



ROADMAP

DIGITALISERING NOORD NEDERLANDSE SYSTEMS INDUSTRIE

September 2022

Joost Krebbekx | Chandler Hatton | Sytze de Graaf | Nico van der Dussen

ROADMAP

DIGITALISERING NOORD NEDERLANDSE SYSTEMS INDUSTRIE

September 2022

Joost Krebbekx | Chandler Hatton | Sytze de Graaf | Nico van der Dussen



Innovatiecluster
high tech systems Drachten

Inhoudsopgave

HOOFDSTUK 1

Voorwoord	4
------------------------	----------

HOOFDSTUK 2

Inleiding en scoping	6
-----------------------------------	----------

HOOFDSTUK 3

Grote digitaliseringstrends	10
--	-----------

3.1 Wet van Moore	10
3.2 Low cost.....	11
3.3 As 1: Versmelting virtueel en fysiek	12
3.4 As 2: Versmelting mens en machine.....	13

HOOFDSTUK 4

Algemene ontwikkeling systems	14
--	-----------

4.1 “Big data trein” in systemen	15
4.2 Classificatie van autonomie	20
Levels of autonomous systems.....	20
4.3 Samengestelde autonome systemen.....	23

HOOFDSTUK 5

Digitaliseringsontwikkelingen bij het ontwerpen	26
--	-----------

5.1 Bedrijfsdoelstellingen in het ontwerpproces	26
5.2 Belangrijke trends in het ontwerpproces.....	26
5.3 Belangrijke trends in het bijbehorende bedrijfsinformatiesystemen	28

HOOFDSTUK 6

Digitaliseringsontwikkelingen bij het fabriceren	30
---	-----------

6.1 Bedrijfsdoelstellingen in het fabricageproces.....	30
6.2 Belangrijke trends in het fabricageproces	31
6.3 Belangrijke trends in het bijbehorende bedrijfsinformatiesystemen	35

HOOFDSTUK 7

Digitaliseringsontwikkelingen bij het gebruik en onderhoud	38
---	-----------

7.1 Bedrijfsdoelstellingen in het gebruiks- en onderhoudsproces.....	38
7.2 Belangrijke trends in het gebruiks- en onderhoudsproces.....	39
7.3 Belangrijke trends in het bijbehorende bedrijfsinformatiesystemen	40

HOOFDSTUK 8

Digitaliseringsontwikkelingen bij hergebruik en recycling	42
--	-----------

8.1 Bedrijfsdoelstellingen in het hergebruiksproces	42
8.2 Belangrijke trends in het hergebruikproces.....	43

HOOFDSTUK 9

Digitaliseringsontwikkelingen in de supply-chain-processen	46
---	-----------

9.1 Bedrijfsdoelstellingen in de supply-chain-processen	46
---	----

BIJLAGE A

Scoping en definities	48
------------------------------------	-----------

BIJLAGE B

Het schrijfteam	52
------------------------------	-----------



HOOFDSTUK 1

Voorwoord

Geachte lezer,

Met vereende krachten is voor u een compleet overzicht gemaakt van de belangrijkste digitale trends voor de noord Nederlandse maakindustrie en is er geprobeerd dit op een toegankelijke en geordende wijze aan u te presenteren. We hopen dat dit uw belangstelling voor het onderwerp verder stimuleert en ook een idee krijgt wat er allemaal in die fabriekshallen gebeurt.

Er is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van gewone woorden en heldere voorbeelden om de trends begrijpelijk en inzichtelijk te maken. Echter de vaktaal is doorweven van Engelse afkortingen en begrippen. We hopen u hierin mee te nemen en hebben voor de zekerheid in de bijlage nog een aantal belangrijke begrippen rondom informatiesystemen uitgelegd. Voor de engineers die wereldwijd in deze soort industrie werken is dit hun Esperanto, hier wordt in gecommuniceerd en begriipt men elkaar.

Een goede roadmap geeft niet alleen trends weer maar ook prioriteiten in de tijd. Ook dat is in dit document toegevoegd zodat u een idee heeft waar de gebieden liggen waar volop in ontwikkeld wordt of moet gaan worden.

Ook is een dankwoord aan allen die een bijdrage hebben geleverd op zijn plaats.

Op de eerste plaats willen we onze medeschrijvers hartelijk bedanken van verschillende systems bedrijven buiten het ICD: Bas Nieuwenhuis (Movacolor), Niels de Jong (AP van den Berg), Frank Bosveld (Hytrans), Pieter Lantermans (Hyfly), Gerke de Boer (Huthamaki), Jan Bos (JBBesturingstechniek), Gerke Boersma (Huhtamaki) en Lars de Groot (Demcon).

Op de tweede plaats willen we alle ICD collega's hartelijk danken voor hun inbreng: Gerrit Mulder (Stork Turbine Blades), Willem Jan Mulder (Sparck Technologies), Sander de Jong (XPAR Vision), Roelof Jan Boer (Resato), Hendri Kortman (Variass), Andrej Girgison (BD), Gert de Boe (Dewulf), Albert Jan Boonstra (Astron), Thom Verwater (Batenburg Beenen), Eric Sloot en Bas Sniijders (Philips).

Op derde plaats willen we het schrijfteam, bestaande uit: Chandler Hatton (Ziuz), Sytze de Graaf (NTS Norma) en Nico van der Dussen (Variass Group) hartelijk danken voor het opzetten van het hele document en de rode lijn daarbinnen.

Laat ons vooral horen wat u van deze digitale roadmap vindt!

Binne Visser

Voorzitter Innovatie Cluster Drachten

Joost Krebbekx

Programma manager Innovatie Cluster Drachten en redacteur



HOOFDSTUK 2

Inleiding en scoping

De komende jaren zijn er drie mondiale majeure marktontwikkelingen te verwachten die, uiteraard, ook impact hebben op de Noord-Nederlandse maakindustrie, te weten:

1. Digitalisering: de verregaande ontwikkelingen op het gebied van informatie- en communicatie-technologie. Het toenemen van de prestaties en mogelijkheden van deze technologieën en het tegelijkertijd steeds goedkoper worden van deze mogelijkheden, doet 'dromen' uitkomen. In de maakindustrie wordt deze trend Industrie 4.0 genoemd.
2. Duurzaamheid: de noodzaak om op velerlei gebieden (emissie, energie, materiaal, biodiversiteit, etc.) te acteren om weg te blijven van de 'boundaries of the earth', neemt zienderogen toe. Een complex en groot probleem, waar geen silver bullets voor klaarliggen maar noeste arbeid vereist is, gekoppeld aan creativiteit en innovatie.
3. Geopolitiek: de huidige situatie in het oosten van Europa heeft de geleidelijke verschuiving van het mondiale krachtenspel blootgelegd. In feite is deze trend al jarenlang gaande met handelsoorlogen, maar nu zijn de gevolgen veel meer voelbaar in de vorm van energieafhankelijkheid, sancties en globalisering (het op eigen continent opbouwen van cruciale industrieketens, waaronder de chipsindustrie in Europa). Sustainable Development Goal 16 (Peace and Justice) is geen vast gegeven meer.

Dit roadmapdocument gaat over de trend digitalisering en is vanuit het oogpunt van de systems-maakindustrie in Noord-Nederland geschreven. Het beschrijft deze trend vanuit de OEM'ers (Original Equipment Manufacturers) en hun supply-keten van ontwerpende en makende toeleveranciers, die vaak internationaal en soms regionaal georganiseerd is. Vanuit de roadmappedachte zijn deze trends vertaald in vraagstukken voor de korte en middellange termijn die de industrie moet gaan oplossen.

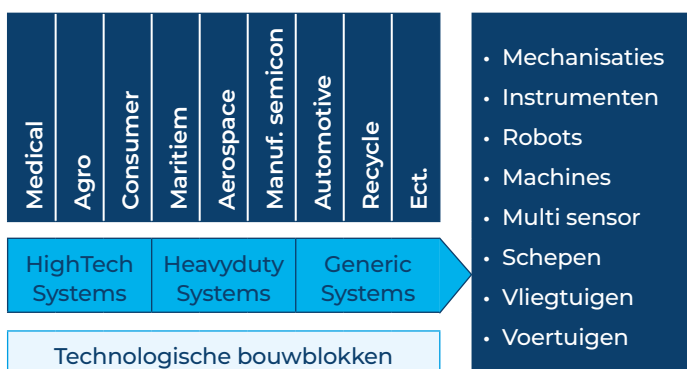
De discrete systems-maakindustrie Noord-Nederland bestaat uit high tech systems, heavy duty systems en generic systems leverende partijen (plus hun supply-keten). Voor definities en verfijnde scoping verwijzen we u naar bijlage A.

Dit document is niet bedoeld voor de systems-maakindustrie die betrokken is bij de bouw- en procesindustrie. Hier gelden andere detailuitdagingen voor.

Rol van systemen in de eindmarkten

De Noord-Nederlandse systems-industrie levert vaak aan diverse eindmarkten, uiteenlopend van Medical, Agro, Maritiem tot Consumer Appliances. En in mindere mate ook aan Food, Manufacturing Semicon, Automotive, Aerospace, Space & Defence en de nieuwe opkomende Recycle-industrie.

Al deze markten staan voor verschillende uitdagingen en we focuseren hier op die uitdagingen waar een systeem of een dienst in combinatie met een systeem een oplossing kan zijn. Op systeemniveau zijn hier grote gemeenschappelijke toepassingen en dus ook digitaliseringstrends zichtbaar. Deze hebben we verwoord in dit document.



Figuur 1: Marktordening noordelijke discrete systems-industrie

Mogelijke verschijningsvormen van deze systems zijn:

Apparaten	Systemen met een specifieke functie (vaak aangedreven door 230V), bijvoorbeeld een scheerapparaat
Instrumenten	Systemen met een meetfunctie, bijvoorbeeld een elektronenmicroscop
Machines	Systemen met een fabricagefunctie (vaak aangedreven door 380V), bijvoorbeeld een freesmachine
Mechanisaties	Systemen met een combinatie van fabricage- en meetfuncties. Vaak geprogrammeerd voor één taak en fysiek verbonden met werkstations, bijvoorbeeld een fabricagelijijn
Robots	Programmeerbaar systeem dat verschillende taken kan uitvoeren, bijvoorbeeld een lasrobot
Multi-sensor	Systemen die bestaan uit een groot aantal aan elkaar gekoppelde sensoren/mee-subsystemen bijvoorbeeld het LOFAR-antennesysteem
Voertuigen	Systemen die vervoer over de grond als hoofdfunctie hebben, zoals personenauto's, vrachtauto's, bussen en AGV's (automatisch geleide voertuigen)
Vliegtuigen	Systemen die vervoer door de lucht als hoofdfunctie hebben, zoals passagiersvliegtuigen, fighters, transportvliegtuigen en drones
Schepen	Systemen die vervoer via water als hoofdfunctie hebben, zoals transportschepen, jachten, werkschepen en pontjes

In alle gevallen kan hier sprake zijn van high tech, heavy duty en generic systems. Dit soort systemen worden veelvuldig ontwikkeld, gemaakt en over de wereld geserviced en komen in toenemende mate na hun einde levensduur terug naar onze regio om geremanevred te worden.

High Tech systems

OEM-ers en system innovators



Figuur 2: Voorbeelden Noord-Nederlandse bedrijven op het gebied van high tech systems

Heavy Duty systems

OEM-ers en system innovators



Figuur 3: Voorbeelden Noord-Nederlandse bedrijven op het gebied van heavy duty systems

Generic fabrication systems

system innovators & system integrators



Figuur 4: Voorbeelden Noord-Nederlandse bedrijven op het gebied van generic systems



HOOFDSTUK 3

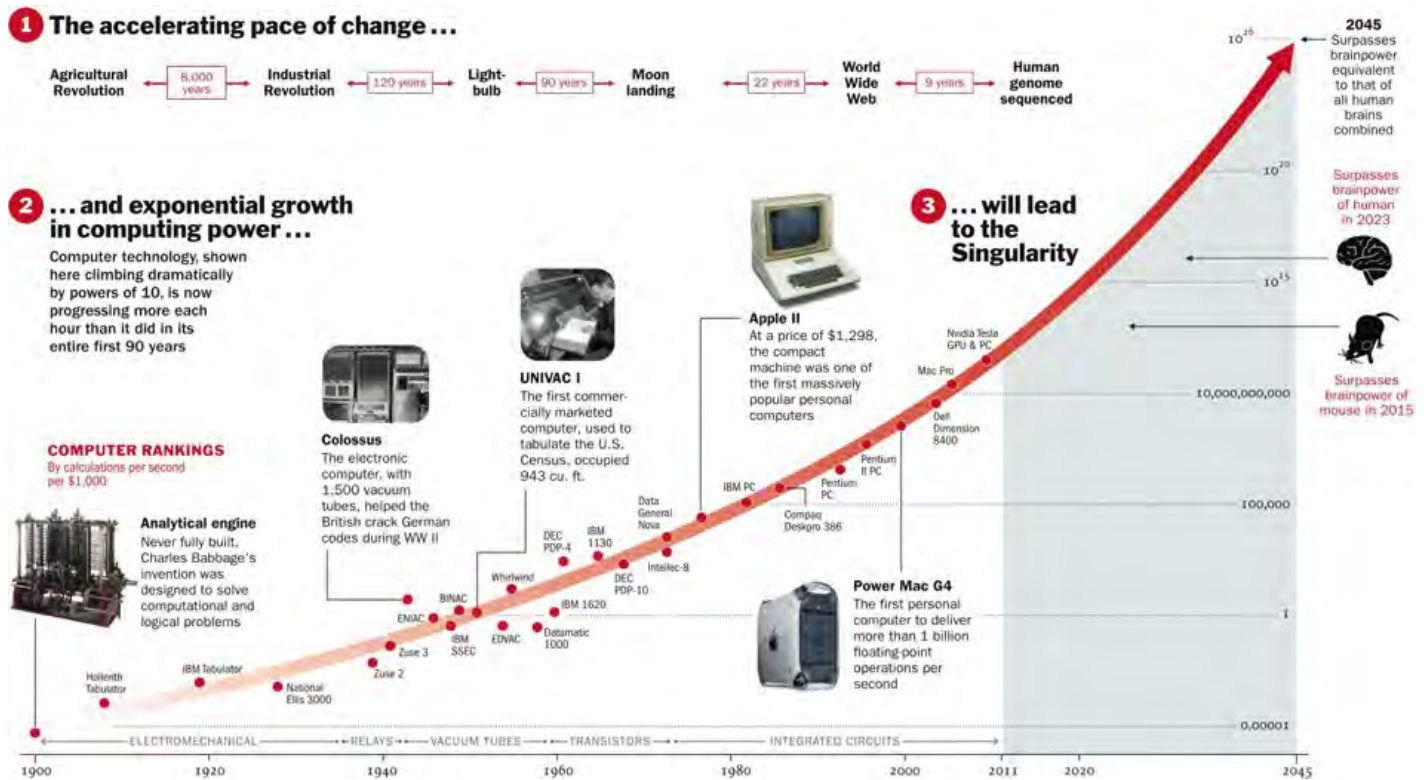
Grote digitaliseringstrends

3.1 Wet van Moore

De grote driver van digitalisering is de Wet van Moore. Onderstaande grafiek laat zien dat de ontwikkeling van rekenkracht als een hockeystick oploopt. Elke 2 jaar verdubbelt de rekenkracht, waarbij deze de komende tijd de rekenkracht van het menselijk brein gaat benaderen en overstijgen.

In het hart van deze ontwikkeling zit het Nederlandse bedrijf ASML. Als boegbeeld van de hightech-industrie maken ze de zogenaamde wafersteppers: systemen die de elektronische sporen van de integrated circuits (IC's oftewel chips) maken met nauwkeurigheden in het nanobereik.

In Drachten maken we inmiddels meerdere onderdelen bestemd voor verschillende plekken in de machine. Ons meest kritische product zit in het hart van de machine (bij de pellicle, het 13 nm dunne membraan dat de reticle (de blauwdruk van de chip) beschermt tegen vervuilingen en toch extreme UV (EUV) straling doorlaat) welke ultra-precies en ultra-schoon moet zijn.



Figuur 5: De wet van Moore, driver van digitalisering

De ontwikkeling van IT en digitalisering is dus niet nieuw. Deze trend is al jaren zichtbaar, maar de snelheid waarmee 'dromen' waargemaakt kunnen worden, neemt nog steeds toe. Dus is het belangrijk om hier aandacht aan te besteden en bijtijds de vruchten ervan te plukken.

