

Technologische revoluties en Defensie

De gevolgen van nieuwe technologische ontwikkelingen voor de krijgsmacht

Boodschappen vergeten? We printen straks ons eten thuis. Ziek? Sensoren in en op ons lichaam stellen de diagnose. De technologische ontwikkelingen gaan hard. Internet of Things, 3D-printing, robotics en big data: de mogelijkheden lijken eindeloos, ook voor militaire toepassingen. Maar er is ook een keerzijde. Geweren printen, kritische infrastructures hacken of synthetische biowapens fabriceren: voor elke technologie geldt dat het gebruik ervan ook een bedreiging voor de veiligheid kan vormen, zeker nu complexe technologie tegen steeds lagere kosten beschikbaar komt. In dit artikel gaat de auteur in op de nieuwste technologische revolutie en verkent hij mogelijke militaire toepassingen en dreigingen. Op basis daarvan betoogt hij dat Defensie meer moet investeren in het beter en sneller benutten van nieuwe technologie, wil de krijgsmacht niet weerloos zijn tegen tegenstanders die de mogelijkheden ervan al lang gebruiken.

*Drs. H.G. Geveke**

Technologie speelt een dominante rol in ons bestaan. De technologische ontwikkelingen gaan snel. Onze leefomgeving wordt steeds intelligenter. Apparaten (smartphones, auto's, koelkasten) raken met elkaar verbonden (*Internet of Things*) en communiceren met elkaar en de omgeving. Op allerlei plekken worden robots ingezet om werk te doen dat 'dirty, dull and dangerous' is. Door kunstmatige intelligentie worden zulke systemen steeds autonoomer. Technologie wordt kleiner. Miniaturisering

zorgt voor draagbare apparaten (*wearables*), integratie van functionaliteiten (zoals *labs-on-a-chip*) en een intiemere relatie met technologie (zoals het implanteren van biosensoren in ons lichaam). Materialen worden sterker en lichter en krijgen steeds meer functionele eigenschappen (denk aan zelfherstellende materialen en textiel waarin elektronica is aangebracht, zogeheten *smart textiles*).

De digitalisering die gepaard gaat met nieuwe technologische ontwikkelingen zorgt voor enorme hoeveelheden data (over allerlei sociale, economische, fysieke, biologische en politieke processen en systemen) die vervolgens ingezet kunnen worden om zaken op te sporen (criminelen, terroristen), proberen te voorspel-

* Henk Geveke is algemeen directeur van TNO Defensie & Veiligheid. Hij dankt prof. dr. P. Werkhoven, prof. dr. A. Bronkhorst en drs. J. Kessener MCM voor hun commentaar en suggesties.

len (het weer, ziekten) of te personaliseren (voeding, medicijnen). Omdat de kosten van het verspreiden van digitale informatie vrijwel nihil zijn geworden, is allerlei kennis en zijn allerlei diensten ook toegankelijk geworden voor een groot publiek.

Ten slotte ondergaat de industriële productie veranderingen met de komst van steeds geavanceerdere 3D-printers, machines die op basis van een digitaal ontwerp driedimensionale objecten kunnen produceren door ze, met poeder of vloeistof, laag voor laag op te bouwen. Allevlei schakels in productieketens worden overbodig als zulke printers op grote schaal worden ingezet.

De Vierde Industriële Revolutie

Tijdens het World Economic Forum in Davos, begin 2016, werd een aantal van deze trends samengevat onder de noemer Vierde Industriële Revolutie, volgens sommigen de grootste maatschappelijke verandering in de geschiedenis.¹ Na de stoommachine (vanaf 1784), de massaproductie (vanaf 1870) en de informatietechnologie (vanaf 1969), gaat het in deze nieuwste industriële revolutie (vanaf nu) over het volledig overnemen van productie- en dienstverleningsprocessen door intelligente machines, die met elkaar communiceren en die zichzelf repliceren. Eerder schetsten de bekende futurologen Alvin en Heidi Toffler soortgelijke revoluties.²

In het Nederlandse bedrijvenbeleid is de nieuwe revolutie al zichtbaar: geïnspireerd door het Duitse Industry 4.0 circuleert onder de term *smart industry* de vraag hoe informatietechnologie kan worden toegepast om de maakindustrie te verbeteren.³ Dat geeft aanleiding tot een levendig technologiedebat. Trendwatchers zijn populair in managementmeetings en leiderschaps cursussen. Zij wijzen op de gevolgen van technologische ontwikkelingen voor organisaties: grote bedrijven als Kodak en Polaroid zijn roemloos ten onder gegaan omdat ze niet snel genoeg inspeelden op de digitalisering; kleine startups die hun verdienmodel daar juist op baseren, zoals Airbnb en Uber, groeien hard.

In Davos werd, naast zulke succesverhalen, ook gesproken over de gevaren van de nieuwe



ILLUSTRATIE TNO

3D-voedselprinters passen in de Vierde Industriële Revolutie, waarin intelligente machines productie- en dienstverleningsprocessen gaan overnemen

technologische revolutie: de groeiende ongelijkheid, de afbraak van het toch al gespannen vertrouwen tussen bedrijven, overheid en bevolking en het verdwijnen van vele banen en bedrijfstakken. Dat laatste trekt ook elders veel aandacht.⁴

Voor de gevolgen van de nieuwe technologische

- 1 K. Schwab, *The Fourth Industrial Revolution* (Davos, World Economic Forum, 2016).
- 2 A. Toffler, *The Third Wave* (New York, Bantam Books, 1981); H. Toffler, *War and Anti-War Survival at the Dawn of the 21st Century* (New York, Little, Brown and Company, 1993).
- 3 Zie: www.smartindustry.nl.
- 4 R. Susskind en D. Susskind, *The Future of the Professions. How Technology Will Transform the Work of Human Experts* (Oxford, Oxford University Press, 2015); M. Ford, *Rise of the Robots. Technology and the Threat of a Jobless Future* (New York, Basic Books, 2015).



