots in real time kunnen beoordelen. MARS-systemen bestaande uit zwerm-robots maken menselijke arbeid uiteindelijk overbodig. Ze werken sneller en veiliger en garanderen hogere opbrengsten.



ROBOTICA OP KLEINE SCHAAAL:

De burgerbot

Verhogingen van het minimumloon dwingen de fastfoodindustrie de werkwijze in haar keukens te heroverwegen. Momentum Machines in San Francisco komt aan toekomstige behoeften tegemoet met de burgerbot, die tot wel 400 hamburgers per uur kan voorbereiden en bakken. Daardoor kunnen restaurants als McDonald's en Wendy's overschakelen op een kiosk-achtig model met een minimale menselijke bezetting. Deze bots zijn preciezer, sneller en kunnen meer herhalende acties uitvoeren dan mensen. Dat verhoogt de opbrengst en reduceert de kosten.

Momentum Machines bewijst dat veel routinebanen klaar zijn voor automatisering: van bevoorraders van supermarkten tot personeel in fastfoodrestaurants. Slim zakendoen kan straks niet meer zonder robots.

KATIA

De Kick Ass Trainable Intelligent Arm (KATIA) van Carbon Robotic is een commercieel aantrekkelijke, goedkope en uitbreidbare robotarm waarop je allerlei verschillende 'handen' kunt aansluiten. Van 3D-printen tot snijden met laser, KATIA kan het allemaal. Dit soort voordelige mobiele technologie maakt de weg vrij voor een productionele revolutie die MKB-ondernemingen in staat stelt om te automatiseren. Doordat je systemen als KATIA gemakkelijk kunt uitbreiden met nieuwe instrumenten groeit de initiële investering in de robotarm mee met het bedrijf.

Machines kunnen steeds beter leren. Wanneer systemen als KATIA toegang krijgen tot de verzamelde ervaringen van andere robots, worden ze automatisch geupdate met honderden, zo niet duizenden vaardigheden.



**Verbeteringen van de interface tussen mens en machine:
hersengestuurde protheses en chirurgische bots**

Handprotheses zijn nog niet erg verfijnd, maar nieuw onderzoek bij John Hopkins verlegt de grenzen tussen wetenschappelijke feiten en sciencefiction. Door het brein van een patiënt in kaart te brengen, om te bepalen welk deel van de grijze materie verantwoordelijk is voor vingerbewegingen, is het wetenschappers gelukt een chip te implanteren die gedachten vertaalt in bewegingen voor de handprothese. Dat maakt in 88 procent van de gevallen het bewegen van afzonderlijke kunstvingers mogelijk. Ongelooflijk maar waar, patiënten hebben geen training nodig. Ze hoeven alleen maar de wil te hebben hun kunstvingers te bewegen. Mensen die ledematen zijn kwijtgeraakt kunnen hier enorm van profiteren en de nieuwe technologie kan dwarslaesiepatiënten straks weer laten lopen en anderen weer met hun 'handen' laten werken.

Wat is de toekomst van robotica?

THE VOLGENDE DRIE TOT VIJF JAAR: VOORTBORDUREN OP DE ANTWOORDEN VAN 2016

Volgens Ashutosh Saxena, expert op het gebied van lerende machines, is deze nieuwe manier van denken de basis van toekomstige ontwikkelingen. "Tot nu toe waren robots niet ontworpen om data te delen en te kunnen omgaan met niet-voorgeprogrammeerde situaties. Nieuwe roboticasystemen maken het mogelijk dat zelflerende robots zonder problemen van taak kunnen wisselen. Daardoor kan Amazon zijn gemechaniseerde magazijn met honderdduizenden artikelen realiseren. Eén robot leert onderscheid te maken tussen de verschillende artikelen en er op een bepaalde manier mee om te gaan. Alle andere robots van hetzelfde type kunnen die handelingen vervolgens onmiddellijk kopiëren."

Robots zijn inmiddels heel mobiel en kunnen taken, mede dankzij ingebouwde beperkingen, op veilige manier vervullen in bijvoorbeeld bedrijven en de thuiszorg. Ook kunnen ze nu ingezet worden als persoonlijke assistenten. De komende vijf jaar laten een perfectionering van al deze aspecten zien. Volledig geautomatiseerde fabrieken en robot-brandweermannen zijn voordat we het weten realiteit.

Zelfs nu al ontwrichten verfijnde sensoren, een verbeterde interface tussen mens en machine en ontwikkelingen op kleinere schaal in de robotica verschillende bedrijfstakken, waaronder de mijnbouw, fast-foodbedrijven en de gezondheids- en maakindustrie.

Recente ontwikkelingen in kwantumcomputers als Watson wijzen erop dat accountants, ingenieurs, artsen en advocaten straks door denkende machines vervangen worden. Mobiele robots zouden wel eens 80 procent van de huidige banen kunnen overnemen, waardoor over niet al te lange tijd in het 'Vierde machinetijdperk' een werkloosheidscrisis kan ontstaan."

OVER 10 JAAR EN DAARNA

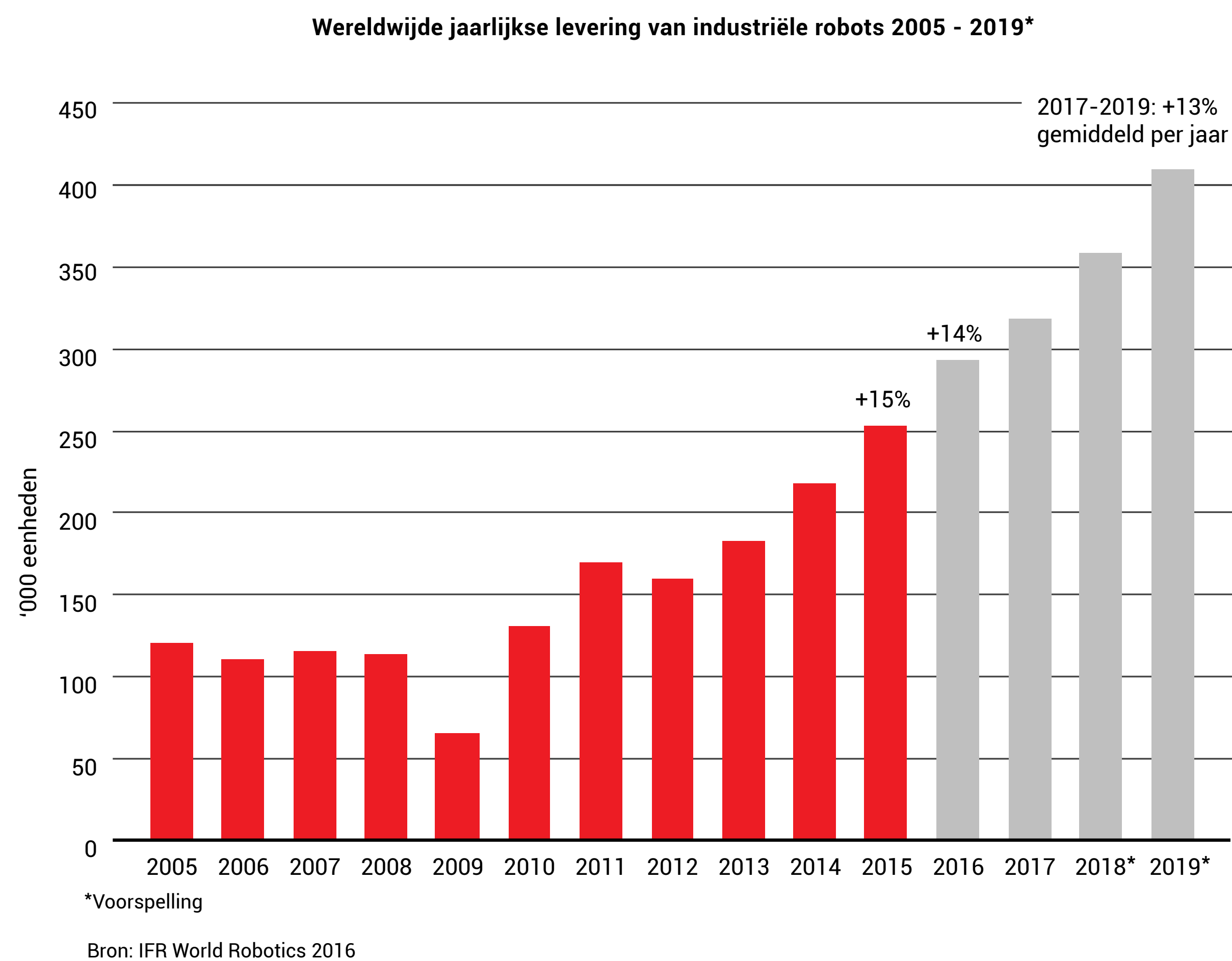
De Wet van Moore voorspelt dat kunstmatige intelligentie, dankzij hogere processorsnelheden, de mens binnen tien jaar zal evenaren. "Binnenkort gaan lerende robots kantoorbanen overnemen, vergelijkbaar met hoe dat aan het einde van de twintigste eeuw met fabrieksarbeiders is gebeurd. In 2025 zien we tweevoetige, autonome robots met slimme besturingen en verbonden met geavanceerde sensoren in ziekenhuizen, scholen, het leger en bij mensen thuis."

Interessante feiten en cijfers

De wereldwijde markt voor servicerobots groeit naar verwachting tot bijna \$46 miljard in 2019.

Volgens de International Federation of Robotics: "Bereikte de wereldwijde verkoop van industriële robots een nieuw record aantal van 248.000 units in 2015. Dit betekent een stijging van 12% ten opzichte van het vorige jaar."

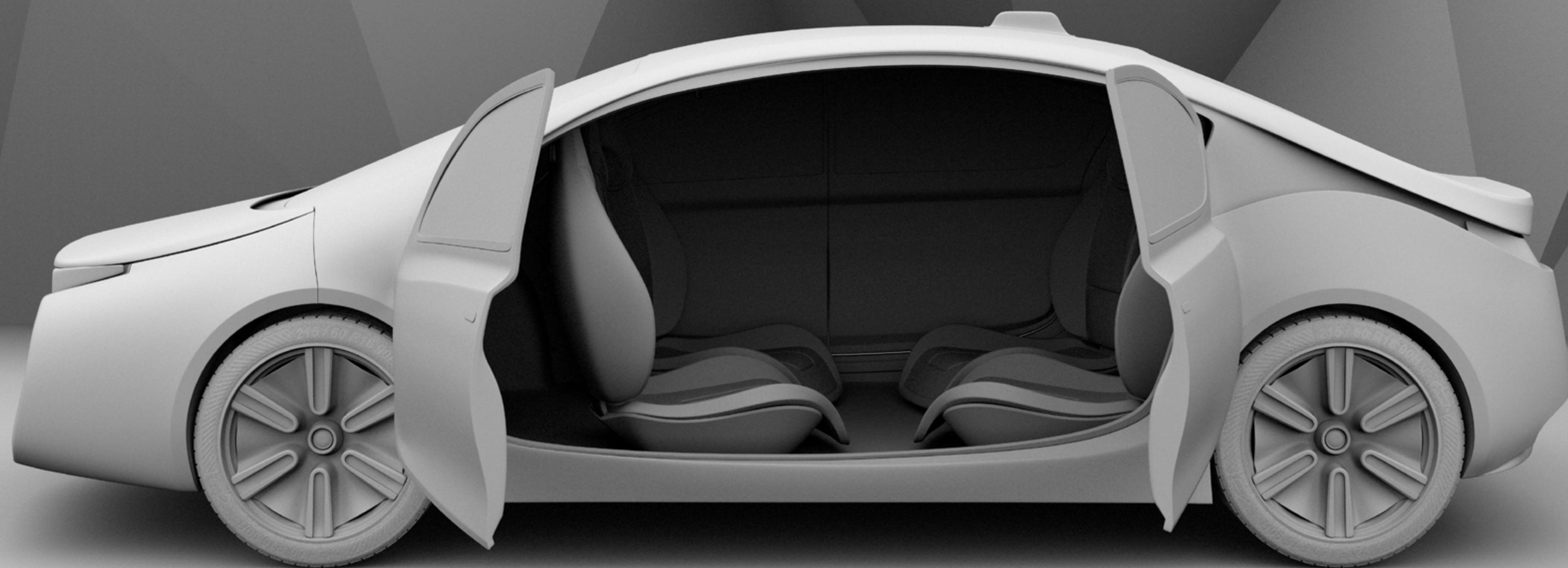
1.4 miljoen industriële robots tussen 2016 en 2019

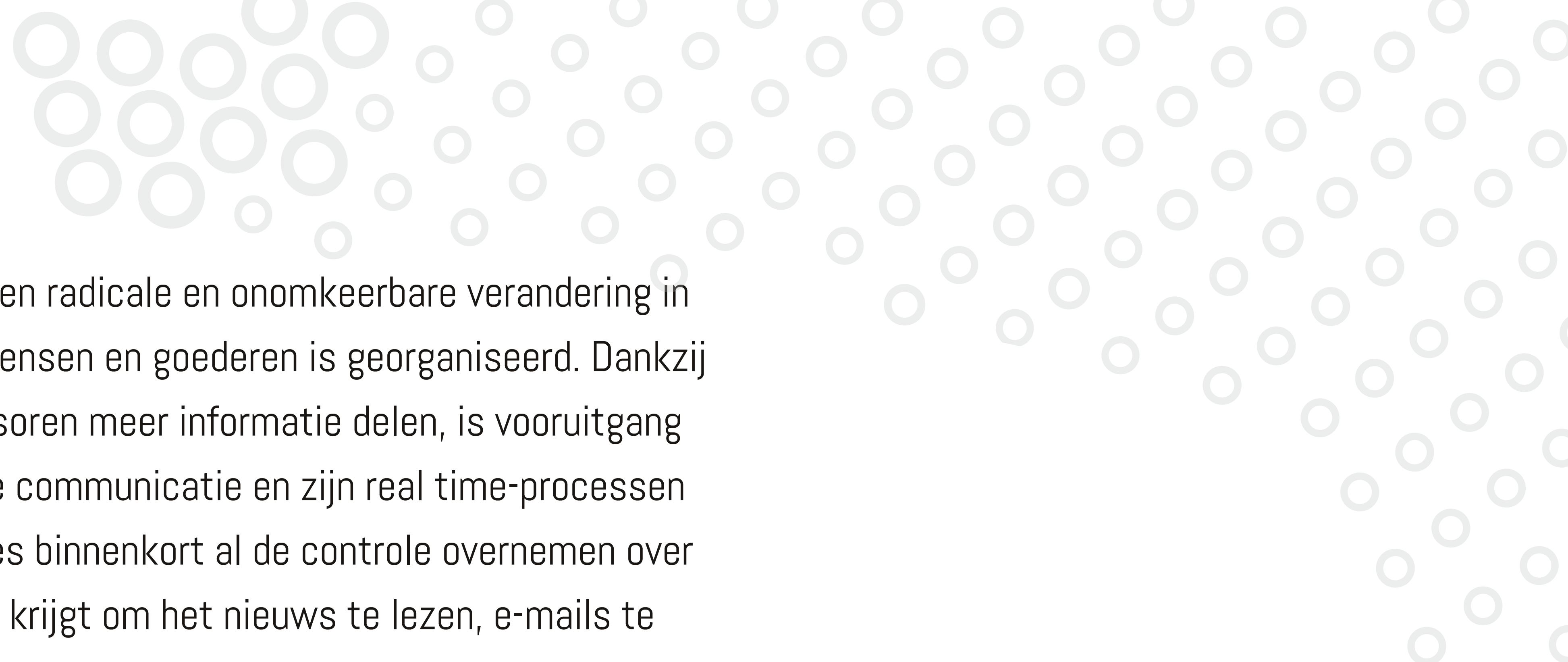


In 2020
zijn er wereldwijd
ten minste 2.6 miljoen
industriële robots
aan het werk.

3.0

Zelfrijdende systemen: de weg op met denkende machines achter het stuur





Zelfrijdende systemen zorgen voor een radicale en onomkeerbare verandering in de manier waarop het vervoer van mensen en goederen is georganiseerd. Dankzij recente ontwikkelingen kunnen sensoren meer informatie delen, is vooruitgang geboekt op het gebied van draadloze communicatie en zijn real time-processen verbeterd. Daardoor kunnen machines binnenkort al de controle overnemen over jouw auto, zodat jij tijdens de rit tijd krijgt om het nieuws te lezen, e-mails te beantwoorden of je gewoon te ontspannen.

Frustratie achter het stuur is straks verleden tijd. Files en opstoppingen verdwijnen. Aangezien vrijwel alle verkeersongelukken het gevolg zijn van menselijke fouten, zorgen autonoom opererende auto's wereldwijd voor een enorme afname van het aantal dodelijke verkeersslachtoffers. Nu zijn dat er nog ruim 38.000 per jaar in de Verenigde Staten. Schokkende aantallen. Europa zit daar, ondanks een uitstekende openbaar vervoer-infrastructuur, niet ver onder. Het goede nieuws is dat de techniek bijna zover is dat zelfrijdende auto's de weg op kunnen. De volgende fase is het wettelijk toestaan van zelfrijdende systemen en de industrie dringt dan ook aan op snelle besluitvorming.

De verwachting is dat zelfrijdende auto's in 2030 populairder zijn dan die met menselijke bestuurders.

Zelfrijdende auto's zijn slim en kunnen net als mensen nieuwe dingen leren en zich aanpassen aan veranderende verkeerssituaties en gevaren op de weg. Door aan boord data te verzamelen van sensoren en camera's en wat die 'ogen' zien te vergelijken met gedetailleerde kaarten, kan een deep learning processor de omgeving beoordelen.

Deep learning is mogelijk door gelaagde, complexe algoritmen data te laten verwerken. Elke laag beoordeelt informatie, onthoudt of

negeert gegevens, geeft ze prioriteit of vergeet ze. Dat gaat steeds dieper, tot de zelfdenkende machine dichtbij een uiteindelijke beoordeling van de situatie komt. In de kern van dit proces, maakt de uitgesorteerde en verfijnde gegevensstroom het mogelijk om inschattingen te maken, vergelijkbaar met de manier waarop we zelf redeneren en beslissingen nemen. Dit is de echte magie van zelfrijdende auto's: deze machines zijn in staat snelle besluiten te nemen in een complexe omgeving waarin veel verschillende dingen gebeuren.

De afgelopen jaren

De Europese Unie begon in 2010 met experimenteren. Bij wijze van proef reed een aantal semi-autonome voertuigen in colonne achter een auto met een professionele chauffeur aan. Sindsdien is de veiligheid van zelfrijdende systemen sterk verbeterd, waardoor dit 'volgmodel' snel naar de achtergrond is verdwenen. Verbeterde sensoren en slimme software zorgden ervoor dat ontwerpers de kans kregen te laten zien dat individuele zelfrijdende voertuigen veiliger kunnen opereren dan auto's met een mens achter het stuur. In 2014 begonnen de belangrijkste spelers op dit terrein wereldwijd met het onder druk zetten van overheden om autonome voertuigen toe te staan.

Menselijke chauffeurs zijn snel verleden tijd.



Uber kondigde in 2014 aan menselijke chauffeurs in de nabije toekomst te willen vervangen. CEO Travis Kalanick zei: "Zodra de technologie voldoende is verbeterd, zal Uber menselijke bestuurders uiteindelijk inruilen voor auto's die zichzelf besturen." Doordat de chauffeurs dan niet meer meedelen in de winst, levert die ontwikkeling het bedrijf veel geld op. Een jaar later creëerde Kalanick samen met de Carnegie Mellon University het Uber Advanced Technologies Centre om zijn droom in vervulling te laten gaan.

Zoals iedereen weet, maakt Google inmiddels proefritten op de openbare weg met een zelfrijdend prototype. Van de veertien ongelukken waarbij het testmodel betrokken is geweest, is er slechts één toe te schrijven aan het Google-voertuig. In alle andere gevallen ligt de fout, zoals statistieken al hadden voorspeld, bij de menselijke bestuurders. Dit gegeven onderstreept de veiligheidsverwachtingen van zelfrijdende systemen.

2014 was ook voor Tesla een belangrijk jaar. Het bedrijf, wellicht de bekendste drijfveer achter deze opkomende technologie, heeft een grote sprong vooruit kunnen maken door te profiteren van 'open source'-mogelijkheden en het verfijnen van de octrooistrategie. Dat stimuleerde niet alleen innovatie, maar maakte ook de weg vrij voor het delen van technologie met concurrenten. Een zeer slimme strategie, nu steeds meer spelers zich bezighouden met de ontwikkeling van zelfrijdende systemen. Tesla speelde ook op marketinggebied een baanbrekende rol. De publieke campagne van het bedrijf raakte bij een belangrijk jonger publiek van techliefhebbers de juiste snaar. De publieke demonstraties die Tesla organiseerde hebben het publiek ervan overtuigd dat de techgigant voorloper en leider is in deze hightechsector.

In tegenstelling tot wat velen wellicht denken, zijn de gebruikelijke spelers binnen de automobieliindustrie de grootste investeerders in deze nieuwe toekomst. Uber, Google en

Tesla mogen de massa dan zijn voorgegaan, het zijn Toyota, Hyundai en General Motors die over de meeste en meest geavanceerde zelfrijdende systemen beschikken. Terwijl de technologiefirma's vooral in woorden voorop lopen, zet in het bijzonder de Japanse auto-industrie daadwerkelijk in op een toekomst waarin autonome voertuigen de wegen domineren. Detroit en Europa blijven vooralsnog achter.

Toch is het niet verstandig om giganten als Volkswagen en Mercedes bij voorbaat uit te sluiten of de proefritten van Tesla met zelfrijdende systemen af te doen als een hype.

Huidige ontwikkelingen in zelfrijdende systemen

Verbeterde sensortechnologie en analyses leiden in 2017 tot innovatie, net als dat in 2016 het geval was, een zet in de goede richting. Het maakt niet uit of zelfrijdende systemen video, radio, licht of ultrageluid gebruiken, het gaat erom dat ze de real time aangeleverde data in minder dan een tiende van een seconde kunnen analyseren. De combinatie van een hogere verwerkings-snelheid, meer kracht en minder kosten brengt de ontwikkeling van commercieel aantrekkelijke systemen snel dichterbij en zorgt ervoor dat de industrie in een versnelingsmodus komt. Wanneer de kosten per eenheid omlaag gaan zijn zelfrijdende auto's voor fabrikanten geen noviteit meer, maar producten die ze kunnen verkopen.

Het feit dat Californië en Nevada zijn begonnen met het afgeven van vergunningen voor zelfrijdende auto's is hoopvol voor de voortzetting van deze trend, ook al blijft volledig autonoom rijden nog verboden. De wettelijke toestemming geldt voorlopig voor zelfrij-

dende systemen die aanrijdingen letterlijk kunnen zien aankomen en daardoor voorkomen en in staat zijn de auto veilig naar de vluchtstrook te sturen wanneer de bestuurder onwel is geworden. Verder eist de wet dat er altijd een bestuurder met rijbewijs in de auto zit die de besturing onmiddellijk kan overnemen als dat nodig is. Ook moet een derde partij veiligheidscontroles uitvoeren. Uit deze maatregelen blijkt dat we op een tweesprong zijn aanbeland. De verwachting is wel dat de wettelijke en commerciële acceptatie van zelfrijdende systemen zal toenemen.

Een andere belangrijke, in 2016 begonnen trend is de zelfrijdende vrachtwagen. Otto, een in Californië gevestigde en door Uber overgenomen startup, laat zien dat de trend aanslaat. Otto heeft onlangs een autonome tractor-aanhanger gepresenteerd, uitgevoerd met hightech-apparatuur ter waarde van \$ 30.000. De aanhanger is staat om zonder menselijke inmenging op 190 kilometer

afstand een lading af te leveren. "De chauffeur heeft niet op de bestuurdersplaats gezeten, maar het systeem gedurende de hele rit vanaf zijn slaapplek achterin in de gaten gehouden." Otto gebruikt een serie sensoren, waaronder lidar, een technologie die in dit geval de afstand tot andere voertuigen op de weg met behulp van licht (laserpulsen) meet. Een bedrag van \$30.000 om een personenauto te upgraden is misschien veel, maar voor een bestaande tractor of vrachtwagen is het een verstandige uitgave. Een nieuwe truck is zes keer zo duur.



Het is geen verrassing dat ook Daimler/Freightliner zelfrijdende vrachtauto's test in Nevada. Dit bedrijf kijkt liever vooruit dan dat het blijft investeren in ontwikkelingen van gisteren. Gebleken is dat zelfrijdende trucks enorme voordelen hebben. Ongeveer een derde van de kosten van vrachtvervoer bestaat nu uit salarissen. Bovendien mogen chauffeurs per dag niet langer dan 11 uur achter het stuur zitten (in Europa is dat 9 à 10 uur, met tussendoor verplichte rust-tijden). Daarbij komen nog de veiligheidsproblemen waarmee de bestaande vloot te maken heeft. In de VS sterven jaarlijks 4.000 chauffeurs door ongelukken. Al die problemen zijn straks opgelost en doordat het meeste vrachtwagenvervoer via snelwegen gaat, zijn de technische uitdagingen minder groot dan gedacht. Otto's succes maakt de weg vrij voor vooruitgang.

Zelfrijdende voertuigen in de stad is een ander verhaal. Een recente ontwikkeling is Sohjoa, een experiment in Helsinki, Finland,

met autonoom openbaar vervoer. Kleine, zelfrijdende bussen vervoeren passagiers met een zeer lage snelheid door de stad. Op die manier test en verfijnt de stad autonome technologie in de uitdagendste omgeving: de binnenstad. Wel is het zo dat de bussen een vaste route rijden en er altijd iemand aanwezig is die een veiligheidsknop kan indrukken als dat nodig is. Het steeds wisselende verkeer en veranderende weerbeeld zorgen voor real time data. Een vooruitdenkende poging om openbaar vervoer opnieuw te definiëren; het aantal personenauto's in de stad te verminderen en vervuiling en files tegen te gaan.

Ook Mercedes mogen we niet vergeten. Deze autofabrikant heeft onlangs zijn zelfrijdende 'Future Bus' getest in Amsterdam. Hoewel semi-autonoom en beperkt tot een specifieke rijbaan en lage snelheid, bewijst Mercedes dat het concept werkt en kan het zijn technologie verbeteren. Gevoed door het CityPilot-systeem kan deze bus van de toekomst bijdragen aan de verfijning van een

systeem dat vrachtwagenchauffeurs straks helpt hun wagens op de snelwegen beter onder controle te houden. De experimentele bus profiteert nu al van het CityPilot-systeem dat voetgangers herkent en automatisch bij bushaltes stopt en de deuren voor de passagiers opent.

Interessante toepassingen van de technologie

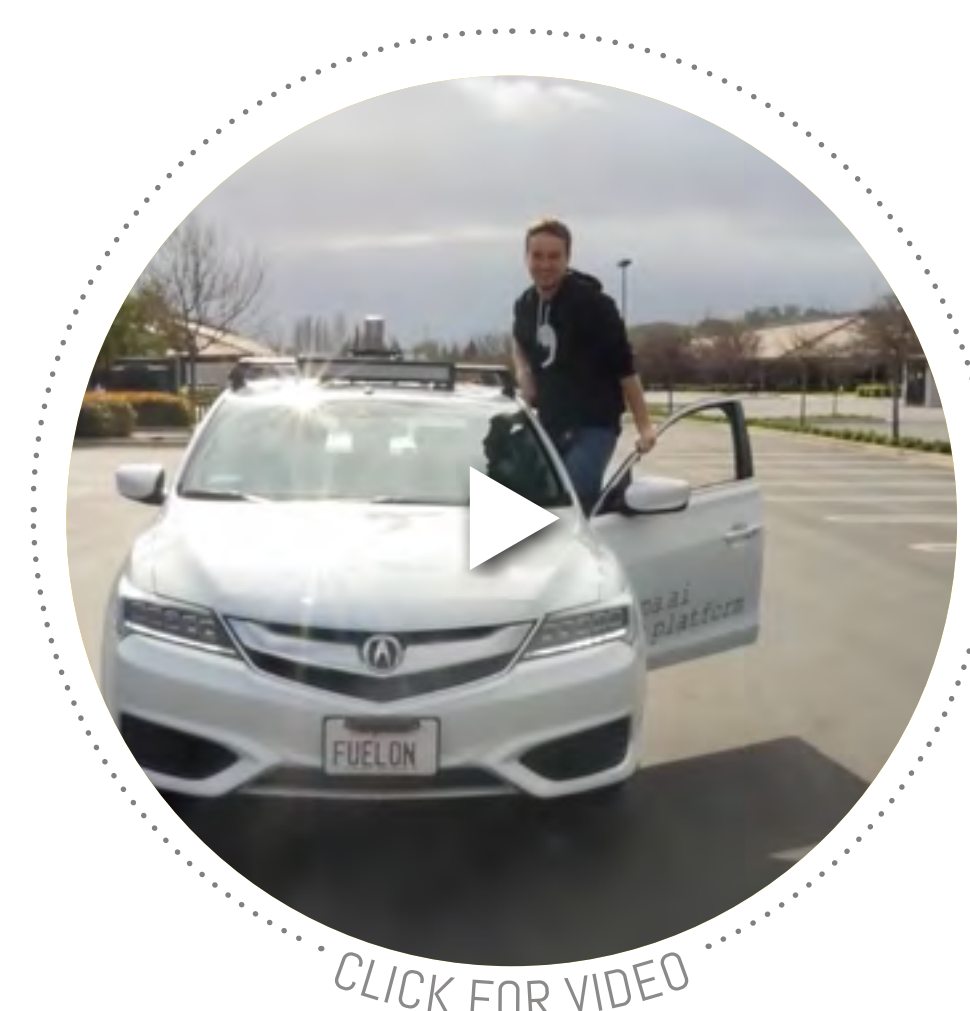
CATERPILLARS SLIMME TRUCKS

Multinational Caterpillar heeft enorme grote vrachtwagens geproduceerd voor de mijnbouw. Nieuwe sensortechnieken en software maken automatisering van deze giganten mogelijk, waardoor ze autonoom erts naar klanten kunnen vervoeren. Vanuit een centraal controlepunt houdt men het hele traject in de gaten. Deze trucks kunnen 24 uur per dag veilig de weg op. Met minder mensen in dienst nemen productiviteit, winst en veiligheid in de mijnbouw toe. Het bedrijf verwacht dat er binnenkort vloten met zelfrijdende vrachtauto's op de snelweg te zien zijn.