3.2 Low cost

Een belangrijke bijbehorende trend is dat de rekenkrachtcurve gepaard gaat met het enorm goedkoper worden van deze technologieën. In feite een tegenstrijdigheid: meer performance maar toch goedkoper. Dit is mede te danken aan de ontwikkeling van de smartphone-, drone- en gaming-industrie: nieuwe cameratechnologie, nieuwe batterijtechnologie, consumentenapplicaties van deep learning (gezichts- en objectherkenning), virtual reality, augmented reality (zoals de app Flight 24/7), low-code appontwikkeling, etc.

Hierdoor ontstaat een groot palet aan low-cost mogelijkheden voor bedrijven: een meer dan speelgoedrobot is al voor € 1.200 aan te schaffen. Een UR-robot is een factor 10 duurder, maar bij lange na niet meer zo duur als tien jaar geleden. In de Meccanoid-speelgoedrobot zit een heuse Arduino, ook geschikt voor industriële toepassingen.

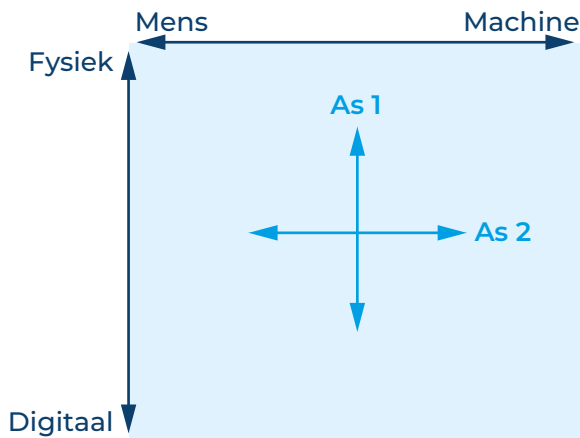


Figuur 6: Low-cost oplossingen en zolderkamerinnovaties

Deze trend is ook industrieel ingezet, waardoor digitalisering voor veel bedrijven ook financieel binnen bereik kan komen. Keerzijde van deze medaille is dat met zolderkamerinnovaties de drempel voor nieuwe toetreders lager wordt.

3.3 As 1: Versmelting virtueel en fysiek

De digitaliseringsrevolutie speelt zich af over twee assen. We bespreken hier de eerste as.



Figuur 7 **De essentie van de gevolgen van digitalisering over twee assen**
(bron: Berenschot)

Door verregaande digitalisering komt er een hele nieuwe wereld bij: de digitale of virtuele wereld. Daarnaast ontwikkelen zich allerlei mengvormen van fysiek en digitaal.

Historisch gezien komen we uit een louter fysieke wereld, waarin we hooguit technische tekeningen konden maken van producten die we wilden vervaardigen. Door ontwikkelingen op het gebied van Computer Aided Design (CAD) zijn alle producten nu in zogenaamde solid- of draadmodellen opgezet en hebben we een product ook in digitale vorm tot onze beschikking. Op systeemniveau noemen we dit digital twinning. In het onderstaande voorbeeld ziet u een fysiek schip met daarnaast zijn digitale tweeling in de vorm van een draadmodel. Sommige keukenleveranciers of architecten gebruiken deze technieken ook bij het samen met de klant ontwerpen van een keuken of huis.

Met behulp van dit draadmodel kunnen we al veel van tevoren onderzoeken, zoals maakbaarheid, gebruik en onderhoud. En door middel van Computer Aided Engineering (CAE) kunnen we ook al veel simuleren, waaronder vaargedrag CFD (Computer Fluid Dynamics), sterkte en stijfheid door middel van FEM (Finite Element Modelling) of maakprocessen van onderdelen met behulp van CAM (Computer Aided Manufacturing) bij bijvoorbeeld simulaties van frezen of spuitgieten.



Figuur 8: **As 1: versmelting van fysiek en virtueel**
(bron Berenschot)



Figuur 9 **Versmelting van mens en machine (as 2)**
(bron Berenschot)

Virtual reality in combinatie met serious gaming wordt al decennia ingezet voor het trainen van piloten (flight simulator). Vanwege het steeds goedkoper worden van deze technologie, zetten sommige noordelijke bedrijven (zoals Movacolor) die in bij trainingen van klanten op hun systeem, voordat deze het daadwerkelijke systeem in huis hebben. Toekomstige operators zijn dan al helemaal vertrouwd met het systeem en kunnen zelfs helpen bij het in gebruik nemen van de nieuwe machine als die arriveert.

Daarnaast is er de mix van fysiek en digitaal, waardoor we informatie, beelden en zelfs hologrammen kunnen toevoegen aan de zichtbare werkelijkheid. De Microsoft Hololens en Google Glass zijn pogingen om deze versmelting low cost te realiseren.

Een derde nieuwe dimensie is het scannen van fysieke producten waar geen digitale variant van bestaat. Met name Stork Turbine Blades uit Sneek is hier heel ver mee en kan kapotte turbinebladen digitaliseren, herontwerpen en fabriceren in een zeer korte doorlooptijd. Deze 'reversed engineering' is een mooie mondiale niche, die zonder de digitaliseringsmogelijkheden niet tot stand gekomen zou zijn.

3.4 As 2: Versmelting mens en machine

Haaks op eerste as staat de tweede as: de versmelting van mens en machine. De mens gaat steeds meer op een machine lijken en de machine steeds meer op een mens. Het geheel speelt zich af in het fysieke domein zowel van links (medische wetenschap) als vanaf rechts (industrie). De talloze digitale en niet-digitale ontwikkelingen zijn het beste samen te vatten als het overbruggen van de gap:

Armen, handen, vingers (3D-prints en sensoren), *voeten en benen* (AGV), *mond en neus* (sensoren), *ogen* (vision en neurale netwerken), *spieren* (exoskeletons) en *hersenen* (rekenkracht en kunstmatige intelligentie (AI)). En dat alles ook op afstand te monitoren en/of te besturen.

Deze versmelting van mens en machine geldt voor hele fabrieken en voor zowel grote als kleine bedrijven. In de toekomst zal een bedrijf niet alleen gekenmerkt worden door het aantal medewerkers maar ook door de mate waarin mensen en robots samenwerken. Op dit gebied heeft Noord-Nederland dankzij de jarenlange automatisering van Philips Drachten een beduidende unieke internationale positie.



Figuur 10: **Versmelting van mens en machine in de fabriek (as 2)**

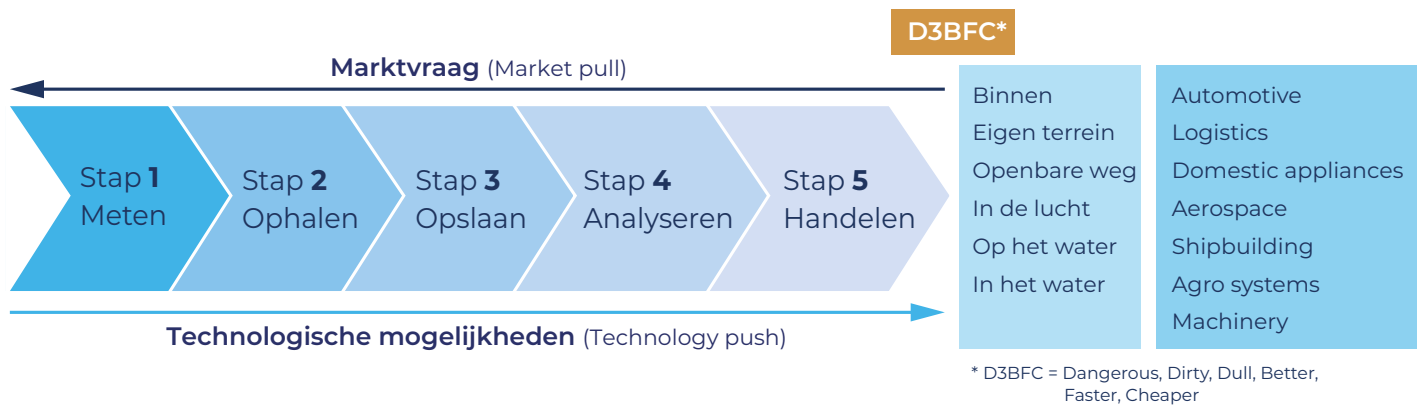


HOOFDSTUK 4

Algemene ontwikkeling systems

De ontwikkeling van systems is door de verregaande digitalisering op een hoger niveau terechtgekomen. Daar waar systemen vroeger vooral mechanisch werkten en daarna door de komst van elektronica naar het niveau van dynamica/mechatronica zijn gegroeid, zitten we nu in de fase van het inbrengen van sensoriek & control en groeien we naar de wereld van cybernetische systemen. Cybernetica is de leer van de levende wezens: mens en machine gaan immers met elkaar versmelten, zoals in het vorige hoofdstuk al vermeld.

Door de ontwikkeling van vision en andere sensoriek worden systemen voorzien van een soort datatrein. De wereld van de high tech systems is hier al volop mee bezig, maar ook heavy duty systems en generic systems zullen daar profijt van gaan hebben.



Figuur 11: De combinatie van meten, ophalen, opslaan, analyseren en handelen is te zien als een soort datatrein

4.1 “Big data trein” in systemen

Vanuit de eindmarkten worden behoeften ingevuld met steeds slimmere systemen. De huidige ontwikkelingen in de onderliggende technologieën van hightech systems bieden steeds meer nieuwe mogelijkheden. De bouwstenen zijn legio. Dat maakt het ook spannend. Alles is tegelijkertijd in beweging en daardoor wordt steeds meer mogelijk.

Om goed te kunnen functioneren, moeten systemen achtereenvolgens een aantal handelingen beheersen. Van links (meten) naar rechts (handelen) ontstaat zo een datatrein. Hierna gaan we in op de onderliggende bouwblokken van deze datatrein en hun functie.



Bouwblok (NL term)	Bouwblok (int'l term)	Functie
Meten	Sens(oring) Measuring	Het meten van allerlei parameters en beelden van de omgeving en het systeem zelf, door sensoren, radar, vision-camera's, etc.
Ophalen	Retrieving Collecting	Het op afstand binnenhalen/ ophalen van alle data (remote sensing) via (draadloze) communicatietechnologie. Hierbij speelt cybersecurity een grote rol
Opslaan	Storing	Het opslaan van (big) data in private en publieke cloudomgevingen. 70% van de opgeslagen data betreft beelden
Analyseren	Analyzing Computing	Het omzetten van (big) data naar bruikbare informatie. Dit kan door statistiek, deep learning (beeldherkenning door toepassing van neurale netwerken) en artificial intelligence (combineren van vele soorten data in algoritmes)
Handelen	Acting	Het presenteren van informatie om te gaan handelen (mens, machine of combinatie van beide). Hierbij is sprake van de Human Machine Interface (HMI) en hier horen ook niveaus van autonoom handelen bij (zie 4.2)

4.1.1 Sensoring: recente ontwikkelingen

Net als bij de mens start het meten met waarnemen. Waar de mens vijf (zeer goed ontwikkelde) zintuigen heeft, zijn de mogelijkheden bij systemen vele malen groter. Hierna volgen een paar belangrijke ontwikkelingen op het gebied van sensing:

- Waren sensoren vroeger mechanisch of elektronisch en dus analoog, tegenwoordig zijn ze steeds vaker digitaal. Denk aan een drukmeter. Hierdoor kan een sensor eenvoudig in een systeem worden geplaatst en is het integreren van de sensor in het systeem dankzij eenvoudige interfacetechnologie (low-code programmeren) steeds makkelijker, ook voor leken.
- Er komen steeds nieuwe sensoren bij. Een goed voorbeeld zijn de fotonische sensoren die door middel van licht (fotonen) eigenschappen kunnen meten die tot voor kort niet meetbaar waren (bijvoorbeeld het door de huid meten van bloeddruk). Een andere belangrijke nieuwe sensor is de LIDAR: een soort radar die met laserstralen een 3D-scan (puntenwolk) maakt van de omgeving. In bijna elk zelfrijdend systeem zit tegenwoordig een LIDAR.
- Cameratechnologie neemt ook een vlucht: nachtcamera's, high-speed-camera's, infraroodcamera's, multispectraalcamera's (deze kijken niet alleen in het zichtbare licht in andere delen van het spectrum, waardoor bijvoorbeeld met infraroodcamera's broei kan worden gedetecteerd). Al deze nieuwe camera's zorgen voor nieuwe observatiemogelijkheden.
- Sensoren worden steeds kleiner en goedkoper. Denk aan een GoPro-camera en de camera's in smartphones. Eenvoudig verbinding maken met een smartphone (bijvoorbeeld via bluetooth) en andere apparaten komt ook steeds meer voor. Dit wordt Internet of Things genoemd (IoT).
- Satellietnavigatie: een hele belangrijke positioneringssensor zit verpakt in speciale rekenchips, kan satellietsignalen ontvangen en daarmee de positie op aarde berekenen. Deze (dure) chip zit ook in smartphones; gebruikers kunnen die positiebepaling aan- of uitzetten. Ook deze zogeheten GNSS-technologie wordt steeds nauwkeuriger en goedkoper. Op dit moment is het mogelijk een positie tot op 3 millimeter nauwkeurig te bepalen. Uiteraard betreft het dan professionele toepassingen.

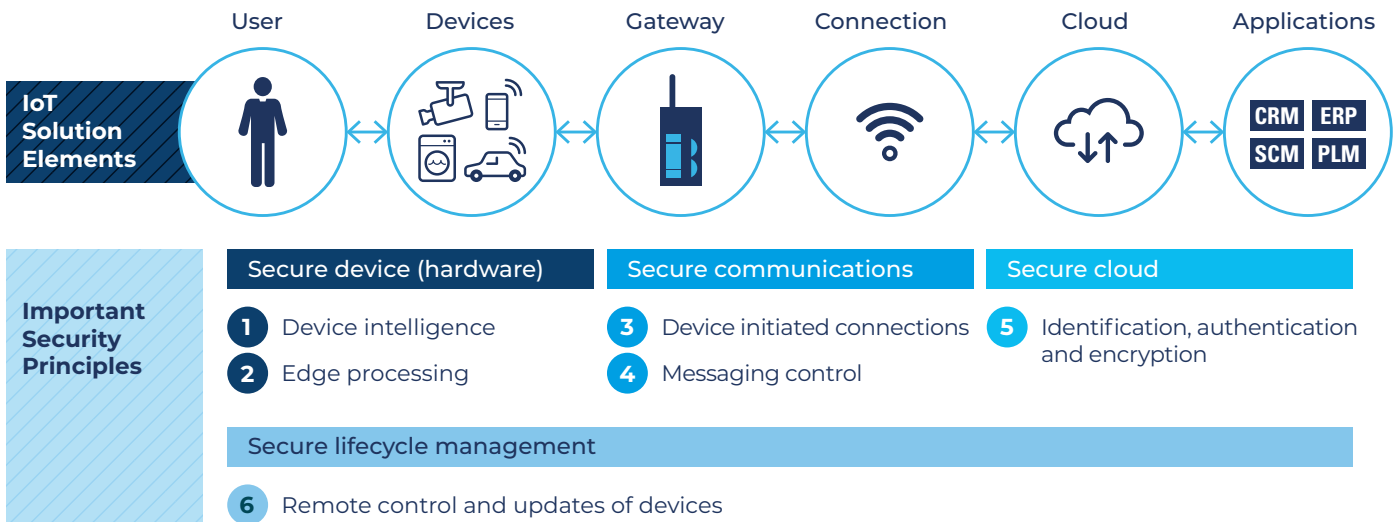
- IPv6: binnen het huidige classificatiesysteem IPv4 was het niet mogelijk elke sensor als een apart aan te sluiten IP-adres te zien. Met de ontwikkeling van IPv6 kunnen 2 x 10¹⁹ unieke, wereldwijde IP-adressen worden gecreëerd en daarmee is het softwarematig kunnen koppelen een feit. Geen overbodige luxe, aangezien het aantal IP-adressen elke zes maanden verdubbelt.