Dat de gevolgen van de technologische revolutie verstrekkend zijn en dat nietsdoen geen optie is, benadrukte Commandant der Strijdkrachten generaal Middendorp ook op de Future Force Conference van 2015

revolutie voor de veiligheid, en daarmee voor conflict- en crisisbeheersing, contra-terrorisme en criminaliteitsbestrijding, is in populaire publicaties weinig aandacht. Maar dat die gevolgen er zijn, staat wel vast. Ook Defensie zal zich daarvan rekenschap moeten geven. Op de Future Force Conference 2015 zei de Commandant der Strijdkrachten daarover: 'We must be alert and receptive to the application of new weapons.'⁵ Het tempo van technologische ontwikkelingen en de wereldwijde proliferatie ervan zet de krijgsmacht immers potentieel op een achterstand. 'The strongest weapon to shift geopolitical balances isn't nukes or missiles, it's technology', luidde dan ook de kop van een artikel in de *Washington Post* van vorig jaar.⁶

Revolutions in Military Affairs

De relatie tussen technologie en krijgsmacht is op zichzelf niets nieuws. Dat technologie ook revoluties kan veroorzaken in militaire zaken, al evenmin. Michael Roberts gebruikte voor het eerst het concept van de *Revolution in Military Affairs* (RMA).⁷ Hij geeft aan hoe technologische ontwikkelingen in bepaalde tijdvakken het militaire denken en doen drastisch beïnvloedden. Zo maakte de uitvinding van het buskruit in de negende eeuw in China vuurwapens en zwaardere geschut mogelijk, wat in Europa zorgde voor een nieuw tijdperk van fortificaties om beschietingen af te weren en tot artillerie-duels op zee. In 1776 brachten de Amerikanen met een onderzeeboot een Brits fregat tot ontploffing, waarmee *submarine warfare* was geboren.⁸ De inzet van verkennings- en aanvalsvliegtuigen tijdens de Italiaans-Turkse Oorlog (1911-1912) en de Eerste Wereldoorlog markeerde eveneens een nieuw tijdperk: de luchtoorlog. Vertaald naar onze tijd wordt vaak gewezen op de opkomst en militaire toepassingen van kernsplijting en -fusie (het kernwapen), ruimtevaart (militaire satellieten, ruimtewapens) en informatietechnologie (*cyber warfare*) als voorbeelden van RMA's.

In hun boek *War and Anti-War* beargumenteren Alvin en Heidi Toffler dat er pas een werkelijke RMA is als de wijze van oorlogvoering geheel verandert.⁹ Dat gebeurt niet slechts door de introductie van een nieuw wapensysteem. Er is pas een revolutionaire omwenteling als door technologische vernieuwing ook het militaire beroep, doctrine, werkwijze, commandovoering, training, opleiding en organisatie van de krijgsmacht verandert: alle DCTOMP-factoren moeten dus aanwezig zijn.¹⁰ Volgens de Tofflers gebeurde dat in de wereldgeschiedenis maar twee keer: toen de mens van jager en verzamelaar boer werd en met de introductie van de industriële productie. De krijgsmacht die van zulke overgangen het beste gebruikmaakt in militaire operaties verschaft zichzelf een beslissend voordeel. De gedachte is dat een krijgsmacht die is gebaseerd op industriële principes, met de nadruk op massaproductie en efficiëntie, het wint van een krijgsmacht die zich nog in de pre-industriële fase bevindt. En nu

5 J. de Jonge, Future Force Conference 2015, *Conference Report 2015*, 19.

6 V. Wadhwa, 'The strongest weapon to shift geopolitical balances isn't nukes or missiles, it's technology', in: *Washington Post*, 5 oktober 2015.

7 M. Roberts, 'The Military Revolution, 1560-1660' (inaugural lecture delivered before the Queen's University of Belfast, 1956).

8 A.S. Lefkowitz, *Bushnell's submarine. The best kept secret of the American Revolution* (New York, Scholastic, 2006).

9 H. Toffler, Op.cit.

10 DCTOMP staat voor: Doctrine, Command and Control, Training en Opleiding, Organisatie, Materieel, Personeel.

we het informatietijdperk zijn binnengetreden, of zelfs aan de vooravond staan van de Vierde Revolutie, kan worden betoogd dat de krijgsmacht die zich het best weet te bedienen van productie op basis van informatie, het wint van het beste industriële leger.

In een wat lossere benadering zijn er in de geschiedenis veel meer RMA's aan te wijzen. Uitvindingen als de Griekse falanx, het machineweer en het snelvuurkanon met getrokken loop, de *dreadnoughts* voor de marine, het gebruik van tanks als gepantserde cavalerie in plaats van als mobiele artillerie, het kernwapen in de Tweede Oorlog, het gebruik van computervirussen en de inzet van gewapende UAV's zijn te zien als (aanzetten tot) RMA's. Ze hebben misschien niet het wezen van de krijgsmacht veranderd, maar als vormen van technologische vooruitgang hebben ze wel degelijk geleid tot – al dan niet disruptieve – aanpassingen in doctrines, operationele concepten en organisatiewijzigingen.

Technologie en de overwinning

Het geloof van westerse krijgsmachten in technologie is van oudsher groot; technologie heet niet voor niets een *force multiplier* te zijn. Er bestaat een verband tussen geloof in technologie en doctrine: technologie leidt tot aanpassingen van de doctrine en doctrines zijn op hun beurt een stimulans voor technologische innovaties.¹¹ Deze relatie is duidelijk zichtbaar in de beide wereldoorlogen en aan het einde van de Koude Oorlog.