COMMA.AI'S \$ 999 ZELFRIJDEND SYSTEEM

George Hotz, eigenaar van Comma.ai heeft aangekondigd dat zijn zelfrijdende kit, die toe te voegen is aan elke auto, kan concurreren met bijvoorbeeld Tesla's Model 3 tegen een fractie van de kosten en zonder dat je een nieuwe auto hoeft te kopen. Comma.ai maakt goedkope innovatie mogelijk door gebruik te maken van generieke componenten die gewoon in de winkelschappen liggen. Hotz's systeem is echter verbazingwekkend geavanceerd en maakt hulp bij het rijden mogelijk dankzij vooruitkijkende sensoren en bijzondere slimme processoren. Deze techniek verdient de aandacht, omdat het een van de fundamentele problemen oplost die consumenten ervan weerhouden zelfrijdende techniek te omarmen: hoge kosten voor wat uiteindelijk misschien een noviteit blijft.





Wat is de toekomst
van zelfrijdende
systemen?



Ingewijden uit de industrie erkennen dat het publiek zelfrijdende systemen nog niet massaal accepteert. Ze zijn gewend aan de interactie die zij hebben met bijvoorbeeld buschauffeurs of vinden het gewoon leuk om zelf te (blijven) rijden. Bovendien heeft vrijwel iedereen er moeite mee de controle over te geven aan een algoritme. Detlev Mohr waarschuwt: "De vraag van consumenten is niet de basis van deze innovaties, maar het experimentele denken van grote automobielbedrijven. Daarom weet niemand hoe en hoe snel het publiek zelfrijdende systemen zal omarmen." Terwijl de ontwikkelingen doorgaan, is dat een belangrijke uitdaging voor de automakers. Mercedes, Toyota en GM moeten ook nog technische hordes nemen, zeker wanneer het gaat om zelfrijdende voertuigen in stedelijk gebied. Het menselijke element zorgt voor extra druk.

Hans-Werner Kaas heeft tegen McKinsey gezegd dat het moeilijk is om mensen ervan te overtuigen dat ze intelligente auto's kunnen vertrouwen. "We moeten ons op ons gemak voelen om de controle over het voertuig echt over te kunnen geven aan intelligente processoren, sensoren en software." Zelfs met recente, dramatische verbeteringen bij lerende machines blijft het introduceren van zelfrijdende auto's die de weg delen met onvoorspelbare menselijke chauffeurs een uitdaging. Men weet niet wat men moet verwachten.

De techniek is er bijna klaar voor. Met behulp van de meest geavanceerde technologie ontwikkelen bedrijven sensorsystemen die het hele spectrum bedienen. Daardoor kunnen ze vertrouwen op meerdere systemen en de data die ze ontvangen en verwerken. De komende drie tot vijf jaar zorgen slimme sensoren en verbeterde algoritmen ervoor dat zelfrijdende auto's en vrachtwagens,

met name op snelwegen, een haalbare optie worden.

Tesla en Uber zijn van mening dat ze al volledig zelfrijdende auto's hebben ontwikkeld die veilig kunnen rijden in steden met een duidelijk stratenplan. Een van hun grootste verkooptroeven is de veiligheid die zelfrijdende systemen kunnen bieden. Google's testresultaten laten echter zien dat ze die belofte alleen kunnen waarmaken wanneer een groot deel van de voertuigen op de weg autonoom is.

Als dat inderdaad het geval is, zal het persoonlijk eigendom afnemen en zullen meer mensen een auto delen, huren of als een taxi gebruiken. Een autonoom voertuig zet dan een klant af en reageert daarna op de oproep van de volgende. Dat gaat zo de hele dag door. Deskundigen denken overigens dat de autoverkoop niet zal afnemen. Integendeel. Er worden in de toekomst meer auto's verkocht dan nu.

De grootste groei en verandering wordt verwacht in de commerciële sector. Voor transportbedrijven, die nu met menselijke chauffeurs werken, zijn optimale veiligheid en besparingen belangrijke factoren om zelfrijdende systemen te omarmen. Zodra autonome wagens de weg op mogen, zien we vloten van autonome trucks wellicht in al 2025 goederen door heel Europa en Noord-Amerika vervoeren.

TECHNISCHE EN ETHISCHE HORDEN

Eerlijk gezegd zijn de technische uitdagingen voor zelfrijdende systemen enorm groot. Toch is de geboekte vooruitgang indrukwekkend.

De met sensoren verbonden processoren in een voertuig moeten de weg, andere voertuigen, obstakels, voetgangers en alles wat ze verder tegenkomen onder wisselende weers- en lichtomstandigheden voortdurend monitoren en daarop anticiperen. In de praktijk blijkt dit moeilijk te zijn, doordat sensoren snel in de war raken door sneeuw

of vallend blad. Hoe ongewoner een nieuwe situatie is, des te moeilijker de deep learning processor zijn werk kan doen. De komende tien jaar zullen ingenieurs en programmeurs werken aan het verbeteren van het diepe leervermogen van algoritmen, zodat ze nieuwe gebeurtenissen beter aankunnen.

Er zijn ook ethische uitdagingen. Stel je een zelfrijdende auto voor die op een gladde weg onverwacht een groep voetgangers ziet die een gewonde bestuurder van een verongelukte auto aan het helpen zijn. Aan beide kanten van deze mensen, die allemaal gevaar lopen, 'ziet' de auto dikke bomen. In milliseconden moet de processor de situatie beoordelen en actie ondernemen. Remmen betekent de mensen op de weg aanrijden, wat vele doden en gewonden tot gevolg zal hebben.

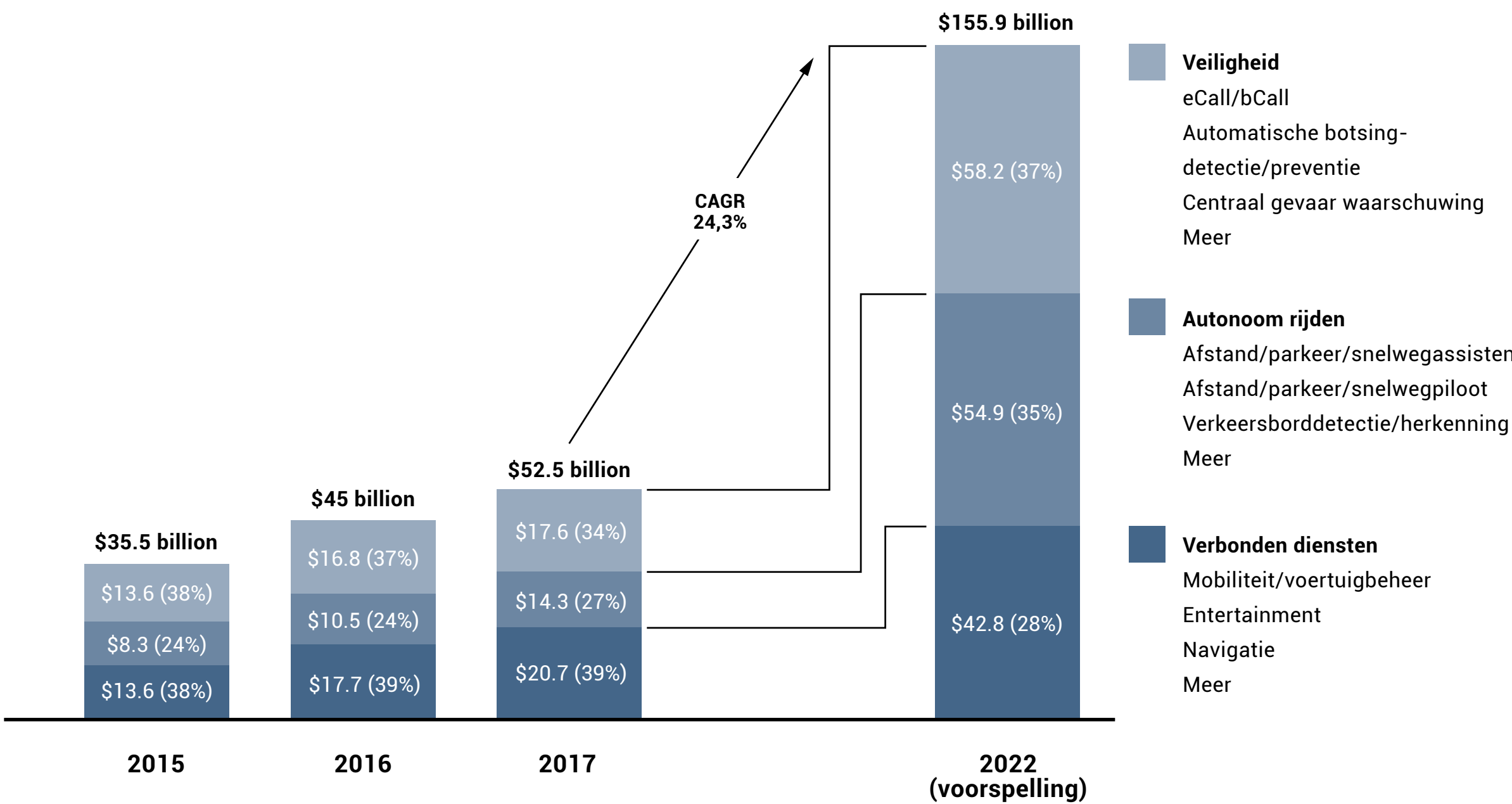
Moet de auto het leven van zijn eigenaar voorrang geven? Of moet hij berekenen hoeveel doden en gewonden er zullen vallen en zichzelf en zijn passagier te pletter rijden

tegen de bomen? Zou je een auto kopen die meer om anderen dan om jou geeft? Zou de wet moeten eisen dat de levens van velen prioriteit hebben over het leven van de eigenaar van de zelfrijdende auto? Er zijn geen eenvoudige antwoorden. Dit soort ethische vraagstukken kunnen een obstakel zijn voor de invoering van zelfrijdende systemen.



Interessante feiten en cijfers

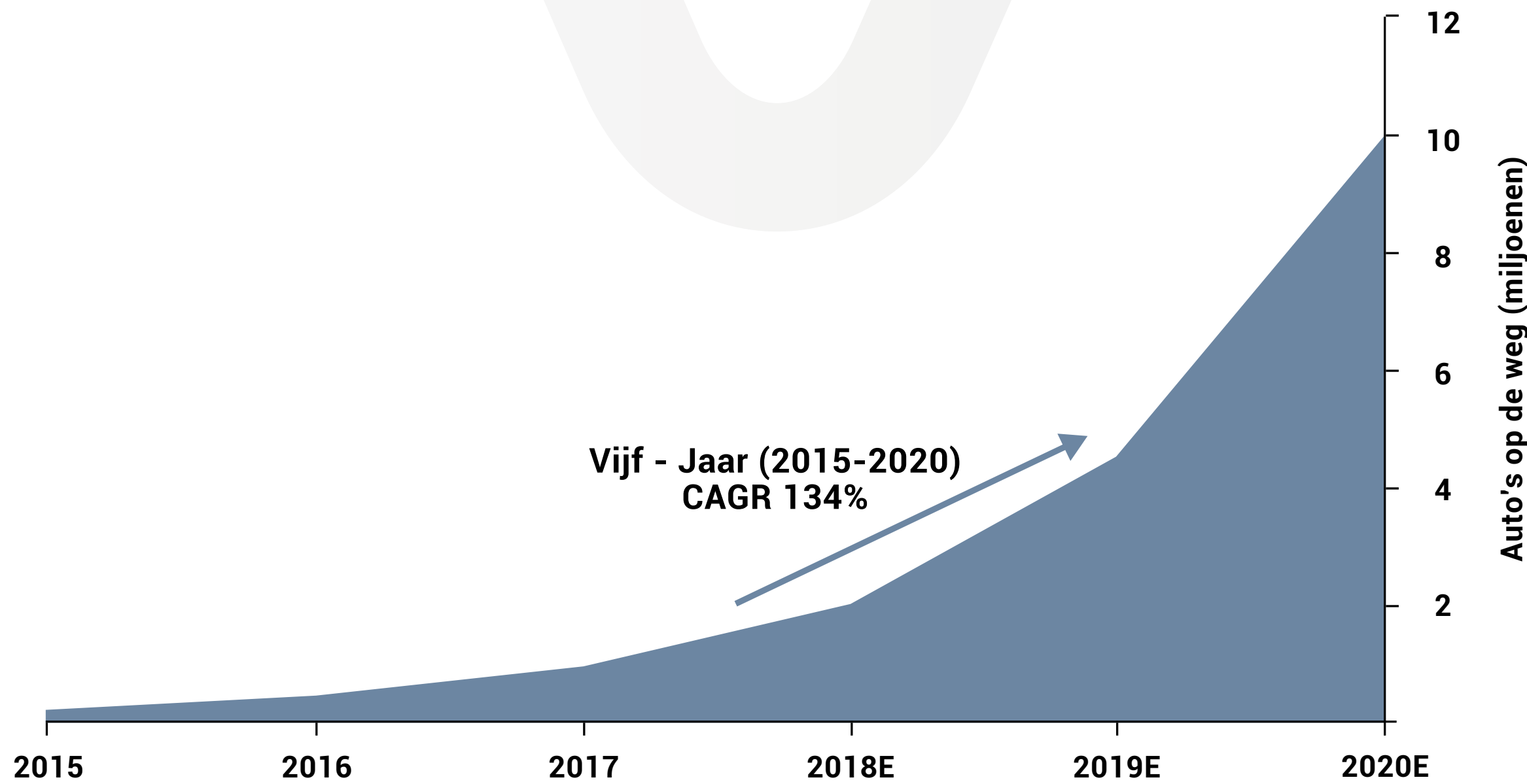
Geschatte inkomsten verbonden auto (en marktaandeel)
Per productpakket, 2015-2022



Let op: Als gevolg van afronding komen deze cijfers misschien niet precies overeen met de verstrekte totalen.
Bron: Strategy & Analysis
© PwC. Alle rechten voorbehouden.

Geschatte aantal auto's wereldwijd
met zelfrijdende features

Alle niveaus

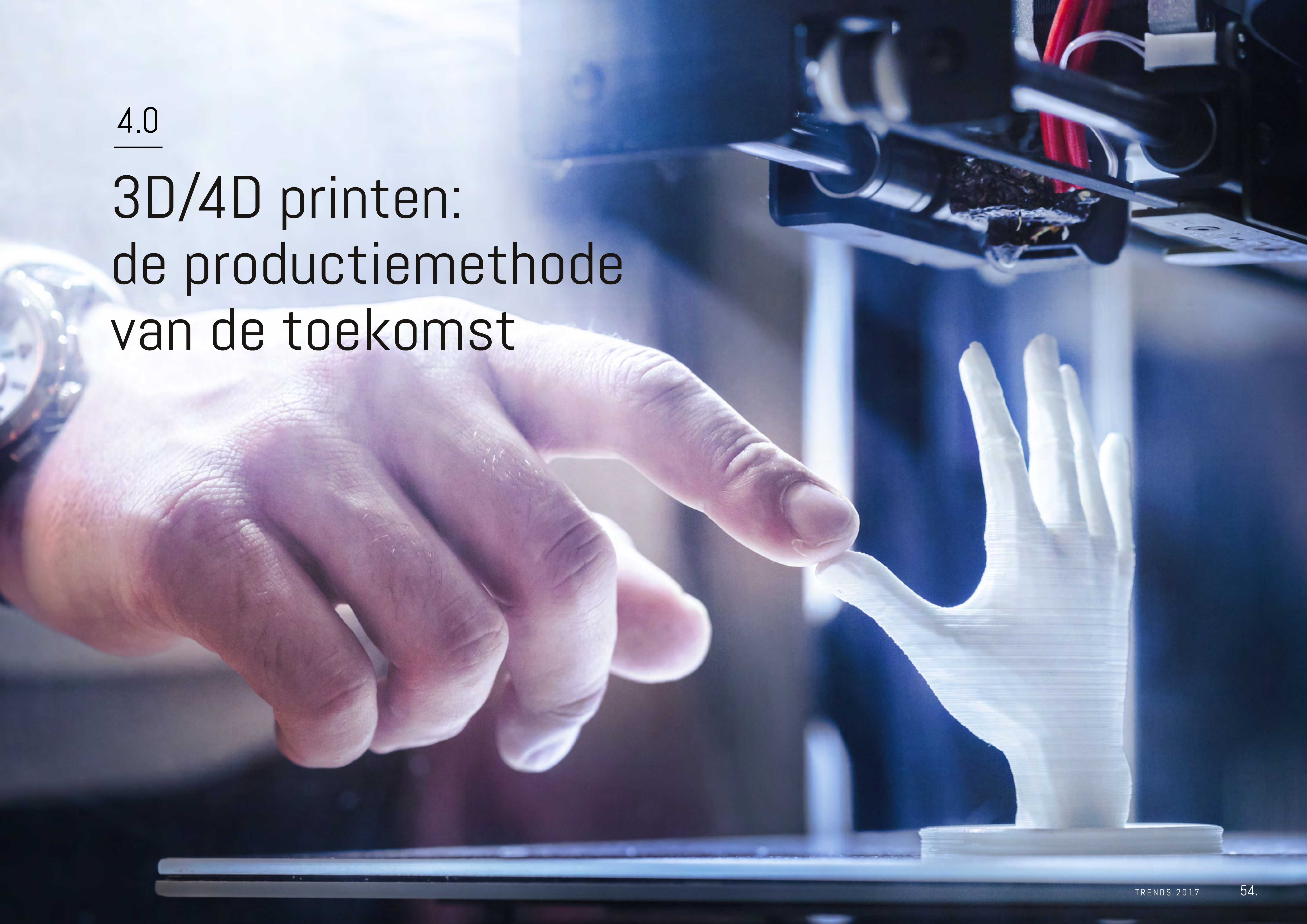


Bron: BI Intelligence Estimates, 2015

IHS Automotive voorspelt dat er in 2035 wereldwijd 21 miljoen zelfrijdende auto's rondrijden.

4.0

3D/4D printen: de productiemethode van de toekomst



3D-printen – ook wel additive manufacturing – is een technologie waarbij lagen van thermoplastisch of hars door precisieapparatuur in een bepaalde vorm worden geperst en daarna gehard. 3D-printtechnologie heeft traditionele productiemethoden en de geneesmiddelenindustrie al ontwricht, maar nu de technologie steeds verder verbetert en de prijzen dalen, staat verdere innovatie voor de deur. Bijvoorbeeld in de manier waarop producten voor de detailhandel of medische implantaten worden geproduceerd.

Doordat 3D-printen het mogelijk maakt om producten op aanvraag te maken en printers in de nabije toekomst niet per se op een centrale plaats hoeven te staan, kun je straks eenvoudig een product bestellen en het thuis binnen enkele minuten printen. Ditzelfde gemak geldt ook voor bedrijven, die niet meer hoeven te wachten tot een vervangend onderdeel is verscheept en afgeleverd. Ook zij kunnen direct *in house* printen, waardoor doorlooptijden tot het verleden gaan behoren. 3D-printen maakt de ontwikkeling van prototype tot product eenvoudiger, zorgt ervoor dat de kosten van onderzoek en ontwikkeling (R&D) sterk dalen, met als gevolg dat allerlei obstakels voor consumenten en bedrijven vervallen.

Bedrijven die vooroplopen in de toepassing van deze nieuwe technologie, zoals Carbon, rekenen evenveel voor producten als traditionele fabrikanten, maar produceren – zeker als het om enkele stuks gaat – veel sneller. Dat kan doordat 3D-printers goedkoper en mobieler zijn dan apparaten die voor traditionele productiemethoden nodig zijn. Producteren in de 21ste eeuw gebeurt niet centraal, maar lokaal en is ook daardoor veel minder duur.

Wanneer deze technologie nog goedkoper wordt, ontstaat een 'crowd-sourced' beweging van mensen die voortdurend van alles ontdekken en creëren. Iedereen kan een product ontwerpen dat in een bepaalde

behoefte voorziet, het printen, testen en de ontwerptekeningen gratis of tegen een vergoeding uploaden. Iedere bezitter van een 3D-printer kan dan jouw ideeën downloaden en kopiëren.

Dat is is pas disruptie!



Belangrijke doorbraken van de afgelopen jaren

In 2014 groeide de 3D-printindustrie ongekend hard met 35,2 procent. Doordat de voordelen van produceren op aanvraag snel duidelijk werden, explodeerde de vraag naar deze technologie. Ziekenhuizen zagen grote kansen. Een enorm voordeel was het real-time kunnen printen van implantaten en prothesen. Op aanvraag printen betekent ook dat prothesen gemakkelijk zijn aan te passen aan de behoefte van de patiënt. Een jaar later begonnen ziekenhuizen met het printen van synthetische huid voor brandwondenpatiënten. Voor baby's die lijden aan de zeldzame aandoening tracheo-bronchomalacie kan men nu bijvoorbeeld luchtwegspalken printen om de wanden van de luchtwegen open te houden. Deze spalken of stents groeien mee met de patiënt, kosten slechts \$ 10 en zijn binnen enkele uren geprint.

Door 3D-printen te combineren met digitaal scannen zijn artsen in staat levensechte prothesen te produceren voor patiënten met

ernstige verwondingen aan het gezicht.

Door hun gezicht te scannen kunnen artsen de op maat gemaakte prothesen *in house* reproduceren.

Ook het industriële gebruik van 3D-printen verbeterde in 2014.

Technologische verbeteringen bij bedrijven als Carbon en DDDmaterial maken sneller, betrouwbaarder en accurater printen mogelijk. De nieuwe M1-printer van Carbon maakt gebruik van CLIP (Continuous Liquid Interface Production) 3D-printtechnologie. Volgens het bedrijf "werkt CLIP door het projecteren van licht via een zuurstofdoorlatend raam in een reservoir van UV-uitgeharde hars. Tijdens het projecteren van een serie UV-beelden, wordt een onderdeel hard en komt het opbouwplatform omhoog."

In tegenstelling tot traditioneel 3D-printen verhoogt deze methode het tolerantieniveau en de afwerkingskwaliteit van het oppervlak

van het component. Bovendien is zeer taai hars een soort basismateriaal. In de praktijk betekent dit dat M1 te gebruiken is voor de productie van onderdelen voor industriële toepassingen waarbij hoge stijf- en hardheid moet samengaan met grote precisie.

Er was de afgelopen jaren niet alleen goed nieuws. De aandelen van veel risico-nemende 3D-printbedrijven kelderden. Stratasys merkte bijvoorbeeld merkte dat het aantal orders voor 3D-printers als gevolg van verzadiging van de markt van het ene op het andere moment afnam. 3D Systems was van mening dat de consumentenmarkt voor deze printers de aankomende jaren nog niet winstgevend zal zijn en trok zijn enige home-based printsysteem terug.

Wat de nabije toekomst betreft zal medisch gebruik van 3D-printen zeer waarschijnlijk wel een enorme groei laten zien.

Huidige ontwikkelingen in 3D en 4D printen

Vanuit de luchtvaartindustrie neemt de belangstelling voor 3D-printen snel toe. Voor de productie van moderne vliegtuigen steunen fabrikanten immers op lichte, sterke en precieze componenten. Boeing heeft aangekondigd de 737 MAX-motoren te voorzien van 3D-geprinte brandstofmondstukken om de brandstof te beluchten. Orbital ATK heeft onlangs een geprinte hypersonische verbrander getest in een zogenoemde scramjet-motor. Na twintig dagen bleken er absoluut geen problemen te zijn met de 3D-geprinte componenten. In een persbericht schrijft het bedrijf: "Additive manufacturing geeft onze ontwerpers en ingenieurs nieuwe mogelijkheden... Deze verbrander is een prachtig voorbeeld van een component dat we enkele jaren geleden niet hadden kunnen bouwen."

Het is daarom aannemelijk dat de prestaties van de industrie door de vooruitgang in de ontwikkeling van 3D-printtechnologie revolutionair zullen toenemen.

2016 laat ook op het gebied van medische technologie en verbazingwekkende sprong vooruit zien. Het Wake Forest Baptist Medical Centre heeft onlangs met succes oor-, bot- en spierstructuren geprint, die later in dieren zijn geïmplant. Het geprinte weefsel is in de testdieren op natuurlijke wijze gaan groeien en functioneren. Het onderzoek is gefinancierd door het Amerikaanse leger, dat hoopt dat soldaten op deze manier kunnen herstellen van anders catastrofale verwondingen.

Het printen van organische weefsels, waaronder bloedvaten, is vooral mogelijk dankzij het gebruik van door wetenschappers van de Universiteit van Missouri ontwikkelde bio-inkt. Dat is in feite een vloeibare suspensie van cellen en nutriënten, vaak met een anorganische structuur of matrix waarop cellen kunnen groeien. Eenmaal geprint in de juiste vorm, wordt de ontstane structuur ondergedompeld in nutriënten of geïmplant, waarna het groeiproces begint.

Het bioprintbedrijf Organovo produceert op dit moment lever- en nierweefsel voor onderzoeksdoeleinden. Door dit op ethisch verantwoorde wijze te testen op mensen is het bijvoorbeeld mogelijk te bepalen wat veilige limieten zijn voor het toedienen van de medicijnen. In de zeer nabije toekomst zijn menselijke organen op deze wijze ook voor transplantatiedoelstellingen te kweken. Hierdoor kunnen vele levens worden gered en behoren lange wachtlijsten voor geschikte organen binnenkort wellicht tot het verleden.

4D-printtechnologie is sinds 2016 eveneens in opkomst en zal in 2017 nog sneller groeien. Deze technologie voegt de dimensie van tijd toe aan 3D-geprinte objecten. Door te begrijpen hoe bepaalde structuren reageren op bijvoorbeeld water, laten onderzoekers van Harvard zien dat ze 3D-objecten kunnen ontwerpen die later van vorm veranderen. Deze technologie staat nog in de kinderschoenen, maar men hoopt in de toekomst complexe, van vorm veranderende structuren zoals bijvoorbeeld hartkleppen te kunnen printen.



Zoals altijd, gaat vooruitgang ook hier samen met beperkingen. 3D-printen kent de komende tijd minimaal drie uitdagingen. De eerste is het feit dat de printindustrie zich focust op de productie van kleine onderdelen, meestal gemeten in millimeters en centimeters. Dat is logisch, gegeven het medische gebruik en de vraag naar bio-printen. Allemaal op kleine schaal. Machines die in staat zijn metersgrote materialen te printen zijn er nog nauwelijks. Door de voortschrijdende technologie, met name in de bouw- en luchtvaartindustrie, neemt de vraag naar grotere printbare bouwmaterialen in de toekomst echter zeker toe.

- Een potentiële oplossing is te vinden in recente ontwikkelingen op het gebied van 4D-printtechnologie. Het is mogelijk een gevouwen materiaal te printen, dat zich daarna, na blootstelling aan bijvoorbeeld vocht of warmte, vanzelf uitvouwt. Daardoor kunnen printers van bescheiden grootte, zoals M1, grotere componenten voor buiten produceren.
- De tweede uitdaging is de printsnelheid. Carbon3D heeft de printtijd van objecten al flink teruggebracht, maar het proces is

nog steeds veel langzamer dan traditioneel produceren. Hoewel een ontwerper zijn enkele ontwerp als afgewerkt product snel kan printen, gaat massaproductie via additive manufacturing nog steeds pijnlijk langzaam.

- Ten slotte is er nog een relatief beperkt aanbod van grondstoffen die in een 3D-printer te gebruiken zijn. Om te kunnen functioneren moeten het vloeistoffen zijn die een smal mondstuk kunnen passeren. Dankzij de vooruitgang in materiaal- en grondstoffentechnologie is het in de praktijk gelukt om zeer harde harsen te produceren, zoals toepassingen door Boeing en Orbital ATK bevestigen. Veel van de huidige ontwerpen zijn echter gebaseerd op metalen. Als we 3D-printtechnologie echt in het zonnetje willen zetten, moeten we wellicht motoren vanaf de basis opnieuw ontwerpen en bedenken hoe we vormcomponenten kunnen laten profiteren van harsachtige grondstoffen.