4.1.2 Retrieving: draadloze communicatie en cybersecurity

Bij het ophalen van data, vaak op afstand, naar de centrale dataverwerking zijn de volgende interessante ontwikkelingen te melden:

- Hoge vlucht van draadloze communicatie. Binnenshuis, maar ook in de buitenlucht. Denk aan wifi, bluetooth, low-power wifi, Wi-Max, regular ethernet en Long Term Evolution (LTE). De afgelopen jaren zijn er vele mogelijkheden ontwikkeld van allerlei soorten technologieën: 3GPP's narrowband (NB)-IoT, LoRaWAN, 5G en Sigfox. Al deze protocollen hebben elk hun specificaties met eigen voor-/nadelen. In de toekomst zal de markt waarschijnlijk een verdere standaardisering afdwingen. Overigens zijn bluetooth en wifi Nederlandse uitvindingen!
- Smartphone als hub. Deze handcomputer is natuurlijk al verbonden. Door de smartphone onderdeel te maken van een totaal systeem, kunnen sensordata – eventueel verrijkt met sensordata uit de telefoon zelf – integraal doorgestuurd worden. Een mooi voorbeeld is de connected shaver van Philips.
- Cybersecurity. Het veilig omgaan met data is over de gehele datatrein een belangrijk onderwerp. Hacken is aan de orde van de dag en gebeurt niet altijd op ethische gronden. Veiligheid moet op zes plekken in deze datatrein kloppen (zie figuur 12): gebruiker, apparaten, poort, verbinding, cloud en applicaties. Zwakke schakels bepalen de sterkte van de gehele keten. Blockchain is hierbij een moderne manier om data te beveiligen.

Six principles of IoT Security across the stack



Figuur 12. De zes principes van cybersecurity

4.1.3 Storing: opslag in clouds

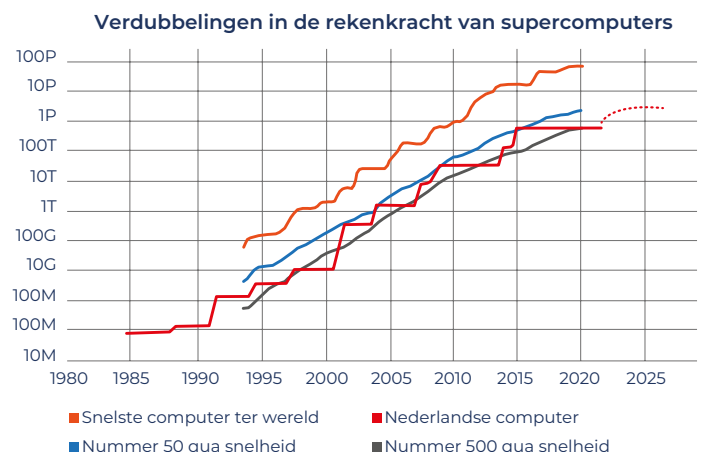
Data zijn nog niet hetzelfde als informatie, maar moeten wel opgeslagen worden. Datacentra schieten dan ook als paddenstoelen uit de grond, bijvoorbeeld in het noorden van Noord-Holland en bij de Eemshaven. Ook op dit terrein gebeurt er veel:

- Publieke en private clouds. Er komen steeds meer private clouds van bedrijven en dat zijn niet alleen de bekende techbedrijven zoals Google en Facebook. Er is een waar gevecht gaande om het vergaren en bezitten van data. Neem de Philips HealthSuite – de cloud van Philips-producten zoals MRI-scanners, Hue-lampen en connected shavers – met als doel data te verzamelen, te bestuderen en zo het leven van consumenten/patiënten te verbeteren in alle stadia van het leven.
- Ongestructureerde data. De tijd dat alle data netjes geordend moeten zijn, is straks voorbij. Met behulp van het zogenaamde Unsupervised Cloud Computing kunnen ook ongestructureerde databases doorzocht worden op nieuwe, onverwachte correlaties.
- Green computing. Datacentra vergen veel energie en dat moet minder worden. Vaak willen datacentra voorzien worden van groene stroom om duurzaamheid uit te stralen.

4.1.4 Computing: rekenkracht en kunstmatige intelligentie

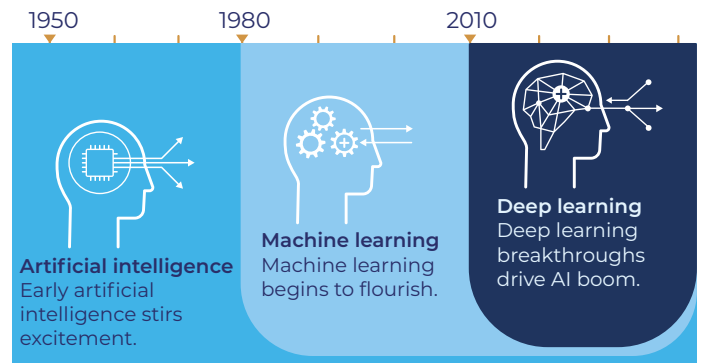
Zoals gezegd, zijn data niet hetzelfde als informatie. Uit data moet informatie gedestilleerd worden en dan bij voorkeur slimme informatie, die past bij de toepassing/taken van het systeem. Ook hier spelen veel ontwikkelingen:

- De befaamde Wet van Moore zegt iets over de toenemende rekenkracht in IC's (rekenchips): elke twee jaar verdubbelt die tegen dezelfde kosten. Met andere woorden, omvangrijke en complexe berekeningen (High Performance Computing) komen steeds meer beschikbaar voor alle toepassingen. Berekeningen met 100 petaflops (floating point operations per second) behoren straks tot de mogelijkheden en daarmee ook Dark Cloud Computing. Het CogniGron-project dat loopt bij de Rijksuniversiteit Groningen, probeert dit een stap verder te brengen door de ontwikkeling van nieuwe IC's (chips) die functioneren als menselijke hersencellen.

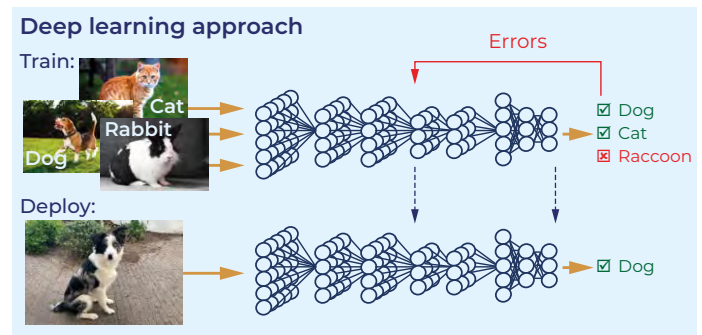


Figuur 13: De ontwikkeling van rekenkracht in flops in de laatste veertig jaar (bron: NRC)

- Data fusion: het koppelen van verschillende databases om nieuwe waardevolle informatie te ontwikkelen. Een mooi voorbeeld hiervan is het combineren van positie (GPS) met verschillende soorten aardobservatiebeelden. Dit wordt steeds meer in de landbouw toegepast om de boer te helpen bij bewatering, meststoffengebruik en weerdilemma's. Hierbij kunnen data gestructureerd zijn, maar zijn deze in vele gevallen juist ongestructureerd. De kunst is hiermee wel te kunnen werken c.q. rekenen.
- Democratisering van programmeren door low-code programma's. Steeds vaker ontwikkelen programmeerprogramma's een soort plug & play opzet, waarbij het door middel van standaard blokken programmatuur steeds eenvoudiger wordt om eigen applicaties te maken. Bij dit fenomeen nemen open source software een steeds belangrijke rol: Raspberry, Arduino, Linux, Python + alle bibliotheken. Hierdoor kunnen operators, TD en engineers zelf slagvaardig zijn op de vloer, zonder tussenkomst van de IT-specialisten. Natuurlijk moet iemand deze low-code blokken maken, dat is werk voor specialisten. Ook Power BI helpt bij het maken van goede dashboards en is gemeengoed aan het worden.
- Kunstmatige intelligentie (artificial intelligence), met name deep learning. Deep learning is een algoritme waarmee computers patronen leren herkennen in eindeloos veel voorbeelden. 70% van alle data wereldwijd bestaat uit afbeeldingen (foto/video), een bron van informatie die neurale netwerken (digitale hersencellen) kunnen ontginnen. Door deze netwerken veel foto's van bijvoorbeeld honden aan te bieden, kun je het systeem trainen om honden te herkennen. Voor consumenten is dit terug te vinden in de iPhone, waarbij bijvoorbeeld foto's van iemands kinderen als favoriet worden aangeboden. Of dat wanneer iemand het woord 'fiets' intikt, al zijn foto's met een fiets naar voren komen. De intelligentie kan centraal opgesteld staan, maar ook steeds dichterbij de sensoren gebracht worden. Deze zogeheten 'on the edge' technologie kan in speciale chips worden ingebracht: FPGA's.



Since an early flush of optimism in the 1950's, smaller subsets of artificial intelligence - first machine learning, then deep learning, a subset of machine learning - have created ever larger disruptions.



Figuur 14: Deep learning is de meest recente ontwikkeling op het gebied van artificial intelligence. Onder het basisprincipe van deep learning

4.1.5 Acting: de Human Machine Interface (HMI)

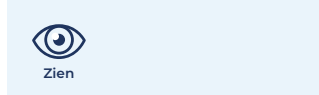
Uiteindelijk draait alles om het handelen en bijsturen van het systeem om systeemtaken zo goed mogelijk uit te voeren. Naast de eerdergenoemde taakverdeling tussen mens en machine (zie hoofdstuk 3) spelen hier ook nog andere fenomenen:

- De toenemende afstand tussen control-functie en proces/taak van het systeem (remote control). De control-functie kan aan de andere kant van de fabriek of straat zijn, en zelfs aan de andere kant van de wereld. De operator ziet het systeem niet meer. Bij drones wordt dit BVLOS genoemd: Beyond Visual Line of Sight. De meest extreme vorm van remote control hebben we in februari 2021 mee mogen maken: de landing van de Perseverance op Mars, waarbij er zelfs 10 minuten zitten tussen het uitzenden van een stuursignaal en de ontvangst ter plekke.

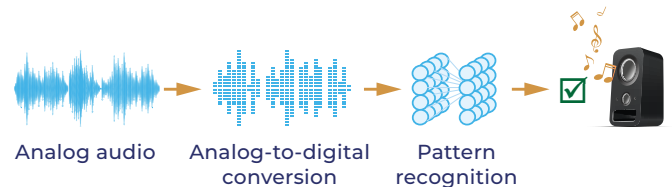


Figuur 15: De ultieme vorm van remote control op 480 miljoen kilometer van de operator vandaan: de Perseverance op Mars (AP van den Berg heeft een bijdrage in de ontwikkeling van het sonderingssysteem mogen leveren).

- Steeds minder zintuigen. Als taak en control op afstand van elkaar komen te staan, blijft uiteindelijk alleen het ‘zien’ over, en dan alleen nog in de uitgekilde vorm van een dashboard. Ter compensatie kunnen ter ondersteuning van de operator natuurlijk kunstmatige extra feedbackprotocollen zoals camerabeelden, waarschuwingslampjes/-geluiden of haptische feedback (kunstmatige beweging, vibratie en zelfs krachten) ingezet worden.
- Cognitive engineering. Dit vakgebied is ontstaan in de jaren 1980 met als grondlegger Donald Norman. Doel is om in dit gebied op ‘afstand’ protocollen te ontwikkelen waarbij intuïtie behouden blijft.
- Voice technology. Wie kent niet Siri, de virtuele assistent voor mobiele besturingssystemen van Apple? De interactie tussen mens en machine krijgt een nieuwe dimensie door spraak om te zetten in digitale signalen en vice versa. Uw verhaal inspreken in uw eigen taal en uw toehoorder ontvangt dit verhaal in zijn taal? Apparaten die alleen naar uw stem luisteren? Zo maar wat vergezichten in dit nieuwe technologieveld, dat nog in de kinderschoenen staat. In september 2021 is de Rijksuniversiteit Groningen in Leeuwarden gestart met een masteropleiding Voice technology.



Figuur 16: De afstand tussen mens en zaagproces neemt steeds meer toe, de inzet van menselijke zintuigen neemt af

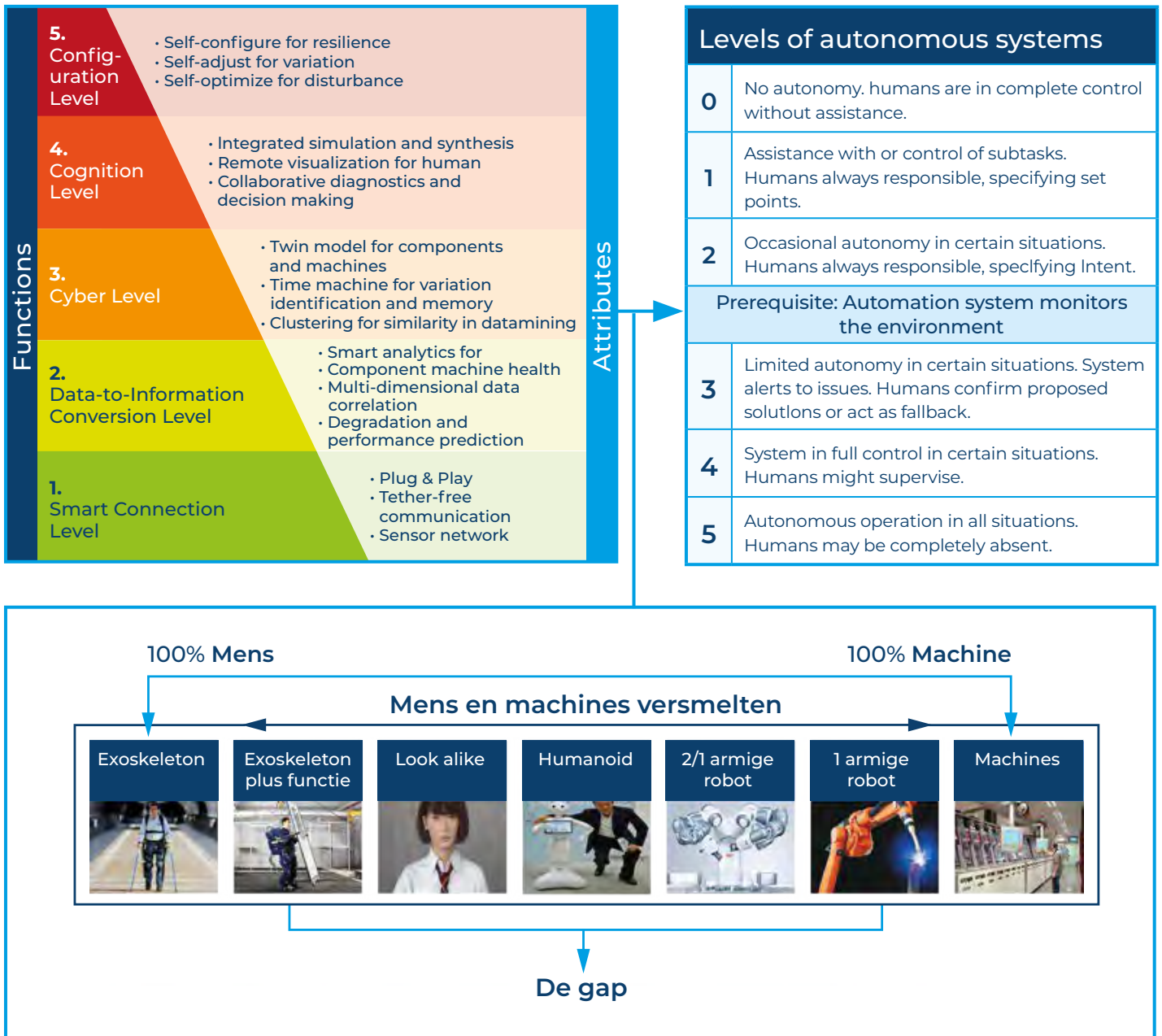


Figuur 17: Het principe van voice technology

4.2 Classificatie van autonomie













Artificial intelligence maakt het mogelijk de versmelting van mens en machine van een extra as te voorzien: het autonominiveau van het systeem in kwestie. De meest bekende ontwikkeling is de Tesla. In deze auto kan de bestuurder al op de automatische piloot rijden, maar moet hij wel achter het stuur blijven zitten en alert blijven om bijtijds te corrigeren of in te grijpen. Doordat Tesla wereldwijd alle data van hun auto's verzamelt, krijgt het bedrijf steeds meer grip op alle mogelijke situaties en leert de auto bij. Met elke software-update wordt de auto slimmer. Op die manier moet het in de toekomst zo ver komen dat de bestuurder niet meer achter het stuur hoeft te zitten. Daarmee verdwijnt op den duur het stuur, maar ook andere zaken zoals rem, richtingaanwijzer en dashboard.






De wetenschappelijke term voor het ontwikkelen van dit soort systemen richting een steeds hogere vorm van autonomie, is Cyberphysics Systems. 'Cyber' is afgeleid van cybernetica: de wetenschap die zich bezighoudt met de besturing van biologische en mechanische systemen met behulp van terugkoppeling (systeemleer van Boulding). Met andere woorden, systemen worden steeds meer zelfhandelend en zelflerend. Hierbij geldt het onderstaande basismodel, dat te zien is als een cumulatief volwassenheidsmodel met zes niveaus van autonomie.