In de Eerste Wereldoorlog veranderde het aanzien van de strijd volkomen door de inzet van het jachtvliegtuig en de tank, alsmede het gebruik van draagbare mortieren, mitrailleurs, handgranaten, gasmaskers en stalen helmen.¹² De Tweede Wereldoorlog bracht eveneens vernieuwingen, zoals de invoering van radar, straalmotor, computers en het kernwapen. Bovendien raakten leger, industrie en wetenschap in die periode blijvend met elkaar verknoopt – in het innovatiebeleid de 'gouden driehoek' of, tegenwoordig, *triple helix* genoemd – waardoor de krijgsmacht kon blijven profiteren van de nieuwste technologische ontwikkelingen. Tegen het einde van de Koude Oorlog waren het vooral de ontwikkelingen in de micro-elek-

tronica die voor een nieuwe RMA zorgden. De eerste Golfoorlog is het symbool van de *high-tech warfare* die daaruit voortkwam, met *stealth*-bommenwerpers die, onzichtbaar voor de Iraakse luchtverdediging, hun *smart bombs* afwierpen, Tomahawks die vanaf honderden kilometers afstand een vooraf aangewezen gebouw verwoestten en schijnbaar onkwetsbare Amerikaanse tanks en helikopters die



FOTO US AIR FORCE, J. SUTTER

De F-117 stealth-jager, één van de technologisch geavanceerde wapens die tijdens de eerste Golfoorlog het beeld van een risicoloze oorlog creëerden

- 11 Zie bijvoorbeeld R. de Wijk, *The Art of Military Coercion. Why the West's Military Superiority Scarcely Matters* (Amsterdam, Amsterdam University Press, 2014).
- 12 W. Klinkert, 'De vernietigende macht der hedendaagse wapenen. De lessen van de Eerste Wereldoorlog in het militaire debat in Nederland 1918-1923', in: H. van der Linden e.a. (red.), *De Grote oorlog. Kroniek 1914-1918*, deel 22 (Soesterberg, Uitgeverij Aspekt, 2011) 53-114.

Iraakse eskadrons versloegen. Het succes van de technologie in die oorlog was zo overweldigend dat een schone en risicoloze oorlog mogelijk leek.

Sindsdien, met *Enduring Freedom* in onder meer Afghanistan en de strijd tegen de Islamitische Staat (IS), maar ook de operaties in voormalig Joegoslavië en Afrika als meest voor de hand liggende recente voorbeelden, is die gedachte een illusie gebleken. Geavanceerde westerse krijgsmachten blijken niet gemakkelijk te kunnen winnen van vastberaden guerrillastrijders voorzien van verouderde bewapening. Dat wil echter niet zeggen dat technologie geen rol van betekenis speelt. De grootste erfenis van de Golfoorlog en actueel in Syrië en Noord-Irak is immers de inzet van het luchtwapen, waarmee zwaartepunten en vitale objecten van de tegenstander met grote snelheid en precisie, ongehinderd door weersomstandigheden, kunnen worden vernietigd, ook van de irreguliere opponent. Dit is alleen mogelijk dankzij de sterke ontwikkeling in de afgelopen jaren van technologie (zoals *network centric capabilities*, met moderne sensorsystemen in het netwerk, al dan niet geplaatst in UAV's) om informatie te verzamelen en te exploiteren, terwijl de tegenstander wordt weerhouden hetzelfde te doen. De massieve manoeuvres van het traditionele landoptreden mogen tegen IS-strijders dan niet van toepassing zijn, de technologische vooruitgang heeft gezorgd voor een sterke compressie van de tijd tussen *sense and shoot*, en dus voor meer precisie en flexibiliteit in slagkracht en daarmee ook voor een reductie in kosten van inzet en *collateral damage*.¹³

Hybride oorlogvoering en proliferatie van technologie

De irreguliere tegenstander zit ondertussen niet stil. De gedachte dat reguliere, interstatelijke oorlogvoering en technologie logisch bij elkaar horen en dat irreguliere, asymmetrische strijd geen moderne technologie vereist, is niet

houdbaar. Allereerst is het onderscheid in soorten oorlogvoering aan het verdwijnen. Hybride of ambigue oorlogvoering lijkt de nieuwe werkelijkheid te zijn: staten bedienen zich van irreguliere concepten, methoden en middelen (denk aan de Russische 'groene mannetjes' die de Krim bezetten) en terroristische groeperingen vormen tegenwoordig heuse legers, inclusief moderne wapens, een strak geleide organisatie, commandovoering, opleiding en training, zoals IS.¹⁴ Technologie wordt daarbij volop ingezet met, naast moderne (geleide) wapens, vooral ook non-kinetische middelen zoals geavanceerde cyberaanvallen, informatie-operaties, virale verspreiding van propaganda via social media, en georganiseerde criminaliteit om geldelijke middelen, arbeid en wapens te verkrijgen via het *deep-* en *darkweb*, onzichtbaar voor de opsporingsdiensten.

Daarnaast is er een sterke 'democratisering' van technologie. Met GPS zijn geleide wapens binnen handbereik van terroristen gekomen. Zoekmachines als *Google* en (satelliet)kaarten op internet zijn, net als communicatie-applicaties op smartphones zoals *WhatsApp* en *Messenger*, onmisbare hulpmiddelen geworden voor het plannen van operaties en het plegen van terroristische aanslagen. Voor het beramen van een cyberaanval op de kwetsbare kritische infrastructuur van de westerse tegenstander zijn op internet talloze, zeer gebruiksvriendelijke, *exploits* te downloaden. Tegenstanders kunnen voorafgaand aan de aanval al belaagd worden met een SMS-bombardement met afschrikkende berichten, waardoor een slag al kan worden gewonnen nog voor er een schot gelost is.

Veel technologie die voorheen buitengewoon complex was, veel expertise in het gebruik vroeg en daardoor heel kostbaar was, komt steeds sneller en bijna voor niets beschikbaar voor iedereen, dus ook voor irreguliere tegenstanders. Het ontrafelen van het menselijk genoom in *bio bricks*, bijvoorbeeld, kostte in 2000 maar liefst 2,7 miljard dollar. Als gevolg van de versnelling in rekenkracht van computers en nieuwe onderzoekstechnieken kost een DNA-onderzoek nu minder dan duizend euro. Op internet zijn voor een paar honderd tot

13 R. de Wijk, Op.cit., 273.

14 A. Deep, 'Hybrid Warfare: Old Concept, New Techniques', in: *Small Wars Journal*, 2 maart 2015. Zie: <http://smallwarsjournal.com/jrnl/art/hybrid-war-old-concept-new-techniques>.