Interessante toepassingen van de technologie

FOOD INK'S CULINAIRE PRINTER

Het revolutionaire Nederlandse popup-restaurant Food Ink heeft een printer gelanceerd die alles kan (uit)persen en bereiden, van hummus en erwtenpuree tot smeerkaas en pizzadeeg, kortom alles waarvan een smeerbare pasta kan worden gemaakt. De machine van byFlow, die bijna net zo werkt als een standaard 3D-printer, gebruikt een precisiepers om maaltijden met een bijna architectonische creativiteit vorm te geven, zoals de chef heeft bedacht.

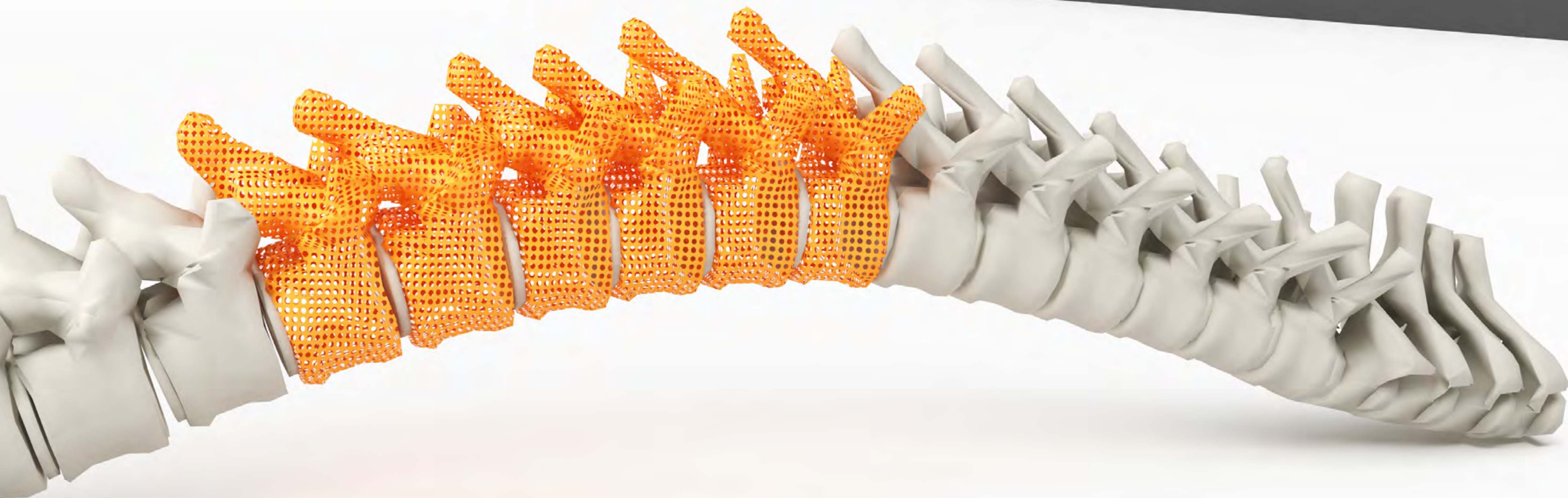
4D-MEDICIJNBEZORGING

Doordat je met 4D-printers materiaal kunt printen dat na externe stimuli van vorm kan veranderen, is het mogelijk laagjes olie te produceren die op water gebaseerde medicijnen kunnen inkapselen. Deze kleine sandwiches van olie en geneesmiddel heten 'multisomes' en reageren op veranderingen in temperatuur of pH-waarde, waardoor ze de werkzame stoffen kunnen afgeven als dat nodig is. Nu nemen we nog medicijnen als we al ziek zijn. In de toekomst kunnen nano-medicijnpakketjes worden geïnjecteerd voordat we ze nodig hebben.

GEPRINTE LUCHTWEGEN

Een groot aantal kinderen wordt helaas geboren met niet goed functionerende luchtwegen. De enige huidige oplossing is een moeilijke en gevaarlijke chirurgische ingreep, maar dat is binnenkort misschien niet meer nodig. Biomedisch onderzoeker Scott Hollister van de Universiteit van Michigan heeft een geprinte stent ontworpen die de luchtpijp van een kind met een bepaalde aandoening van de luchtwegen tijdens de groei openhoudt. De stent wordt uiteindelijk geleidelijk door het lichaam geabsorbeerd. De voorzichtig desintegrerende luchtpijpstent zorgt ervoor dat het bronchiale kraakbeen langzaam vanzelf groeit. Dat maakt het chirurgisch verwijderen van een normale stent, die niet meegroeit en al snel te klein is voor het kind, overbodig.

Wat is de toekomst
van 3D en 4D printen?

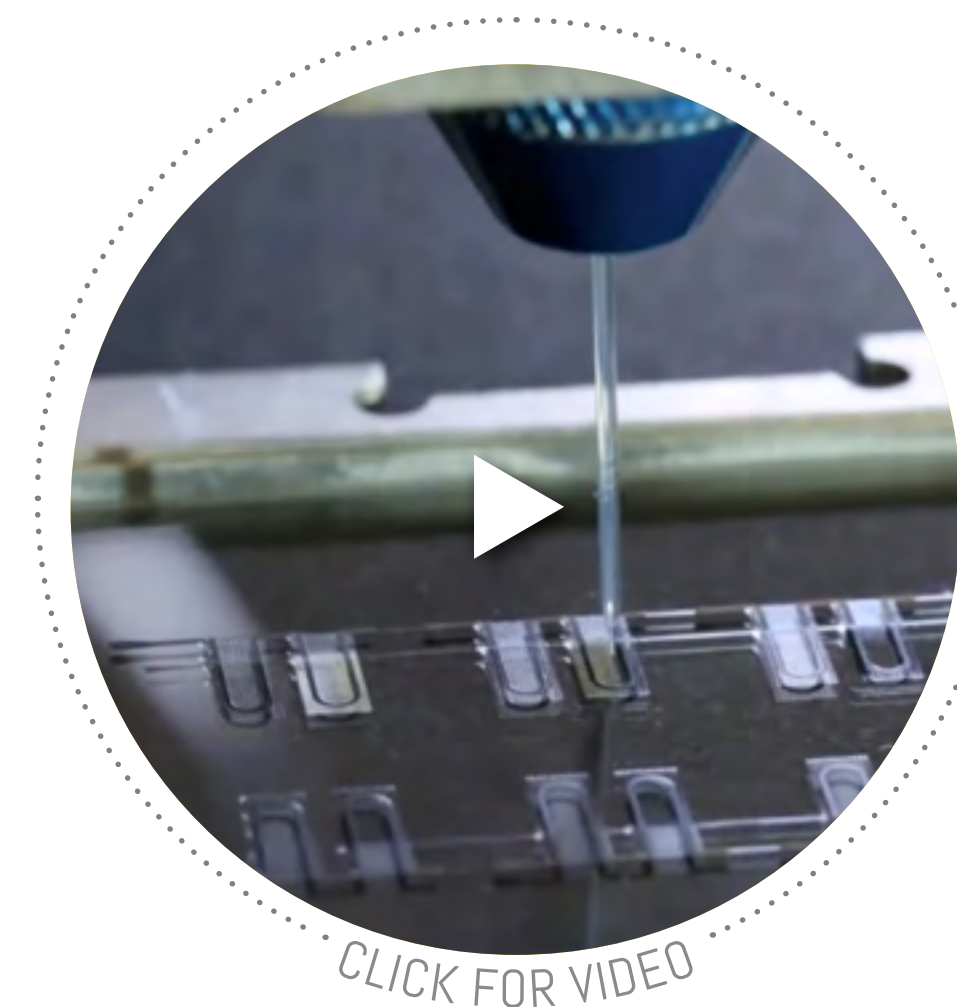


De toekomst van printen is zeer interessant en veelbelovend. Harvard-onderzoekers hebben pasgeleden aangekondigd dat het hen is gelukt kloppend hartweefsel te printen. Dit is, net als bij het lever- en nierweefsel van Organovo, een doorbraak die testen op proefdieren overbodig maakt. Deze ontwikkeling geeft bovendien aan wat we de komende tien jaar kunnen verwachten. De verwachting is dat al heel snel botten, spieren, nieren en levers op aanvraag printbaar zijn, waardoor orgaanschaarste en –afstoting tot het verleden gaan behoren. Dit is geen sciencefiction, maar al bijna realiteit.

Denk niet dat 3D/4D-printen zich zal beperken tot ziekenhuizen. Een van de grootste voordelen van dit proces is het feit dat de benodigde apparatuur compact en draagbaar is. 3D-printers zijn nu al geïnstalleerd in het internationale ruimtestation ISS om voor reparatie noodzakelijke onderdelen te kopiëren. Het vervoeren van nieuwe onderdelen van de aarde naar de ruimte is veel ingewikkelder!

Om die reden denken ruimtevisionairs dat 3D- en 4D-printtechnologie integraal onderdeel zal zijn van bijvoorbeeld de kolonisatie van Mars. Omdat reizen naar Mars moeilijk, tijdrovend en duur is, moeten moderne ontdekkingsreizigers alles dat ze nodig hebben meenemen. Ook moeten ze dingen die kapot gaan, versleten zijn of waaraan nooit is gedacht, ter plekke kunnen produceren.

HRL Laboratories heeft onlangs een nieuwe hars met speciale eigenschappen ontwikkeld. Na het printen kan deze hars door verhitting worden verhard en getransformeerd in perfect keramisch materiaal, wat een nog gevarieerder gebruik van 3D-geprinte componenten mogelijk maakt. In de toekomst worden metalen met een hoge treksterkte vervangen door superplastics en lichtgewicht keramiek. Hierdoor komt het driedimensionaal printen van vliegtuig- en automotoren steeds dichterbij.



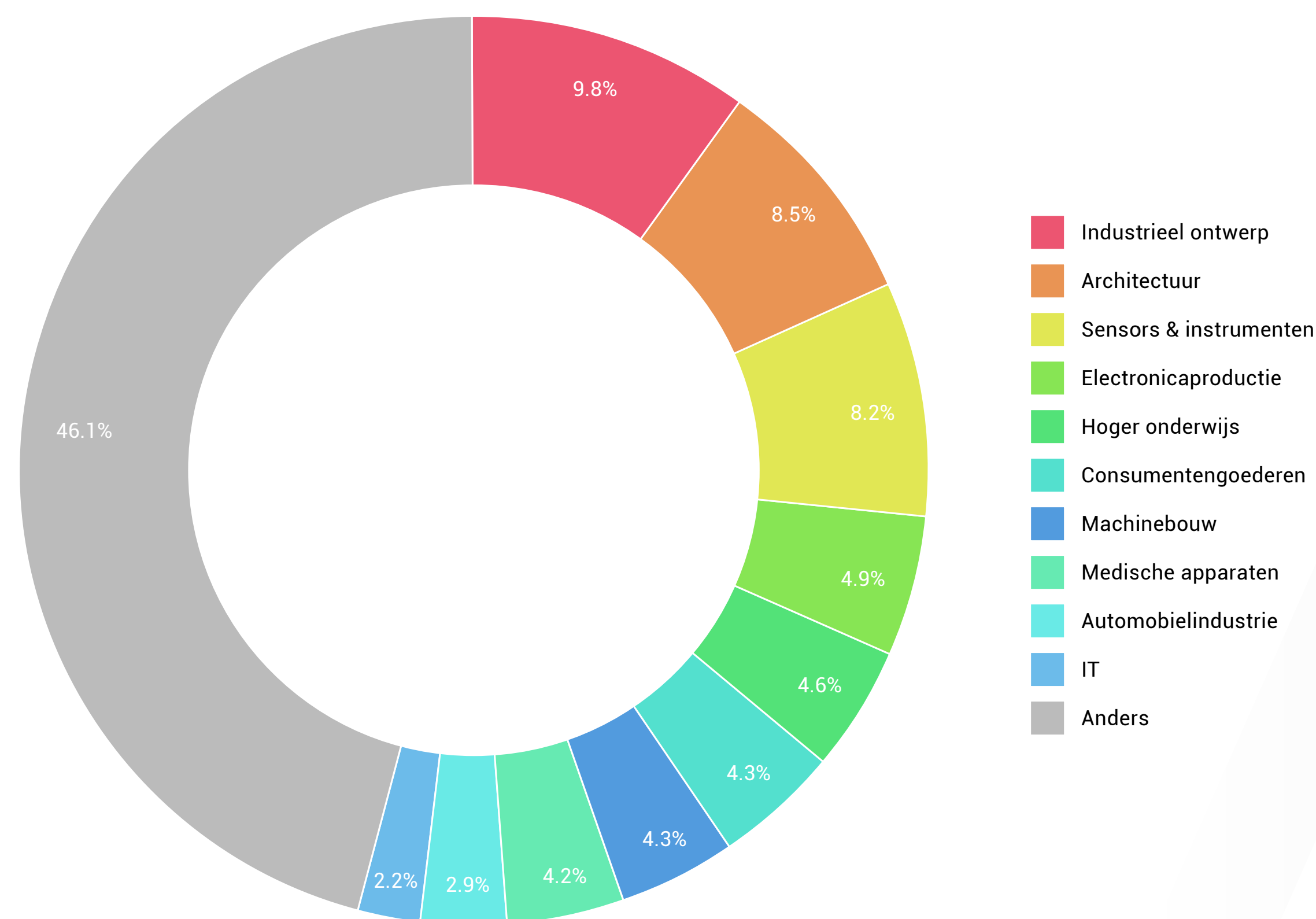
Binnen twintig jaar heeft 3D/4D printtechnologie traditionele machinale bewerkingen vervangen en zorgt het 3D-printen van auto's voor een revolutie binnen de automobiellindustrie.

Interessante feiten en cijfers

De wereldwijde verkoop van 3D-printers steeg in 2015 met 35%, als gevolg van verbeteringen in de technologie. Dat waren met name desktopprinters onder de \$5000, en niet de dure industriële modellen die je zou verwachten. Niettemin wijzen de gegevens erop dat het hier ging om bedrijfsaankopen, niet om consumentenaankopen.

De cijfers voor 3D-printerhardware overschrijden in 2019 naar verwacht \$1.5 miljard, en de verwachte markt voor bioprinting is in 2022 \$1.82 miljard. De 3D-printing materialenmarkt komt in 2025 naar verwachting boven de \$8.3 miljard.

Verdeling van industrie-uitgaven



Bron: www.3dhubs.com/trends

Opmerking: Deze gegevens zijn gebaseerd op 3D-Hubs zakelijke klanten. 3D Hubs voltooit meer dan 40.000 prints per maand.

5.0

Virtual reality, augmented
reality en mixed reality:
zien is echt geloven





Virtual en augmented reality gaan onderwijs, industrie, gezondheidszorg en entertainment voor altijd veranderen. Virtual reality haalt gebruikers uit de realiteit en neemt hen mee naar een gesimuleerde wereld. Augmented reality verrijkt de werkelijkheid door een digitale laag van grafische en andere informatie over de echte wereld 'heen te leggen'. Mixed reality heeft een beetje van beide en overlapt de werkelijkheid met interactieve digitale elementen.

Augmented en mixed reality voegen iets toe aan wat er al is, waardoor het ideale platforms zijn voor het delen van informatie. Virtual reality creëert daarentegen een nieuwe werkelijkheid, die alleen beperkt is door onze eigen verbeeldingskracht. Beide zijn opwindend en nuttig, hoewel ze vaak voor verschillende doeleinden worden gebruikt.

Belangrijke doorbraken van de afgelopen jaren



Oculus VR, marktleider in de 'headsets' die de techniek tot leven brengen, haalde in 2012 als startup \$ 2 miljoen op voor het ontwikkelen van twee prototypes. 'Development Kit' 1 en 2 waren onhandig, 2D en niet veel meer dan betaversies, maar boden de gebruikers wel een volledig perspectief van 90 graden. Zo'n twee jaar later nam Facebook Oculus voor \$ 2 miljard over. Een flink aankoopbedrag dat het disruptieve potentieel van VR nieuw leven inblies. Een soortgelijk voorbeeld is Magic Leap, die de mogelijkheden van retinaschermen voor augmented reality onderzoekt. Het bedrijf vroeg investeerders om steun en ontving die ook, ter waarde van \$ 542 miljoen. Techgigant Google voerde echter de lijst van investeerders aan. Wie ziet waar het geld naartoe

gaat, zal de potentiële impact die deze technologie volgens Facebook en Google heeft moeilijk kunnen onderschatten. Ingewijden zien de potentiële verkoopcijfers oplopen tot biljoenen dollars, verdeeld over een scala aan industrieën.

Ook andere bedrijven lanceerden VR en AR headsets. Tijdens de 2015-editie van de Game Developers Conference onthulden HTC en game-ontwerper Valve onthulden hun Vive headset. Het device maakt gebruik van afzonderlijke schermen voor elk oog en volgt de oogbewegingen van de gebruiker. Deze technologie maakt het apparaat behalve voor entertainment ook geschikt voor andere doeleinden.

Huidige ontwikkelingen in VR, AR en MR

Je bent vast bekend met Pokémon GO, de augmented reality app waarmee je op zoek gaat naar virtuele wezentjes in de echte wereld. Wie denkt dat dit leuke en verslavende spelletje het neusje van de AR zalm is heeft het mis, want de technologie is al veel verder dan je denkt.

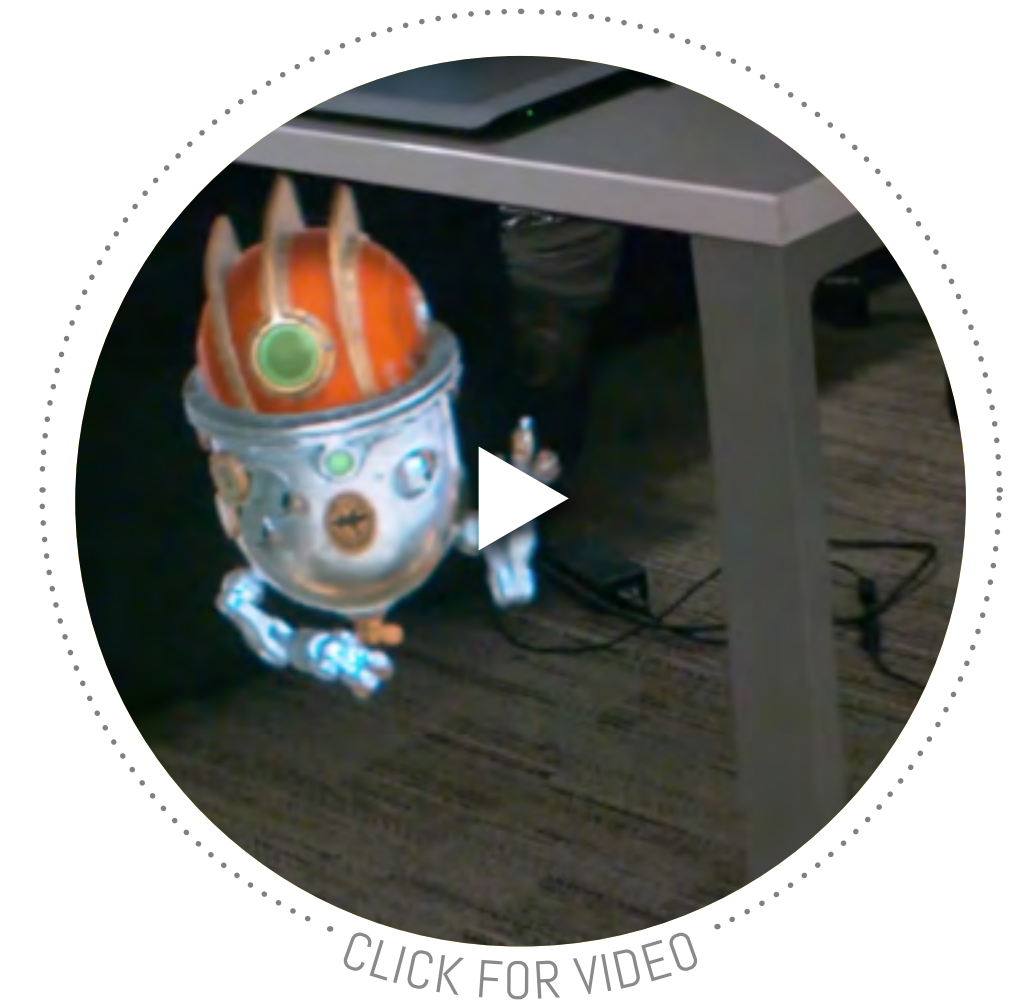
MAGIC LEAP

Magic Leap haalde nog eens \$ 800 miljoen op en verhoogde de waarde van de startup tot meer dan \$ 4 miljard. Ook al moeten ze hun tech nog aan het publiek presenteren, maken ze hun verwachtingen al min of meer bekend.

Magic Leap houdt zich niet specifiek bezig met alleen AR of VR, maar vooral met MR (mixed reality). Hun technologie laat je hersenen denken dat wat je waarneemt echt is. Dat gaat een stapje verder dan AR. De resultaten schokten medewerkers van Wired magazine, die het prototype testten. Ze beseften dat er veel meer potentiële applicaties zijn dan alleen voor gaming. Doordat je data en afbeeldingen dankzij deze technologie 'in de lucht' kunt projecteren en hand-

en oogbewegingen kunt volgen, worden mobieltjes en pc's binnenkort misschien wel vervangen door rechtstreekse projecties op het gezichtsveld die alleen door de gebruiker waar te nemen zijn.

De mogelijkheden zijn vrijwel eindeloos, wat het enthousiasme van investeerders opstoot. Magic Leap laat zien dat VR en de daarbij behorende techniek potentieel te gebruiken is als onderwijskundig instrument, hulpmiddel bij onderzoek en ondersteuning van de toeristische industrie. Door gegevens en grafische illustraties over echte beelden te projecteren kunnen studenten bijvoorbeeld meer leren over voor hen interessante zaken of meer gedetailleerde informatie krijgen over hun favoriete tentoonstelling.



HOLOLENS

Microsoft begeeft zich op de MR-markt met HoloLens. In samenwerking met onderwijsgigant Pearson ontwikkelde het bedrijf een trainingsprogramma voor verpleegkundigen. Door dit virtuele programma waar medische noodgevallen mee geoefend kunnen worden, behoren trainingsacteurs en real world simulaties binnenkort wellicht tot het verleden. In het Texas Tech University Health Sciences Centre in Lubbock en op de San Diego State University wordt HoloLens al een tijdje gebruikt. Wij verwachten dat het onderwijs binnenkort in toenemende mate op VR en AR platforms zal steunen.

Driedimensionale weergaven kunnen onderzoekers helpen bij het maken van complexe ontwerpen. Het is gemakkelijker om een speciale virtuele weergave van een realistisch uitziend object te manipuleren en begrijpen. Denk bijvoorbeeld aan Ironman, waarin hologrammen te zien zijn die door Tony Stark in zijn laboratorium gemanipuleerd worden. IBM gebruikt MR steeds vaker om data te visualiseren. VR, AR en MR hebben volgens Rosstin Murphy, ingenieur bij IBM, elk hun eigen voordelen.

THE VOID

De potentie van VR groeide in 2016 met grote sprongen. Visions of Infinite Dimensions (VOID), bedacht door Ken Bretschneider, Curtis Hickman en James Jensen werd eindelijk werkelijkheid. VOID biedt gebruikers een filmervaring, in dit geval de 'Ghostbusters'-franchise, waarvan ze daarvoor alleen maar konden dromen. De technologie in The VOID wordt ook wel hyper reality genoemd. The VOID is een wonder, een voorbeeld van hightech tovenarij. Door bewegen van gebruikers met speciale software (sensoren) te 'vangen' en informatie door te geven aan hun headsets, krijgen ze het gevoel dat ze echt in een filmset rondlopen.

The VOID brengt een virtuele wereld tot leven door elk virtueel object te koppelen aan een corresponderend echt voorwerp. Wanneer je een virtueel object wilt pakken, voelen je handen iets tastbaars. Gebruikers ervaren dat een complex van gelaagde effecten het brein voor de gek houdt.

Je weet dat het niet echt is, maar ervaart het wel zo. Je voelt de textuur van houten lambriseringen in een hotel, al weet je dat die er helemaal niet zijn. Je voelt letterlijk nattigheid nadat je protoplasmaslijm over

je hebt gekregen en ruikt geroosterde marshmallows wanneer je beekjes oversteeft om de Stay-Puft marshmallowman te verslaan. Je zintuigen bedriegen je niet, dus is het niet moeilijk de illusie in stand te houden.

Je gelooft iets, zonder je fantasie te gebruiken.

L'OREAL

Sommige opleidingsvormen profiteren ook van 'onderdompeling' in de techniek. Cosmeticagigant L'Oréal maakte met consumentencamera's opnamen van kappers die aan het werk zijn. In een VOID-achtige studio werden vervolgens VR-trainingscentra gecreëerd, die L'Oréal uiteindelijk wereldwijd wil inzetten. Kappers in opleiding kunnen daardoor de technieken van topkappers vanuit elk perspectief bestuderen en zelfs in de virtuele schoenen van een prof stappen om uit de eerste hand te beleven wat die doet.

Echte goede virtual reality is echter nog steeds een uitdaging. Geloofwaardig gesimuleerde werkelijkheden neerzetten is niet gemakkelijk en VR-systemen, met uitzondering van bijvoorbeeld The VOID, kampen met allerlei kinderziektes.

- **In de eerste plaats** kan VR moeilijk te verkopen zijn, doordat mensen het zelf moeten ervaren en het moeilijk uit te leggen is aan niet-gebruikers. Een video met beelden die de headset doorgeeft, laat niet echt zien hoe krachtig VR is. Headsetfabrikanten en VR-ontwikkelaars moeten nieuwe technieken verzinnen om hun product goed in de markt te zetten. Nu mogen bezoekers van winkelcentra en congressen VR vaak uitproberen, maar of dat voldoende is om vraag te genereren?

- **Ten tweede** is VR-ziekte een groot probleem. Doordat je ogen en hersenen voor de gek worden gehouden, kunnen sommige signalen conflicten veroorzaken met het binnenoor en leiden tot desoriëntatie, duizeligheid en misselijkheid. Moeten overgeven tijdens een spelletje maakt VR niet echt populair. Mark Zuckerberg probeert

deze vervelende bijwerkingen af te zwakken door de beelden op de Oculus Rift headset iets langzamer te laten wisselen. We zullen zien of dat werkt.

- **In de derde plaats** wordt de onderdompelings-ervaring afgezwakt door vertraging. Als je wel eens hebt gekeken naar een video die steeds even stopt om te 'bufferen', weet je hoe irritant dat is. Stel je dan voor wat er gebeurt als je virtuele wereld ineens stilstaat en je headset de bewegingen van je hoofd niet meer volgt.

- **Ten vierde** is VR nog steeds te duur voor thuisgebruik, hoewel er inmiddels enkele goedkopere systemen op de markt zijn. Facebook heeft een VR-systeem voor ca. 1.100 euro uitgebracht en Sony Playstation eentje voor ca. 750 euro. Niet alleen heeft de gebruiker een zeer geavanceerde

computer nodig die het systeem aankan en voldoende grafische capaciteit heeft, de headsets zijn duur. Bovendien vraagt het systeem om een grote bandbreedte. Met MR is het niet veel beter. De HoloLens van Microsoft kost namelijk bijna 3.000 euro en er zijn niet veel mensen die dat bedrag ervoor over hebben.

- **Ten slotte:** om van VR een groot succes te maken moet het systeem in staat zijn de oog- en lichaamsbewegingen van de gebruiker zeer nauwkeurig te volgen. Op dit moment hebben zelfs de meest geavanceerde consumentensystemen daar moeite mee. The VOID lost dat probleem op met een sensorsysteem, maar dat is niet praktisch bij dagelijks gebruik. Feit is dat het volgen van oogbewegingen niet zo eenvoudig is als het lijkt.