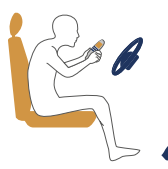



Figuur 18. Basismodel van zes niveaus van autonomie

Dit model wordt vaak vertaald naar specifieke domeinen of publiekversies, zoals weergegeven in de volgende figuur.

Autonomy levels	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
Human Involvement						
Machine Involvement						
Degree of automation	No automation	Low automation	Partial automation	Conditional automation	High automation	Full automation
Description	Drone control is 100% manual.	Pilot remains in control. Drone has control of at least one vital function.	Pilot remains responsible for safe operation. Drone can take over heading altitude under certain conditions.	Pilot acts as fall-back system. Drone can perform all functions 'given certain conditions'.	Pilot is out of the loop. Drone has backup systems so that if one fails, the platform will still be operational.	Drones will be able to use AI tools to plan their flights as autonomous learning systems.
Obstacle avoidance	None	Sense and alert		Sense and avoid	Sense and navigate	

Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
				
Conventional ship	Smart ship	Semi-autonomous ship		High automation
<ul style="list-style-type: none"> Fully manned ship Humans acquire and analyze data, make and execute decisions 	<ul style="list-style-type: none"> Directed by humans Rely on systems and sensors for support in collecting data and making decisions 	<ul style="list-style-type: none"> Human delegated or supervised Rely on systems to make decisions and/or initiate actions 		<ul style="list-style-type: none"> Unmanned ship Requires no input from humans other than in an emergency

Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
Driver	Feet off	Hands off	Eyes off	Mind off	Passenger
					
No assistance	Assisted	Partial automated	High automated	Fully automated	Autonomous
Human	Transfer of responsibility				Machine

Figuur 19: De niveaus van autonomie voor systemen op domeinen openbare weg, drones en schepen

Alle modellen bevatten een overgang tussen wie ‘de baas’ is van de besturing: de mens of de machine. In de meeste gevallen gaat het daarbij om de overgang van level 2 naar level 3. Het moet kristalhelder zijn wie welke taken op welke momenten voor zijn rekening moet/mag nemen. De crashes van de Boeing 737 MAX in 2020 zijn precies op dit punt tot stand gekomen. De machine dacht dat de machine het voor het zeggen had en de piloot dacht op zijn beurt dat hij het voor het zeggen had. Met als gevolg dat de machine de ingrepen van de piloot onmiddellijk tenietdeed. Een harde les. Achteraf bleek dat sensoren verkeerde waarde gaven aan het MCAS (Maneuvering Characteristics Augmentation System).



Figuur 20: De WEpod bij het ziekenhuis in Scheemda voor vervoer van parkeerplaats naar ziekenhuis

Hoe autonoom zijn systemen op dit moment? Ter illustratie: experts hebben de huidige Tesla-technologie geclassificeerd op niveau 2, hoewel Tesla de ambitie had om in de loop van 2021 niveau 5 te bereiken. Interessant waren ook de verschillende experimenten met de WEpods in Wageningen, Appelscha en Scheemda, waarvan veel geleerd is. Deze busjes hebben geen stuur, rempedaal en richtingaanwijzer meer aan boord, alleen een noodknop, te bedienen door een (nu nog) aanwezige steward. In feite een experiment op niveau 3, weliswaar met aangepaste snelheid en overdag rijdend.

Funcie	Binnen gebouwen		Eigen terrein		Openbare weg	
Goederen transporteren						
Personen transporteren						
Bewerkingen verrichten						
Metingen verrichten						

Functie	In de lucht		Op het water		Onder water	
Goederen transporteren						
Personen transporteren						
Bewerkingen verrichten						
Metingen verrichten						

Figuur 21: Een overzicht van publiek bekende systemen die in meer of mindere mate autonoom zijn (Bron Berenschot)

4.3 Samengestelde autonome systemen

Om dit overzicht compleet te maken, is het goed om te benoemen dat samengestelde systemen ook in deze trend vallen:

- Een autonome fabriek: bestaande uit meerdere samenwerkende fabrieksmachines en informatiesystemen.
- Een connected installed base: bestaande uit meerdere verbonden systemen op locatie bij de klant en informatiesystemen over de hele wereld.
- Zwermen van systemen: bestaande uit meerdere onderling verbonden systemen.

4.3.1 Autonome fabrieken

In feite zijn autonome fabrieken te zien als een hogere stuklijst, waarin machines, interne transportvoorzieningen en informatiesystemen samen één systeem geheel vormen. Ook hier gelden de eerdergenoemde assen en cyberphysicsniveaus. In de jaren 90 bestond in Japan reeds de ambitie om tot lights-out (onbemande) fabrieken te komen. Het licht was niet meer nodig om te kunnen produceren. Vanuit de fabriekscontrolroom wordt dan de fabriek bestuurd, hetgeen in de chemie of nucleaire installaties al gemeengoed is.

Ook fabrieken en hun supplychain zou je als één samengesteld systeem kunnen benaderen.



Figuur 22: Voorbeeld van onbemande (cq remote operated) spuitgietfabriek en fabriekscontrolroom

4.3.2 Connected installed base

Inmiddels kent het Innovatie Cluster Drachten meer dan 250.000 distributed connected systems. De installed base kan zich wereldwijd bevinden of wat dichterbij, zoals in het voorbeeld van Beenen (remote monitoring control vanuit Leeuwarden van alle provinciale Friese bruggen). Vanuit elk systeem is er een verbinding naar deze regio, waar remote sensing en control gedaan kan worden als dienst aan de klant (adviezen voor herstellen storingen of het uitvoeren van predictive maintenance). Ook worden op deze wijze heel veel data over het functioneren van de systemen bij de klant verzameld.



Dus ook hier is sprake van een samengesteld totaalsysteem (een hoger stuklijstniveau): sensoren in de systemen, systemen verbonden met de cloud en de controlroom hier in Noord-Nederland, als een soort hub-and-spoke systeem.

Dit concept kan ook een rol spelen bij een wereldwijde virtuele fabriek. Bij de Additive Manufacturing-gedachte zou ook de term 'remote factory' van toepassing kunnen zijn, namelijk dat niet zozeer alleen systemen maar ook design (CAD)-files over de wereld verstuurd worden en zo lokale productie ontstaat – daar waar het product nodig is



Figuur 23: Verschillende distributed connected systemen van een viertal ICD bedrijven (Bron ICD)

4.3.3 Stelsel zwermen

Nog een ontluikend vakgebied dat thuishoort in dit hoofdstuk, is swarm technology. Zwermtechnologie gaat over het onderling samenwerken van autonome systemen als een groter systeem als cluster en/of zwerm. Ook hier vormt de natuur de inspiratiebron: zo wordt bij zwermen spreuwen en scholen vissen volop onderzoek gedaan naar de eenvoudige onderlinge stuurprincipes. Systemen communiceren onderling zonder centrale tussenkomst.

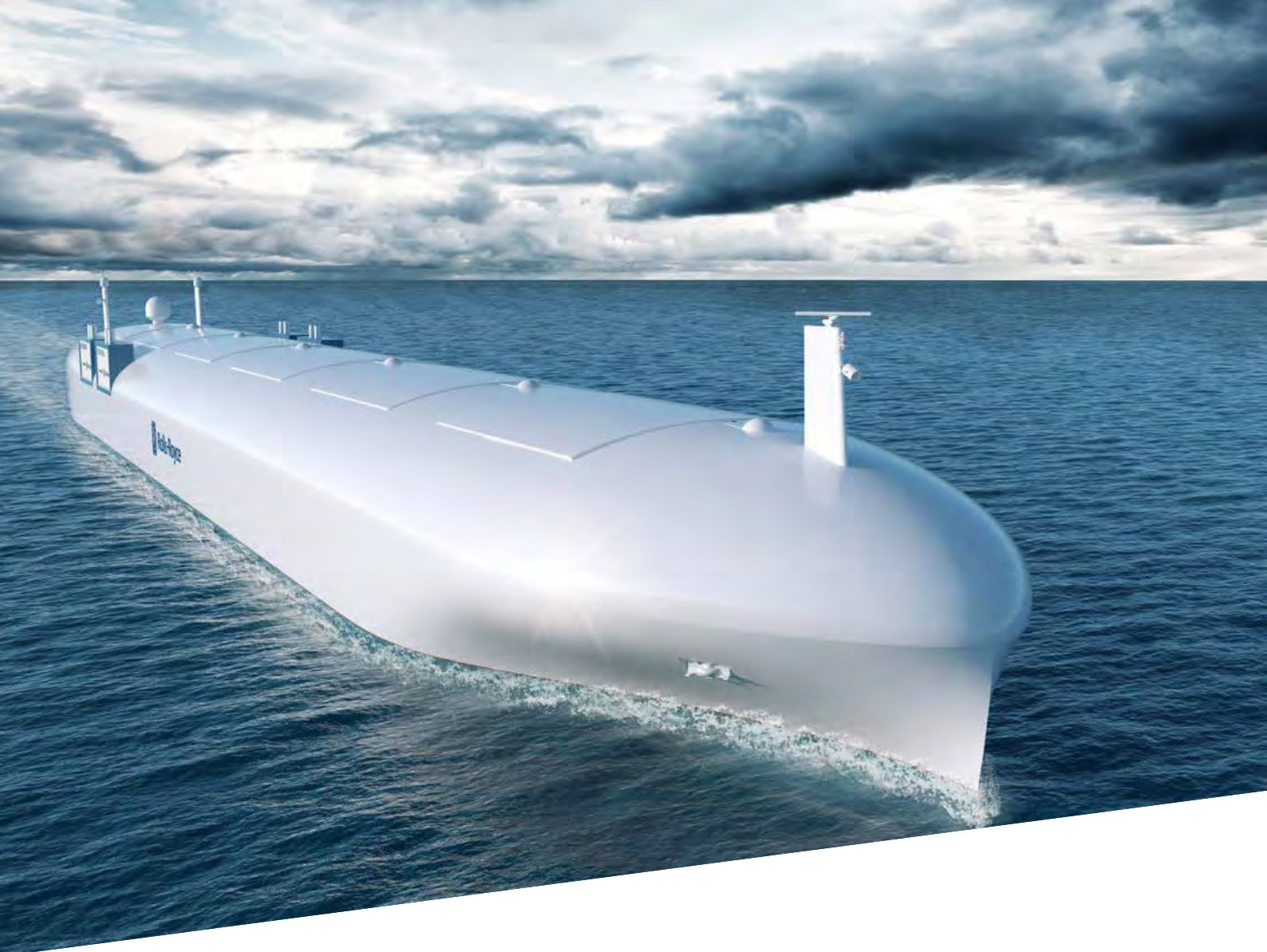
Wikipedia definieert dit als volgt: *Zwermintelligentiesystemen bestaan doorgaans uit een populatie van eenvoudige systemen (agents) die interacteren met elkaar en hun omgeving. Hoewel er geen centrale controlerende structuur is die de systemen controleert, zorgen de gezamenlijke interacties voor een globaal intelligent gedrag.*

Nu wordt nog via een 'leider' en eenvoudige volgprotocollen gewerkt, zoals bij de droneshow boven Rotterdam. De Amerikaanse Harvard University is bezig met het zogenaamde kilobots-project, waarbij hele eenvoudige robotjes direct met elkaar communiceren en interacteren.



Figuur 24: Voorbeeld van zwermtechnologie bij de droneshow Rotterdam en het Kilobots project Harvard.

	< 5 jaar	> 5 jaar	Opmerking
Sensing	<ul style="list-style-type: none"> • Vision voor hoge nauwkeurigheid en insitu • Vision technologie voor lowcost hyperspectral • Laser, UV en X ray combinatie van sensoren voor 1 beeld • Digitalisering van photonische sensoren 	<ul style="list-style-type: none"> • Low Cost sensing door AI • Multi model data integrated • Inpluggen van omgevingsensoren • Verificatieprotocollen meten langetermijnperformance sensoren • Van gericht naar ongericht meten in veranderende omgeving 	
Retrieving	<ul style="list-style-type: none"> • On edge computing • System health • Federated learning (edge/central cloud) • Cybersecurity ketens ontwerpen 	<ul style="list-style-type: none"> • Anomalie (afwijkingen) detection 	
Storing	<ul style="list-style-type: none"> • Low Cost data storing • Green/Low energy data storage 		
Computing	<ul style="list-style-type: none"> • Green (low energy) computing 1st steps • Self explaining AI • Unbiased AI • Efficient labelled datasets (supervised learning) • Unsupervised learning 	<ul style="list-style-type: none"> • Nxt steps green computing • Truly explained AI 	
Acting	<ul style="list-style-type: none"> • Human Machine interface • AI als descion support • Haptic and other feedback • Recommended systems 	<ul style="list-style-type: none"> • AI autonome deelbeslissingen (level 3 en hoger) • Harmonious human-machine collaborations, met oog voor verschillende stakeholders (i.e., maatschappij, ondernemingen, werknemers, klanten) 	



HOOFDSTUK 5

Digitaliseringsontwikkelingen bij het ontwerpen

5.1 Bedrijfsdoelstellingen in het ontwerpproces

Digitalisering is geen doel op zich. Het moet voordeel opleveren in de bedrijfsdoelstellingen.

Specifiek voor dit ontwerpdeelproces betreft dit:

- Ontwikkelen van producten met nieuwe functies (eventueel met diensten).
- Ontwikkelen van producten met verbeterde functies (eventueel met diensten).
- Snellere time-to-concept.
- Snellere time-to-market.
- Minder ontwerpfouten.
- Minder ontwikkeluren.

5.2 Belangrijke trends in het ontwerpproces

5.2.1 Learning by doing: minimal viable product

Een passende nieuwe kijk op innovatie is de zogenaamde scrum-aanpak. Vanwege het hoge IT-gehalte van de ontwikkelingen rondom hightechsystemen, is deze scrum-methodiek bij uitstek geschikt voor innovatie op dit vlak. Deze aanpak is gebaseerd op het toevoegen van steeds meer functies en/of hogere specificaties in een aantal stappen (zogenoemde sprints). Het idee is dat dit veel leerzamer en uiteindelijk veel effectiever (lees: sneller, beter en goedkoper) is dan de traditionele manier van innoveren:

in één keer een systeem bedenken dat onder alle mogelijke condities moet functioneren. De ontwikkelprocessen van NASA-raketten (traditioneel) en die van Space X (minimum viable product (MVP)/agile) staan haaks op elkaar.

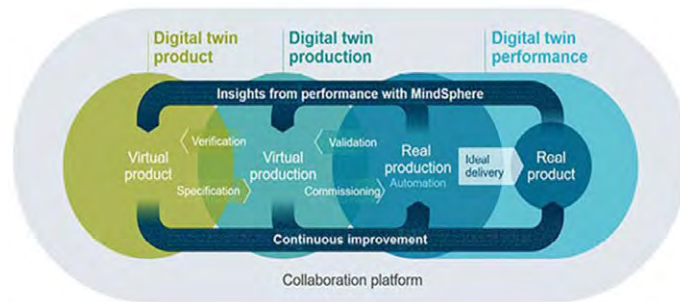
In plaats van alle functies/eisen van het systeem in één keer proberen te ontwerpen en te realiseren, start de scrum-aanpak dus met een MVP. Dit is een eerste versie van het systeem, die aan de belangrijkste functies/eisen voldoet en ingezet gaat worden voor gebruik. Door 'learning by doing' oftewel het systeem gebruiken in de echte wereld, wordt dit MVP steeds beter en completer.

Een praktijkvoorbeeld betreft de eerdergenoemde WEpods. Deze autonome busjes kunnen een route aanleren door deze acht tot tien keer te rijden en de omgeving, met alle sensoren, in te scannen als basis. Hiermee kunnen ze operationele ritten vergelijken om zo de afweging normaal/niet normaal te kunnen maken. Tijdens het rijden doen zich allerlei situaties voor die aangeleerd kunnen worden. Zo kan het busje steeds meer en steeds veiliger aan het verkeer deelnemen, maar voorlopig nog met een steward aan boord.

Deze wijze van innoveren heeft ook veel impact op regelgevende instanties zoals de RDW. Deze organisatie zorgt voor typekeuring van voertuigen die op de openbare weg gaan rijden. Normaal gesproken gebeurt dit aan het eind van het ontwikkeltraject en daarmee is het ontwerp ook 'bevoren'. Bij de learning-by-doing methode werkt dit anders: bij elke volgende sprint komt er feitelijk een nieuw ontwerp tot stand. Zeker als de wijzigingen puur softwarematig zijn, kunnen releases elkaar snel opvolgen. Eigenlijk moet dus elke keer een nieuwe typekeuring plaatsvinden.