ILLUSTRATIE TNO

Drones zijn een voorbeeld van technologie die direct in een wapen kan worden omgezet

duizenden euro's al diverse kits te koop voor genbewerking, een vorm van biotechnologie waarbij het DNA van een organisme gericht wordt aangepast. In civiele drones van 15 euro zit een gyroscoop waar de ontwerpers van de spaceshuttle dertig jaar geleden nog 100 miljoen voor moesten uittrekken. De kosten voor 3D-printers waar metalen voorwerpen mee kunnen worden geprint, zullen straks even hoog zijn als die van een spelcomputer.¹⁵ Het zijn voorbeelden van technologieën die direct in wapens kunnen worden omgezet of toegepast: biotechnologie voor de synthese van biowapens, drones met explosieven als vliegende bommen en thuisgeprinte automatische geweren zonder dat er een vergunning hoeft te worden aangevraagd.

Een nieuwe technologische revolutie

Hoe ziet de nieuwe technologische revolutie voor de krijgsmacht eruit? Om daar zicht op te houden investeert Defensie in een kennisbasis bij kennisinstellingen als TNO, het Nederlands

Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR) en het Maritime Research Institute Netherlands (MARIN) en bij de eigen warfarecentra, kennisnetwerken en de NLDA. Het belangrijkste argument daarvoor is *to prevent technological surprise*, dezelfde missie die president Eisenhower meegaf aan het *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA), nadat de Verenigde Staten waren verrast door de lancering van de Spoetnik-satelliet door de Sovjet-Unie.¹⁶ In beleidstermen van Defensie gaat het om analytische ondersteuning van de strategische anticipatiefunctie: voorbereid zijn, weten welke bedreigingen en kansen worden geboden en de organisatie zo in te richten dat die het vermogen heeft om adequaat op deze bedreigingen en kansen in te spelen.¹⁷ Onderdeel daarvan

15 Deze en andere voorbeelden in S. Ismael, Y. van Geest en M.S. Malone, *Exponentiële organisaties* (Amsterdam, Business Contact, 2015).

16 D. Graham-Rowe, 'Fifty years of DARPA: A surprising history', in: *New Scientist*, 15 mei 2008. Zie: <https://www.newscientist.com/article/dn13908-fifty-years-of-darpa-a-surprising-history/>.

vormt het uitvoeren van technologieverkenningen. In de nieuwste verkenning heeft TNO, in samenwerking met NLR, MARIN en het The Hague Centre for Strategic Studies (HCSS), een overzicht gemaakt van innovaties die binnen de komende 15-20 jaar tot wasdom kunnen komen.¹⁸ Met innovatie wordt bedoeld toepassingen van technologieën en combinaties van technologieën. Dat is een brede omschrijving, die zowel vernieuwing als verbetering kan betreffen en zowel het ontwikkelen van een nieuw idee als de commerciële introductie daarvan op de markt omvat.¹⁹

Het resultaat van de verkenning is een database met ongeveer 250 innovaties. Voor elke innovatie is aangegeven wat de militaire relevantie is, wat de mogelijke impact is, welke essentiële operationele capaciteiten (EOC's) worden beïnvloed, hoe disruptief (*game changing*) de innovatie is, op welk *Technology Readiness Level* (TRL) zij zich bevindt, hoe lang de invoering naar schatting nog duurt en op welke onderliggende technologieën de innovatie is gebaseerd. De innovaties zijn bovendien naast de *Science & Technology* prioriteiten van de NAVO gelegd. De verkenning biedt daarmee een rijk overzicht van de staat van de technologie op dit moment, een vooruitblik op wat we nog kunnen verwachten en het belang daarvan voor het militaire optreden.

De belangrijkste clusters van innovaties die de verkenning noemt zijn:

- *Onbemande systemen*: door mensen bestuurd en zelfstandig (op land, op zee, onder water, in de lucht en in de ruimte) opererende sensor- en wapensystemen (UxV);
- *Big data*: nieuwe technologieën om de verwerking van enorme hoeveelheden potentieel relevante informatie mogelijk te maken;

- *Cyber Operations*: acties gericht op de beveiliging van de eigen digitale systemen (zowel ICT als sensor-, wapen-, en communicatiesystemen) en op het offensief verstoren van de systemen van de opponent;
- *Human Factors*: vernieuwingen van de organisatie om instroom en doorstroom van personeel te stimuleren en ongewenste uitstroom te verminderen;
- *Precisiewapens*: vergroting van de nauwkeurigheid van conventionele wapens door innovaties in sensoren, modellen en miniaturisatie;
- *Internet of People and Things*: de connectiviteit van mensen en systemen via internet;
- *Materialen en 3D-printing*: ontwikkeling van nieuwe materialen (bijvoorbeeld gebaseerd op nanotechnologie) en innovatieve combinaties van materialen die aan extreme (militaire) eisen kunnen voldoen en die lokaal vervaardigd kunnen worden met 3D-printing;
- *Gebruik van Space*: de ontwikkeling van betaalbare, maar steeds krachtiger mini- en microsattelieten voor militair gebruik van observatie en communicatie in de ruimte;
- *Energievoorziening en milieu*: de militaire toepassing van civiele technologieën op het gebied van elektrische en hybride aandrijfsystemen, gebruik van zonne-energie en windkracht en het gebruik van vervangende stoffen die minder toxisch zijn of van methoden die risico's voor het personeel minimaliseren;
- *Biotechnologie*: het gebruik van biologische systemen en organismen voor het vervaardigen van producten.