Interessante toepassingen van de technologie





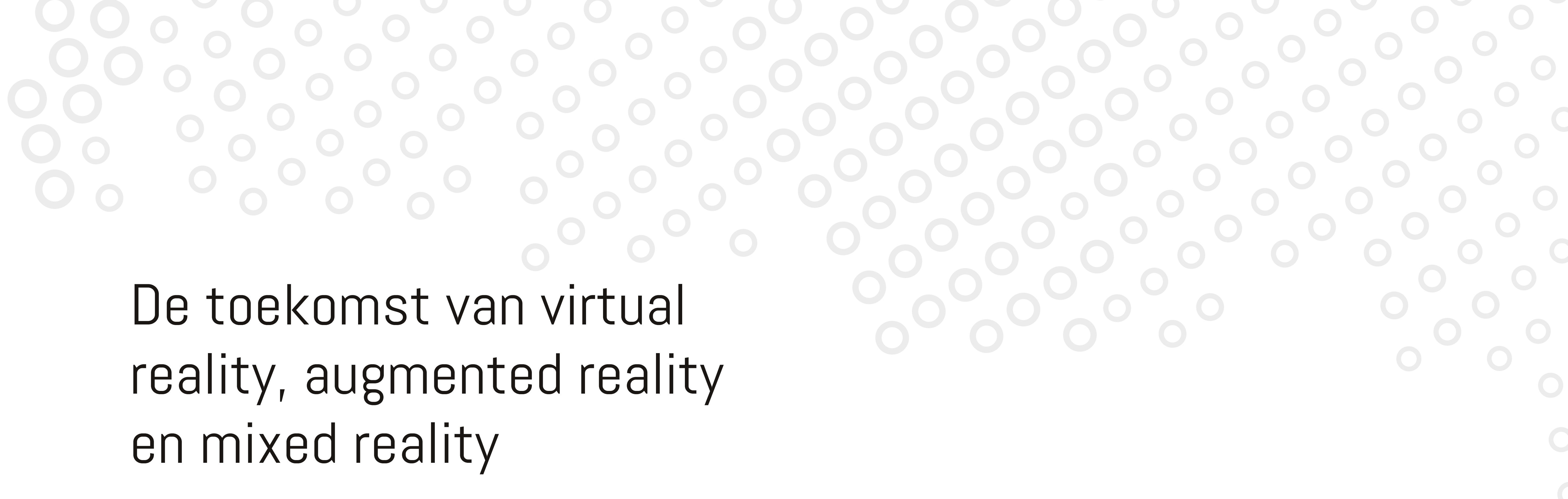
VR VOOR MILITAIRE TRAINING

De kosten van militaire training kunnen enorm hoog zijn en de risico's aanzienlijk. Om een oplossing te vinden voor deze uitdagingen onderzoekt het leger de mogelijkheden van VR-training. De 'realiteit' in deze VR-systemen lijkt op de bij gamers populaire schietspelletjes en helpt soldaten bij het leren van de beste technieken om bijvoorbeeld deuren in te trappen of door een straat te rennen terwijl ze beschoten worden. Door een echte omgeving na te bootsen, kunnen militairen zich ook voorbereiden op specifieke missies. Er zijn geen risico's en de kosten zijn relatief laag. Een VR trainingsprogramma kan bovendien worden onderbroken, zodat instructeurs real time terugkoppeling kunnen geven en soldaten kunnen laten herhalen wat ze net hebben geleerd.

AR EN VR IN VASTGOED

Stel je voor dat je door een huis loopt dat je wilt kopen en alle informatie die je nodig hebt - van de grootte van de kamers, het bad, de keuken en je kantoor tot woon/werkreistijden - verschijnt op precies het juiste moment in je gezichtsveld. Dat kan doordat de MR-bril die je draagt je oogbewegingen registreert, precies weet waar je naar kijkt en 'aanvoelt' op welk moment je iets wilt weten. Bijvoorbeeld de hoogte van de hypotheek of de energiekosten. Ook is het met zo'n headset mogelijk je eigen meubels in de nieuwe kamers te projecteren, waardoor je precies kan zien of de bank past. Zo ziet de toekomst van AR eruit.

Makelaars kunnen niet wachten op dit soort virtuele rondleidingen. Straks kunnen hun kopers met een VR headset op, vanuit hun eigen luie stoel, een woning of bedrijfspand bekijken. Het 3D-model van de woning, compleet met meubelen en accessoires zodat ze kunnen zien wat past of niet past, geeft een levensecht gevoel bij het huis dat ze virtueel bezichtigen.



De toekomst van virtual reality, augmented reality en mixed reality

De toekomst van VR is opwindend. Wij denken dat films in de nabije toekomst helemaal virtueel zijn: meer interactief avontuur dan spektakel. Als we verder kijken dan de entertainmentindustrie, zien we dat binnen vijf jaar ook het onderwijs en de gezondheidszorg van deze nieuwe technologie zullen profiteren.

Zoals de trainingsprogramma's van L'Oréal en Texas Tech laten zien, kunnen complexe, interactieve vaardigheden worden gevisualiseerd en geoefend in een VR- of MR-omgeving. Binnenkort verwachten we dat dit ook mogelijk is voor het opleiden van vakmensen als machinewerkers, loodgieters en elektriciens. Ook professionals die AR gebruiken om hun werk naar het volgende plan te tillen zullen profiteren van de nieuwe technologie.

Een voorbeeld: een elektricien die een AR-headset draagt zou de stroomdraden in de muur kunnen 'zien', zodat hij precies weet waar hij (g)een gat moet boren.

Wanneer de tech straks goedkoper en beter is, zal het een integraal onderdeel vormen van basisonderwijs en leerlingen helpen geometrie, geografie en wetenschap beter te begrijpen. Leraren kunnen driedimensionale modellen laten ronddraaien voor de ogen van hun leerlingen en hen, nadat ze een kaart van Tanzania hebben gezien, meenemen op een virtuele rondleiding door de hoofdstad Dodoma. Of ze kunnen de bewegingen van elektronen rond een celkern realistisch en interactief grafisch weergeven.



IBM laat zien dat alles, van datavisualisatie tot R&D, kan profiteren van deze krachtige technologie. De gezondheidszorg profiteert ook. Bij de behandeling van posttraumatische stressstoornissen doet men al proeven met VR. Soldaten kunnen de stress van het trauma dat ze hebben opgelopen met behulp van complexe VR-systemen opnieuw beleven en daardoor beter worden geholpen. Onderzoek wijst uit dat patiënten die VR-games spelen die voor lichaamstherapie noodzakelijke bewegingen nabootsen, de pijnlijke oefeningen beter kunnen verdragen. Mensen met schouderproblemen kunnen profiteren van een gesimuleerd sneeuwballengevecht tegen pinguïns. Door te focussen op winnen en niet op de klachten, reageren ze beter op het moeilijke herstelproces.

Ook patiënten die aan autisme lijden hebben opmerkelijk veel baat bij VR. Door interactie met avatars in zorgvuldig gekozen sociale scenario's, leren jongeren sociale signalen te herkennen en hoe ze erop moeten reageren. Onderzoekers en medici kunnen hun hersenactiviteit tijdens het spel meten. De eerste resultaten suggereren dat de hersenactiviteit in de delen van de hersenen die verantwoordelijk zijn voor sociaal gedrag toeneemt.

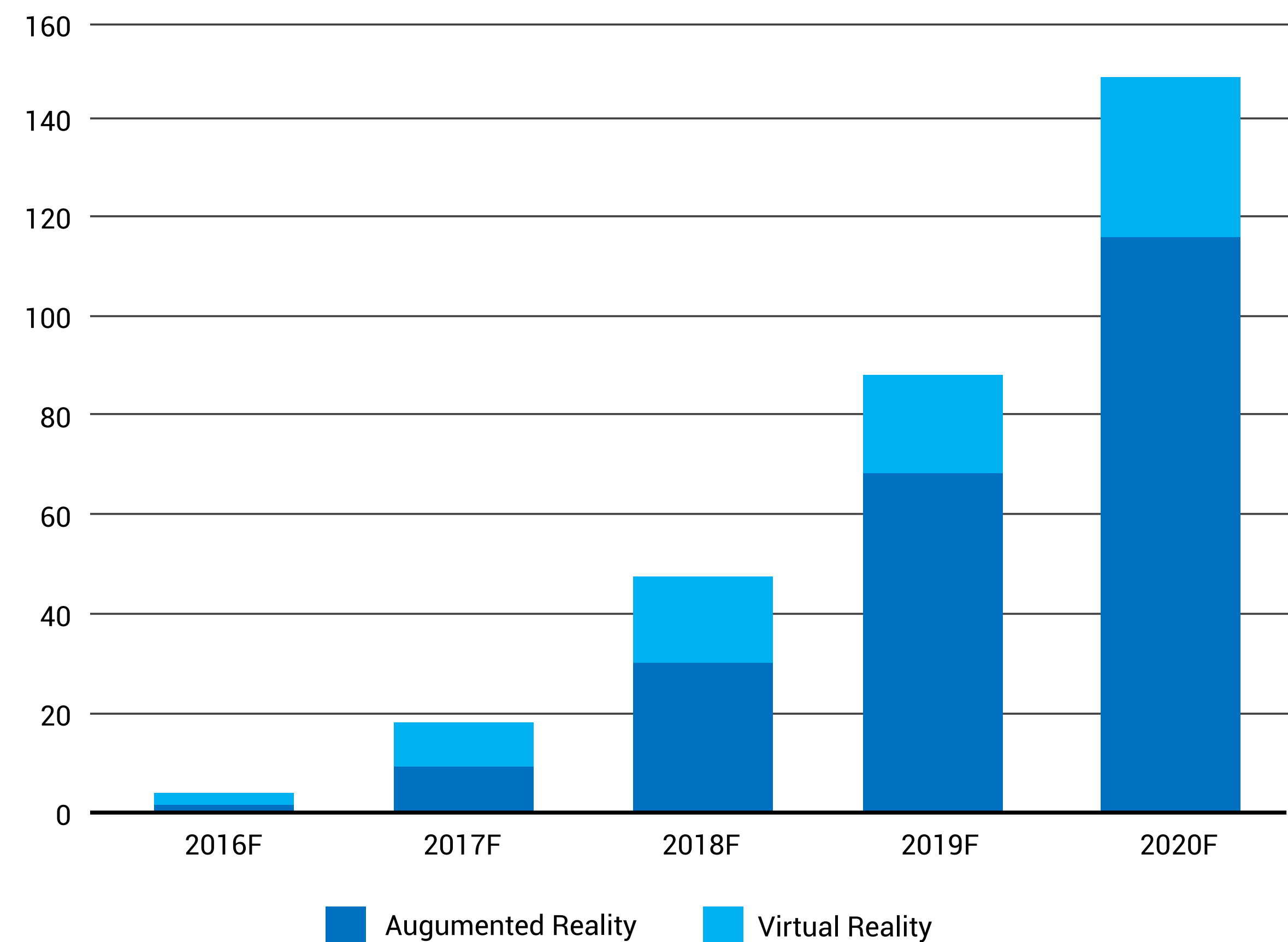
Over tien jaar hebben MR-implantaten mobiele apparaten vervangen. Dan is naar links swipen om een grafisch object te verschuiven naar een plek waar alleen jij het kunt zien een routinematige handeling en open je met een knikje een e-mail.

Interessante feiten en cijfers

De VR/AR/MR markt is al \$1 miljard waard.

Volgens een persbericht van CCS Insight: “na jaren van ontwikkeling worden er dit jaar naar verwacht 2,5 miljoen VR en AR apparaten verkocht. Dit aantal stijgt tot meer dan 24 miljoen apparaten in 2018. Analisten schatten dat er in 2017 meer dan 12 miljoen VR headsets worden verkocht. De omzet van AR smart glasses heeft datzelfde jaar naar verwachting een waarde van \$1,2 miljard.”

Augmented/Virtual Reality omzetverwachting (\$ miljard)

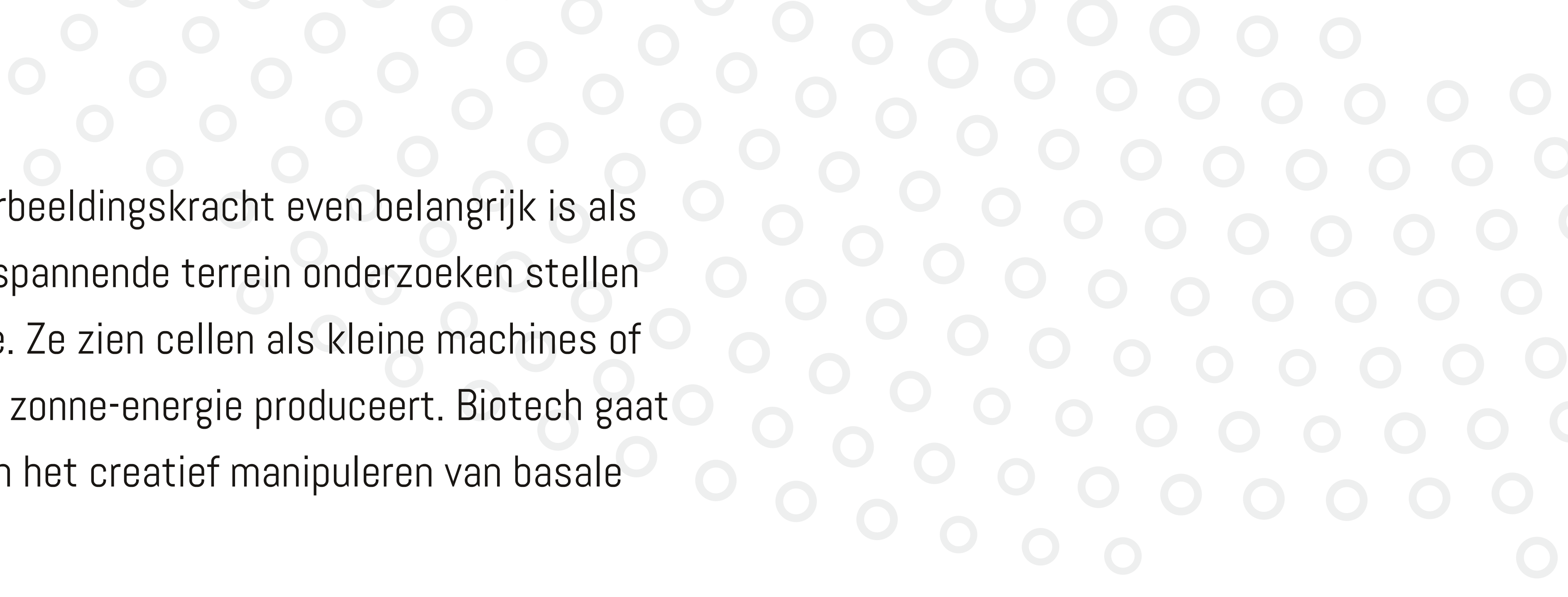


Bron: ©Digi-Capital

6.0

Biotechnologie: het leven als technologie





Biotechnologie is een trend waarbij verbeeldingskracht even belangrijk is als wetenschap. Wetenschappers die dit spannende terrein onderzoeken stellen zich het leven voor als een technologie. Ze zien cellen als kleine machines of fotosynthese als een mechanisme dat zonne-energie produceert. Biotech gaat over nieuwe vragen en benaderingen en het creatief manipuleren van basale biologie.

Belangrijke doorbraken van de afgelopen jaren

Om het leven zelf te kunnen transformeren tot technologie moeten wetenschappers de beste kwantumcomputers koppelen aan innovatieve nanotechnologie. Dat heeft al geleid tot een aantal interessante ontwikkelingen.

De afgelopen jaren hebben wetenschappers bijvoorbeeld toegang gekregen tot processoren die in staat zijn enorme informatiestromen te verwerken, waardoor zij het DNA van individuele mensen kunnen decoderen.

Dat maakt op de persoon afgestemde therapie mogelijk. Dit is belangrijk. Er zijn zoveel genetische verschillen tussen patiënten (en kankervormen) dat artsen, wanneer zij precies weten wat er op DNA-niveau aan de hand is, tot een betere diagnose en behandeling kunnen komen.

Een praktisch voorbeeld: Veel ziekenhuispatiënten krijgen bloedverdunners of anti-stollingsmedicijnen die de kans op een beroerte verkleinen. De gewenste dosering verschilt

echter per persoon. Teveel betekent dat de patiënt sterft door inwendige bloedingen, te weinig dat hij of zij sterft aan een beroerte. In 2013 hebben wetenschappers in Japan ontdekt dat zij door het DNA van een patiënt te onderzoeken de juiste en meest effectieve individuele dosering kunnen vaststellen. De dosering is daardoor niet meer gebaseerd op aannames. Patiënten die anders vanwege complicaties zouden zijn overleden konden nu naar huis en weer bij hun gezin zijn.

Met het aanpassen van de basale bouwstenen van het leven kunnen wetenschappen bij alledaagse planten bijvoorbeeld al hele bijzondere dingen doen. Door de manier waarop planten zichzelf beschermen tegen teveel zonlicht te modificeren, hebben onderzoekers van de Universiteit van Californië (Berkeley) het inmiddels voor elkaar gekregen om de groeicapaciteit van tabaksplanten met 15% te verhogen. Nu de planten een inwendig zonnescherm kunnen neerlaten wanneer ze genoeg licht (energie) hebben ontvangen om de fotosynthese in gang te zetten, maken ze veel efficiënter gebruik van het beschikbare zonlicht.

Stel je een stoommachine voor. Die heeft druk nodig om te kunnen werken, maar teveel druk kan het mechanisme beschadigen. Fotosynthese kent een vergelijkbare logica. Planten hebben zonlicht nodig om energie te produceren, maar teveel zonlicht beschadigt het mechanisme dat dit mogelijk maakt. Daarom hebben planten een

systeem ontwikkeld waarmee ze zichzelf beschermen tegen teveel licht. Zo helpen ze de natuur nog efficiënter te worden.

Ook rijst is onderwerp van onderzoek. Krishna Niyogi, een van de onderzoekers van het Berkeleyteam, merkt daarover het volgende op: "De door ons gemodificeerde moleculaire processen zijn essentieel voor planten die gebruik maken van fotosynthese. Daardoor hopen we eenzelfde toename te zien in de opbrengst van andere gewassen."

Gewassen als soja, maïs en rietsuiker zijn echter meer dan voedingsmiddelen. De afgelopen tien jaar is er veel aandacht geweest voor biobrandstoffen, met als belangrijke trend dat biodiesel de grenzen van hernieuwbare energie heeft opgezocht. Biodiesel, gemaakt van plantaardige grondstoffen zoals sojabonenolie, wordt meestal gemengd met traditionele brandstof om een bepaalde noodzakelijke verhouding te bereiken.

Chevrolet heeft in 2014 bijvoorbeeld de Chevy Cruze Clean Turbo Diesel gepresenteerd, die geschikt is voor een mix van bio/diesel in de verhouding B20 of 20/80. Daarmee geeft de autofabrikant aan dat de laboratoriumfase voorbij is. De nieuwe bio-brandstoffen kunnen in de 'echte wereld' verschil maken in de manier waarop wij fossiele brandstoffen gebruiken.

Huidige ontwikkelingen in biotechnologie

In 2016 is biotechnologie een aantrekkelijke optie gebleken voor farmaceutische bedrijven als Johnson & Johnson, Roche, Pfizer en Novartis. Wetgeving garandeert deze ondernemingen niet minder dan twaalf jaar data-exclusiviteit in aanvulling op de duur van hun octrooien. Daardoor lonen investeringen in onderzoek en ontwikkeling (R&D) en is het moeilijk en duur voor producenten van generieke geneesmiddelen deze markt te betreden. De giganten van deze bedrijfstak investeren dan ook steeds meer in deze ultra-hightech-trend.

Toch kent de medische toepassing van biotechnologie ook een aantal uitdagingen. De Food & Drug Administration (FDA) in de Verenigde Staten verlangt steeds vaker van farmaceutische bedrijven dat zij aantonen dat biotech beter werkt dan standaard medicijnen. Meer controle op prijzen en veiligheid heeft eveneens impact gehad op de basisbedrijfsvoering in 2016.

Het klinkt logisch dat R&D vooral focust op de grote ontwikkelingen – niemand zal nee zeggen tegen een middel dat kanker geneest.

Onderzoekers van de Universiteit van Californië in San Francisco en de daaraan gelieerde Gladstone Institutes, hebben onlangs gebruik gemaakt van CRISPR, een 'gen-montageplatform', om T-cellen te kopiëren van mensen die genetisch immuun zijn voor de effecten van hiv. Door de cellen van 'gewone' mensen aan te passen, is het mogelijk deze genetische weerstand op hen over te brengen. Dat brengt grootschalige vaccinatie tegen hiv/aids en het redden van tientallen miljoenen levens alleen al in Afrika dichterbij. Alexander Marson, lid van het Gladstone-onderzoeksteam, heeft aan Futurism.com onthuld dat "deze nieuwe gereedschapskist de grote ontbrekende schakel blijkt te zijn in het onderzoek naar infectieziekten. Nu zijn we in staat menselijke immuuncellen te modificeren. De resultaten daarvan zijn al zichtbaar. Het potentieel is immens en dan te bedenken dat dit nog maar het topje van de ijsberg is."

Het is duidelijk waarom medische biotechnologie het hart vormt van onderzoek en ontwikkeling.

Wat is de
toekomst van
biotechnologie?





We kunnen de komende tientallen jaren uitgebreid biotechonderzoek verwachten naar de meest urgente gezondheidsproblemen. Deze trend markeert een hele spannende periode. De komende tien tot twintig jaar kunnen we wellicht de meest voorkomende kankervormen genezen, hartziekten terugdringen, alzheimer voorkomen en ernstige vormen van autisme uitbannen. Onderzoekers in een aantal laboratoria maken zulke grote vorderingen op het gebied van biotechnologie dat zij dichtbij doorbraken zijn waarop actie kan worden ondernomen.

Guoping Feng en een onderzoeksteam van het MIT hebben bijvoorbeeld laten zien dat zij gedragssymptomen van autisme bij muizen kunnen terugdraaien. Het Shank3-gen is een eiwit dat neuronen in staat stelt met elkaar te communiceren. Door dit gen tijdens de embryonale ontwikkeling stil te leggen, maar het in de eerste levensfase alle ruimte te geven, kunnen wetenschappers invloed uitoefenen op de manier waarop autisme zich uit. Tijdens vervolgonderzoek aan de Washington University School of Medicine in St. Louis (WUSTL) is een ander gen geïdentificeerd

dat aan autisme is gerelateerd. Dit neurofibromatose type 1-gen (NF 1) is tevens verantwoordelijk voor een zeldzame vorm van kanker. Stephanie Morris, een van de onderzoekers, legt uit: "Ons onderzoek laat ook zien dat dit enkele gen ook verband houdt met afwijkingen in het autismespectrum bij dezelfde patiënten. Hiermee kunnen we teruggaan naar het begin van de DNA-streng om te ontdekken of er gedeelde patronen zijn die bijdragen aan autisme in een breder deel van de bevolking." De wetenschap dat dit enkele gen nauw verbonden is met autisme, betekent vooruitgang op de weg naar genezing.

Nu de vergrijzing wereldwijd toeneemt, groeit ook het aantal ouderdomsziekten. Het is bekend dat het verslechteren van de gezondheid verband houdt met celveroudering. De cellen delen zich niet meer en komen terecht in een periode van permanente statis. Deze versleten cellen staan aan de basis van ziekten als osteoporose, staar en aderverkalking. Wetenschappers hebben het tot nu toe nauwelijks aangedurfd daar wat aan te doen, uit angst dat de cellen zich juist sneller en ongecontroleerd gaan delen waardoor het risico op kanker toeneemt.



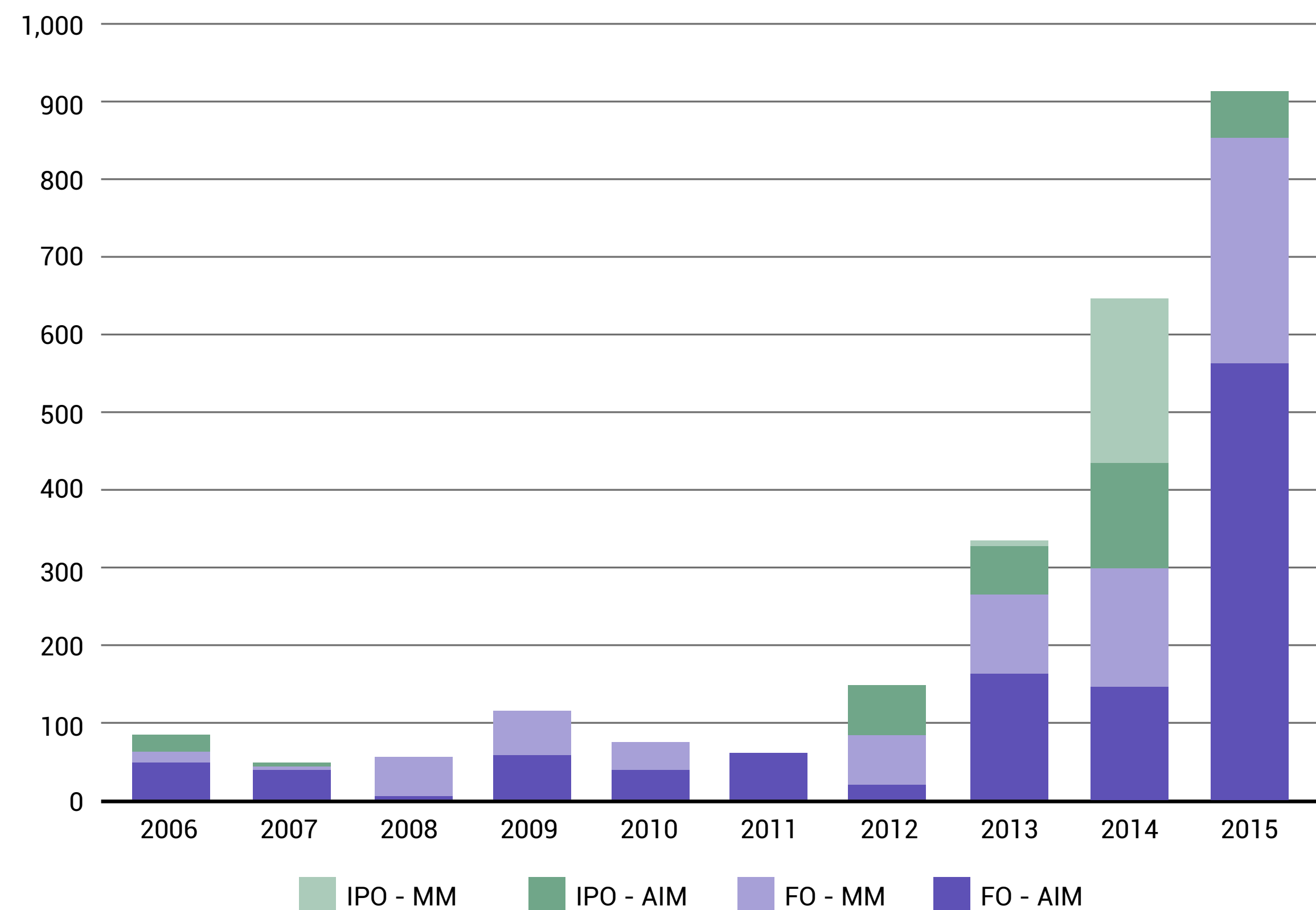
Maar dat is verleden tijd. Onderzoekers van het Mayo Clinic College of Medicine hebben daar namelijk een oplossing voor gevonden. In plaats van te proberen het gedrag van deze problematische cellen te veranderen, besloten ze die cellen te verwijderen. Tijdens vooronderzoek met laboratoriummuizen, dat in 2016 werd gepubliceerd in *Nature*, ontdekten ze dat het twee keer per week uitspoelen van de oude cellen leidde tot minder hart-, nier- en oogziekten. De levensverwachting van de laboratoriummuizen nam bovendien met een derde toe.

De Mayo Clinic was zo onder de indruk van de resultaten, dat ze de oprichting van Unity Biotechnology, een startup die gedeeltelijk is gefinancierd door Jeff Bezos (Amazon), heeft ondersteund. Bovendien is een begin gemaakt met de voorbereiding van het testen van deze techniek op mensen. Het voornaamste doel is niet onze levensverwachting te verhogen – wat waarschijnlijk toch zal gebeuren – maar vooral de levenskwaliteit. Stel je voor dat je 150 wordt, maar je 35 blijft voelen!