5.2.2 Simuleren en voorspellen door digital twinning

Als gevolg van de toenemende digitale mogelijkheden en goedkope rekenkracht ontstaat een tweede belangrijke trend, die fundamentele invloed heeft op de manier van innoveren: het simuleren van de werkelijkheid in het digitale domein. Bij het maken van deze zogeheten digital twin komt er een digitale kopie of model van het fysieke hightechsysteem. Waarom is dit zo belangrijk?



Figuur 25: Naast het fysieke schip komt er ook een digitale versie van hetzelfde schip + afbeelding Siemens Mindsphere over digital twinning over de levenscyclus.

Het belang ligt erin dat deze trend veel verder gaat dan een simpele CAD-tekening van het schip met alle onderdelen. Zo'n digitaal model – een één-op-één kopie van het schip – is heel goed bruikbaar om allerlei situaties mee te simuleren, voordat het echte systeem gebouwd gaat worden. Daardoor kunnen sterkte- en hydrodynamische berekeningen, (autonoom) vaargedrag, risicoanalyses, wensen/inzichten van gebruikers, etc. veel eerder in het ontwerpproces worden ingebracht. Dit leidt tot een beter ontwerp, met minder fysieke testen (sterketesten, sleeptanktesten, etc.) en minder ontwerpfouten. Kortom, een beter ontwerp en een snellere time-to-market (marktintroductie) gaan hier hand in hand.

De potentie van een digital twin is echter nog veel groter: ook het fabriceren van onderdelen op machines is te simuleren, zodat de maakbaarheid gegarandeerd is en de assemblage vlekkeloos verloopt. Dit noemen we digital twinning in de productiefase. Een nieuw gebied dat in ontwikkeling is, is het gebruik van dezelfde digital twin waar gebruiks- en onderhoudsdata gedurende het gehele leven van het schip aan toegevoegd worden.

Hierdoor verloopt onderhoud eenvoudig, worden storingen voorspelbaar en kunnen deze zelfs vermeden worden. De terugkoppeling van al deze ervaringen naar een volgend ontwerp van een nieuw schip maakt de cirkel weer rond. Engineers krijgen veel meer datagedreven terugkoppeling en gaan daardoor nog betere schepen ontwikkelen voor de volgende generatie.

Digital twinning in de gebruiks- en onderhoudsfase. Een nieuw gebied dat in ontwikkeling is, is het gebruik te maken van dezelfde digital twin (1 op 1 kopie van het schip) waar gebruiks- en onderhoudsdata gedurende het gehele leven van het schip aan toegevoegd wordt zodat onderhoud eenvoudig verloopt, storingen voorspelbaar worden en zelfs vermeden kunnen worden. Maar de terugkoppeling van al deze ervaringen naar een volgende ontwerp van een nieuwe schip maakt de cirkel weer gesloten. Engineers krijgen veel meer data gedreven terugkoppeling en gaan daardoor nog betere schepen ontwikkelen voor de volgende generatie.

5.2.3 Topology optimisation

Het bijzondere bij deze trend is dat de computer het ontwerpproces overneemt van de mens. Op de fabrieksvloer vinden we dat al normaal, in de tekenkamer is dit een revolutie.

Deze manier van werken doet zijn intrede bijvoorbeeld via 3D-printen. Omdat deze techniek veel meer vormvrijheid met zich meebrengt dan klassieke technologieën, gaat dit de mens een beetje boven de pet. De ontwerper geeft ophangpunten in van het te ontwerpen product inclusief het bijbehorende krachtenspel op die punten. De computer itereert het ontwerp en legt materiaal neer daar waar het nodig is voor de krachten. Hiermee worden bijzondere en vooral hele lichte maar sterke vormen maakbaar, vaak lijkend op menselijke structuren van botten en pezen: hetgeen ook wel biomimicry wordt genoemd.



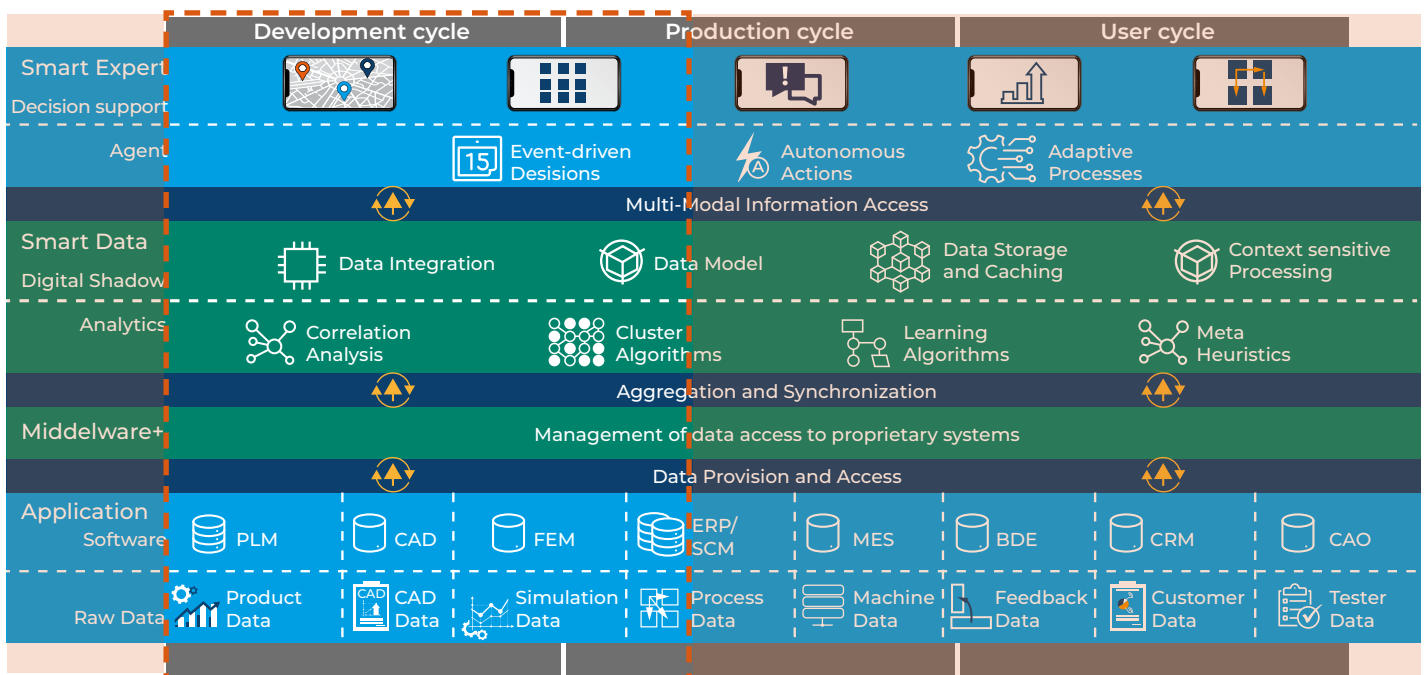
Figuur 26: Een robot gripper ontworpen mbv topology optimisation (bron Philips)

5.3 Belangrijke trends in het bijbehorende bedrijfsinformatiesystemen

Een belangrijk aspect voor de systems-maakindustrie op het gebied van digitalisering zijn de ontwikkelingen in de bedrijfsinformatiesystemen. In dit deel van het proces zijn de volgende systemen dominant:

- PLM: Product Lifecycle Management
- PDM: Product Data Management
- CAD: Computer Aided Design
- CAM: Computer Aided Manufacturing
- CAE: Computer Aided Engineering

Voor de definities en soms overlappende functies, zie bijlage A.

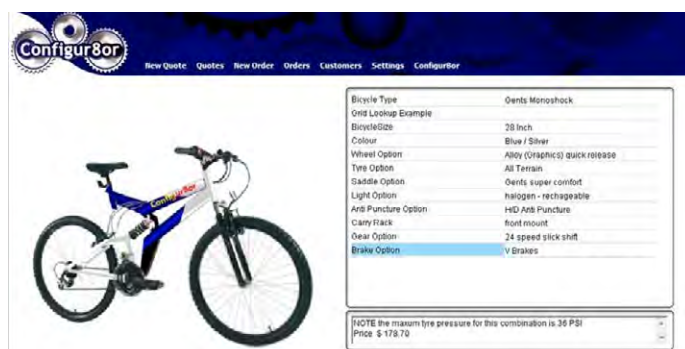


Figuur 27: Overzicht IT infrastructuur bedrijfsinformatiesystemen (Bron Universiteit Twente)

In onderstaande figuur staat vereenvoudigd weergegeven waar bepaalde informatiesystemen het meest ingezet worden en welk soort data hiermee gemoeid is.

- **CAD-systemen** (Computer Aided Design) zorgen voor productiviteit van engineers. Er wordt onderscheid gemaakt tussen 2D-, 2½D- en 3D-systemen. De 2D-systemen worden gebruikt om technische tekeningen te maken, de 2½D-systemen zijn een uitbreiding met diepte voor CNC-gestuurde machines (CAM) en de 3D-systemen werken met draad-, oppervlakte-, volume- of solid-modellen. Om de link tussen ontwerp en productie te automatiseren, zal er dus steeds meer in 2½D- en 3D-systemen gewerkt moeten worden.
- **Interfaces tussen ontwerp en productie.** Concreet betekent dit een koppeling tussen Product Data Management (PDM) en Enterprise Resource Planning (ERP), oftewel tussen de automatische productiestuklijst en de machinebesturing. Van CAD-model (inclusief werkinstructies) naar automatische maakprocessen. Voorbereiding op de machine kan offline, zodat maximale productietijd beschikbaar is, minder foutkansen, manloos genereren van gegevens.
- **Meer productieprocesinformatie vastleggen in tekening.** Een voordeel hiervan is dat men wordt gedwongen het ontwerp en de voorbereiding zo uit te voeren (blijven testen) dat de productie foutloos is. Aan de voorkant alles goed inregelen, zodat operators geen aanpassingen hoeven te doen (daarmee wordt ook de kennis in de hoofden van operators gedigitaliseerd).

- **Machineonafhankelijke werkvoorbereiding.** Een product heeft vaak een levensduur van 10 tot 40 jaar, productiemachines niet. Werkvoorbereiding op procesniveau voorkomt het overdoen van veel voorbereidend werk als een nieuwe machine wordt neergezet in de fabriek.
- **Automatisch genereren van 2D-tekeningen en/of werkinstructies.** Met web-based tools kunnen bij sommige implementaties ook weer min of meer volledige 2D-tekeningen en/of werkinstructies gegenereerd worden, hetgeen heel veel uren bespaart.
- **Web-based tools** maken voor het eerst echt co-design mogelijk: het samen ontwerpen van één product op twee locaties in CAD.
- **Introductie van de productconfigurator.** Door middel van een goede systeemarchitectuur is het mogelijk om klanten een behoorlijke keuzevrijheid te geven in functies en opties, terwijl in de productie het maken van het product toch heel eenvoudig kan zijn door standaardisatie en provisions for (built-to-configuration). Wie als particulier tegenwoordig een auto of een fiets bestelt, weet hoe een productconfigurator werkt!



Figuur 28: Voorbeeld van een eenvoudige webbased productconfigurator

	< 5 jaar	> 5 jaar	Opmerking
Learning by doing MVP	<ul style="list-style-type: none"> • Rapid prototyping, 3D printing (ook PCB FUMO) • Software updates vs type erkenning • Design for sustainability (datadriven) 	<ul style="list-style-type: none"> • 3D printed electronics 	<ul style="list-style-type: none"> • Scrum in hardware omgevingen (methodiek)
Modelleren en simuleren /digital twin	<ul style="list-style-type: none"> • Modelleren van fabriek & supply chain tbv virtueel "sourcen" en "assembleren" product en risico's inzichtelijk te krijgen • Digitaal testen/commissioning • Fysieke bewegingen en software simuleren 	<ul style="list-style-type: none"> • Digital twin (productgedrag) componenten die meer standaard beschikbaar te gebruiken zijn (integratie life cycle data) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ontwikkelproces herrangschikken (SAFE methodiek)
Bedrijfsinformatie-systemen	<ul style="list-style-type: none"> • Integreren systemen (oa API's) en deze informatie (risico's) beschikbaar stellen aan ontwikkelaar • Product configuratoren 	<ul style="list-style-type: none"> • Koppeling met digital twin • Automatische risico/DFX checks geïntegreerd in CAD systeem • Gebruik van ontologiën om data-/kennis "netwerken" te creëren die vervolgens kunnen worden uitgenut door (AI) algoritmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Verbeteren modulariteit ter verhoging hergebruik (=hogere productiviteit+ duurzamer)







HOOFDSTUK 6

Digitaliseringsontwikkelingen bij het fabriceren

6.1 Bedrijfsdoelstellingen in het fabricageproces

Digitalisering is geen doel op zich. Het moet voordeel opleveren in de bedrijfsdoelstellingen. Specifiek voor dit fabricagedeelproces betreft dit:

- Verhoogde productiviteit door:
- Verkorte doorlooptijd order uitleveren
- Minder onderhanden werk.
- Hogere leverbetrouwbaarheid.
- Lager afkeurpercentage.
- Minder fabricagekosten: manuren, energie en materiaalreductie.
- Manonafhankelijke kwaliteit
- Elimineren gevaarlijk, smerig en saai werk (arbo).

Inventarisatie	Hoog gemechaniseerde lijnassemblage	Handmatige lijnassemblage	Werkcel assemblage	Werkcel manufacturing
				
Beschrijving	<ul style="list-style-type: none"> • Productielijnen van gekoppelde stations met automatische aanvoer/richten van onderdelen • Korte taktijden door robots • Vooral assembleren en testen • Machine kennis • Beperkte variatie 	<ul style="list-style-type: none"> • Productielijnen in stations, voorraad naast de lijn • Manuele arbeid • Producten schuiven door met langere taktijden • Vooral assembleren en testen • Mechatronische kennis • Beperkte variatie 	<ul style="list-style-type: none"> • Productie op 1 werkplek • Product wordt bewerkt, assemblage en testen • Taaktijden per job, veel variatie • Manuele arbeid waarbij cobots ingezet gaan worden • Mechatronische kennis 	<ul style="list-style-type: none"> • Onderdelen fabricage met geavanceerder machine plus tooling + werkstukhandling+ inspectie in line/offline • Onbemand draaien of meerdere machines per operators, veel variatie • Machine kennis
Waar komen deze archetypen voor? Één bedrijf kan meerdere vormen hebben.	<ul style="list-style-type: none"> • Philips • Variass 	<ul style="list-style-type: none"> • Dewulf • BD • Ventura • Ziuz • Whisper Power • Resato • PE 	<ul style="list-style-type: none"> • Photonis • Variass • Spark • Kwant controls • Comecer • SRON • FMI 	<ul style="list-style-type: none"> • NTS Norma • Stork Turbine blades • Philips • Sparck

Figuur 29: **Overzicht archetypen productie**
(bron ICD)

6.2 Belangrijke trends in het fabricageproces

6.2.1 Robotisering vier archetypen productie-uitvoering

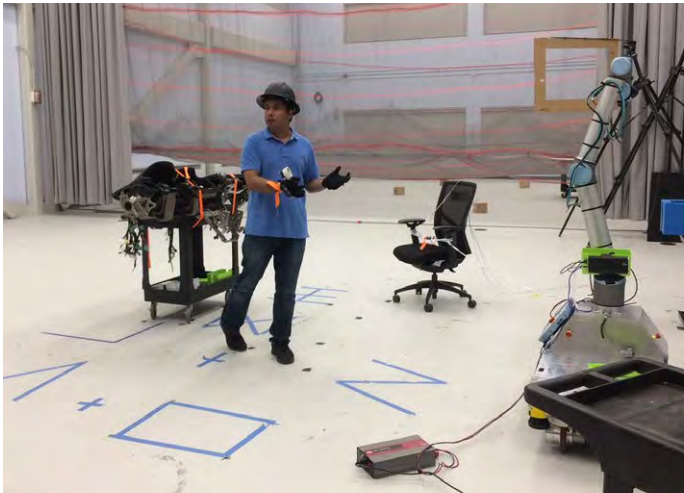
Automatisering en robotisering van de fabricageprocessen is zo oud als de weg naar Kratingen, maar ook hier zijn door digitalisering veel nieuwe mogelijkheden ontstaan. Globaal zijn er zestig verschillende processen nodig om diverse hightechsystemen te maken in acht hoofdcategorieën: weghaal-, opbreng-, transitie-, omvorm-, reinigings-, meet-, verbinding- en samensteltechnologie.