Niet alle technologieën leiden tot innovaties en het duurt soms nogal lang voordat het komt tot marktintroductie, laat staan succesvolle invoering binnen Defensie. Sommige auteurs beweren niettemin dat de technologische ontwikkeling een exponentieel verloop kent.²⁰ Om een beeld te geven van dat verschijnsel zijn in figuur 1 enkele kenmerkende innovaties geplot op de zogeheten *Hype Cycle* van adviesbureau Gartner.²¹ Deze cyclus illustreert dat technologieën en innovaties in het algemeen steeds eenzelfde patroon van vijf

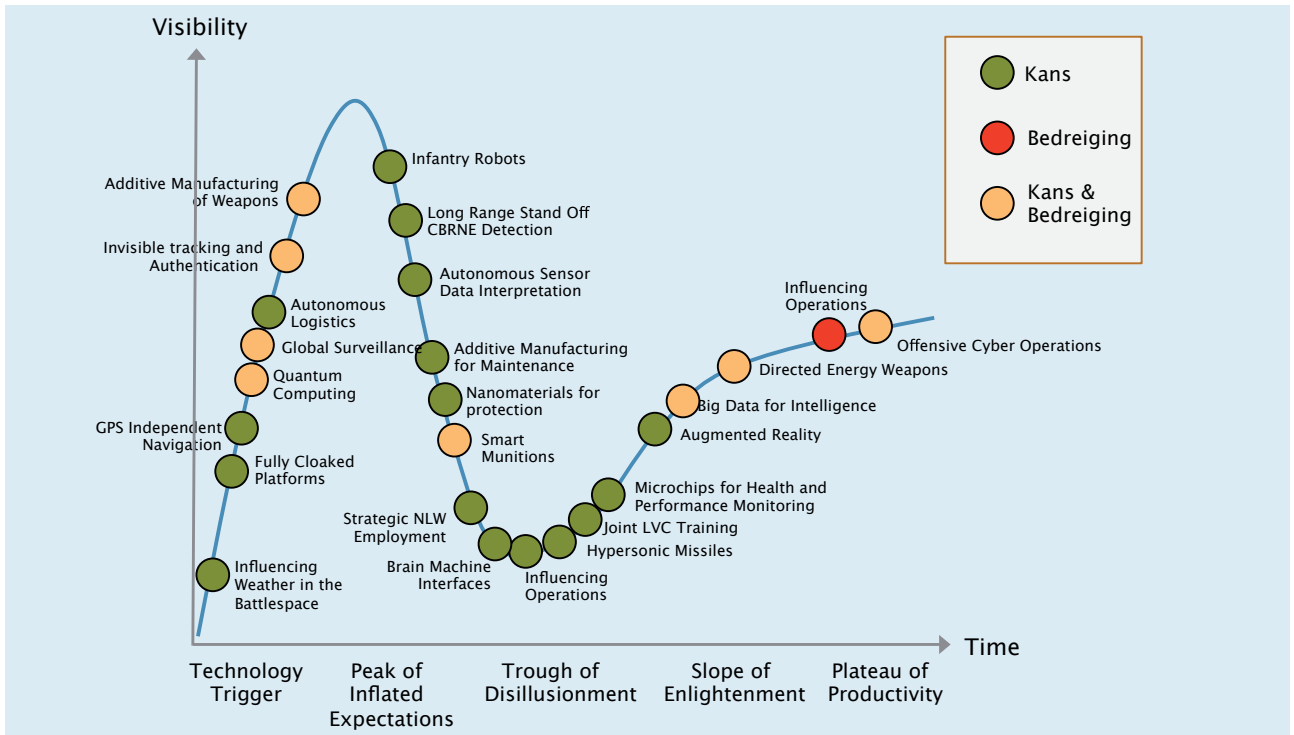
17 *Eindrapport Verkenningen: Houvast voor de krijgsmacht van de toekomst* (Den Haag, ministerie van Defensie, 2010).

18 A.W. Bronkhorst en M.P. Hasberg, *Technologieverkenning Defensie 2014-2015* (Soesterberg, TNO, 2015) rapportnummer R10752.

19 D. Smith, *Exploring Innovation* (Londen, McGraw-Hill, 2009).

20 R. Kurzweil, *The Singularity is Near. When Humans Transcend Biology* (New York, Penguin, 2005); Ismael e.a., *Exponentiële organisaties*.

21 Zie: www.gartner.com/research/methodologies.



Figuur 1 Innovaties geplot op de Hype Cycle

fasen doorlopen:

1. *Technology Trigger*: een potentiële technologische doorbraak zorgt voor publiciteit, terwijl er veelal nog geen concrete toepassing in beeld is;
2. *Peak of Inflated Expectations*: de publiciteit genereert succesverhalen waardoor de verwachtingen over de impact van de technologie hooggespannen raken;
3. *Trough of Disillusionment*: de belangstelling ebbt weg naarmate experimenten met de technologie vaker mislukken en de verwachtingen niet waargemaakt worden;
4. *Slope of Enlightenment*: de potentiële mogelijkheden en onmogelijkheden van de technologie worden breder bekend, wat zorgt voor een realistisch beeld en de eerste toepassingen verschijnen op de markt;
5. *Plateau of Productivity*: de eerste toepassingen zijn voldoende beproefd en rijp voor een algemene marktintroductie van de innovatie in de vorm van nieuwe producten en diensten.

De grafiek in de figuur volgend zien we in de opgaande lijn als voorbeeld *quantum computing* staan als *Technology Trigger*. Dit betreft het

maken van berekeningen met een computer die direct gebruikmaakt van kwantummechanische effecten, zoals verstrengeling en superpositie van elementaire deeltjes. Een kwantum-computer kan dankzij deze effecten enorm snel parallelle berekeningen uitvoeren. De potentiële militaire impact van de komst van de kwantumcomputer is daardoor groot. De enorme rekenkracht maakt het bijvoorbeeld mogelijk om veel sneller allerlei big data-vraagstukken op te lossen die voortkomen uit *Intelligence, Surveillance, Target Acquisition* en *Reconnaissance*. Wellicht leidt dit tot het volledig oplossen van de *Fog of War*.

Een mogelijke bedreiging die uitgaat van de grote rekenkracht van kwantumcomputers is dat dit gangbare vormen van versleuteling van geheime informatie waardeloos maakt, wat zal leiden tot een grote toename van cybercriminaliteit en uiteindelijk een encryptie-wedloop. Overigens maakt kwantumverstrengeling (deeltjes die verbinding hebben ongeacht afstand en zonder dat er iets tussen deze deeltjes heen en weer gaat) in theorie ook volledig veilige communicatie mogelijk, wat in



Cyberactiviteit geprojecteerd op computerschermen: cyberspace geldt al enige tijd als de vijfde dimensie van oorlogvoering en ook de Nederlandse krijgsmacht zet hier fors op in

militair opzicht grote operationele voordelen geeft, maar wat natuurlijk ook een bedreiging is wanneer de tegenstander erover beschikt.