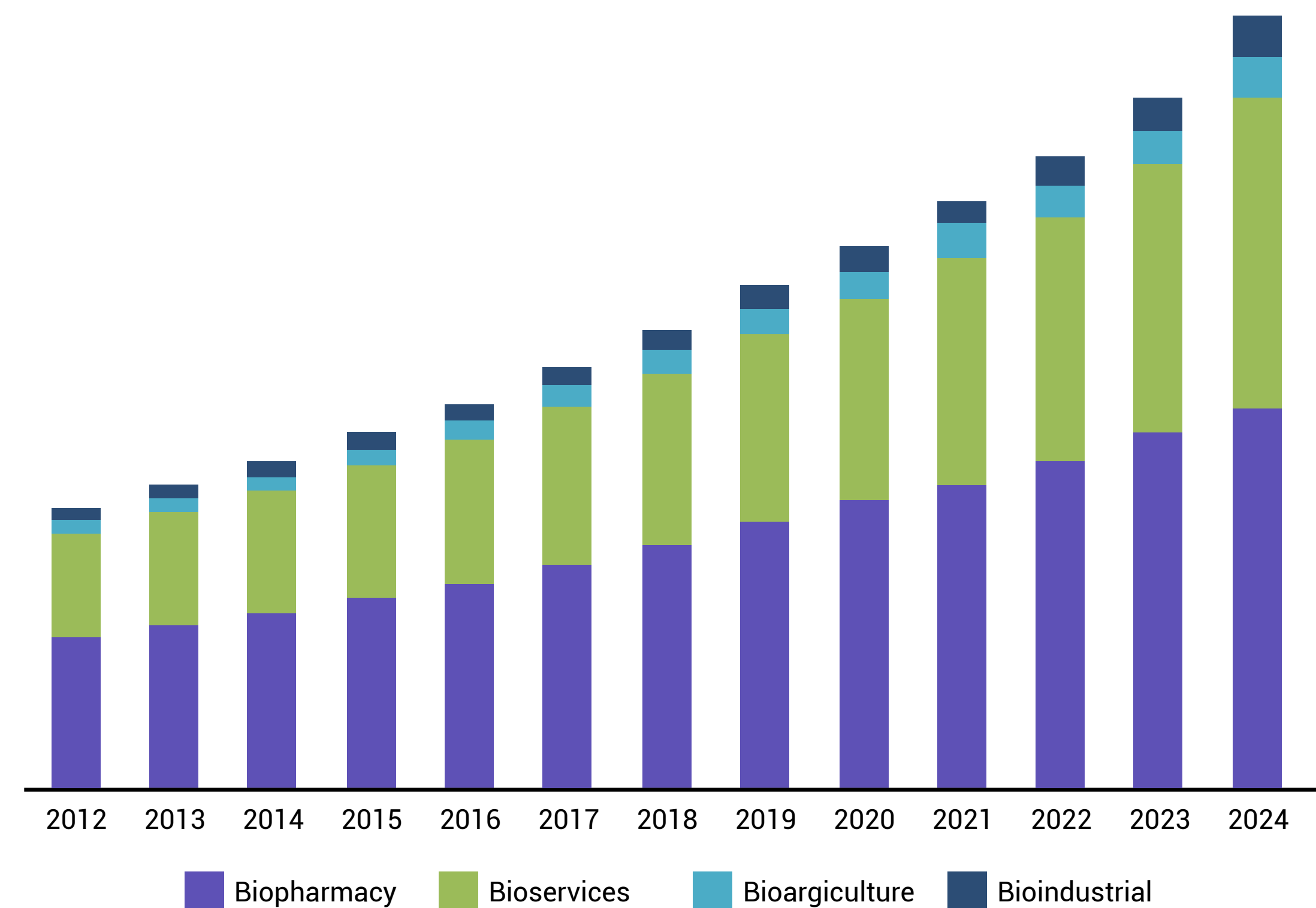
Interessante feiten en cijfers

De markt voor biologische landbouw, gecombineerd met die van biologische zaden, zal naar verwachting in 2018 maar liefst 27,46 miljard dollar waard zijn.

Omzet biotechnologie op de London Stock Exchange



Bron: London Stock Exchange. Data gebaseerd op FTSE Biotech sub-sector.



Bron: www.gminsights.com/industry-analysis/biotechnology-market

7.0

Neurotech: Breintechnologie en neuro-hacks





Neurotechnologie is een opkomend onderzoeksveld dat zich richt op de interactie tussen de hersenen en de computer met als doel het menselijk brein te stimuleren. Afhankelijk van complexe sensoren en verfijnde wetenschappelijke en technische ontwikkelingen, biedt neurotechnologie blinden de kans te zien, dwarslaesiepatiënten (weer) te lopen en depressieve mensen zichzelf te helen. Neurotech stelt ons bovendien in staat machines met onze gedachten te besturen, wat ook leidt tot een disruptie in aanverwante technologieën als robotica en zelfrijdende systemen.

De sleutel tot deze nieuwe technologie is de brein-computer interface (BCI), een systeem dat zorgt voor een directe meting van hersenactiviteit door kleine elektrische signalen te vertalen in een taal die de computer kan begrijpen. Daardoor kun je met een enkele gedachte alles besturen dat maar kan worden geautomatiseerd. Klinkt als sciencefiction?

Lees verder...

De eerste stappen – Gedachten meten en de controle overdragen aan ons brein

De eerste stappen op weg naar ware neurotechnologie zijn gezet met rehabilitatietherapieën die gebruik maken van 'mind mapping' of het meten van de neurale activiteit. Het doel is om de neurale verbindingen te herstellen in patiënten die hun motorische functies door een beroerte zijn kwijtgeraakt. Met behulp van biofeedback kunnen patiënten voelen wanneer zij de juiste delen van hun hersenen stimuleren, zodat ze geleidelijk hun gezichtsspieren of armen en benen weer kunnen bewegen. Dat geldt ook tijdens een hersenoperatie, die in principe wordt uitgevoerd als de patiënt bij kennis is. Artsen kunnen de patiënt laten spreken of bewegen door de verschillende hersengebieden te stimuleren. Zo kunnen ze, voordat ze een implantaat inbrengen, eerst controleren of een ingreep daadwerkelijk tot verbetering zal leiden.

Ook tien jaar geleden waren er al wetenschappelijke experimenten op dit gebied. Wetenschappers

gebruikten in die tijd magnetische resonantie-beeldvorming om de hersenactiviteit direct te kunnen meten. Door een testpersoon te beoordelen terwijl hij naar een film keek, wilden ze ontdekken hoe het brein visuele stimuli verwerkt. Door hersenactiviteit te meten en reproduceren slaagde een team van de Universiteit van Californië er in 2011 in om de beelden die de proefpersoon zag opnieuw te creëren.

Een belangrijke doorbraak, die de deur opende voor andere, geavanceerdere metingen en uiteindelijk zeer verfijnde BCI's. Door breinactiviteit in real time te meten, ontdekten wetenschappers een nieuwe wereld die behandelmethoden voor aandoeningen als depressie en dwarslaesies in de toekomst kan revolutioneren. Men hoopt hersenactiviteit uiteindelijk te kunnen beïnvloeden, waardoor invasieve implantaten niet meer nodig zijn.



Recente ontwikkelingen in neurotech

Letsel van het ruggenmerg betekent vrijwel altijd dat de patiënt levenslang veroordeeld is tot een rolstoel. Dat verandert in de toekomst. Neurotech creëert tenminste twee veelbelovende mogelijkheden voor mensen met verlammingen.

Onderzoekers aan de Universiteit van Minnesota hebben een non-invasieve BCI ontwikkeld die paraplegie-patiënten en mensen die lijden aan neurodegeneratieve aandoeningen in staat stelt een robotarm te bedienen met hun gedachten. Bin He, leider van het onderzoek, zegt daarover: "Dit is wereldwijd de eerste keer dat mensen een robotarm met hun gedachten kunnen sturen om bijvoorbeeld iets te pakken in een complexe 3D-omgeving, zonder dat hersenimplantaten nodig zijn. Door zich alleen maar in te beelden dat ze hun armen kunnen bewegen, kunnen ze de robotarm bedienen."

Een headset met daarin sensoren die elektrische activiteit in de hersenen meten is voldoende om patiënten de robotarm te laten besturen. Ze hoeven alleen maar aan bepaalde bewegingen te denken. Herhaalde proeven laten zien dat zij zo in 70 procent van de gevallen in staat zijn alledaagse voorwerpen te verplaatsen, bijvoorbeeld van een tafel naar een plank, zonder een ingewikkelde training of inwendige implantaten.

Dit kan de mogelijkheden voor mensen met een lichamelijke beperking op revolutionaire schaal vergroten, zonder de noodzaak van kostbare of risicovolle operaties. Neurotechnologie kan gehandicapten helpen de controle over hun leven terug te krijgen.

De hoop voor de toekomst is gevestigd op een gedeeltelijk robot-exoskelet dat bijvoorbeeld voor patiënten die hun armen niet meer kunnen gebruiken een oplossing is. Ze sturen ze aan, zoals ze dat met hun eigen armen zou doen, waardoor ze alledaagse

uitdagingen weer aankunnen. Paraplegie-patiënten kunnen dankzij deze techniek weer lopen.

Een tweede benadering maakt het mogelijk om met behulp van BCI de biologische toestand van het lichaam te herstellen. Onderzoekers van de Universiteit van Californië (Irvine) hebben voor het eerst aangetoond dat ze beschadigde zenuwen kunnen omzeilen en dwarslaesie-patiënten gemedieerd toegang kunnen geven tot hun ledematen. Tijdens een baanbrekend onderzoek hebben wetenschappers BCI's gebruikt om de benen van een patiënt via tech-meditatie te stimuleren, waardoor hij weer kon lopen zonder een robot-exoskelet te hoeven gebruiken.

Het idee is gedachten rechtstreeks over te brengen op de beenspieren en daarbij de aangetaste delen van het ruggenmerg te omzeilen. De testpersoon werd weliswaar geselecteerd omdat hij de BCI kon besturen en getraind was in een virtual reality-

omgeving om te leren heldere gedachten over te brengen op het systeem. Toch was dit een geweldige sprong vooruit in de wijze van behandeling van dit soort patiënten.

Binnenkort zou het zomaar mogelijk kunnen zijn een BCI te implanteren in een verlamde patiënt, waardoor hij zowel zijn armen als zijn benen weer kan gebruiken.

Voortbouwend op het pionierswerk van het UC Berkeley-team dat onderzoek heeft gedaan naar de manier waarop de ogen kijken, hebben wetenschappers toegang weten te krijgen tot de elektrische activiteit in het deel van het brein dat verantwoordelijk is voor het zien. Daardoor kunnen ze real time beelden reconstrueren en vervolgens 'terugspoelen' wat de testpersoon daadwerkelijk heeft gezien. Als je de aflevering 'Grain' uit de serie Black Mirror hebt gezien, heb je een idee van wat dit zou kunnen betekenen en de dystopische mogelijkheden die dit biedt.

In de toekomst zijn we misschien in staat alles dat we zien op te nemen en opnieuw

af te spelen, door – via een kleine chip in het hoofd – onze frontale cortex te gebruiken als een biologische GoPro.

Philips ontwikkelt al medische systemen voor thuisgebruik die van een BCI gebruikmaken. Daardoor kunnen patiënten die lijden aan neurodegeneratieve aandoeningen, zoals alzheimer en de ziekte van Parkinson, hun medische apparaten zelf thuis besturen. Deze systemen meten de elektrische activiteit van het brein die wordt gegenereerd door bepaalde gedachten, zoals 'open mijn e-mail'. De interface vertaalt deze gedachten in een opdracht, zoals een stemgestuurd systeem zou doen, waardoor een patiënt met een beperking of spraakgebrek toch in staat is apparaten te activeren en besturen, zonder dat hij zijn stem of handen hoeft te gebruiken.

Neurotech is niet alleen bedoeld om mensen met lichamelijke beperkingen te helpen. Daniel Chao en Brett Wingeier, mede-oprichters van Halo Neuroscience, hebben zich

bijvoorbeeld afgevraagd of directe stimulatie van de neurale verbindingen die de spieractiviteit reguleren bijvoorbeeld ook sport-schooltrainingen efficiënter kan maken. Ze hebben vervolgens een wearable ontwikkeld, een kleine headset die lijkt op een koptelefoon, die rechtstreeks signalen naar het brein kan sturen.

Als je meer spiervezels aan het werk zet zorgt dat voor meer kracht en tot wel 50 procent effectievere spieropbouw. Deze techniek helpt ook bij hersenopbouw en het verbeteren van de neurale verbindingen. Daardoor zijn gecompliceerde motorische vaardigheden sneller te leren.

Halo claimt dat het Amerikaanse leger belangstelling heeft voor dit aspect van neurotechnologie dat 'neuropriming' gebruikt om de training van piloten en scherpschutters te versnellen. Hiervan kan bijvoorbeeld ook ergotherapie profiteren, want veel complexe taken zijn met deze technologie veel makkelijker te leren.

De toekomst van neurotechnologie

Neurotech ontwikkelt zich steeds sneller. Verfyndere BCI's en snellere computers maken het mogelijk de big data die het brein produceert te beoordelen.

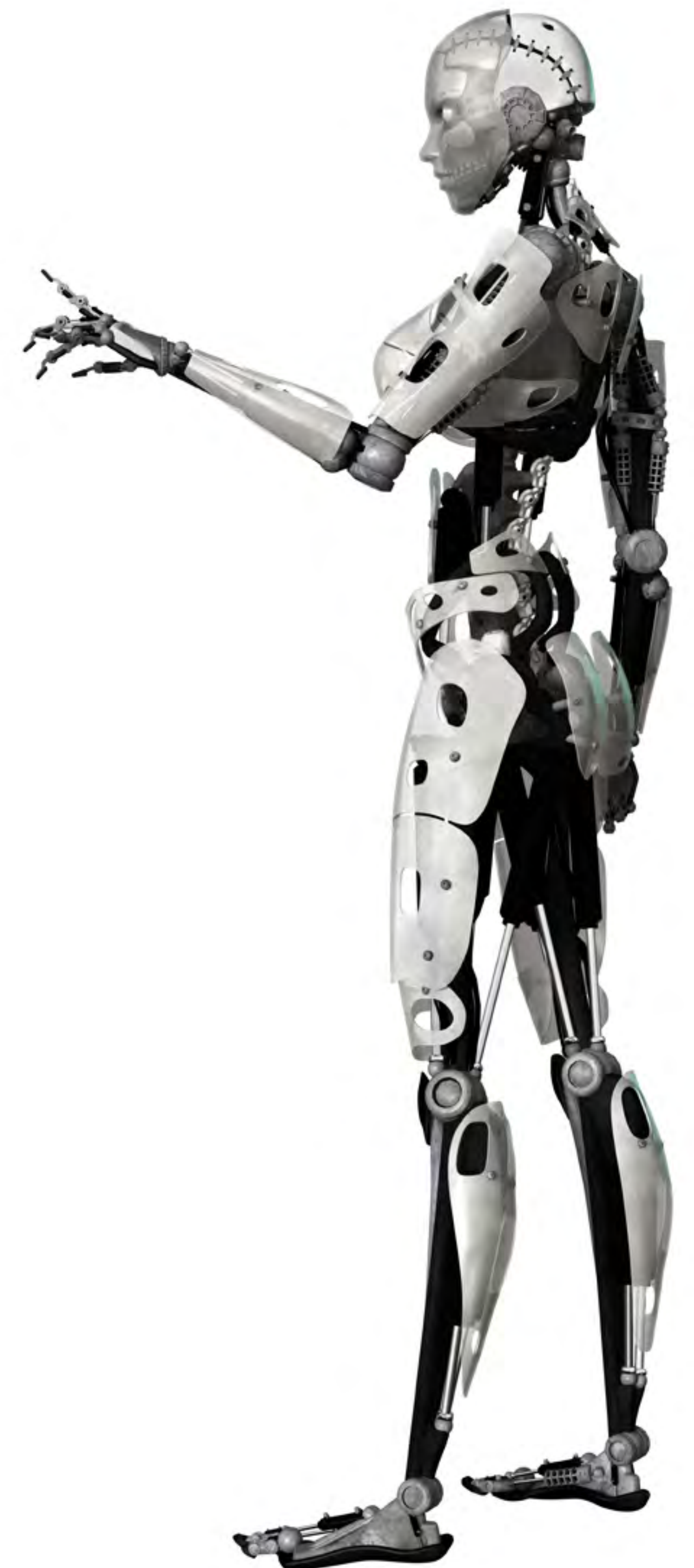
We krijgen binnenkort ook met stemmingstherapie te maken. Thync komt bijvoorbeeld met een draagbaar bandje dat de hersenen stimuleert een ontspannend of juist energiek gevoel te creëren, afhankelijk van de stemming waar de drager behoefte aan heeft. Het Thync-bandje zendt via een kleine pleister boven de wenkbrauw signalen naar de frontale cortex, waardoor gebruikers bijvoorbeeld hun energieniveaus kunnen verlagen of hun concentratie kunnen verhogen. Nader onderzoek op dit gebied zal naar verwachting directe stemmingsbeoordeling en -correctie mogelijk maken. In de nabije toekomst kan een klein draagbaar apparaat wellicht de komst van een depressie voorspellen en de chemie van het brein aanpassen om dat te voorkomen. En dat allemaal zonder conventionele medicijnen.

Zo mogelijk nog interessanter is de ontwikkeling van een BCI die het menselijk brein kan uitbreiden. Deze neurohybriden, een stap in de richting van

cyborgs, zullen slimme of intelligente hersenimplantaten hebben die het lerend vermogen, het geheugen en motorische functies in real time verbeteren door hersenactiviteit te monitoren en onmiddellijk aan te passen als dat nodig is om prestaties te maximaliseren. Stel je voor dat je op dezelfde manier door je herinneringen kunt 'scrollen' zoals als in de berichtjes op je telefoon of dat je je hartfunctie en spiergroei met je brein kunt beoordelen en beïnvloeden.

Aan de andere kant zijn de ethische uitdagingen die deze technologie oproept immens. Moeten we neurohybriden toestaan het op sportgebied op te nemen tegen 'gewone' atleten? Zal de niet-hybride mens kunnen meekomen op het werk, of zal deze nieuwe tech zorgen voor de komst van een onderklasse van 'normale' mensen? Zal dit de effecten van sociale en materiële ongelijkheid alleen maar vergroten?

Terwijl we neurotech verder ontwikkelen, moeten we misschien door de sciencefictionboeken bladeren om uit te zoeken wat de ethische aspecten van deze extreem futuristische technologie kunnen zijn.



Interessante feiten en cijfers

Top 20 neurotech octrooihouders:

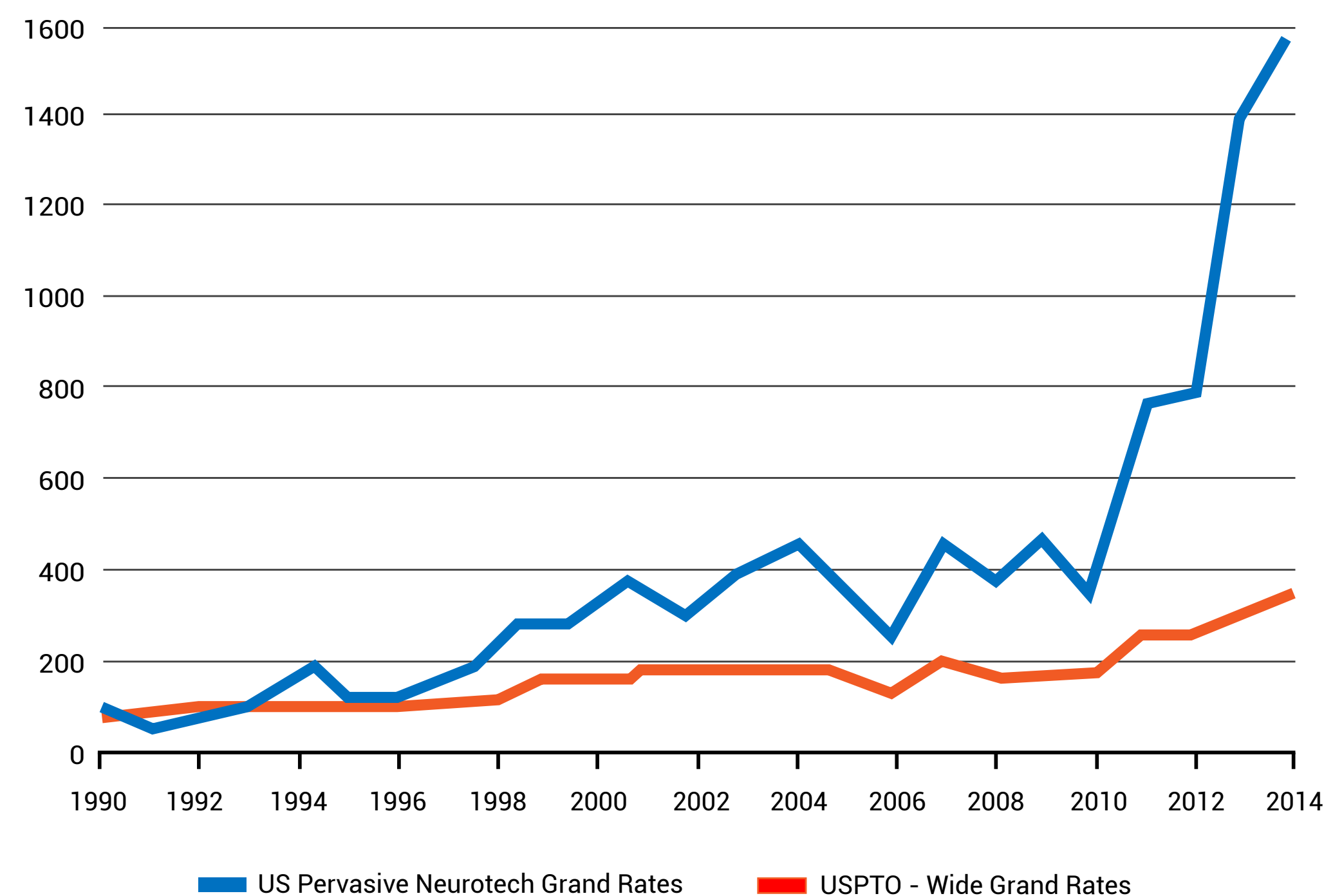
1. The Nielsen Company (NYSE:NLSN)
2. Advanced Neuromodulation Systems (NYSE: STJ)
3. Medtronic (NYSE:MDT)
4. Microsoft (NASDAQ:MSFT)
5. Brainlab
6. Posit Science
7. BodyMedia (Jawbone)
8. Neuronetics
9. NeuroPace
10. Accenture (NYSE:ACN)
11. General Electric (NYSE:GE)
12. NeuroSky
13. Lumos Labs
14. IBM (NYSE:IBM)
15. Scientific Learning (OTCMKTS:SCIL)
16. McLean Hospital Corp
17. Health Hero Network (Bosch)
18. Philips (NYSE:PHG)
19. New York University
20. Sedline (Masimo NASDAQ:MASI)

Bron: SharpBrains Analysis, USPTO Web Patent Databases, AcclaimIP Database Queries

Volgens Allied Market Research: "De wereldwijde BCI-markt bereikt in 2020 naar verwachting \$1,5 miljard, waarvan 85% non-invasief is."

Neurotech Business Report voorspelt in 2020 een wereldwijde neurotech-markt met een waarde van \$12 miljard, wat neerkomt op een samengestelde jaarlijkse groei van 12%. Zij voorspellen dat neuromodulatieproducten groeien tot een geschatte totale waarde van \$7.3 miljard in 2020, samen met de neuroprosthetics industrie ter waarde van \$2.8 miljard.

Pervasieve Neurotech* vs. USPTO-brede verleende octrooien (genormaliseerd)



*Niet-invasief: niet chirurgisch of anderszijds invasief.

Bron: Sharp Brains Analysis, USPTO Web Patent Databases, AcclaimIP Database Queries en USPTO Patent Technology and Monitoring Team Reports.

In 2016 kostten Alzheimer en andere typen dementie de V.S.:
\$236 miljard

VERANTWOORDE-
LIJK VOOR MEER
STERFGEVALLEN

DAN BORST-
EN PROSTAAT-
KANKER SAMEN

Bron: Alzheimer's Association®

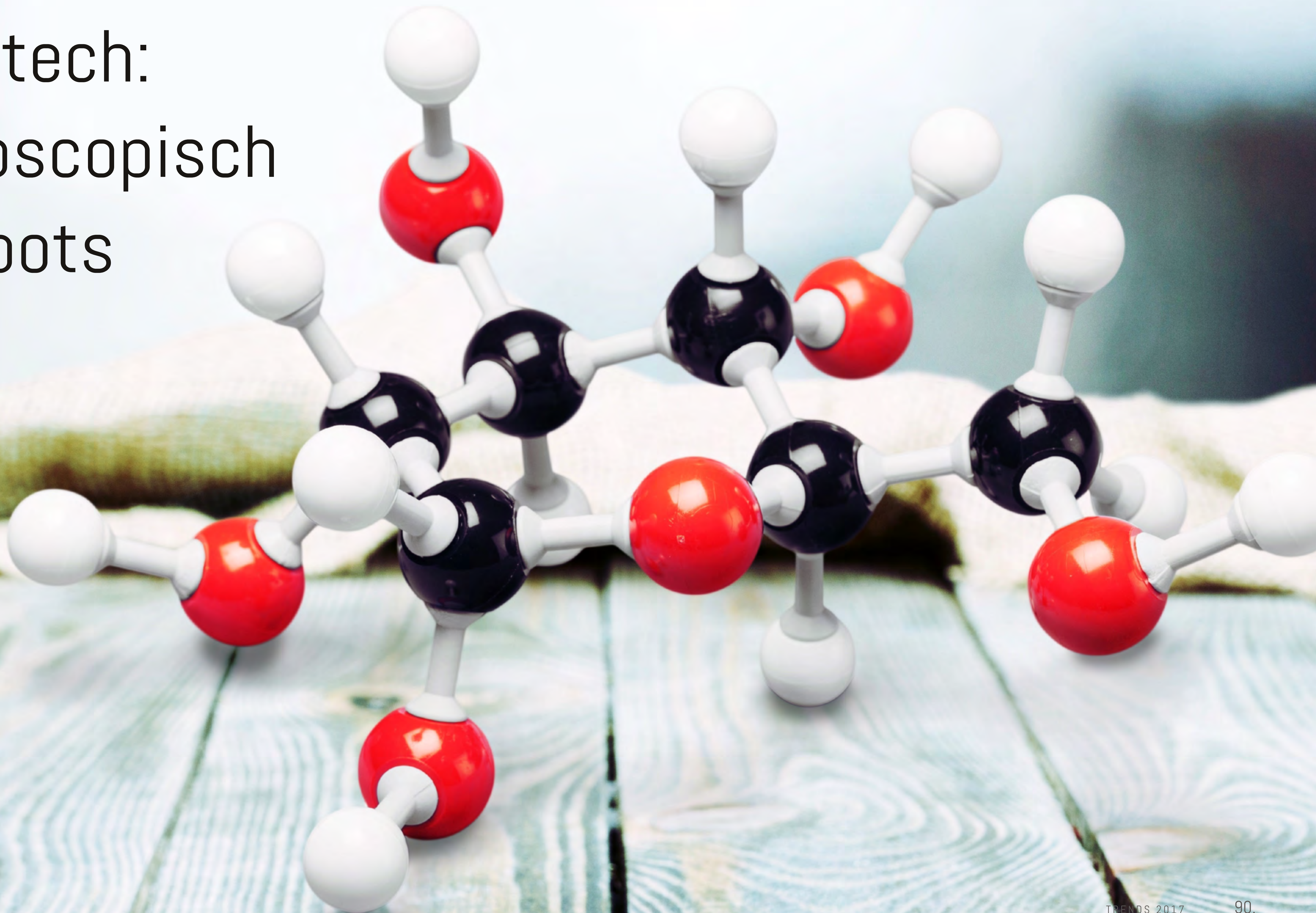
**273.000 Amerikanen
in de V.S. hebben een
dwarslaesie!**