Hieronder staan de vier archetypen productie-uitvoering zoals die ook bij de bedrijven van het Innovatie Cluster Drachten aanwezig zijn:

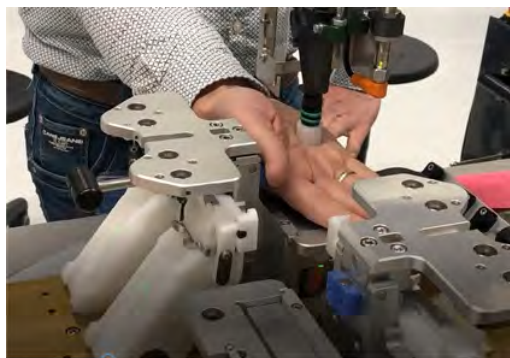


Welke (deels) digitale trends zien we bij deze verschillende archetypen?:

Hoog gemechaniseerde lijnassemblage	Lijn handmatige assemblage	Werkcell assemblage	Werkcell fabricage
<ul style="list-style-type: none"> • Snel wisselen tussen productieorders • Flexibele inzet over meerdere producten (box-based assembly) met als doel: seriegrootte 1 • Integratie met automatische aan-/afvoer 	<ul style="list-style-type: none"> • Inzet van cobots inclusief fabricageprocessen • Inzetten van cobots als assistent aanvoer • Inzet laserprojectiesystemen • Paperless production 	<ul style="list-style-type: none"> • Inzet van cobots inclusief fabricage processen • Paperless production • Integratie inline bewerkingen en meten (scannen) • Integratie inline bewerkingen en inspectie (vision) • Operator support technologie (tablets, projectie, AR/VR) 	<ul style="list-style-type: none"> • Integratie inline bewerkingen en meten (scannen) • Integratie inline bewerkingen en inspectie (vision) • Integratie bewerkingen, product en tooling magazijnen • Integratie met automatische aan-/afvoer • Snel wisselen tussen productieorders • Operator support technologie (tablets, projectie, AR/VR)



Figuur 30: De cobot op een AGV als assistent voor assemblage



Figuur 31: De collaborative robot ofwel cobot in actie

De meest opvallende ontwikkeling in dit domein is die van de cobot (collaborative robot), die zij-aan-zij werkt met de mens. Deze robot hoeft niet meer geprogrammeerd te worden, maar kopieert de bewegingen die de mens hem voordoet. Zo zijn taken op een eenvoudige manier in te leren. En dat neemt een vlucht. Daar waar deze robots vooral voor pick & place werden ingezet, komen er nu steeds meer functies in de robot (hand/gripper). De cobot is tevens beveiligd: enige menselijke (tegen)kracht doet de robot stoppen. De rechterfoto hieronder toont een engineer die zijn hand onder een schroefcobot legt. De robot stopt onmiddellijk en veert terug. Let op: bij een risicovol proces, zoals het met een snijmes snijden van materiaal, is het verstandig de cobot te beveiligen met een afscherming.

Dataconnecties en digital twins maken snellere en betere inzet van cobots en andere flexibele automatiseringsvormen mogelijk, omdat met deze data en informatie veel eenvoudiger succesvol geprogrammeerd kan worden.

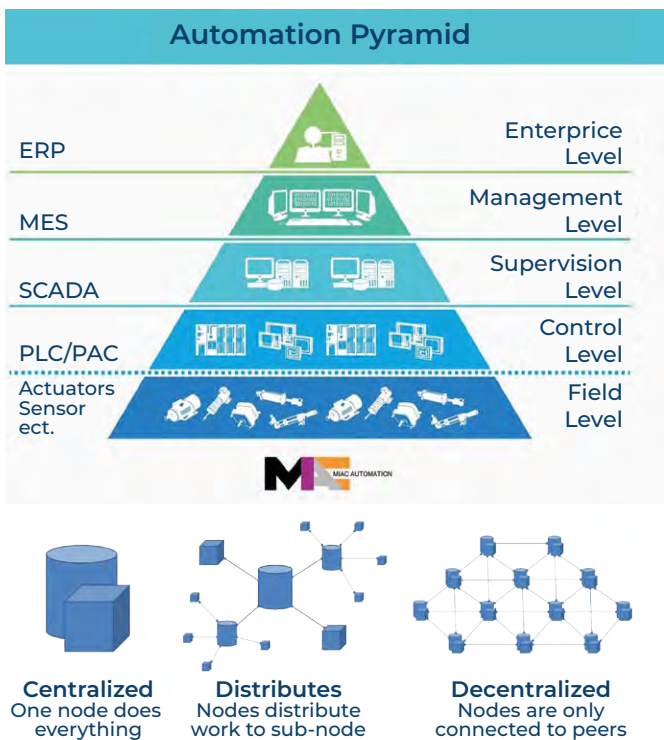
Daarnaast krijgt de cobot ook steeds meer voeten, bijvoorbeeld door deze op een AGV te plaatsen waarmee de bewerkingen mobiel kunnen worden. Zie figuur hiernaast van een proef bij MIT, waarbij een cobot producten aangeeft aan een assemblagemedewerker.

Inventarisatie	Geleide AGV	Autonome AGV	Heavy Duty AGV	Magazijnen
				
Beschrijving	<ul style="list-style-type: none"> • Voertuigen worden geleid door lijnen op of kabels in de grond • Buiten omgeving met satellietnavigatie en stappentellers 	<ul style="list-style-type: none"> • Voertuigen vinden hun eigen weg door camera en radar • Route's inscannen en daarna operationeel 	<ul style="list-style-type: none"> • Van alle soorten zijn ook grote heavy duty AGV's te vinden • Voorbeeld is Hencon (NL) die AGV maakt voor aluminium smelterijen 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerobotiseerde high rise magazijnen

Figuur 32: Robotisering van logistieke hulpmiddelen

6.2.2 Loslaten van de pyramide

Een belangrijk deel van de digitaliseringswensen van de industrie zit in de enorme hoeveelheid verschillende informatiesystemen die nodig zijn om een bedrijf en/of fabriek te runnen. Figuur 26 en 33 spreken wat dat betreft boekdelen. Vaak overlappen dit soort systemen elkaar ook nog gedeeltelijk, zodat de historie vaak een soll-situatie in de weg zit.



Figuur 33: Het einde van de automation pyramid in de fabriek?

Op dit moment zijn fabrieken geordend langs de functionele automation pyramid. Dit betekent een soort functionele opbouw ('layered architecture') van verschillende lagen informatie en informatiesystemen. Dit is een gevolg van jarenlange ervaring met het opbouwen en integreren van dit soort systemen, en het werkt goed – als het werkt. Dat is meteen ook de keerzijde. Een verandering in één van de lagen kost heel veel werk aan interfacing en het doorvoeren van die verandering in vele lagen. Dit maakt IT in de fabriek complex, niet wendbaar en duur. Het einde van deze pyramide is daarom ook in zicht.

In eerste instantie zal de trend zijn om alle data in één database te stoppen en van daaruit de fabrieksregel-loops te programmeren, met als eindresultaat prestatierapporten, dashboards, mogelijkheden tot datamining en eerste stappen op het gebied van machine learning van operatorniveau tot CEO van de fabriek. Datavirtualisatie (direct inprikken op bronsystemen in plaats van grootschalige ontsluiting) en citizen developers (grootschalige beschikbaarheid en gebruik van data door medewerkers ZONDER IT achtergrond) zijn hierbij van groot belang. Dit wordt versterkt door low-code of zelfs no-code (slepen en plakken iconen) softwareoplossingen. Iedereen kan het!

Later zal deze trend doorzetten naar distributed data (analoog aan wat we nu al bij de installed base zien) en daarna naar decentralized, waarbij al die lokale databases communiceren met die databases die nodig zijn voor zelfordening (vergelijkbaar met zwermtechnologie).

Hype Cycle for the Digital Workplace, 2020

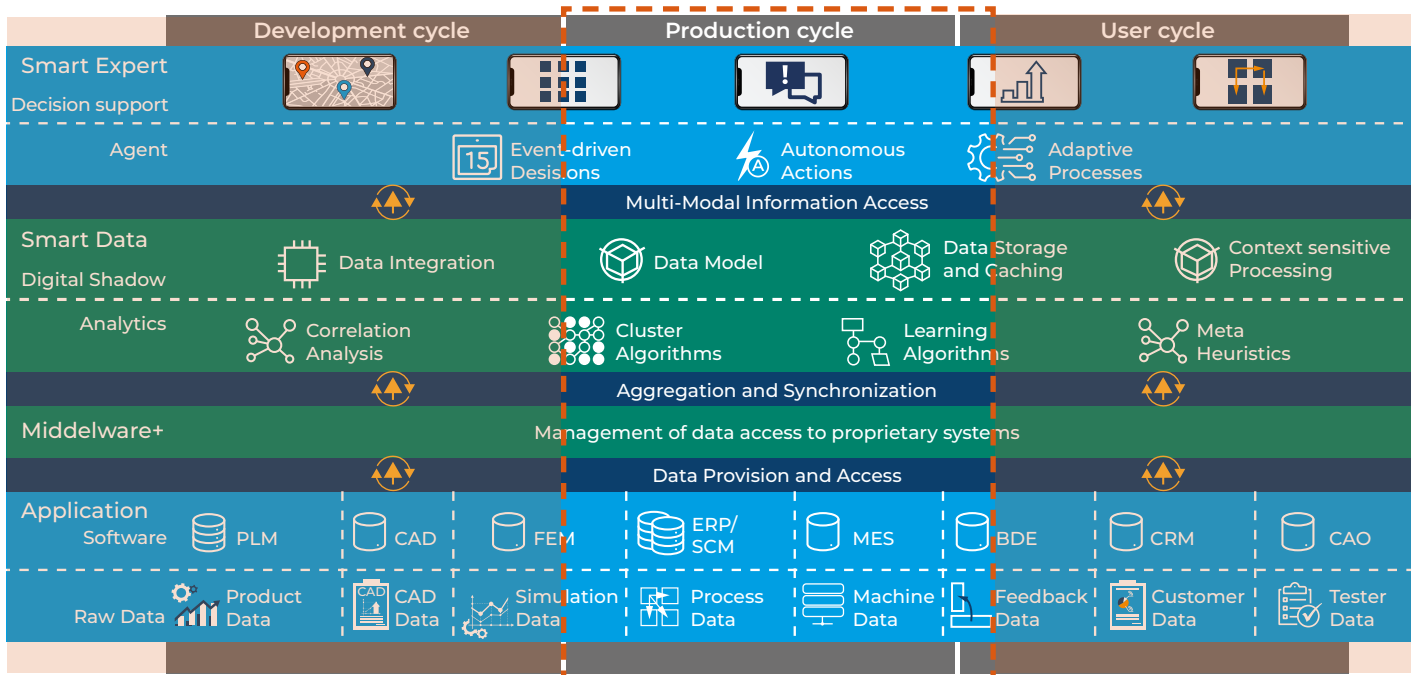


gartner.com/SmarterWithGartner

Source: Gartner
 © 2020 Gartner, Inc. and/or its affiliates. All rights reserved. Gartner and Hype Cycle are registered trademarks of Gartner, Inc. and its affiliates in the U.S.



Figuur 34 : Citizen developers oplossingen breken echt door (bron Gartner)



Figuur 35: **Overzicht IT infrastructuur bedrijfsinformatiesystemen**
(Bron Universiteit Twente)

6.3 Belangrijke trends in het bijbehorende bedrijfsinformatiesystemen

In dit deel van de levenscyclus van producten zijn weer andere bedrijfsinformatiesystemen dominant:

ERP: Enterprise Resource Management
 SCM: Supply Chain management
 MES: Manufacturing Execution System
 BDE: Business Data

Voor de definities en soms overlappende functies, zie bijlage A.

In onderstaande figuur staat vereenvoudigd weergegeven waar bepaalde informatiesystemen het meest ingezet worden en welk soort data hiermee gemoeid is.

De belangrijkste trends hierbij zijn:

- **Automatische calculatie**, ook voor complexere producten. Door het werken met vaste bouwstenen zijn snel en automatisch calculaties te maken, die als onderdeel van een offerte kunnen dienen. Hoe modulairder de systeemarchitectuur hoe makkelijker dit meestal kan.
- **Real-timechecken** ten opzichte van het calculatiemodel zorgt ervoor dat de kostenbewaking gedurende het maakproces veel nauwkeuriger plaatsvindt. Door middel van draadloze (RFID-)chips is continu te volgen waar de producten zijn.
- **Vervallen van eindinspectie**. Dankzij automatisering van product naar proces (inclusief logistiek) en het bewaken van de processen komt er altijd een goed product uit, dat niet meer gecontroleerd hoeft te worden.
- **Waste-reductie**. Door automatisering is bijvoorbeeld het nesten van materiaal of het combineren van batchgewijze productieprocessen optimaal uit te nutten, wat verspilling van materiaal/energie minimaliseert.
- **Metten van eigenschappen van het proces** om te komen tot continue procesverbetering (met een simulatiemodel als referentie). Dankzij overzicht over de kostenposten kan men continu met verbeterwerkgroepen de kosten reduceren.
- **Standaardisatie** van uitgangsmaterialen en gereedschappen, en processen in plaats van producten.
- **Afstemmen toelevering** van materiaal en gereedschappen op het gewenste productprofiel (afroepvoorraad, kanban, etc.). Hiermee worden enorme voorraadreducties mogelijk en daalt de kans op fouten en kapitaalbeslag.
- **Productie van kleine volumes** kriskras door elkaar. Dankzij ICT kunnen ook vele, kleine orders verwerkt worden. Het menselijk denkvermogen is niet langer de bottleneck.
- **Configuratiebewaking**: de integratie van CAD en Manufacturing Execution Systems (MES) om 100% configuratiebewaking en traceability te garanderen.

- **Zelflerende plan- en calculatiesystemen.** In productie-planning (MES) optimaliseren naar: materiaalverbruik, energieverbruik, omsteltijden en zelflerend maken. Door de grote hoeveelheid data kan men trends automatisch interpreteren en invloed laten hebben op de volgende orders.
- **Registratie van testresultaten** in ERP en onderdeel traceability (serienr, prod. batchnr) in ERP
- **Digitale werkinstructies** rechtstreeks uit het PLM systeem
- **Verbijzondering van BOM** per discipline (BOM, Manufacturing BOM, Sales BOM, Service BOM)
- **ICT-interfaces met de klant.** (digitale ketenintegratie). Door dit soort automatisering is het steeds meer mogelijk om ook interfaces te maken met de ICT systemen van de opdrachtgever die bijvoorbeeld: goedkeuring opdrachtgever automatiseren of laatste wijzigingen in de planning automatische doorgeven. Informatie uit de keten gebruiken voor het optimaliseren van de fabriek

	< 5 jaar	> 5 jaar	Opmerking
Robotiseren 4 archetypen	<ul style="list-style-type: none"> • Verdere integratie van processen en flexibilisering van automatisering; breder inzetten van robots/cobots, snel schakelen tussen processen/ producten (lotsize 1) • Autonoom functie testen • Laser projectie/hololens systemen voor montage • Geavanceerde (2D/3D) vision 	<ul style="list-style-type: none"> • Mass customization icm koppelen front-end (webwinkel) aan backend (fabricage) • Digital twin • Dynamic path planning, Simultaneous localization and mapping (SLAM) 	
Robotiseren logistiek	<ul style="list-style-type: none"> • AGV/ AIV evt met cobot erop: de mobiele cobot • Navigatie binnen/buiten • Tooluitwisseling (SMED) 		
Loslaten pyramide	<ul style="list-style-type: none"> • Integratie van bronnen, niveau onafhankelijk (middleware/ service bus ipv point-to-point) 	<ul style="list-style-type: none"> • Gebruik van ontologiën om data-/kennis "netwerken" te creëren die vervolgens kunnen worden uitgenut door (AI) algoritmen 	
Bedrijfsinformatie-systemen	<ul style="list-style-type: none"> • Low code ontwikkelingen om specifiekere apps te ontwikkelen. • IT/OT meer vanuit business ipv puur ICT. Operator Support > gerichte adaptieve werkinstructie • PLC-integratie (link met AD-educatie) • Cloud computing, artificial intelligence • ROS/ Python programming language • Koppeling aan ERP en MES 	<ul style="list-style-type: none"> • Automatische generatie van werkinstructies/ AI toepassingen voor operator support, ook bij kleine datasets • Autonomie verschuiving naar het product 	



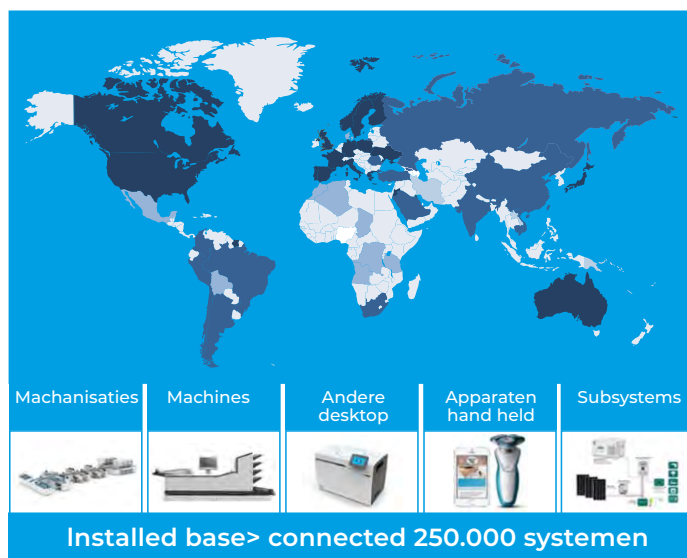
HOOFDSTUK 7

Digitaliseringsontwikkelingen bij het gebruik en onderhoud

7.1 Bedrijfsdoelstellingen in het gebruiks- en onderhoudsproces

Digitalisering is geen doel op zich. Het moet voordeel opleveren in de bedrijfsdoelstellingen. Specifiek voor het gebruiks- en onderhoudsproces betreft dit:

- Nieuwe businessmodellen: bijvoorbeeld pay-per-use.
- Verminderde Total Cost of Ownership klant. (klassieke hoofddoelstelling, bestaande uit :)
- Lagere investeringskosten klant.
- Betere OEE (Overall Equipment Effectiveness), soms ook availability genoemd (luchtvaart).
- Betere MTBF (Mean Time Between Failure).
- Betere MTTR (Mean Time To Repair).
- Betere SMED (Single-Minute Exchange of Die), kortere omsteltijden/turnaround time.
- Lagere gebruikskosten: arbeid, energie en materiaal.
- Elimineren gevaarlijk, smerig en saai werk (arbo).