Echte kwantumcomputers bestaan nog niet – hoewel er wel bedrijven zijn die dat claimen – maar wereldwijd wordt er veel geld in onderzoek en ontwikkeling gestoken. In Nederland wordt dit onderzoek gedaan door QTech, een samenwerkingsverband van de TU Delft en TNO, waaraan ook diverse toonaangevende bedrijven, zoals Intel en Microsoft, zich verbonden hebben.²² Volgens de Hype Cycle zullen de verwachtingen rond de kwantumcomputer nog wel even toenemen, om vervolgens te leiden tot teleurstellingen, een reality-check en een herwaardering. De ingebruikname van de kwantumcomputer wordt niet binnen tien jaar verwacht.

Onderin de Trough of Disillusionment van de Hype Cycle treffen we de *Brain-Machine Interface* aan. Het gaat hier om apparatuur op de menselijke schedel of om implantaten in de hersenen, waarin hersensignalen worden gemeten en

gedigitaliseerd en vervolgens al dan niet draadloos via een computer in acties worden omgezet. Dat kan uiteenlopen van het bewegen van een cursor op een beeldscherm en het aansturen van robots en robotarmen tot directe *brain-to-brain* communicatie. Militaire toepassingen zijn zeer uiteenlopend, van de soldaatuitrusting (zoals de aansturing van een exoskelet), via commandocentrales (zoals het snel reageren op binnenkomende dreigingsinformatie) tot verwerking in de besturing van platforms (zoals assistentie bij handelingen in een jachtvliegtuig waar het aankomt om fracties van seconden). Na teleurstelling over de hooggespannen beloften omtrent de vermindering van de cognitieve belasting van mensen die moeten presteren in extreme omstandigheden, de snelheid waarmee mensen allerlei *devices* zouden kunnen bedienen en de daarmee gepaard gaande verbetering van de besluitvorming, is er inmiddels weer volop optimisme over nieuwe militaire toepassingen.

In Nederland werkt TNO in opdracht van Defensie al decennia aan (niet-invasieve) mens-machine interfaces. Het nieuwste programma van het DARPA, het onderzoeksagentschap van het Amerikaanse ministerie van Defensie dat al sinds de jaren '70 onderzoek financiert op dit gebied, is het *Neural Engineering System Design* (NESD). Daarin worden proeven gedaan om met chips en neuroprothesen in het menselijk brein de snelheid van bestaande brain-machine interfaces te vereenvoudigen. Hoewel het programma vooral gericht is op het herstel van hersenschade van militairen die op uitzending zijn geweest, heet het in populaire media al gauw 'turning soldiers into cyborgs'.²³ Er zijn dan ook diverse ethische vraagstukken op te lossen voordat grootschalige toepassing mogelijk is.

Op de Hype Cycle staat helemaal rechts op het Plateau of Productivity een innovatie die in de technologieverkenning offensieve cyberoperaties wordt genoemd. Het gaat hier om het uitvoeren van militaire operaties gericht op het verstoren, misleiden, veranderen of vernietigen van systemen en netwerken van de tegenstander met digitale middelen.²⁴ Deze middelen kunnen eenvoudige stukjes code zijn zoals een

22 Zie www.qutech.nl

23 Zie bijvoorbeeld A. Cuthbertson, 'US Military Plans Cyborg Soldiers with New DARPA Project', in: *Newsweek*, 21 januari 2016. Zie: <http://europe.newsweek.com/us-military-plans-cyborg-soldiers-new-darpa-project-418128?rm=eu>.

24 Adviesraad Internationale Vraagstukken, *Digitale Oorlogvoering*, *Advies no 22* (december 2011) 8.

computervirus, maar ook complexe software die is geschreven op basis van *social engineering* of gerichte inlichtingenoperaties. Een bekend voorbeeld is het Stuxnet-virus, dat is ingezet om de nucleaire opwerkingscentrale in Natanz in Iran stil te leggen en dat wel wordt beschouwd als het eerste cyberwapen. Het gebruik van cyberwapens is inmiddels wijdverbreid. Cyberspace geldt al enige tijd als de vijfde dimensie van oorlogvoering (na land, lucht, zee en ruimte) en ook de Nederlandse krijgsmacht zet hier fors op in. Sinds 2014 is er het Defensie Cybercommando, met daarbinnen een Defensie Cyber Expertisecentrum en een Joint Sigint Cyber Unit van de inlichtingendiensten MIVD en AIVD. Voor cyberwapens is voortdurende innovatie nodig. Digitale wapens kennen immers een beperkte houdbaarheidsduur: het wapen is bij inzet meteen achterhaald, omdat via internet gemakkelijk van de kenmerken en effecten van de aanval kennis kan worden genomen.

Technologie als kans en bedreiging: investeren in monitoring en benutting

Om tegenstanders met nieuwe technologische mogelijkheden het hoofd te kunnen bieden, moet een krijgsmacht voortdurend blijven vernieuwen. Er is genoeg reden tot zorg over het vernieuwende vermogen van de Nederlandse strijdkrachten, want het huidige budget voor kennisopbouw en innovatie is gedaald tot nog geen 60 miljoen euro per jaar. Dat is minder dan 1 procent van de defensiebegroting, waar het Europees Defensie Agentschap (EDA) een richtlijn van 2 procent hanteert. Gelet op de snelheid van de huidige ontwikkelingen zou zo'n verdubbeling zeker op zijn plaats zijn. Om het budget zo effectief mogelijk in te kunnen zetten, bieden technologieverkenningen houvast.²⁵ De praktijk leert wel dat de meeste toekomstverkenningen niet verder komen dan een *technology watch*. Het geven van een militaire appreciatie van de uitkomsten van een technologieverkenning, het *technology assessment*, blijkt niet eenvoudig en de vertaling van technologieën in militaire *capabilities* al evenmin. Het vergt aan militaire kant de

nodige kennis van technologie en aan de kant van de toekomstverkenners voldoende kennis van het militaire domein. Het uitvoeren van *future force capability games*, waarin die vertaling via interactie in een spelconcept wordt gemaakt, kan daarin voorzien. In de Nederlandse krijgsmacht worden zulke *serious games* op ad-hocbasis gespeeld; het zou goed zijn wanneer deze een structureel onderdeel zouden vormen van de defensieplanning.