**Elk jaar raken 12.000
Amerikanen verlamd.**

Bron: Apparelyzed – Ruggengraatletsel Ondersteuning

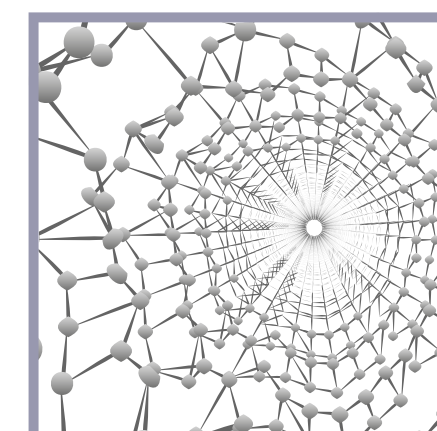
8.0

Nanotech:
Microscopisch
is groots

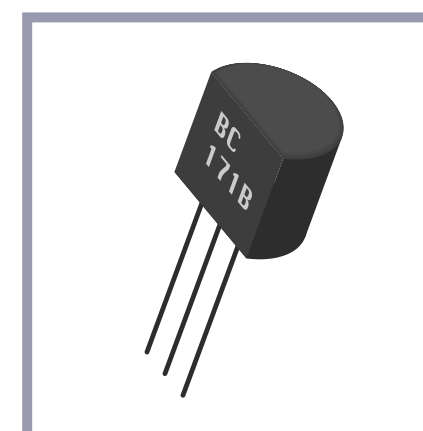


Nanoschaal vergelijkingen

Door de mens gemaakt



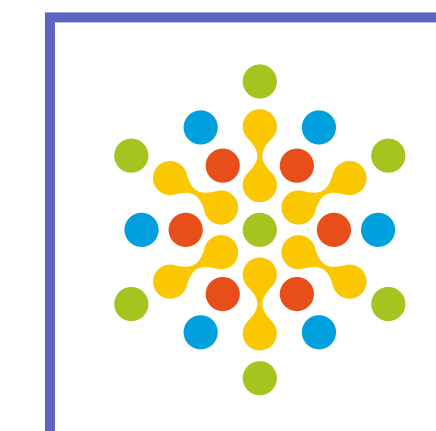
Nanobuis 10 nm



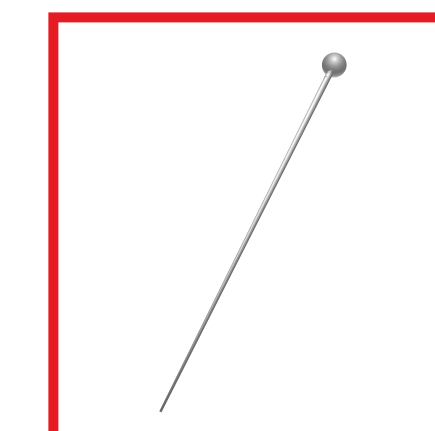
Transistor 22 nm



NEMS 100 nm

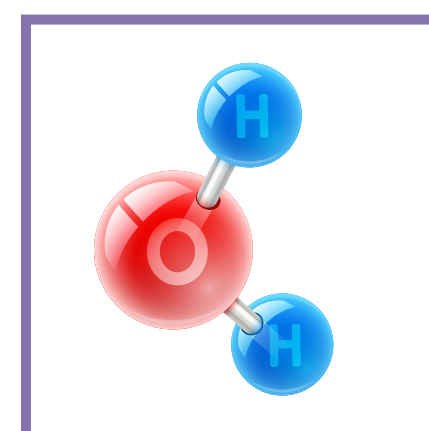


Quantum punten
300 nm

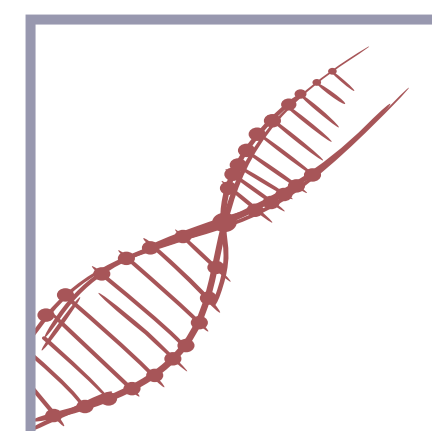


Speldenkop
1 mm

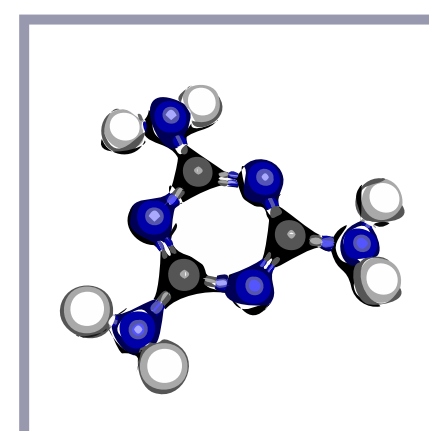
De natuur



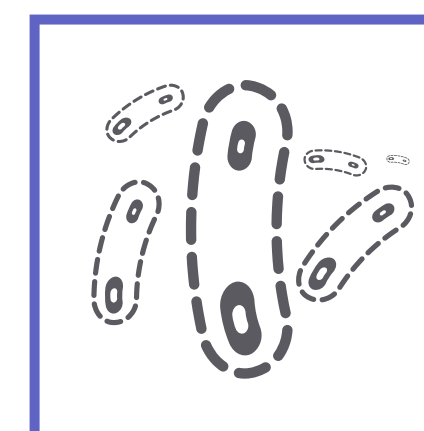
Watermoleculen
0,3 nm



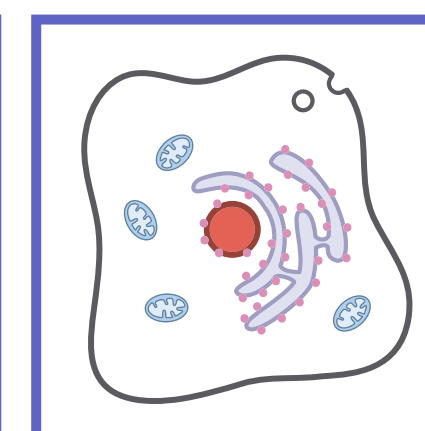
DNA 2,5 nm



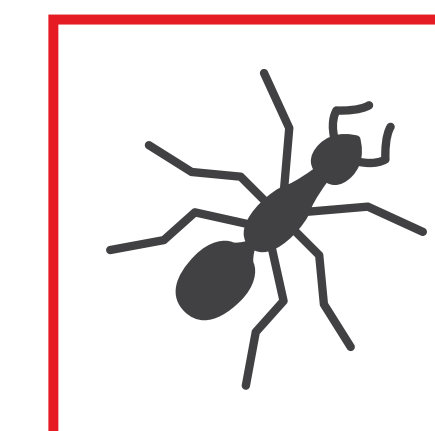
Eiwitten 10 nm



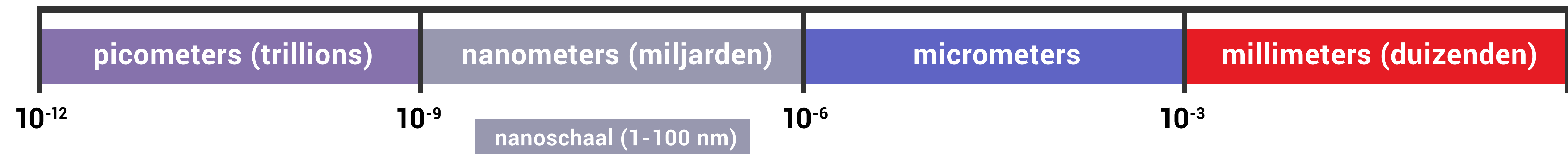
Bacteriën 1 µm



Cellen 100 µm



Mier 5 mm





Nanotech is even spannend als gecompliceerd. Deze technologie onderzoekt en gebruikt de verrassende eigenschappen van microdeeltjes en zet daarmee de regels van de fysica en de scheikunde op hun kop. Van antimicrobiële vormen tot buizen met omhulsels die niet dikker zijn dan een atoom: nanotechnologie belooft een radicale disruptie van materiaal- en geneeskunde.

Deze nano-ontwikkelingen zijn geen losstaande technologie. Het gaat om vooruitgang op verschillende terreinen, zoals fysica, scheikunde, 3D-printen, biologie en bouwkunde. Nanotech is het best te omschrijven als een ruwe verzameling van aan elkaar verwante wetenschappen en experimenten, waarvan de resultaten alleen dankzij het werk van deskundige technologen en wetenschappers uiteindelijk op de markt kunnen komen. Anthony Vicari, technologie-analist van Lux Research, zegt in Investing News:

“Nanomaterialen hebben enkele kenmerken gemeen, ze zijn klein en soms komen de productiemethoden overeen, maar hun eigenschappen, gebruiksmogelijkheden en toepassingen variëren, van cosmetica tot auto's en consumentenelektronica.” Volgens hem is nanotech een beetje te vergelijken met een markt waarin metaal, goud, staal, titanium en uranium op één hoop zijn gegooid.

Hightech onderzoeksomgevingen die nodig zijn om vooruitgang te kunnen boeken op

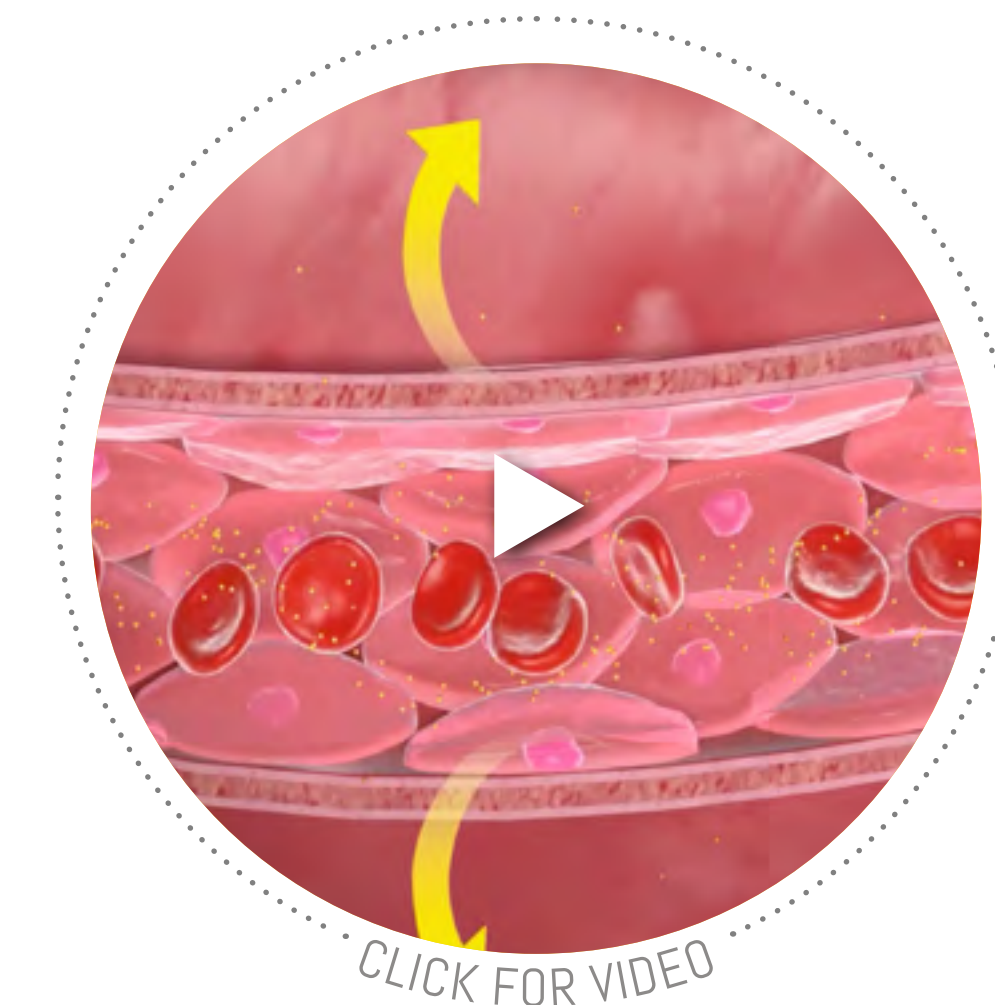
zo'n divers terrein zijn voornamelijk te vinden in de Verenigde Staten. Sinds 2001 heeft de Amerikaanse regering nanotech met meer dan \$18 miljard ondersteund via het National Nanotech Initiative (NNI). Wereldwijd is in 2014 naar schatting \$24 miljard uitgetrokken voor de verdere ontwikkeling van deze technologie. De cijfers laten zien dat nanotech meer is dan een modewoord.

Belangrijke doorbraken van de afgelopen jaren

Nanotechnologie profiteert van de bijzondere fysieke eigenschappen van microdeeltjes en de vooruitgang die is geboekt met het printen en manipuleren van atomisch kleine materialen. Wetenschappers verdeelden in 2013 koolstofvellen met een dikte van een atoom zodanig over een honingraatrooster, dat ze supersterk en superlicht grafeen konden produceren, dat bruikbaar is in bijvoorbeeld autocarosserieën, sportapparatuur en ruimtetechnologie. Dit nieuwe synthetische product is sterker en lichter dan koolstofvezel en kan daardoor binnen tien jaar een revolutie teweegbrengen in de vliegtuigbouwindustrie. Grafeen is ook te gebruiken voor het verbeteren van platte televisies, het verfijnen van lichtgewicht harnassen en het efficiënter maken van batterijen en accu's.

Medische toepassingen van nanotech zijn misschien nog veel fascinerender.

Nanospectra Biosciences bewijst dat nanodeeltjes, 'auroshells' genoemd vanwege het goud dat ze bevatten, selectief kunnen worden ingebracht in tumoren, zonder dat ze worden opgenomen door normale cellen. Na aanraking door bijna infrarode lasers, die gebruikmaken van kortere stralingsgolflengten, verandert licht door de nanodeeltjes in warmte. Daardoor sterven de kankercellen en is er nauwelijks sprake van aantasting van het gezonde weefsel eromheen. Na afronding van het testen en verfijnen van deze selectieve en directe nanotechnologie, is de verwachting dat artsen in de toekomst steeds vaker de voorkeur geven aan deze kankerbehandeling.





Dit soort doorbraken zijn verbazingwekkend maar gaan ook met uitdagingen gepaard. Denk bijvoorbeeld aan de kosten die deze nieuwe technologie met zich meebrengt. "In veel gevallen kan een technologie die een unieke eigenschap van een nanomateriaal uitbuit, zorgen voor betere technische en functionele prestaties. Daar staat echter net zo vaak tegenover dat er schaarse, dure materialen of langzame, gecompliceerde en ook prijzige fabricageprocessen voor nodig zijn", vertelde Dr. Timothy Fisher van Purdue University tegen vertegenwoordigers van de American Society of Mechanical Engineers.

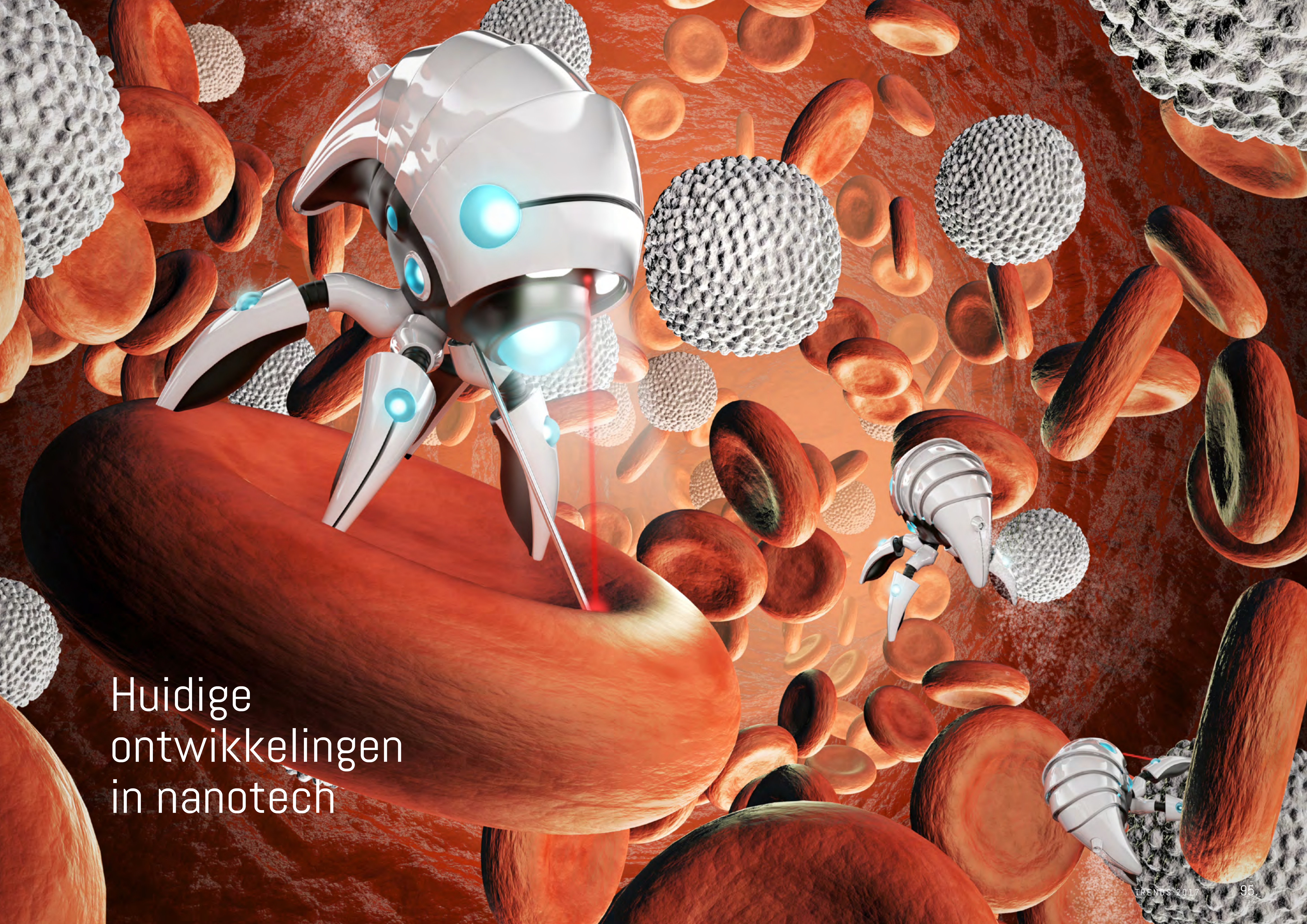
Grafeen is niet goedkoop. Dat geldt uiteraard ook voor 'auroshells'. Wanneer een lichtgewicht accu met een groot opslagvermogen de kosten van een auto verdriedubbelt, haken consumenten af. Als nanotech zijn beloften waar wil maken, moeten we de verdere ontwikkelingen en toepassingen commercieel haalbaar, dus betaalbaar maken. Schaalvergroting is een van de mogelijkheden om dat te realiseren.

In 2014 en 2015 kwam de ontwikkeling van nanotech in een grote versnelling. Australische en Spaanse wetenschappers kopieerden in 2014 met

succes een nanotextuur (een oppervlak bedekt met structuren van nanogrootte), gebaseerd op de vleugels van een korenboutlibelle. Het resultaat: een stekelig siliconenoppervlak dat bacteriegroei voorkomt en een antimicrobiële omgeving belooft. Anders dan gewone antimicrobiële reinigingsmiddelen die je voortdurend opnieuw moet aanbrengen, zoals bleekwater, zijn deze structuren van zichzelf al 'schoon'. Dat is goed nieuws voor ziekenhuizen, waar alles – van vloeren tot chirurgische instrumenten – met deze technologie permanent steriel gemaakt kan worden.

Onderzoeksteams van Harvard en de Universiteit van Illinois in Urbana-Champaign hebben nanobatterijen zodanig verfijnd en verkleind, dat ze niet groter dan een rijstkorrel uit de 3D-printer komen. Ze hopen dat ze met deze nieuwe techniek kleine implantaten en medische apparaten, zoals gehoorapparaten, van energie kunnen voorzien.

Ging het in 2014 om batterijen/accu's, in 2015 draaide alles om medische nanotechnologie, van sponsachtige silicadeeltjes die bij Pacific Northwest National Laboratory zware metalen uit water halen, tot nieuwe nanosensoren voor diabetici waarmee ze hun bloedsuiker in real-time kunnen meten.



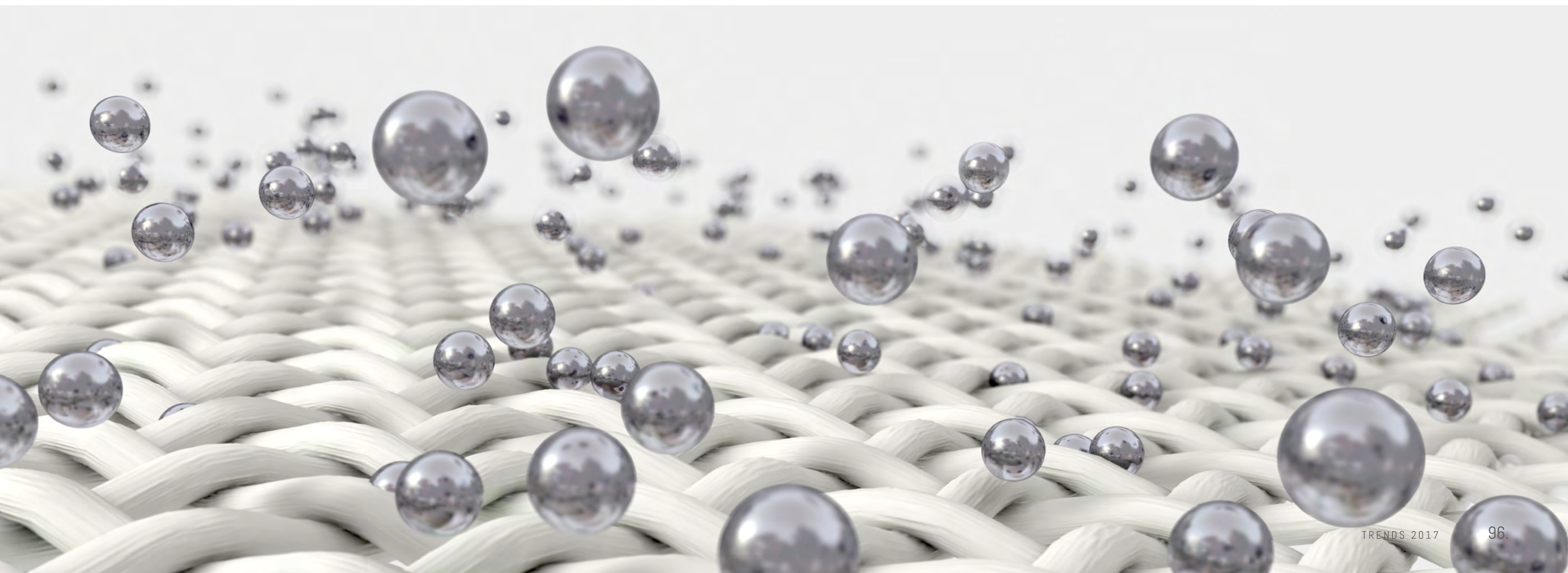
Huidige ontwikkelingen in nanotech

In 2017 gaan de kosten van nanotech verder omlaag, wat de trend ook commercieel aantrekkelijker maakt. Dat is op een aantal fronten goed nieuws, maar vooral voor het milieu. Klimaatverandering leidt in veel van de armste gebieden ter wereld steeds meer tot woestijnvorming, wat het vinden van schoon drinkwater verder bemoeilijkt. Een recente toepassing van nanotech kan dit probleem helpen oplossen. Het is bewezen dat nanostaafjes spontaan water kunnen verdampen door de speciale interactie

tussen ultrakleine oppervlakken en vochtige lucht. Dat betekent dat een systeem bestaande uit miljarden van deze kleine waterproducerende staafjes drinkwater kan onttrekken aan de lucht. Deze technologie is bij toeval ontdekt, wat maar weer eens duidelijk maakt hoe disruptief en onvoorspelbaar deze nieuwe technologie kan zijn.

In 2016 werd duurzaamheid een belangrijk gegeven. Het Australische Royal Melbourne Institute of Technology (RMIT) probeerde

water te besparen door kleding te impregneren met zilveren en koperen nanodeeltjes. Bij blootstelling aan de zon genereren de natuurlijke antimicrobiële materialen warmte, waardoor organische moleculen verdampen. Dat betekent dat een beetje zonlicht in de toekomst voldoende is om kleding te reinigen. Dat bespaart veel water – 53 tot 64 liter per wasbeurt – en zorgt voor een flinke vermindering van het gebruik van wasmiddelen die onze waterbronnen kunnen vervuilen.



Vicas Berry en Ankit Mehta, onderzoekers aan de Universiteit van Illinois in Chicago, ontdekten dat het mogelijk is met het nieuwe nanomateriaal kanker te detecteren. Door grafeendraden te gebruiken bij het meten van zeer kleine, door menselijke cellen veroorzaakte elektrische velden, kon het team van artsen en technici vaststellen wanneer individuele hersencellen hypersnel gaan groeien, wat duidt op kanker. Door een eenvoudig celmonster te nemen of door grafeendraden tijdens een simpele procedure bij patiënten in te brengen, kunnen artsen kanker ontdekken voordat de symptomen zichtbaar zijn. Dat maakt genezing waarschijnlijker.

Het zijn niet alleen statische materialen – micro-gelaagde koolstof of met zilver geïmpregneerde stoffen – die deze trend aanvoeren. Nanomachines verleggen de grenzen van werk en reparatie naar een microscopisch niveau. Door de basale wetten van materie en energie kunnen deze

kleine machines heel veel; van het repareren van een elektrisch circuit tot het afleveren van een geneesmiddel in een slagader. Een Frans team heeft onlangs de Nobelprijs voor scheikunde gekregen voor het uitvinden van een motor die niet groter is dan een molecuul. Deskundigen zijn van mening dat het nanotijdperk voor nog meer disruptie zal zorgen dan het digitale tijdperk.

Joseph Wang van de Universiteit van Californië in San Diego en Anna Balazs van de Universiteit van Pittsburgh hebben een veelbelovend prototype van nanomachines ontwikkeld. Met door hen gecreëerde microscopische 'motoren' van goud en platina tonen ze aan dat het toevoegen van waterstofperoxide microdeeltjes helpt bij het zelfherstel van ontwrichte circuits. Door een chemische reactie tussen de vloeistof en het platina ontstaat drijfgas, waardoor het door disruptie veroorzaakte energiewaardeschil de zogenoemde Janusdeeltjes aantrekt. Het gevolg is dat de deeltjes effectief

op de plek terechtkomen waar ze het circuit kunnen afsluiten en de reparatie in werking kunnen zetten.

In de toekomst, als je koffie over je toetsenbord knoeit of je mobiel in het water valt, kunnen de beschadigde circuits zichzelf met deze nanotechnologie herstellen. Als de bestaande technologieën waar we van afhankelijk zijn, zoals communicatiesatellieten, kapot gaan is reparatie meestal een dure aangelegenheid. Het is onpraktisch om de satellieten terug te halen als een circuit uitvalt en in de ruimte repareren is vaak ook geen optie. Nanodeeltjes kunnen er echter voor zorgen dat satellieten zichzelf kunnen herstellen. Dat bespaart miljoenen euro's en garandeert een langdurige ononderbroken werking.

Het duurt niet lang meer voordat bijna alle elektronica zichzelf kan repareren.

Interessante toepassingen van de technologie

NANO-TOEDIENING VAN CHEMOTHERAPIE

Tot nu toe wordt chemotherapie op een systematisch manier toegediend, waardoor niet alleen de kanker, maar ook de patiënt wordt vergiftigd. Hoewel vaak niet te vermijden, leidt dit tot vervelende en zelfs gevaarlijke bijwerkingen. Professor Nobuyuki Tamaoki van de Hokkaido Universiteit in Japan is er echter in geslaagd nanobuisjes te ontwikkelen die reageren op licht en daardoor gaan bewegen. Omdat ze hol zijn, kunnen ze gebruikt worden als capsules voor doelgerichte kankermedicijnen. Deze kleine pakketjes kun je overal waar nodig in het lichaam afleveren.



NANOSSENSOREN VOOR EEN CRUCIALE INFRASTRUCTUUR

In 1963 leidden veranderingen in de waterstand bij de Vajonte Dam in Monte Toc, Italië, tot de catastrofale ineenstorting van de rotswand naast de dam. Een massale waterstroom vaagde een nabijgelegen dorp weg. Naar schatting 2.000 mensen kwamen om. Op 31 maart 2016 stortte een brug in het Indiase Kolkata in door problemen met de bouten. 27 mensen vonden de dood, meer dan 80 raakten gewond. Enkele maanden later, op 28 oktober, stortte een viaduct in Italië in onder het gewicht van een zware vrachtwagen. Eén dode, vijf gewonden.

Helaas komt dit soort incidenten vaker voor. Het is daarom noodzakelijk om cruciale infrastructuur als bruggen en dammen continu te controleren op veiligheid. Nieuwe nanotechnologie kan daarbij helpen. Door talloze kleine sensoren in een dunne plastic plaat op te nemen, kunnen technici de technische staat van deze structuren constant monitoren. Daardoor is meteen bekend wanneer een probleem zich voordoet. Dat kan vele levens redden. Deze nanosensoren kunnen worden geplaatst in gebouwen, wegen, bruggen, draagmuren en dammen, zodat ze bij imminent gevaar kunnen waarschuwen en ongelukken voorkomen.

De toekomst van nanotech

Dit soort ontwikkelingen, gedreven door wetenschappelijke ontdekkingen op allerlei gebied, zorgen ervoor dat we een toekomst tegemoet gaan waarin het gebruik van nanotechnologie gewoon is. De kosten van fossiele energie zullen binnen afzienbare tijd waarschijnlijk weer stijgen, wat betekent dat we radicale oplossingen voor hernieuwbare energie kunnen verwachten.

Het komende decennium wekken vloeren en wegen, mede dankzij deze technologie, groene energie op. Xudong Wang, wetenschapper aan UW-Madison, heeft ontdekt dat de cellulose nanovezels in houtpulp – een makkelijk beschikbaar, goedkoop en recyclebaar product –

de elektrische ladingen produceren die dat mogelijk maken. Het resultaat is een goedkope techniek die gratis energie genereert uit de druk die wordt uitgeoefend op de conventionele vloer of het wegdek waaronder het is aangebracht.