Figuur 36: **Installed base van grote systemen naar subsystemen connected**

7.2 Belangrijke trends in het gebruik- en onderhoudsproces

7.2.1 Distributed Connected Systems

Zoals beschreven in paragraaf 4.3 groeit de installed base vanuit de systems-bedrijven in Noord-Nederland. Met elk afgeleverd product aan de klant neemt dit aantal met één toe. Alleen Kwant Controls uit Sneek heeft al 60.000 schepen op de wereld varend met hun stuur systemen (controls).

De grote trend is dat deze systemen door de ver ontwikkelde telemetrie steeds beter verbonden zijn met de OEM'er.

Dit stelt bedrijven voor nieuwe vragen:

- Hoe maken we een betrouwbare en veilige verbinding?
- Hoe maken we afspraken over welke data van wie zijn?
- Hoe kunnen we diensten ontwikkelen langs deze data?
- Gaan we nu 24/7 service (eerste- of tweedelijns) verschaffen of niet?
- Wat is lokaal en wat is centraal belangrijk?
- Hoe verbeteren we de prestaties van de huidige generatie systemen en hoe leiden we inzichten naar een volgende, nog te ontwerpen, nieuwe generatie machines?

Op dit moment bevat de installed base ruim 250.000 systemen over de hele wereld. Dit aantal zou in 2025 wel eens over de 1 miljoen kunnen gaan.



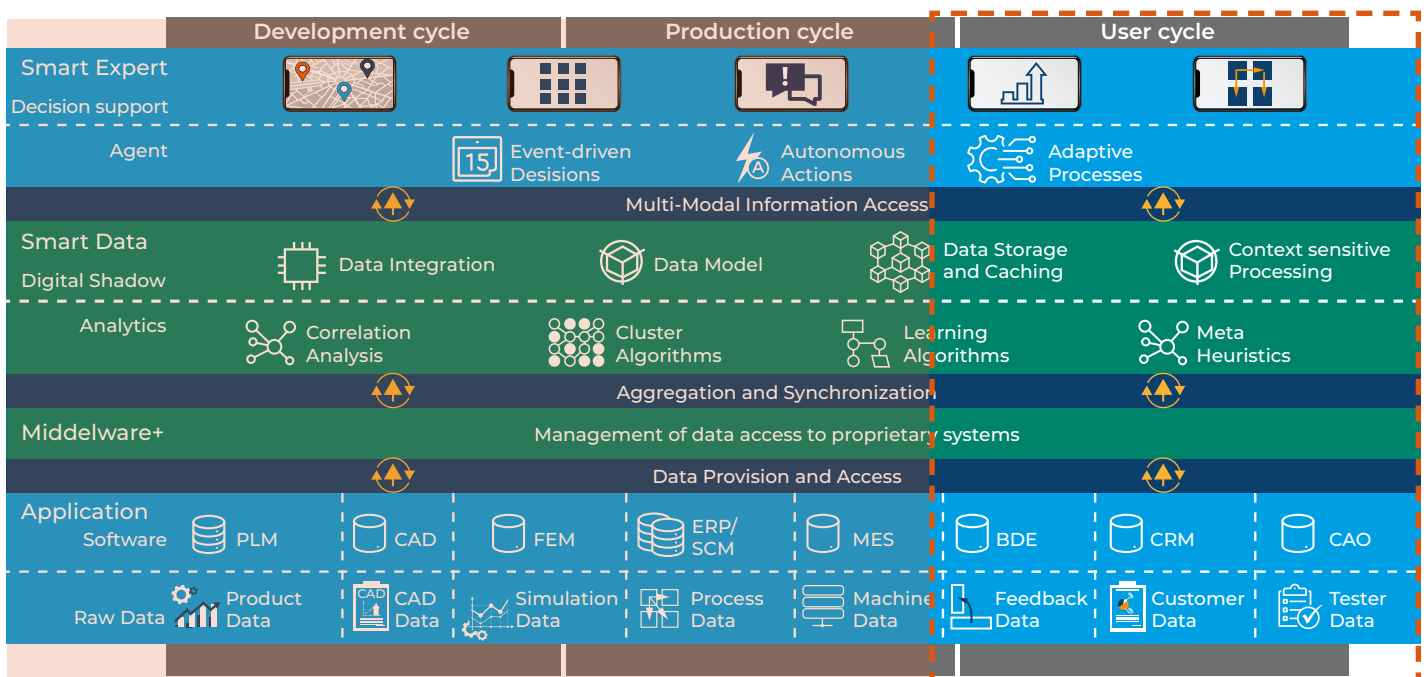
Figuur 37: **De voordelen van professioneel uitgevoerd predictive maintenance**

7.2.2 Predictive maintenance

Bij predictive maintenance komt de hele datatrein van hoofdstuk 4 om de hoek kijken om ervoor te zorgen dat de systemen bij de klant beheerst en voorspelbaar onderhouden kunnen worden. Op dit punt valt veel te winnen ten opzichte van de huidige situatie. Dit vergt investering in sensing, retrieving, storing, analyzing en goede handelingsprotocollen voor operators en TD bij de klant. Beginnend bij dashboarding maar door machine learning steeds meer overgenomen door het systeem.

Zeker in sectoren waar storingen (onverwachte gebeurtenissen) direct gelieerd zijn aan veiligheid, zoals automotive en aerospace, krijgt predictive maintenance een hogere 'orde' van belang. Digital twinning kan hier veel brengen om veilig te experimenteren.

Ook in het kader van duurzaamheid zijn levensduurverlenging en een verminderd materiaal-/energiegebruik in de use-fase door AI van groot belang. De use-fase is immers de langst durende fase in de levenscyclus van een systeem. Neem passagiersvliegtuigen die over het algemeen twintig jaar of langer in gebruik zijn.



Figuur 38: **Overzicht IT infrastructuur bedrijfsinformatiesystemen**
Bron Universiteit Twente)

7.2.3 Virtual en Augmented Reality

De grootste kansen voor grootschalige inzet van virtual reality (VR) en augmented reality (AR) liggen in dit proces. Bij VR om vanuit het CAD-ontwerp een model te bouwen, precies zoals het systeem later wordt opgeleverd aan de klant. Met deze virtuele machine kunnen operators en engineers van de klant reeds opgeleid worden (en op afstand). In combinatie met serious gaming kunnen ook allerlei (nood)situaties worden gesimuleerd. Een bijkomend voordeel is dat bij het in bedrijf stellen bij de klant ook de operators al ingeschakeld kunnen worden.

Bij storingen en onderhoud is het mogelijk om experts op afstand te laten meekijken, bijvoorbeeld met een simpele helm met daarop een GoPro camera. Met een livestream kan een expert uit Noord-Nederland waar ook ter wereld meekijken. Vaak zijn echter tekeningen en ook gebruiksdata van de betreffende onderdelen benodigd om een goede analyse te maken.

7.2.4 Digital warehousing

Nu veel producten een digitaal model hebben, kan dit bij onderhoud en spares veel eenvoudiger en sneller naar de andere kant van de wereld gestuurd worden dan het fysieke model. Dit onderdeel kan dan ter plekke gemaakt worden en dat kan vele malen sneller zijn, zodat de storing eerder verholpen is. Het concept van digital warehousing kent nog meer voordelen zoals het niet hebben van voorraden of zelfs verkeerd ingeschatte voorraden. Dit concept leeft vooral in de wereld van 3D-printing, waar zelfs apps/websites bestaan waar u de beste benodigde 3D-printshop bij u in de buurt kunt vinden – van hobby tot professionele kwaliteit! Toepassingen zijn nu vooral (marine) schepen, maar breidt zich uit.

7.3 Belangrijke trends in het bijbehorende bedrijfsinformatiesystemen

In dit deel van de levenscyclus van producten zijn weer andere bedrijfsinformatiesystemen dominant:

CRM: Customer Relation Management

CAQ: Computer Aided Quality

Voor de definities en soms overlappende functies, zie bijlage A.

In onderstaande figuur staat vereenvoudigd weergegeven waar bepaalde informatiesystemen het meest ingezet worden en welk soort data hiermee gemoeid is.

- **Volledige automatisering van tracking & tracing.** Elk product heeft een uniek identificatienummer (UID) met een directe link naar PDM. Hierdoor is het altijd mogelijk om de historie van dit product te volgen en ook de consequenties van het falen van een product te vertalen in recall-acties.
- **Direct spares met Rapid Manufacturing.** (Gecertificeerde) onderdelen ter plekke maken als ze nodig zijn. Kleine aantallen produceren en leveren met tussenvoorraad nul in de keten. De 3D-print community is hier ver mee. Een aantal militaire schepen hebben reeds 3D-printers aan boord.
- **FMEA-database** (Failure Mode and Effect Analysis). Opbouw storingskennis versus automatische instructie voor operators.
- **Fleet monitoring.** Het overzien van de prestaties van systemen in het veld.



Figuur 39: **Fleetmonitoring bij XparVision in Groningen**
(Bron XparVision)

	< 5 jaar	> 5 jaar	Opmerking
Connected systems	<ul style="list-style-type: none"> • Software update vanuit de cloud met professionele update tools • Cybersecurity • Minimaliseren energieverbruik en verlengen levensduur in gebruiksfase • Data ownership legal 	<ul style="list-style-type: none"> • Idem voor high risk (oa medisch) toepassingen • New cybersecurity solutions NXT gen 	
Pred maintenance	<ul style="list-style-type: none"> • Van preventieve naar predictive applicaties • Control room ontwikkeling • Dashboarding • System health & classificeren 	<ul style="list-style-type: none"> • Nxt gen system health monitoring • Continuous learning door AI (machine/klantdata) • Prescriptive maintenance 	
AR & VR	<ul style="list-style-type: none"> • Ontwikkelen werkbare industriële werkbriil/ hololens • Trainingsomgevingen/serious gaming 		<ul style="list-style-type: none"> • Activiteiten doorschuiven naar de klant (organisatie)
Digital warehousing	<ul style="list-style-type: none"> • Slijtonderdelen herontwerpen voor AM 		<ul style="list-style-type: none"> • E commercing gebruiken (organisatie)
Bedrijfsinformatie-systemen			<ul style="list-style-type: none"> • Right to repair 2025 vs liability (organisatie/juridisch)



HOOFDSTUK 8

Digitaliseringsontwikkelingen bij hergebruik en recycling

8.1 Bedrijfsdoelstellingen in het hergebruiksproces

Digitalisering is geen doel op zich. Het moet voordeel opleveren in de bedrijfsdoelstellingen.

Specifiek voor het hergebruikproces betreft dit:

- % Bill of Material geschikt voor next life.
- Korte doorlooptijd inwinnen.
- Korte doorlooptijd ontmanteling.
- Lagere recyclekosten: arbeid, energie en materiaal.
- Winst levenscyclusanalyse (LCA).
- Elimineren gevaarlijk, smerig en saai werk (arbo).

8.2 Belangrijke trends in het hergebruikproces

Ketens worden cirkels, ook voor de systems-industrie.

Het grote voordeel van de systems-industrie is dat bedrijven over het algemeen weten waar hun producten zich bevinden en bij wie. Ook kunnen er afspraken gemaakt worden over het terugkrijgen van het product. Zeker als de producten connected zijn, kan het zelfs commercieel handig zijn om tegen het einde van de levensduur contact op te nemen met de betreffende klant/gebruiker. Wellicht vormt dit een opstap voor lease of pay-per-use modellen in de toekomst.

Met het belangrijker worden van het sluiten van de (feitelijke) materiaalketen, komen er drie nieuwe processen bij voor de industrie:

- Inwinnen: de retourlogistiek van eindklant naar OEM'er (en soms ook suppliers).
- Scheiden: het vakkundig demonteren van het systeem in submodules en/of onderdelen.
- Herwinnen: het daadwerkelijk recyclen van de basismaterialen.

Dit betekent extra handelingen, extra organisatie vanuit de OEM'er, maar niet per se verlieslatende handelingen.

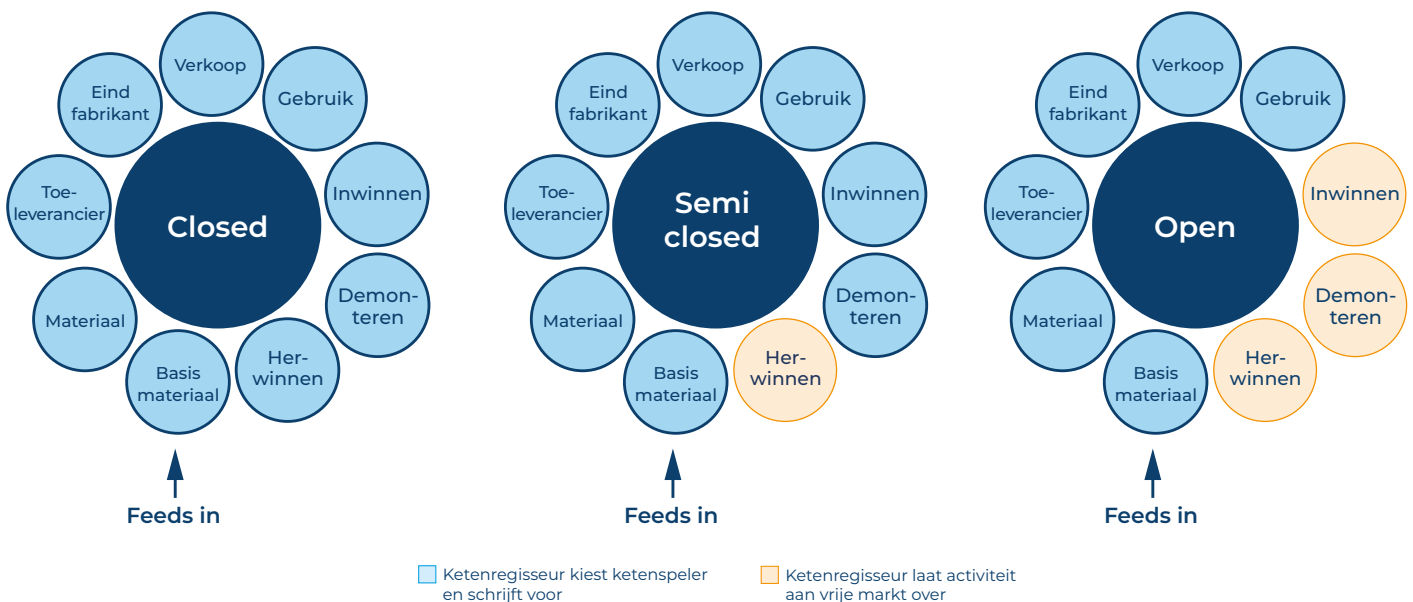
Voor de meeste OEM'ers is het mogelijk een gesloten (closed) cirkel op te zetten, waarbij de OEM'er de complete regie heeft. De automotivebranche laat daarentegen een deel van de cirkel aan partijen in de markt over: autodemontage, metaalschroothandel, etc.