Strategische sturing

Goed voorbereid zijn op technologische ontwikkelingen vraagt behalve investeringen in een kennisbasis, toekomstverkenningen en *capability games* ook een heldere strategie die richting geeft aan wat er met de opbrengsten van zulke activiteiten wordt gedaan. Defensie heeft deze strategie neergelegd in de Strategische Kennis- en Innovatieagenda (SKIA). Een eerste strategische kennisagenda verscheen in 2008, de tweede in 2011.²⁶ De SKIA van 2011 legt de prioriteit voor kennisontwikkeling bij doorbraaktechnologieën, systeemontwikkeling, network enabled capabilities, training en simulatie, opereren op afstand en miniaturise-



FOTO: TNO

Testopstelling Rapid Nano in het laboratorium van TNO in Delft: miniaturisering is één van de kennisprioriteiten in de Strategische Kennis- en Innovatieagenda van Defensie

- 25 J.G.M. Willems, R.F.W.M. Bekkers, F.F. Bousche, Strategische beleidsondersteuning en technologieverkenningen krijgsmacht 21^e eeuw (Den Haag, 2006) rapportnr A397.
26 *Strategische kennisagenda (Den Haag, ministerie van Defensie, 2008); Anticiperen en innoveren in een veranderlijke wereld. Strategie-, kennis- en innovatieagenda 2011-2015 (Den Haag, ministerie van Defensie, 2011).*

ring, onbemande systemen en robotisering. Binnenkort verschijnt een nieuwe SKIA. Het gaat in de SKIA om de ontwikkeling van defensie-specifieke technologie. Voor de stimulering van innovaties die geen specifieke defensiedoeleinden hebben, maar wel relevant zijn voor de krijgsmacht, bestaat het algemene bedrijvenbeleid van het ministerie van Economische Zaken. Dit beleid bestaat naast een reeks van fiscale en andere maatregelen uit het stimuleren van negen topsectoren: Tuinbouw, Agri & Food, Water, Life Sciences & Health, Chemie, Hightech-systemen en materialen, Energie, Logistiek en Creatieve Industrie. Hoewel Defensie niet als aparte topsector is benoemd, maken veel bedrijven in de Nederlandse defensie-industrie wel deel uit van genoemde topsectoren, met name Hightech-systemen en Water.

De sterke punten van de Nederlandse defensie-industrie zijn in de Defensie Industrie Strategie (DIS) gekoppeld aan de belangrijkste (toekomstige) behoeften van Defensie aan capaciteiten.²⁷ Dit leidt tot de volgende prioriteiten voor technologie-ontwikkeling: Geïntegreerd (sub)systeemontwerp en -ontwikkeling, Sensoren, C4I en automatisering, Geavanceerde materialen en componenten, Simulatie en simulatoren ten behoeve van opleiding & training en Elektronische en informatiebescherming/bewapening.

De SKIA, het bedrijvenbeleid en de DIS vormen een belangrijk en waardevol strategisch kader dat richting geeft aan de ontwikkeling en het gebruik van (nieuwe) technologie. Wat wel opvalt is dat de prioriteiten binnen dit kader nogal breed zijn gesteld en ook niet helemaal consistent met elkaar zijn. Bovendien gaat het in het bedrijvenbeleid en de DIS vooral om technologie-ontwikkeling bij bedrijven en niet binnen Defensie zelf. De algemene beleidslijn

van Defensie is dat het innovatief vermogen van de krijgsmacht zelf vooral gestalte krijgt door van de plank verworven materieel (*commercial and/or military off-the-shelf*) zo slim mogelijk te combineren en te gebruiken.

Experimenteren en innoveren

Om niet verrast te worden door bepaalde toepassingen zal met sommige technologieën echter snel moeten worden kennisgemaakt, al was het maar om er mee te experimenteren. Wachten op de commerciële verkrijgbaarheid kan immers een operationeel risico betekenen. Soms zal de krijgsmacht dus een *smart user* van bestaande technologie moeten zijn, soms een *early adopter* van nieuwe technologie. Er moet worden geïnvesteerd in ontwikkeling van kennis en technologie, maar ook in toepassing en gebruik. Het gaat niet alleen om 'weten', maar ook om 'doen'. Daarvoor is ook een beproefd recept beschikbaar, namelijk *Concept Development and Experimentation*.²⁸ Zo'n proces brengt ontwikkelaars en gebruikers bij elkaar voor een toetsing van producten en diensten aan de operationele praktijk. Dat kan op allerlei manieren: van workshops tot simulaties en van werkplekexperimenten tot *field labs*. Een systematische doorvoering van zo'n werkwijze vraagt echter aandacht voor vernieuwing van de organisatie, van de cultuur en de processen binnen de krijgsmacht. Bij innovatie past een cultuur waarin nieuwsgierigheid, openheid, tegenspel, kennisdeling, ruimte voor ondernemerschap, experimenten en durven falen centraal staan. Dat is bij Defensie niet vanzelfsprekend, maar initiatieven als *Ambition, Innovation, Results* (AIR) en *Future Relevant Operations with Next generation Technology* (FRONT) zijn aansprekende pogingen tot organisatorische vernieuwing.

Vernieuwen in ecosystemen

Bij zulke vormen van vernieuwing past ook het besef dat innovatie in de moderne economie steeds vaker gestalte krijgt in de vorm van open innovatie in ecosystemen.²⁹ Onderzoek en innovatie in het militaire domein is lange tijd een gesloten wereld geweest met vaste leveranciers – het militair-industriële complex, zoals president Eisenhower dat

27 *Defensie Industrie Strategie*, TK 31125. Nr 20, 19-12-2013.

28 W.R.M.J. Meessen en W.M. van der Wiel, 'Concept Development & Experimentation'. Meervoudige katalystor', in: *Militaire Spectator* 183 (2014) (4) 206-216.