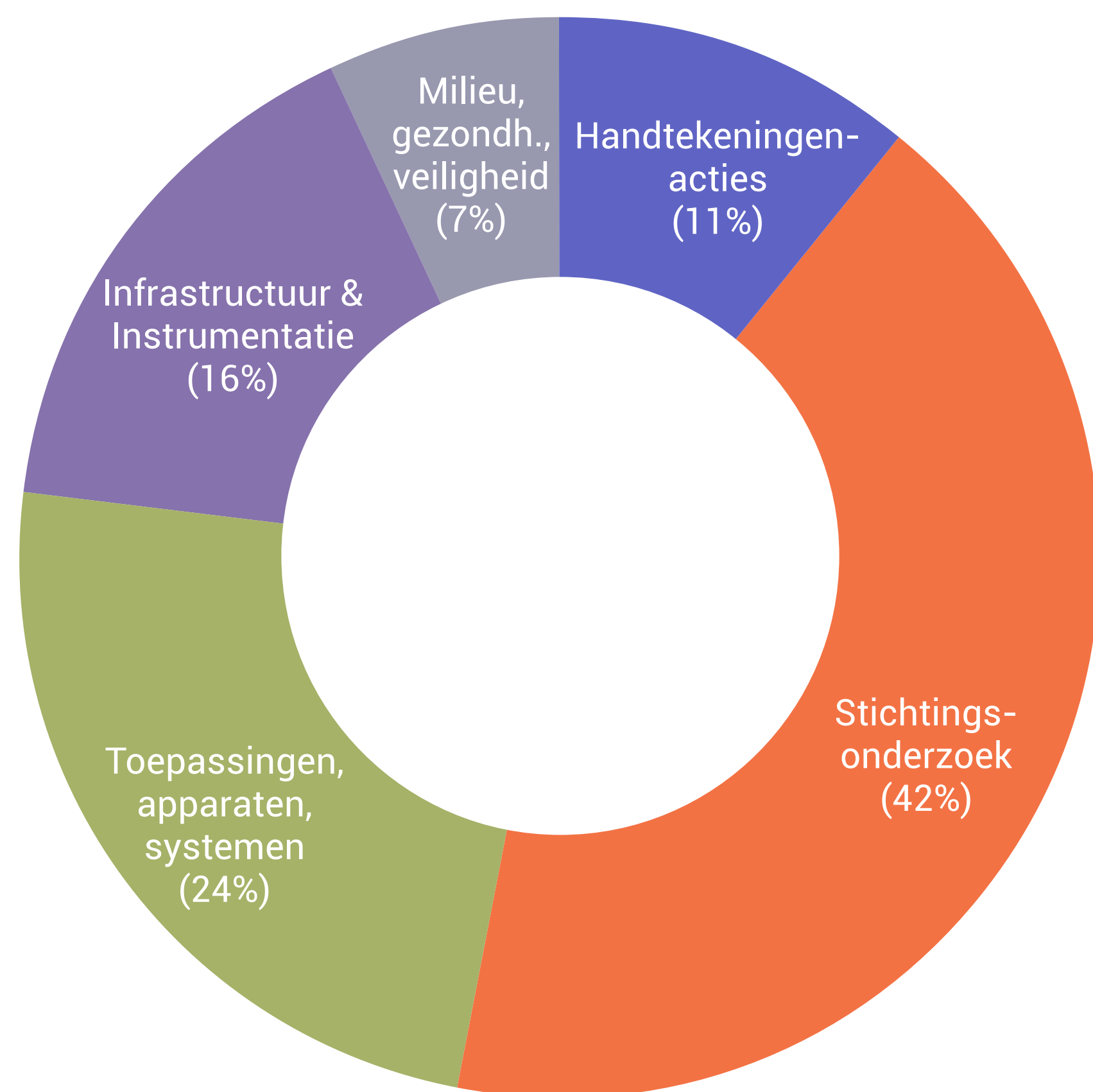
Als de techniek van mini-sensoren verbetert, kan de infrastructuur zichzelf straks repareren. Atomisch kleine sensoren in wegen, bruggen, tunnels en ons elektriciteitsnet kunnen beschadigingen ontdekken en doorgeven aan nanomachines die zelf voor reparatie zorgen. Deze 'zelfhelende' techniek is straks wellicht toepasbaar in vliegtuigen, schepen en zelfs in het menselijk lichaam.

Interessante feiten en cijfers

Volgens Investing News: "De verkoop van nano-intermediären groeide in alle sectoren wereldwijd vanaf 2012-2014 van \$167 miljard naar \$453 miljard. De verkoop van nanoproducten groeide van \$848 miljard naar \$1.6 biljoen."

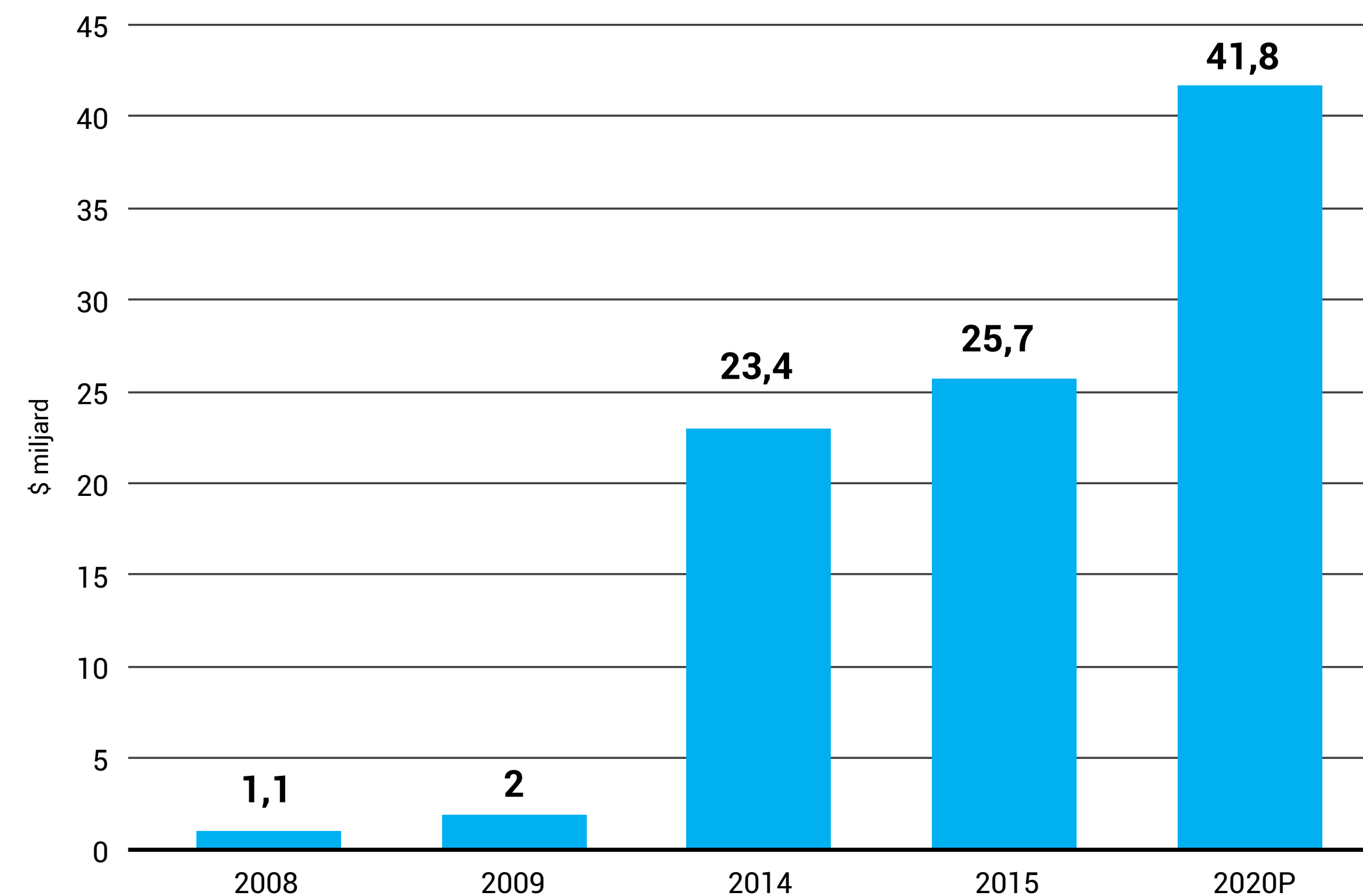
Deze nanotechmarkt zal in 2019 tot meer dan \$79.8 miljard gegroeid zijn. Het grootste deel van deze winst komt uit medicijn-toedienings-systemen.

Investerings per programma-onderdeel - 2017



Bron: www.nano.gov/node/1573

Wereldwijde markt voor nanotechnologie in milieutoepassingen, 2008-2020



P = projecties

Bronnen: BCC Research, juli 2009, september 2015 en november 2015.

A woman with long dark hair is sitting on a dark blue leather sofa, looking out a large window at a cityscape. She is holding a tablet computer in her hands. The scene is bathed in warm, golden light, suggesting sunrise or sunset. The cityscape outside the window is hazy and distant.

9.0

Big data:
Beter leven,
dankzij betere
informatie

Big data is in feite niets meer dan informatie die elektronisch is verzameld door mobiele apparaten, sensoren, het Internet en 'genetwerkte' apparaten zoals pin- en creditcardautomaten en wearables. Deze data is 'ruw en ongestructureerd'; een enorme reeks betekenisloze getallen, die pas na ordening en analyse bruikbaar zijn.

Nog maar enkele jaren geleden was er simpelweg te weinig bruikbare data of in sommige gevallen juist te veel om te kunnen verwerken. Betere computers en recente ontwikkelingen in het Internet of Things maken het mogelijk informatie te genereren en getallen te kraken, waardoor herkenbare en betekenisvolle patronen ontstaan. Big data is meer dan iets abstracts. Het is de sleutel voor klanttevredenheid en het vervullen van dagelijkse consumentenwensen. Elke keer dat je online winkelt, een taxi bestelt of iets googelt genereer je betekenisvolle data. Elke keer dat je bij je favoriete restaurant eet (met de locatiefunctie op je mobiel op 'aan'), iets betaalt met je creditcard of social media gebruikt, 'kijken bedrijven mee'. Die gegevens gebruiken ze om zichzelf aantrekkelijker maken. Kortom: wanneer je eet, post, winkelt of surft vertel je ondernemers wat je lekker, leuk of interessant vindt (of juist niet), waardoor zij jou beter van dienst kunnen zijn.

In het verleden investeerden alleen de meest vooruitstrevende bedrijven in data. Nu kan geen enkele ondernemer zich veroorloven het niet te doen. Recent onderzoek heeft uitgewezen dat maar liefst 48 procent van de bedrijven de sprong naar big data in 2016 heeft gemaakt.

Waar is big data goed voor? — De afgelopen jaren.

Je kijkt vast wel eens een film op Netflix. Deze content streaming gigant weet dat ze kijkers binnen 90 seconden 'aan de haak moeten slaan' omdat ze anders verder gaan zoeken. Netflix weet ook dat kijkers het moeilijk vinden om tussen die duizenden titels iets van hun gading te vinden waardoor ze snel afhaken. Om dit probleem op te lossen en een kijker snel binnen te halen gebruikt Netflix een slim algoritme dat titels selecteert op basis van de voorkeur van de kijker.

Om dit te kunnen doen verzamelt Netflix data over je kijkgewoonten. Waar kijk je naar en hoe vaak? Kijk je films helemaal tot het eind of haak je voortijdig af? Wat zijn je favoriete genres? Stel, je houdt van romantische comedy.



Af en toe neemt het Netflix-algoritme een emotioneel drama op in de selectie om te kijken hoe jij reageert. Vervolgens past het zich langzaam aan jouw veranderende kijkgewoonten aan. Het slimme algoritme voegt ook wat jouw vrienden leuk vinden toe aan de selectie die het voor jou samenstelt. Vrienden hebben immers vaak gedeelde interesses.

Dit is een geweldig voorbeeld van de manier waarop big data bedrijven helpt zo goed mogelijk tegemoet te komen aan de vraag van hun klanten. Door informatie te verzamelen over jouw gedrag – bijvoorbeeld hoe je reageert op nieuwe aanbiedingen – en dat van je vrienden kan Netflix jouw gebruikerservaring verbeteren en persoonlijker maken.

+ 134:23:454:12

23:35:60 134:23:454:12

De voordelen van big data – nu en de komende jaren

Business Strategy
Innovation
Branding
Solution
Marketing
Analysis
Ideas
Success
Management

Business Strategy
Innovation
Branding
Solution
Marketing
Analysis
Ideas
Success
Management

23:35:60
Business Strategy
Innovation
Branding
Solution
Marketing
Analysis
Ideas
Success
Management

23:35:60

Netflix is nog maar het begin, een duidelijk voorbeeld van de manier waarop we big data concreet kunnen maken. Deze trend is overal waar informatie beschikbaar is nuttig. Alleen de manier waarop data is geproduceerd of beoordeeld kan een beperkende factor zijn.

Niet iedereen houdt ervan om in een vliegtuig te stappen en de meesten hebben wel eens een slechte ervaring gehad tijdens een vlucht. British Airways wil dat veranderen. De vliegmaatschappij wil een verteerbare sensor patenteren, die niet groter is dan een pil, om het vliegen in de toekomst opnieuw vorm te geven. Wanneer je aan boord gaat van het vliegtuig word je gevraagd een kleine sensor in te slikken, die je hartslag, slaappatroon, lichaamstemperatuur en stressniveau in de gaten houdt. Door op deze manier gegevens van honderdduizenden passagiers te verzamelen hoopt British Airways de wensen en frustraties van klanten beter te leren begrijpen.

Wanneer en onder welke omstandigheden kunnen passagiers slapen, zodat ze uitgerust aankomen? Hoe vaak moeten ze hun benen kunnen strekken? Welke temperatuur ervaren zij als comfortabel? Hoe vaak willen passagiers eten? Hoe kunnen we ervoor zorgen dat ze de verlichting als prettig ervaren?

British Airways denkt dat het verzamelen van big data de beste manier is om deze vragen te beantwoorden. Als dat klopt kan de maatschappij haar klanten beter bedienen en meer vluchten verkopen. Een win-win situatie voor alle partijen. Big data kan ook de manier waarop mensen een stad ervaren optimaliseren. Neem Barcelona in Spanje, bijvoorbeeld. Parkeren in elk stadscentrum is een nachtmerrie maar in Barcelona is dat door het enorme aantal toeristen dat de stad in de zomer bezoekt extra problematisch.

Met behulp van het wifi-netwerk dat in de hele stad beschikbaar is en data verzamelt

en distribueert, heeft de gemeente een op basis van Microsoft Azure een parkeerinformatiesysteem ontwikkeld. Dit systeem volgt real time parkeerpatronen en kan automobilisten daardoor laten weten waar een parkeerplek vrij is. Niet alleen vermindert dit systeem filevorming en stress, het helpt de stad ook de toeristenstroom beter aan te kunnen en de drukte tijdens grote events als het Mobile World Congress in goede banen te leiden.

In de toekomst maken steeds meer steden gebruik van big data-analyses om het dagelijks leven efficiënter te maken. Denk aan minder files, geoptimaliseerde nutsvoorzieningen en een nog slimmere stad dankzij geavanceerde kunstmatige intelligentie.

De toekomst van big data

De beperkingen van big data liggen, zoals eerder genoemd, vooral bij dataverzameling en -analyse. De ontwikkelingen op beide terreinen leiden tot niet eerder gerealiseerde potentiële mogelijkheden, wat de trend verder versterkt.

Kunstmatig intelligente hedgefonds zijn al realiteit. Aidya, dat wordt gerund door een complex AI-systeem dat gedeeltelijk is ontworpen door dr. Ben Goertzel, gebruikt de data die het verzamelt op de wereldwijde markten om prijsschommelingen te kunnen voorspellen. Aidya, dat ongeveer werkt zoals het menselijk brein, probeert marktveranderingen te begrijpen door ze in de juiste context te plaatsen en te kijken naar zowel *the big picture* als de individuele spelers.

In een interview met MIT Technology Review, zegt Goertzel:

"In ons systeem zijn verschillende elementen opgenomen, waaronder prijzen en volumegegevens van beurzen over de hele wereld, nieuws uit diverse bronnen en in meerdere talen, macro-economische en bedrijfsfinanciële gegevens, etc. Het onderzoekt daarna hoe die verschillende factoren historisch aan elkaar zijn gerelateerd en komt vervolgens op basis van die data met een verzameling van tienduizenden modellen die klaarblijkelijk een voorspellende waarde hebben."

Aidya gebruikt kunstmatige, meerlaagse neurale netwerken om ervaringen op te doen en daardoor te evolueren. 'Deep learning' helpt dit AI-systeem op de lange termijn beter te presteren. Goertzel wil niet sneller, maar beter handelen door de analytische kracht van AI te gebruiken om complexe data te decoderen. Dit geeft ons een uitstekend idee van de toekomst.

Doordat lerende machines steeds beter en processen krachtiger worden volgens de Wet van Moore, verwachten we dat AI in toenemende mate een rol gaat spelen bij big data. De groei van het Internet of Things betekent dat bijna alles in de toekomst met elkaar verbonden is en data genereert. Dan zal uitsluitend zeer geavanceerde kunstmatige intelligentie in staat zijn de enorme hoeveelheden data die we dagelijks genereren te verzamelen en beoordelen.

Het positieve daarvan is dat we ons dagelijks leven in de toekomst steeds meer kunnen optimaliseren. Denk daarbij bijvoorbeeld aan draagbare sensoren die onze gezondheid beoordelen en real time suggesties doen (en misschien medicijnen afgeven via nanotech-implantaten) en zelfrijdende voertuigen die elkaar in de gaten houden en daardoor aanrijdingen voorkomen.

Het gebruik van big data kent geen grenzen, maar er zit ook nadrukkelijk een griezelige kant aan deze trend.

De ethische uitdaging van big data

Zoals je inmiddels weet, werkt big data doordat het alles bekijkt. Maar willen we wel continu op deze manier in de gaten gehouden worden? We maken ons nu al zorgen over onze elektronische privacy, maar als we het beste uit big data willen halen zullen we nog meer van onszelf moeten prijsgeven. Ben Rossi schrijft in Information Age: "Consumenten zetten steeds meer vraagtekens bij wat er gebeurt met de hoeveelheid data die van hen verzameld wordt. Bovendien halen berichten over grootschalige datalekken steeds vaker het nieuws." We maken ons met recht zorgen over datalekken, maar dat is het ergste niet. Misschien herinner je je een beruchte zaak, waarbij online winkel Target naar aanleiding van

'We maken ons met recht zorgen over datalekken, maar dat is het ergste niet.'

de zoekopdrachten van een jonge vrouw concludeerde dat zij zwanger was. Ze kreeg vervolgens advertenties toegestuurd, waardoor haar ouders ontdekten wat er met haar aan de hand was voordat zij het hen had verteld. De meeste mensen zullen hier verbijsterd op reageren. Google zegt echter openlijk dat wie gebruik maakt van zijn diensten, geen recht heeft op privacy. Dat is nogal wat.

Wees je ervan bewust dat Chrome cookies opslaat en zoekopdrachten volgt en Gmail elk bericht dat je verstuurt en ontvangt scant om advertenties beter op jouw persoonlijke voorkeuren te kunnen afstemmen. Je moet je afvragen of je je er wel prettig bij voelt wanneer alles, van je auto tot je kussen, data opslaat. Moeten er beperkingen komen, zodat niet alles kan worden verzameld en gedeeld? Ben je bereid ook bedrijven die het niet al te nauw nemen met de bescherming van jouw gegevens toegang te geven tot de intiemste details over jouw leven?

Dit zijn lastige vragen waar nu antwoorden op gevonden moeten worden. We zitten immers al middenin het big data tijdperk.

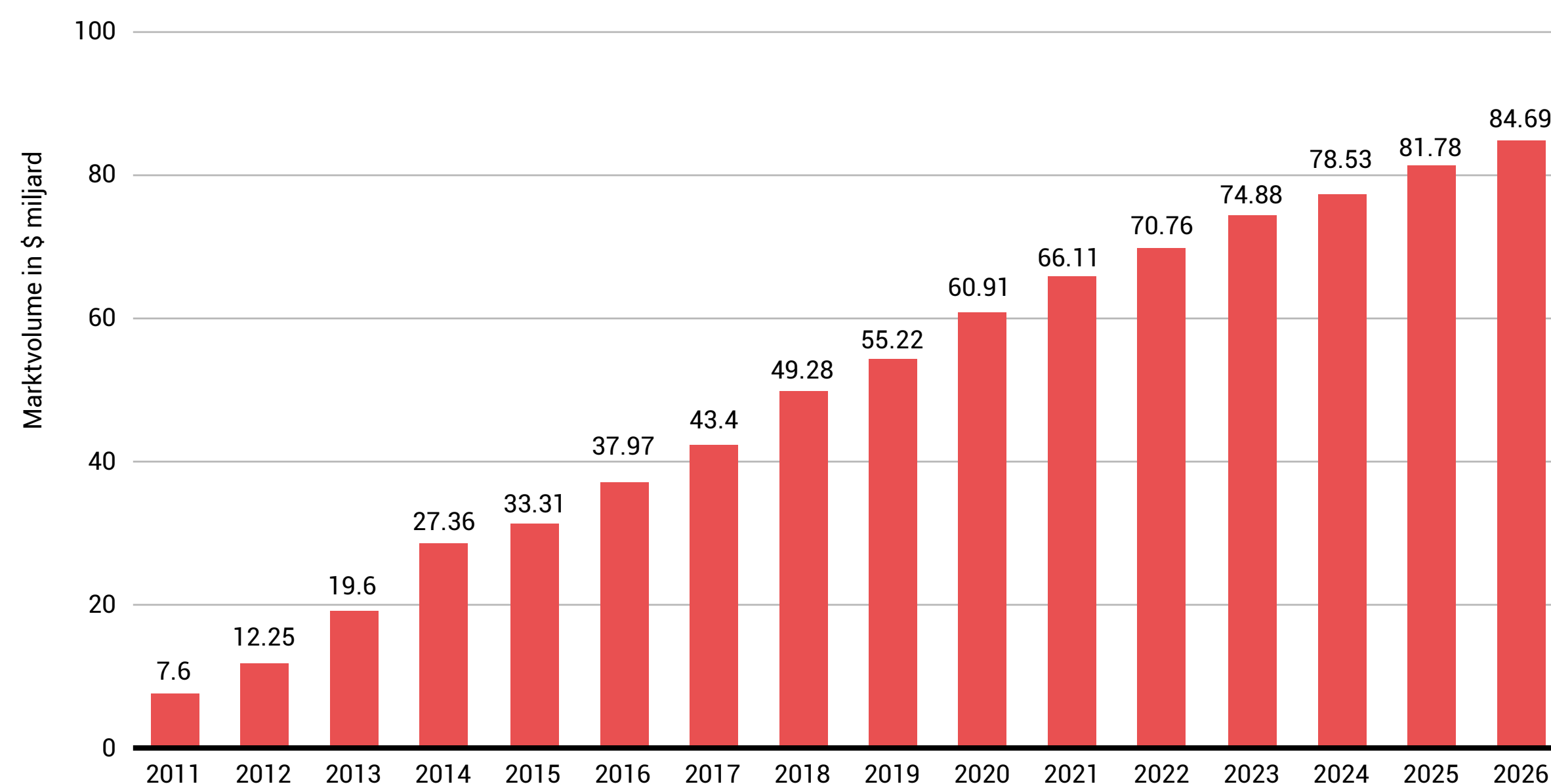
Interessante feiten en cijfers

Big data is in 2021 naar schatting een industrie met een waarde van \$66.8 miljard.

Big Data Management Solutions verwacht dat de markten van NoSQL en Hadoop's respectievelijk met 25% en 32,9% per jaar groeien.

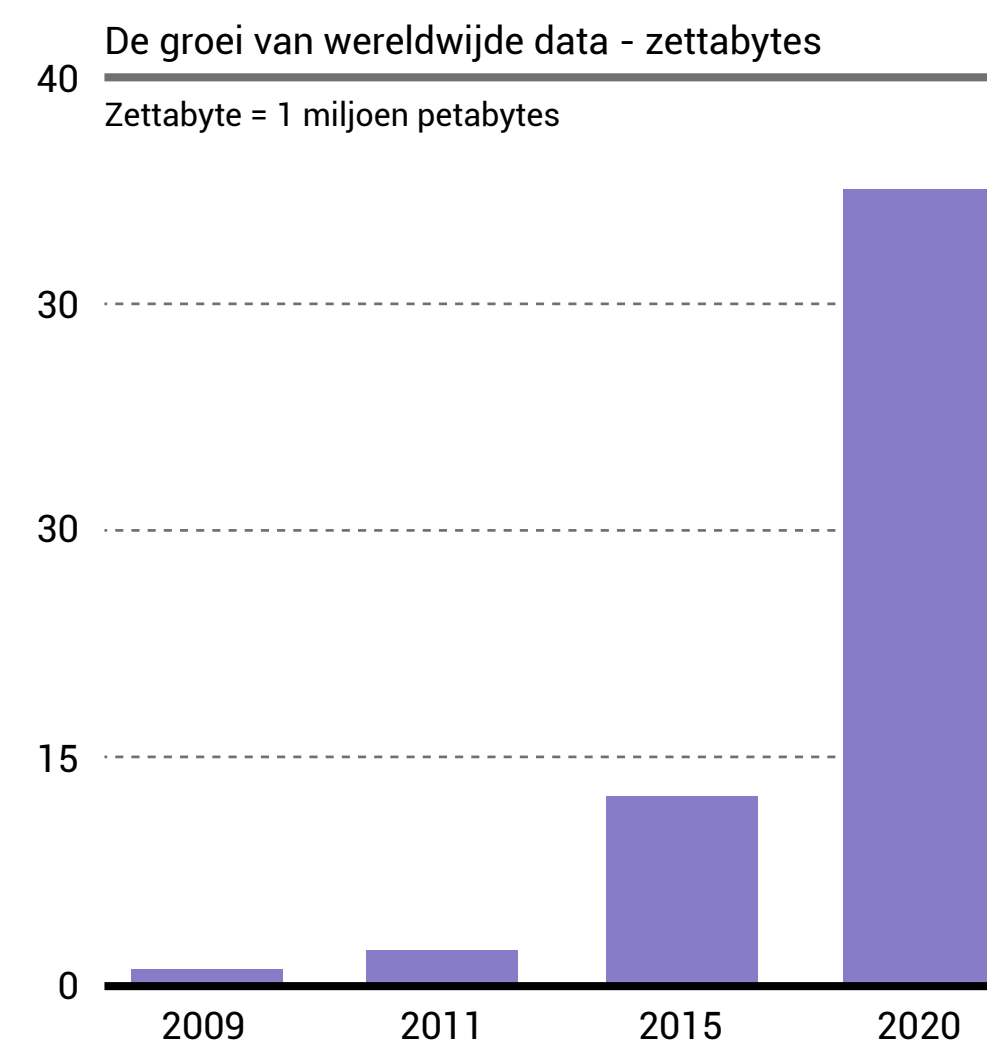
Volgens Forbes: "Het aantal bedrijven zonder plannen om big data en analytics te integreren in hun bedrijfsvoering is in 2015 gehalveerd – van 33% tot 16%."