29 J. de Jonge, op.cit.



FOTO: TNO

Klimaatkamer van TNO in Soesterberg: krijgsmachten die nieuwe technologieën omarmen, testen en toepassen tot op het individu, zullen het meest toekomstbestendig zijn

noemde – en lange ontwikkel- en productietijdlijnen. Nu civiele technologieën zich zo snel ontwikkelen, vaak sneller dan specifiek militaire technologie, ligt het voor de hand dat ook Defensie op zoek gaat naar meer open vormen van innovatie. Dat gaat verder dan de aloude ‘gouden driehoek’. Het heersende paradigma in de Vierde Industriële Revolutie is dat verschillende producenten, kennisinstellingen en gebruikers samenwerken aan onderzoeksprogramma’s (*shared research*) en dat bedrijven hun systemen openstellen voor klanten en toeleveranciers (*open innovation*) om zo tot vernieuwing te komen. Zo’n werkwijze garandeert meedoen in de frontlinie van innovatie en geeft voordelen omdat meerdere partijen de kosten delen. Uiteraard zal niet alle kennis van gevoelige, specifieke militaire systemen gedeeld kunnen worden. Meeliften en meedoen met de ontwikkeling van generieke innovaties, om vervolgens

voor de specifieke militaire toepassing over te gaan naar een meer gesloten regime, lijkt hiervoor een prima oplossing.

De rol van doctrine bij vernieuwing

Innoveren is geen doel op zich, het gaat om het vóórblijven van de tegenstander. Dat betekent dat innovaties uiteindelijk gestalte moeten krijgen in de vorm van nieuwe militaire capaciteiten. Of dat lukt hangt samen met de vraag of deze capaciteiten een plek krijgen in de militaire doctrine. Een bekend voorbeeld is de *main battle tank*, een wapensysteem dat zijn intrede op het slagveld deed in de nadagen van de Eerste Wereldoorlog. Dat wapensysteem kwam pas tot volle wasdom toen het Duitse leger in het interbellum in staat bleek een doctrine voor de inzet te ontwikkelen. Doctrines zijn dus enerzijds stimulerend voor technologie (*technology drives doctrine*), ander-

zijds kan technologie bepalend zijn voor de doctrine (*technology determines tactics*). Deze rol van militaire doctrine in de transformatie van technologie tot wapensysteem lijkt een blinde vlek in het innovatiebeleid van Defensie. In de SKIA's komt het onderwerp bijvoorbeeld niet voor. Toch is de militaire doctrine het mechanisme voor krijgsmachten om een passend (militair) antwoord te geven op de veiligheids-situatie én de technologische ontwikkelingen die daarbij van belang zijn. Een bekende valkuil voor krijgsmachten is het voorbereiden op het winnen van de vorige oorlog: als doctrines niet worden aangepast op nieuwe ontwikkelingen, dan kan dat (grote) consequenties hebben voor het militaire succes. Dat geldt ook voor technologieën die tegenstanders inzetten. Als deze technologie grote impact heeft op het karakter van het conflict, dan zal dit in de doctrine moeten worden verwerkt, wil een krijgsmacht niet op achterstand komen te staan. Nieuwe technologie kan ook andere vormen van oorlogvoeren mogelijk maken of bestaande vormen effectiever. Krijgsmachten die deze mogelijkheden niet benutten, lopen evenzeer kans het onderspit te delven. Defensie zal dus niet alleen moeten investeren in voortdurende vernieuwing door technologie, maar ook in vernieuwing van doctrine.

Van oudsher zijn de landstrijdkrachten daar meer bedreven in dan lucht- en zee-strijdkrachten. Zo kent het nieuwe operationele concept van het landoptreden een gelaagdheid van optreden in respectievelijk het 'informatielandschap', het 'menselijke landschap' en het 'fysieke landschap', uitgaande van effectgericht denken, een *manoeuvrist approach* (driëgging met kinetische en non-kinetische middelen) en opdrachtgerichte commandovoering.³⁰ In zo'n benadering is veel ruimte voor het inbrengen van nieuwe technologie. Dit operationeel concept is echter een adviserend document en geen handelingsvoorschrift. Het geeft niet aan wat nieuwe technologie daadwerkelijk vermag in een operationele context en

welk antwoord met die technologie gegeven zou kunnen worden op welke militaire uitdaging. Wat ontbreekt is een nadrukkelijke koppeling van de strategische prioriteiten bij het ontwikkelen en toepassen van technologie aan operationele concepten, tactische voorschriften en bijbehorende opleiding en training. Hier ligt een mooi terrein braak voor de vernieuwing van het innovatiebeleid van Defensie.

Tot slot

De technologische ontwikkelingen gaan sneller dan ooit tevoren. In de wetenschap en het bedrijfsleven is de technologische revolutie al volop aan de gang. Defensie zal zich rekenschap moeten geven van de consequenties daarvan voor het eigen optreden en dat van de tegenstander. In de context van zowel reguliere, irreguliere als hybride oorlogvoering zal technologie naar verwachting een belangrijke rol spelen en blijven spelen. Ontwikkelingen op het gebied van onbemande systemen, big data, cyber operations, Internet of Things, 3D-printing en biotechnologie hebben een directe impact op het militaire succes. Om daarop voorbereid te zijn blijft het van belang te investeren in een brede kennisbasis en ontwikkelingen voortdurend te volgen door technologieverkenningen. Maar er is ook een strategie nodig die richting geeft aan het gebruik van de uitkomsten van zulke verkenningen. De komende Strategische Kennis- en Innovatieagenda is belangrijk in dat opzicht. Die agenda zal naast de ontwikkeling van kennis moeten stimuleren dat er een organisatiecultuur ontstaat waarin kennis wordt toegepast en gebruikt, waarin moderne vormen van open innovatie in ecosystemen worden benut en waarin innovaties helder worden vertaald in de militaire doctrine. Alleen dan kan worden geprofiteerd van alle mogelijkheden die de technologische revolutie van vandaag biedt om de krijgsmacht gereed te maken voor de toekomst. ■

30 *Operationeel Concept Landoptreden*, Editie Ascalon (CLAS, LWC, 2015).