Big data marktvolume wereldwijde omzetprognose 2011-2026



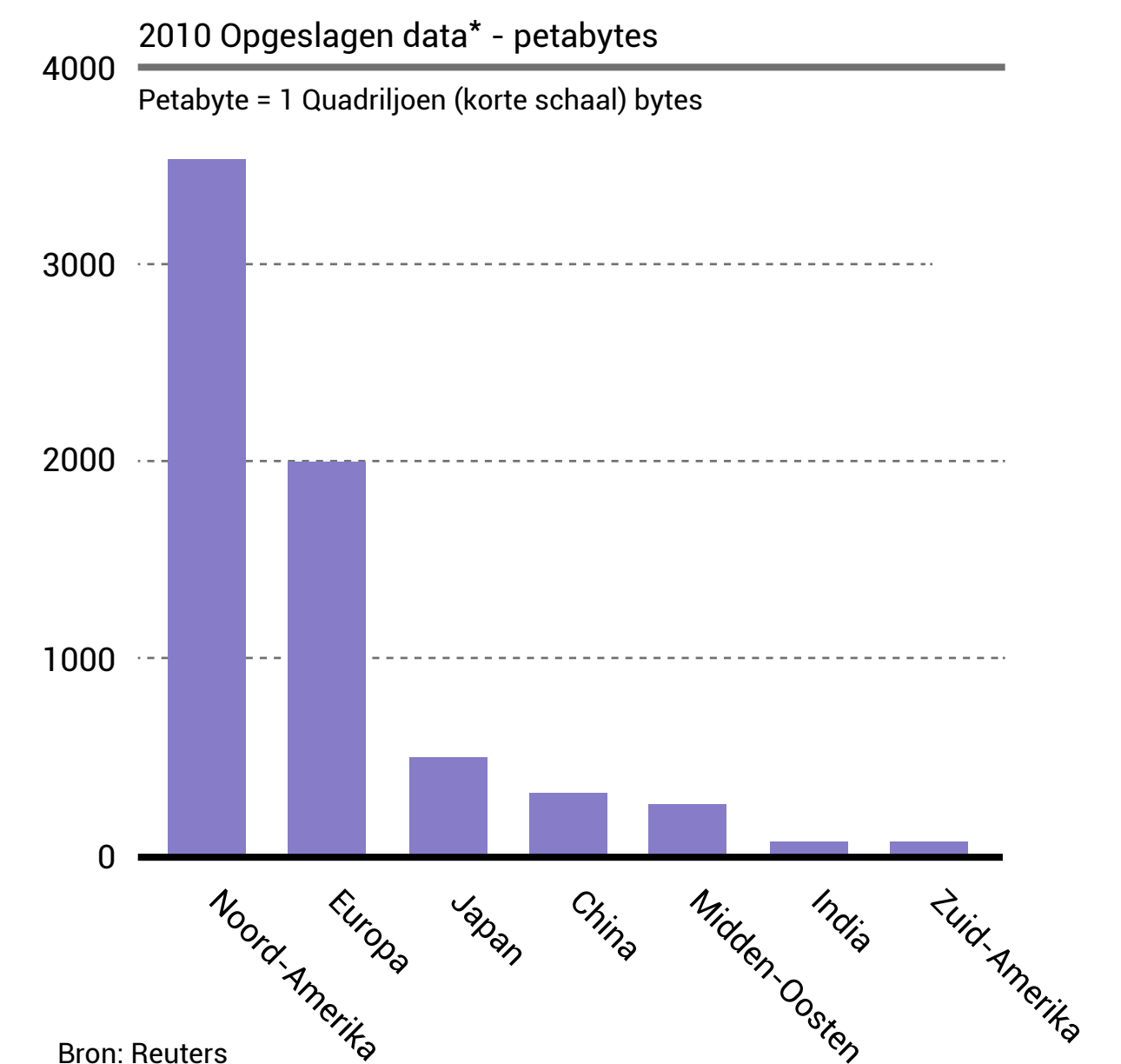
Source: Wikibon © Statista 2016

De jaarlijkse groei van de big data markt wordt geschat op 45%



*groter dan

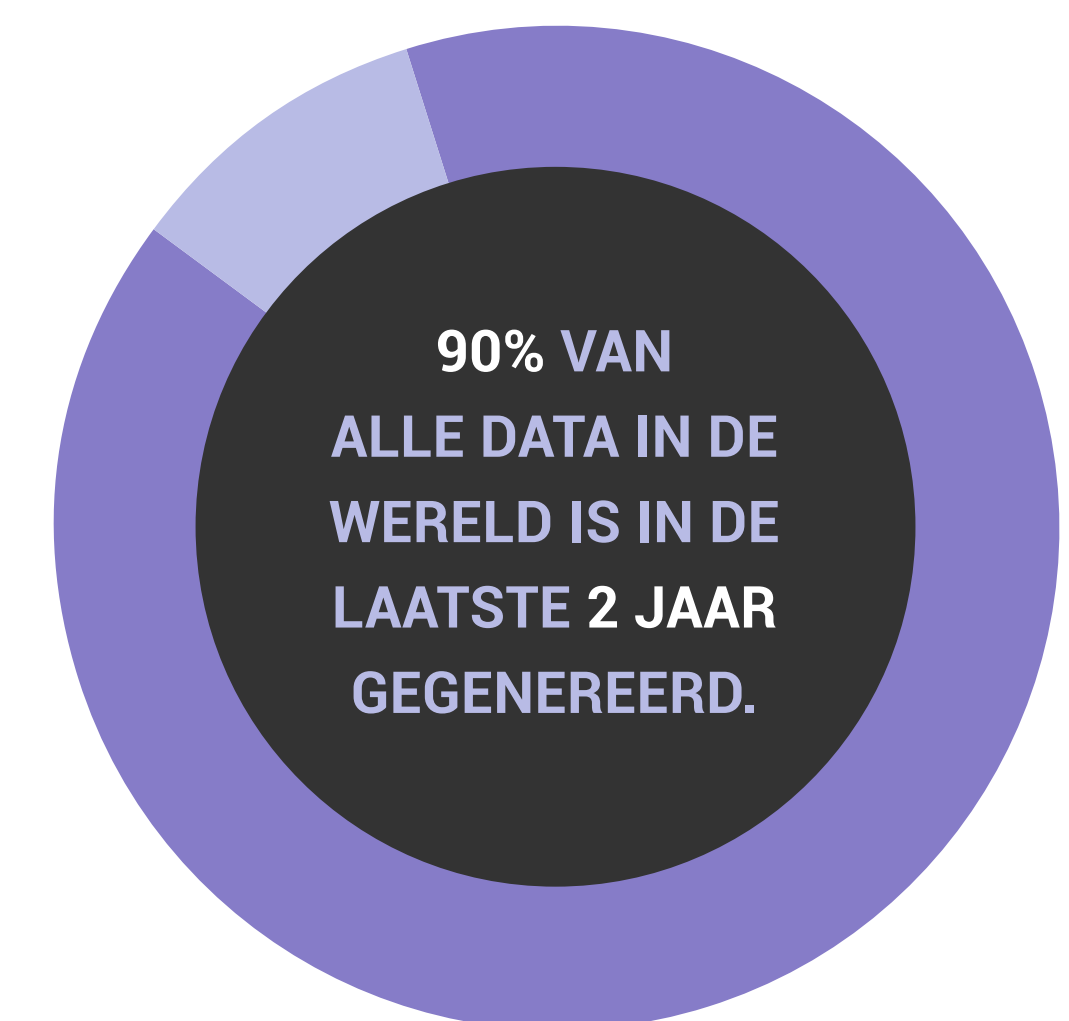
Bron: Nascom-CRISIL GR&A-analyse



Bron: Reuters



Bron: <http://www.imedita.com/blog/top-amazing-big-data-facts/>



Conclusie

Onze analyse van de tech-trends die de toekomst vormgeven lijkt misschien inderdaad op sciencefiction. Maar talloze onderzoekers, van de Universiteit van Californië, Berkeley, tot aan het Massachusetts Institute of Technology, trekken het heden – soms stukje bij beetje, soms met grote sprongen – dicht naar de toekomst.

Reken er maar op dat we de disruptie de komende decennia gaan voelen, en vaak op verrassende manieren. Ja, de obstakels die deze technologieën in de weg staan zijn fascinerend, maar toch denken we dat de ethische en sociale aspecten van de veranderingen die deze technologieën teweegbrengen het interessantst zijn, én het meest verontrustend.

Je kunt duidelijk zien hoe de aanverwante wetenschappen en complementaire ontwikkelingen van deze trends onze wereld, ons leven en ons werk in de toekomst zullen hervormen. Miljoenen mensen zullen merken dat de vaardigheden die ze bezitten gewoonweg niet kunnen concurreren met slimme automatisering. Legio chauffeurs, bijvoorbeeld, zijn binnenkort niet meer inzetbaar.

En als de ontwikkelingen in de kunstmatige intelligentie gelijke tred houden met die in de robotica, het Internet of Things en big data, zullen zelfs ingenieurs en wetenschappers straks met hun eigen ontwerpen moeten concurreren.

Zoals je in dit trendrapport hebt kunnen lezen, verwachten we ook verschillende etische uitdagingen. Toch zijn we ervan overtuigd dat de huidige ongeneeslijke ziekten tijdens het leven van uw kleinkinderen met behulp van bio-, nano- en neurotech genezen worden. Ook zijn we er zeker van dat kinderen dingen als armoede en onwetendheid in de toekomst niet meer aan den lijve ondervinden, maar er alleen nog over zullen horen vertellen.

Daarom gaven we in het begin van dit boek aan dat we niet overdrijven als we zeggen dat de meest opwindende tech trends van 2017 de toekomst transformeren en ons leven de komende tientallen jaren gaan bepalen. Ben je voorbereid op die toekomst? Klaar om al deze veranderingen te omarmen?

BIBLIOGRAFIE

http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/50673.wss, 3 Oct 2016, accessed 3 Nov 2016. Aguilar, Constance, "5 VR and AR Startups Ready for Explosive Growth," Entrepreneur, 18 Oct 2016, accessed 6 Feb 2017. https://www.asme.org/engineering-topics/articles/nanotechnology/top-5-trends-in-nanotechnology, accessed 8 Nov 2016. http://www.augment.com/blog/future-real-estate-vr-ar/, accessed 27 Dec 2016. Barnwell, Aliya, "This Crazy New Wearable Uses 'Neurostimulation' to Prime Your Brain and Body for Exercise," digitaltrends.com, 11 Mar 2016, accessed 3 Jan 2017. Bourne, James, "Big Data Technology Market Speeding Up – with NoSQL and Hadoop at Forefront," Cloudtech, 3 Oct 2016, accessed 31 Jan 2017. Brueck, Hilary, "Mayo Clinic Taps Silicon Valley to Help People Age Gracefully," Fortune, 3 Feb 2016, accessed 26 Dec 2016. Buntz, Brian, "The 10 Most Important IoT Trends of 2016," New Equipment Digest, 16 Jun 2016, accessed 3 Nov 2016. Burton, Bill, "First Use of Graphene to Detect Cancer Cells," phys.org, 19 Dec 2016, accessed 26 Dec 2016. http://carbon3d.com/clip-process, accessed 14 Nov 2016.	Cavuoto, James and Jennifer French, eds., Neurotech Business Report, accessed 1 Feb 2017; http://www.neurotechreports.com/pages/neurotechnology-market-data-2016-2020.html. CCS Insight, "Augmented and Virtual Reality Devices to Become a \$4 Billion-Plus Business in Three Years," accessed 6 Feb 2017. Chapman, Kevin, "Will Self-Driving Cars Disrupt the Auto Industry?" Clarivate Analytics, accessed 7 Nov 2016. Chappell, Bill, "2015 Traffic Fatalities Rose By Largest Percent In 50 Years, Safety Group Says," NPR, 18 Feb 2016, accessed 7 Nov 2016. Choi, Charles Q., "Tough, 3D-Printed Ceramics Could Help Build Hypersonic Planes," Live Science, 3 Jan 2016, accessed 15 Nov 2016. Clemens, David, "Life as You Don't Know It...Yet: The Future of IoT," Diplomaticcourier.com, 20 Oct 2016, accessed 27 Dec 2016. https://www.cnet.com/products/amazon-echo-dot-1st-generation/review/, accessed Nov 3 2016. Columbus, Louis, "Gartner's Top 10 Internet of Things Technologies For 2017 & 2018," Forbes, 28 Feb 2016, accessed 3 Nov 2016. Comstock, Jonah, "California Hospital Becomes First in US to Prescribe Ingestible Sensors from Proteus," mobi health news, 11 Jan 2016, accessed 3 Nov 2016.	Coppock, Mark, "Microsoft and Pearson are Partnering to Turn HoloLens into an Educational Tool," Digital Trends, 26 Oct 2016, accessed 16 Nov 2016. Deign, Jason, "Controlling Machines with Your Mind is No Longer Just Science Fiction," newsroom.cisco.com, 1 Dec 2016, accessed 3 Jan 2017. https://en.wikipedia.org/wiki/3D_bioprinting, accessed 14 Nov 2016. https://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel, accessed 10 Nov 2016. https://en.wikipedia.org/wiki/Google_self-driving_car#Crashes, accessed 8 Nov 2016. https://en.wikipedia.org/wiki/HTC_Vive, accessed 15 Nov 2016. https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things, accessed 3 Nov 2016. https://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_VR#Funding_for_Oculus_Rift_and_company, accessed 15 Nov 2016. https://en.wikipedia.org/wiki/Safe_Road_Trains_for_the_Environment, accessed 7 Nov 2016. https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality#2000.E2.80.93present, accessed 15 Nov 2016. Etherington, Darrell, "Magic Leap Secures \$542M Led by Google for 'Lightweight Wearable' Tech that Merges Physical and Digital Worlds," Tech Crunch, 21 Oct 2014, accessed 15 Nov 2016.	http://www.euronews.com/2015/03/24/eu-warns-on-road-traffic-deaths, accessed 7 Nov 2016. Evers, Paul, Jackson Highsmith, and Kevin James, "Nanotechnology Market: Nanotechnology Markets in Healthcare & Medicine," Drug Development and Delivery, 19 Nov 2014, accessed 6 Feb 2017. http://www.fendt.com/int/11649.asp, accessed 31 Oct 2016. Fernandez, Alvaro, "10 Neurotechnologies About to Transform Brain Enhancement and Brain Health," sharpbrains.com, 10 Nov 2015, accessed 3 Jan 2017. Feuilherade, Peter, "Is 4D Printing the Next Step?" IEC Tech, Jan 2016, accessed 14 Nov 2016. Foote, Keith D., "SQL Versus NoSQL Databases: A Review of Key Themes," Dataversity, 19 Jan 2017, accessed 6 Feb 2017. Forrest, Connor, "Ten Examples of IoT and Big Data Working Well Together," ZDNet, 2 Mar 2015, accessed 9 Jan 2017. Fountain, Henry, "A Slow Ride Toward the Future of Public Transportation," New York Times, 4 Nov 2016, accessed 7 Nov 2016. Frank, Blair Hanley, "IBM Engineer: Augmented Reality will Trump Virtual Reality for Data Visualization," PC World, 3 Nov 2016, accessed 16 Nov 2016.
---	---	--	--

BIBLIOGRAFIE

Franco, Michael, "In the Future, We Might Clean our Clothes Using Nothing but Light," New Atlas, 24 Mar 2016, accessed 9 Nov 2016.

Galeon, Dom, "CRISPR Gene Editing Is Accelerating Our Quest for an HIV Cure," Futurism.com, 25 Oct 2016, accessed 10 Nov 2016.

Gao, Bin, Qingzhen Yang,Xin Zhao, Guorui Jin, Yufei Ma, and Feng Xu, "4D Bioprinting for Biomedical Applications," Trends in Biotechnology, April 2016, accessed 30 Dec 2016.

Gibbs, Samuel, "Gmail Does Scan all Emails, New Google Terms Clarify," The Guardian, 15 Apr 2014, accessed 9 Jan 2017.

Government Accounting Office, "Nanomanufacturing: Emergence and Implications for U.S. Competitiveness, the Environment, and Human Health," Jan 2014, accessed 9 Nov 2016.

Griggs, Mary Beth, "Would You Want a Self-Driving Car?" Popular Science, 26 May 2016, accessed 3 Nov 2016.

Guess, A.R., "WiSeKey to Integrate AI at Chip Level into Its IoT Cybersecurity Vertical Platform," Dataversity, 25 Oct 2016, accessed 3 Nov 2016.

Hamers, Laurel, "Five Challenges for Self-driving Cars," ScienceNews.com, 12 Dec 2016, accessed 30 Dec 2016.

Hanley, Steve, "Comma.ai \$999 Self Driving System To Ship By Year End," Gas2.org, 17 Sep 2016, accessed 8 Nov 2016.

<http://harborresearch.com/harbor-research-the-top-18-iot-trends-to-watch-in-2016/>, accessed 3 Nov 2016.

Hendricks, Drew, "3D Printing Is Already Changing Health Care," Harvard Business Review, 4 Mar 2016, accessed 14 Nov 2016.

Hern, Alex, "Virtual Reality for the Masses is Here. But do the Masses Want VR?" The Guardian, 7 Oct 2016, accessed 16 Nov 2016.

Holger, Dieter, "Genetics of Autism: Scientists Find New Link," Futurism.com, 23 Oct 2016, accessed 11 Nov 2016.

Hollister, Sean, "Microsoft's HoloLens is Super Limited—and Hella Magical," CNET, 1 Apr 2016, accessed 16 Nov 2016.

<http://www.ifr.org/news/ifr-press-release/world-record-816/>, accessed 28 Oct 2016.

Irving, Michael, "Scientists Accidentally Create Nanorods that Harvest Water from the Air," New Atlas, 14 Jun 2016, accessed 9 Nov 2016.

Ismail, Nick, "What Does 2017 Have In Store for Big Data?" Informationage.com, 15 Dec 2016, accessed 9 Jan 2017.

Jaynes, Nick, "Mercedes' Autonomous Future Bus Just Drove through Amsterdam," Mashable, 19 Jul 2016, accessed 7 Nov 2016.

Kaiser, Iona, Carey Jordan, and Valerie Moore, "Nanotechnology Innovation Trends," IP Watchdog, 27 Feb 2014, accessed 9 Nov 2016.

King, Christine E., Po T. Wang, Colin M. McCrimmon, Cathy CY Chou, An H. Do, and Zoran Nenadic, "The feasibility of a brain-computer interface functional electrical stimulation system for the restoration of overground walking after paraplegia," Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 2015 12:80, accessed 2 Jan 2017.

Kira, "Global 3D Printer Market Jumps 35% in 2015 Thanks to Desktop 3D Printer Sales," 3ders.org, 4 Jan 2016, accessed 6 Feb 2017.

Knight, Will, "Why Robots and Humans Struggled with DARPA's Challenge," MIT Technology Review, 9 Jun 2015, accessed 28 Oct 2016.

Knight, Will, "Will AI-Powered Hedge Funds Outsmart the Market?" MIT Technology Review, 4 Feb 2016, accessed 9 Jan 2017.

Knight, Will, "Japanese Robotics Giant Gives its Arms some Brains," MIT Technology Review, 7 Oct 2016, accessed 28 Oct 2016.

Knight, Will, "What Robots and AI Learned in 2015," MIT Technology Review, 29 Dec 2015, accessed 28 Oct 2016.

Korosec, Kirsten, "Autonomous Car Sales Will Hit 21 Million by 2035, IHS Says," Fortune Tech, 7 Jun 2016, accessed 6 Feb 2017.

Leadem, Rose, "10 Incredible Uses of Virtual Reality," Fortune, 8 Sep 2016, accessed 16 Nov 2016.

Lee, Timothy, "Self-Driving Trucks are here, but They won't Put Truck Drivers Out of Work — Yet," Vox, 25 Oct 2016, accessed 7 Nov 2016.

Lumb, David, "3D Printed 'Heart on a Chip' is an Alternative to Animal Testing," Engadget, 24 Oct 2016, accessed 15 Nov 2016.

Lynch, Patrick, "Food Ink. is the World's First 3D Printing Restaurant," archdaily.com, 7 Jul 2016, accessed 2 Jan 2017.

Manenti, Pierfrancesco, "Disruptive Innovation: Uber Beyond Uber," SCM World, 25 Nov 2015, accessed 7 Nov 2016.

Marr, Bernard, "Big Data: 12 Amazing Highs And Lows Of 2015," Forbes, 27 Dec 2015, accessed 6 Feb 2017.

Matich, Teresa, "Anthony Vicari, an Analyst on the Advanced Materials team at Lux Research, Shares his Thoughts on the Nanotechnology Future Outlook Going into 2016," Investing News, 21 Dec 2015, accessed 10 Nov 2016.

Matthew, Joi, "MIT Researchers Reverse Autism Symptoms Using Gene Editing," Futurism.com, 22 Feb 2016, accessed 11 Nov 2016.

Matthews, Kayla, "Virtual Reality Still Has 5 Big Problems to Overcome," MUO, 8 Jun 2016, accessed 16 Nov 2016.

Mearian, Lucas, "How 4D Printing is Now Saving Lives," Computerworld.com, 18 May 2016, accessed 30 Dec 2016.

Mendle, Dave, "How Big Data Affects Us Through the Internet of Things," SmartDataCollective.com, 19 Jun 2015, accessed 27 Dec 2016.

BIBLIOGRAFIE

Miller K.J., Schalk G., Hermes D., Ojemann J.G., Rao R.P.N., "Spontaneous Decoding of the Timing and Content of Human Object Perception from Cortical Surface Recordings Reveals Complementary Information in the Event-Related Potential and Broadband Spectral Change," PLoS Comput Biol 12(1), 2016, accessed 2 Jan 2017.

McKenna, Beth, "What Happened in 3D Printing in 2015?" The Motley Fool, 16 Jan 2016, accessed 14 Nov 2016.

McKinsey & Company, "Self-Driving Cars and the Future of the Auto Sector," accessed 7 Nov 2016.

Moon, Mariella, "L'Oreal Turns to Virtual Reality to Train Hairdressers," Engadget, 2 Nov 2016, accessed 16 Nov 2016.

<http://nanospectra.com/>, accessed 9 Nov 2016.

<http://www.nanotech-now.com/current-uses.htm>, 20 Apr 2015, accessed 9 Nov 2016.

<http://www.nasa.gov/content/international-space-station-s-3-d-printer>, accessed 15 Nov 2016.

O'Reilly, Laura, "Netflix Lifted the Lid on How the Algorithm that Recommends you Titles to Watch Actually Works," Business Insider, 26 Feb 2016, accessed 9 Jan 2017.

Orbital ATK, "Orbital ATK Successfully Tests Hypersonic Engine Combustor Produced Through Additive Manufacturing," 18 Jan 2016 press release, accessed 11 Nov 2016.

<http://organovo.com/tissues-services/exvive3d-human-tissue-models-services-research/exvive-kidney-tissue/>, accessed 14 Nov 2016.

PR Newswire, "Global Biotechnology Market to Value USD 414.5 Billion 2017-Transparency Market Research," 24 Sep 2014, accessed 6 Feb 2017.

PR Newswire, "Global Brain Computer Interface Market is Expected to Reach \$ 1.46 Billion, by 2020 - Allied Market Research," 22 Apr 2015, accessed 6 Feb 2017.

Prodhan, Georgina, "Demand for Service Robots Seen at Breakthrough: Industry Body," Reuters, 12 Oct 2016, accessed 6 Feb 2017.

<http://www.proteus.com/discover/>, accessed 3 Nov 2016.

<http://www.qmed.com/mpmn/article/10-nano-tech-breakthroughs-you-should-know-about-updated>, accessed 8 Nov 2016.

Ramsey, Lydia, "A Biotech Startup that Aims to Rid Our Bodies of Cells Related to Aging Just Got a Big Investment," Business Insider, 10 Nov 2016, accessed 26 Dec 2016.

Rathi, Akshat, "These Tiny, Autonomous Robots don't Need Computer Programs to Repair Circuits," qz.com, 29 Mar 2016, accessed 10 Nov 2016.

Roberts, Fred, "10 Real-Life Examples of IoT Powering the Future of Energy," Internet of Business, 7 Oct 2016, accessed 3 Nov 2016.

Rossi, Ben, "Big Data vs. Privacy: the Big Balancing Act," Information Age, 4 Aug 2016, accessed 9 Jan 2017.

Sathyanesan, Aaron, "What if we could record and rewind our thoughts? Neurotechnology and the foreseeable future?" blogs.plos.org, 13 Feb 2016, accessed 2 Jan 2017.

Schaffer, Amanda, "Robots that Teach Each Other," MIT Technology Review, accessed 28 Oct 2016.

Science Daily, "Nanobionic Spinach Plants Can Detect Explosives," 1 Nov 2016, accessed 10 Nov 2016.

Science Daily, "Move Over, Solar: The Next big Renewable Energy Source Could Be at Our Feet," 20 Oct 2016, accessed 10 Nov 2016.

Science Daily, "People Can Control a Robotic Arm with Only Their Minds," 14 Dec 2016, accessed 2 Jan 2017.

Scott, Clare, "Wake Forest Researchers Successfully Implant Living, Functional 3D Printed Human Tissue Into Animals," 3DPrinting.com, 16 Feb 2016, accessed 14 Nov 2016.

Ta, Ming, Michael Lee, and Teri E. Klein, "Pharmacogenetics of Warfarin: Challenges and Opportunities," Journal of Human Genetics (2013) 58, 334–338.

Templeton, Brad, "Self-Driving Trucks Are Coming—Here's Why They Make Sense," Singularityhub, 17 May 2016, accessed 7 Nov 2016.

Tibbits, Skylar, "4D Printing: Producing Programmable Materials that Transform over Time," Swiss RE, 18 Apr 2016, accessed 15 Nov 2016.

Turck, Matt, "The Internet of Things: Reaching Escape Velocity," mattturck.com, 2 Dec 2014, accessed 3 Nov 2016.

Vassanelli, Stefano and Mufti Mahmud, "Trends and Challenges in Neuroengineering: Toward 'Intelligent' Neuroprostheses through Brain- 'Brain Inspired Systems' Communication," Front. Neurosci., 23 September 2016, accessed 3 Jan 2017.

<http://www.vrs.org.uk/virtual-reality-military/army.html>, accessed 27 Dec 2016.

Wadhwa, Vivek, "From AI to Robotics, 2016 will be the Year when Robots Start to Take Over," Techcrunch, 13 Jan 2016, accessed 28 Oct 2016.

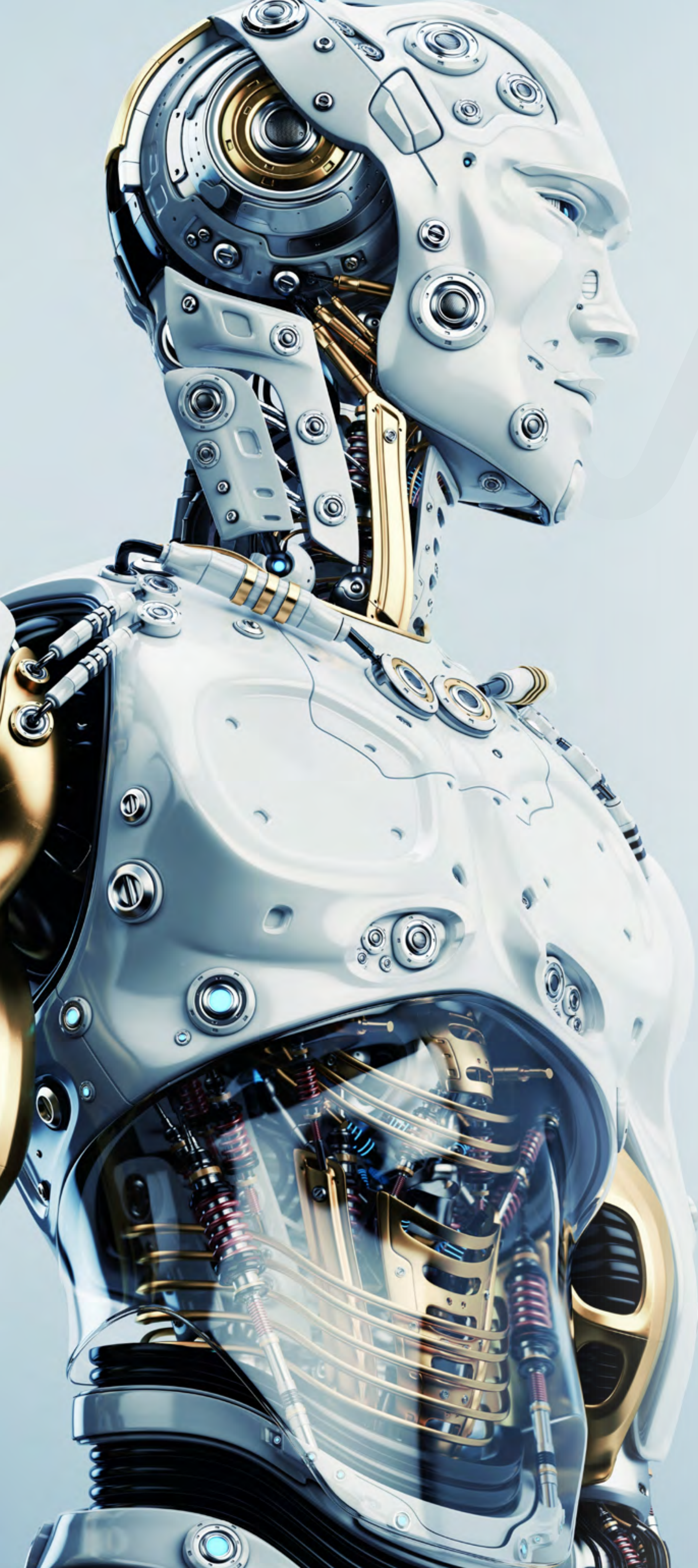
<http://www.wisageek.com/what-is-bio-ink.htm#didyouknowout>, accessed 14 Nov 2016.

Wright, Ian, "More Autonomous Cars Coming to Public Roads in 2016," engineering.com, 30 Dec 2015, accessed 7 Nov 2016.

Yang, Sarah, "Crop Yield Gets Boost with Modified Genes in Photosynthesis," Berkeley Lab News Center, 17 Nov 2016, accessed 26 Dec 2016.

Young, Peter, "A Wild Ride: Biotech Financial and M&A Trends 2014," pharmexec.com, 10 Mar 2015, accessed 10 Nov 2016.

Young, Peter, "Biotech Financial and M&A Trends – Two Steps Forward, One Step Back," pharmexec.com, 1 Apr 2016, accessed 10 Nov 2016.



Trends 2030, INSPIRATIELEZING

Door nieuwe technieken staan we aan de vooravond van grote veranderingen. Robots, nanotech, biotech, het Internet of Things en big data zorgen voor nieuwe businessmodellen en veroorzaken nog grotere disruptieve innovaties. Kies voor de sessie 'Trendz! Op naar 2030' en zorg voor een unieke en energieke ervaring voor uw klanten, relaties, personeel of bezoekers.



Ga voor meer informatie naar
www.richardvanhooijdonk.com

Inspiratie sessies van trendwatcher & futurist Richard van Hooijdonk

Ben je klaar voor een reis naar de toekomst van jouw sector? In onze inspiratiesessies zien we hoe de huidige technologische ontwikkelingen alles wat je dacht te weten over jouw (bedrijfs) leven veranderen. Boek een sessie en laten we de toekomst samen verkennen.

BOOK

Ga voor meer informatie naar:
richardvanhooijdonk.com



Bezoek richardvanhooijdonk.com voor
interessante content, video's en boekingen.

Dit e-Book is ook in het Engels verkrijgbaar. Bezoek onze [website](#).

Nederland

Barbara Strozzilaan 101
1083 HN Amsterdam
The Netherlands

Ⓣ + 31 85 3030792

Ⓜ + 31 6 41330000

UK

Kemp House, 152 City Road
London EC1V 2NX
United Kingdom

Ⓣ + 31 85 3030792

© 2017 Richard van Hooijdonk

Het is niet toegestaan om de inhoud en werking van onze download
te wijzigen. Ook mag u de inhoud van deze download niet op een
andere manier verspreiden. Niets uit deze uitgave mag worden
verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk,
fotokopie, microfilm of op welke wijze ook, zonder voorafgaande
schriftelijke toestemming van de uitgever.



**RICHARD
VAN HOOIJDONK**

TRENDWATCHER & FUTURIST ●