8.2.1 Remanufacturing en system health monitoring

Een belangrijke opkomende trend bij gesloten cirkels is remanufacturing: het op modulenniveau hergebruiken van deelsystemen. Deze worden opnieuw ingebouwd in een nieuwe machine en gaan met nieuwbouwaranties weer de deur uit. Let op: we hebben het hier dus niet over de tweedehandsmarkt.

Twee voorbeelden. Het Eindhovense Panalytical bouwt al jarenlang hun gebruikte röntgenbuis om naar een nieuwe machine. Dit is niet alleen economisch handig, want een buis die eenmaal ingebrand is functioneert ook veel stabiel. Een ander voorbeeld dichterbij huis is Sparck Technologies. Daar worden verschillende modules van hun document systems gecontroleerd, eventueel gereviseerd (actueel gemaakt) en opnieuw als A-kwaliteit in de markt gezet.

Om betrouwbaarder en meer modules op een dergelijke wijze in te zetten, is een sprong te maken met system health monitoring, wat naadloos aansluit op de AI-inspanning om aan predictive maintenance te gaan doen. Veel system-bedrijven staan aan de vooravond van een dergelijke nieuwe businesskans gefaciliteerd door digitalisering.



Figuur 40: **ketens worden cirkels met 3 nieuwe taken inwinnen, demonteren/scheiden en herwinnen.**
(bron Berenschot)

8.2.2 Circulair paspoort

Vooruitlopend op Europese wet- en regelgeving is het goed om deze trend te noemen, waarbij herkomst (bijvoorbeeld foute mijnen met kinderarbeid), samenstelling, footprint (onder andere CO2-uitstoot) van het gehele eindsysteem aantoonbaar en verifieerbaar moet zijn. Ook de Europese Sunset Roadmap (uitfasen van gevaarlijke stoffen) kan hier aan gekoppeld worden.

Dit vergt een complete datastructuur vanaf het winnen van de basismaterialen tot en met de eigen eindassemblage. Iedere ketenschakel zal dergelijke informatie met hun producten of batches van producten moeten meesturen. Dit betekent enorme hoeveelheden data, die bovendien ook betrouwbaar moeten zijn. Het ligt voor de hand dat dit één van de eerste grootschalige toepassingen gaat worden van blockchaintechnologie in de industrie.

8.3 Belangrijke trends in het bijbehorende bedrijfsinformatiesystemen

Dit deel van de cirkel is nog voor een groot aantal partijen terra incognita, maar hier gaat de komende jaren veel gebeuren.

- **Volledige automatisering van tracking & tracing.** Elk product heeft een uniek identificatienummer (UID) met een directe link naar PDM. Hierdoor is het altijd mogelijk om de historie van dit product te volgen en te gebruiken bij recycle-afwegingen.

	< 5 jaar	> 5 jaar	Opmerking
Remanufacturing	<ul style="list-style-type: none"> • System health for remanufacturing and gerefurbished spare parts 		<ul style="list-style-type: none"> • Reverse logistics • ECO-design / circular design • Design for disassembly, recycling, remanufacturing etc
Circulair Product Passport	<ul style="list-style-type: none"> • Pve digital circulaire product Passport voor use fase 	<ul style="list-style-type: none"> • Idem maar dan de totale (levens) cirkel 	<ul style="list-style-type: none"> • Nieuwe material: bio-based, decrease environmental footprint (e.g. vervanging van zilver en materialen op fossiele basis), biologisch afbreekbare en composteerbare oplossingen • LCA verbetering en automatisering
Bedrijfsinformatie-systemen	<ul style="list-style-type: none"> • Supply chain data met blockchainverificatie 		<ul style="list-style-type: none"> • Opstarten Noordelijke werkgroep Circulaire Economy Smart Industrie en aansluiten landelijk netwerk



HOOFDSTUK 9

Digitaliseringsontwikkelingen in de supply-chain-processen

9.1 Bedrijfsdoelstellingen in de supply-chain-processen

In de vorige hoofdstukken volgde hier een opsomming van alle relevante bedrijfsdoelstellingen vanuit het perspectief van de OEM'er oftewel de uitbestedende partij in de supply chain.

Voor toeleveranciers is het simpel. Voor alle bedrijfsdoelstellingen van de klant wordt een bijdrage gevraagd. Zeker voor ontwerpende en fabricerende toeleveranciers is dat een complex spel, waarbij klantgericht niet in klantgezwicht moet vervallen om in ieder geval de eigen bedrijfsdoelstelling overeind te houden: zelf ook marge maken. Op deze plek is het goed om een keer de hoed af te nemen en een diepe buiging te maken voor onze regionale, nationale en internationale toeleveranciers!

De laatste tijd is er echter een kentering te merken in het supply-chain-denken bij OEM'ers vanwege de geopolitiek en de befaamde Evergreen in het Suezkanaal. Hierdoor houden veel bedrijven hun internationale supply chain opnieuw tegen het licht. Met als motto: equal = local!

Laten we het geheel samenvatten in één belangrijke bedrijfsdoelstelling:

- Verhogen van de productiviteit van de samenwerking in de keten.

9.1.1 Belangrijke trends in het supply-chain-proces *Smart Connected Supply Network*

De Nederlandse hightech-industrie is een groot project gestart voor een datastandaard die het uitwisselen van informatie in de toeleverketen efficiënter maakt, waardoor bedrijven makkelijker, sneller en betrouwbaarder data kunnen delen.

Dit resulteert in een hogere productiviteit (> 20%) van de leveranciersketen door snelle, veilige en interoperabele uitwisseling van informatie tussen bedrijven. Bij het SCSN-netwerk worden data uitgewisseld met alle aangesloten bedrijven in de productieketen, denk daarbij aan orders,

facturen, technische productdata, etc.

	< 5 jaar	> 5 jaar	Opmerking
SCSN	<ul style="list-style-type: none"> • Standaardiseren en integeren data over de keten tbv data uitwisseling en sturing supply chain 		
Circulair Product Passport	<ul style="list-style-type: none"> • Collecting and sharing product data 		
Bedrijfsinformatie-systemen	<ul style="list-style-type: none"> • Standaardiseren en aanbieden bedrijfsdata aan de keten (API hosting, etc), icm SCSN • Ontwikkelen toepassingen GAIA X / IDS 		

BIJLAGE A

Scoping en definities

Soorten systems

Karakteristieke eigenschappen van complexe, high tech systems zijn:

- intelligentie (embedded systemen, software, sensoren, kunstmatige intelligentie)
- nauwkeurigheid (nano-elektronica, high precision manufacturing)
- efficiëntie (mechatronica, energie).

Om deze systemen te maken, zijn allerlei hoogwaardige materialen nodig. Iedereen kent natuurlijk staal en kunststoffen, maar er worden ook vele nieuwe materialen gebruikt in deze systemen. Denk aan spuitgietbare keramiek, exotische metaallegeringen met allerlei bijzondere functies, vezelversterkte composieten en functionele coatings.

De term hightech is ontstaan in de tijd dat veel maakbedrijvigheid naar Oost-Europa en het Verre Oosten verdween (eind jaren 90 en begin deze eeuw). Deze term was vooral bedoeld om te laten zien dat een deel van de maakindustrie niet tot deze trend behoorde en een robuuste toekomst heeft in Nederland.

Karakteristieke eigenschappen van complexe, heavy duty systems zijn:

- robuuste systemen die onder zware condities kunnen werken
- robuuste systemen die hoogbelaste systeemfuncties kunnen leveren door hydrauliek/pneumatiek en zware aandrijving
- materialen: veel staalconstructies.

Wat zijn geen discrete systems?

Techniek is uiteraard overal aanwezig, maar de volgende gebieden rekenen we niet tot systems & materials: weg- en waterbouw, utiliteits-/woningbouw, gebouwinstallaties en installaties voor proces(achtige) industrie (vaak worden systeemfuncties in tonnen/liters per ... uitgedrukt).

Soorten toeleveranciers

Het HTSM-ecosysteem is ook onder te verdelen in primaire keten en ondersteunende partijen. Op deze manier komen de samenhang en overeenkomsten van deze subsectoren meer tot hun recht. De primaire keten zelf is in vijf soorten ketenspelers of rollen te verdelen.

OEM'ers, eigenaren van het eindsysteem en uitbesteders in de supply chain, zijn ketenspelers die ieder een eigen markt kennen en daaruit de eisen voor hun productpakket afleiden. De markt van productiemachines kent vele bekende spelers, zoals Hembrug, ASML, ASMI, ThermoFischer en Panalytical, maar ook minder bekende Nederlandse spelers, zoals Timesavers en Voortman.

OEM'ers hoeven niet per se groot te zijn, maar kunnen ook in de categorie mkb vallen. Omgekeerd hoeven toeleveranciers geen mkb-bedrijven (meer) te zijn.

Noordelijke voorbeelden zijn

	Groot bedrijf	Midden- en kleinbedrijf
OEM'er	<ul style="list-style-type: none"> • Philips • Perkin Elmer • BD Kiestra • Comecer • Sparck Technologies • Steril 	<ul style="list-style-type: none"> • Ziuz • XparVision • Dewulf
Toeleveranciers	<ul style="list-style-type: none"> • Stork Turbine Blade • Batenburg Beenen • NTS Norma • FMI 	<ul style="list-style-type: none"> • Meijer Plaatbewerking • Bies • STT • Ventura Systems • Technologies Added

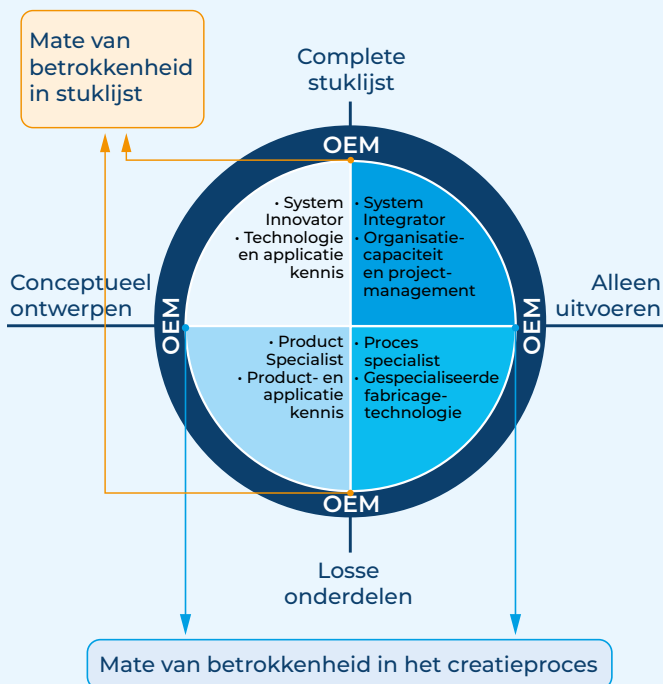
Tabel 1: **Voorbeeld van bekende Noordelijke Nederlandse bedrijven (soort en grootte)**

Toeleverende ketenspelers zijn onder te verdelen in vier archetypen. Het door Berenschot ontwikkelde classificatiemodel (in opdracht van de NEVAT) gaat uit van twee assen:

- De verticale as geeft de betrokkenheid in de stuklijst (in dit geval van het totale product c.q. de totale productfamilie) aan. Onderaan de as mag men losse onderdelen leveren, bovenaan levert men een compleet systeem.
- De horizontale as geeft de betrokkenheid in het ontwerpproces aan. Geheel links worden nieuwe systeemconcepten of delen daarvan ontworpen en geheel rechts maakt men alleen alles volgens tekening.

De combinatie van deze twee assen resulteert in vier kwadranten en in elk kwadrant is een archetypenrol te benoemen. Er zijn dus vier rollen:

- System innovator: op een hoog stuklijstniveau werkend aan de ontwerpkaart.
- System integrator: op een hoog stuklijstniveau werkend aan de maakkaart.
- Processpecialist: op een laag stuklijstniveau werkend aan de maakkaart.
- Productspecialist: op een laag stuklijstniveau werkend aan de ontwerpkaart.



Figuur 41: Vier soorten rollen van toeleveranciers

OEM'ers omvatten en regisseren de complete supply chain, gevisualiseerd in de blauwe ring.

Let op: in één organisatie kunnen soms twee of zelfs drie rollen voorkomen. In het verleden was het zelfs heel gewoon om als onderneming alle rollen in huis te hebben. Bij de classificatie gaat het erom welke rol in de markt wordt gezet. Elk kwadrant kent zijn eigen businessmodel, daarom is het ook lastig om zomaar van rol te veranderen in de markt.

Definities bedrijfsinformatiesystemen

Enterprise resource Planning (ERP) is zonder twijfel het meest toegepaste informatiesysteem in de systems-industrie, het ondersteunt een veelheid aan functies op een geïntegreerde manier. ERP omvat belangrijke administratieve en planningsfuncties waaronder Financiën, Verkoop en Service, Engineering, Productie en Inkoop. Daarmee is ERP ook een belangrijke ruggengraat in de IT.

Wat ERP voor de systems-industrie niet afdekt, zijn systemen ter ondersteuning van engineering en werkvoorbereiding, zoals CAD, CAE en CAM met grafische ondersteuning en (zware) rekentoepassingen. Voor de systems-industrie zijn juist ook systemen die de productdata, specificaties en installed base (as built – as is) vastleggen en onderhouden van zeer groot belang, zoals PLM en PDM. In ERP zijn daar zeker ook elementen van terug te vinden, maar niet uitgebreid.

Dat geldt ook voor andere functies waar geavanceerde ondersteuning bij is vereist; daar zijn specifieke systemen voor op de markt, zoals MES voor de ondersteuning en coördinatie op de werkvloer en koppeling met besturingen van machines en apparaten. Of QMS voor kwaliteitsinformatie en CRM voor de aansturing van Verkoop en Service, APS voor scheduling of forecasting en SRM voor uitgebreide ondersteuning van Inkoop. Deze systemen bevatten veelal wel koppelingen met andere systemen (ERP), maar zijn doorgaans onderling niet echt geïntegreerd.

Afkortingen en definities in alfabetische volgorde:

APS: Advanced Planning & Scheduling is vaak complex maar geschikt om juist materiaal én capaciteit in samenhang te plannen en af te stemmen, terwijl ERP veelal alleen de materiaalcoördinatie als basis neemt voor planning (de stuklijst). APS wordt veelal daar gebruikt waar eenvoudiger systemen onvoldoende resultaten geven en beslissingen niet goed ondersteunen.

CAD: Computer Aided Design is niet meer weg te denken in innovatie en productontwikkeling, in veel gevallen 3D met veel ondersteuning door middel van bibliotheken voor standaards en berekeningen.

CAM: Computer Aided Manufacturing zorgt voor geautomatiseerde werkvoorbereiding door vanuit de productdata naar de aansturingsdata te gaan van de machine waarop het product wordt gefabriceerd. CAM kan tevens rekening houden met bijvoorbeeld krimp van kunststoffen, terugveren van metaalplaat, optimaal nesten van uit te snijden stukken weefsel (composiet).

CAE: Computer Aided Engineering zorgt voor simulaties in de ontwerpfase. Er zijn vele soorten simulaties, wellicht is de bekendste Finite Element Modeling (FEM), die het meest gebruikt wordt voor sterkteberekeningen van producten.

CAQ: Computer Aided Quality ondersteunt het QMS (Quality Management System) van een bedrijf waarin alle kwaliteitsgegevens van inkomende goederen/materialen, processen en afgeleverde goederen met bijvoorbeeld certificaten en traceability bijgehouden worden.

CRM Customer Relationship Management betreft het structureel en systematisch ondersteunen van alle functies in het bedrijf die de klant raken, te weten marketing, verkoop, klantenservice en buitendienst. Dit door de integratie en sturing van mensen, processen en technologie. Een greep uit de functionaliteiten: Accountmanagement, Customer service, E-mailmarketing, Funnel management (leads & prospects), Klachtafhandeling, Klantcommunicatie, Klantendatabases, Klanttevredenheid en Sales performance.

ERP Enterprise Resource Planning is een bedrijfsbreed systeem voor het beheer en de coördinatie van alle resources, informatie en functies van een bedrijf vanuit een gedeelde database. ERP heeft betrekking op de geïntegreerde software-infrastructuur die het gehele bedrijfsproces ondersteunt. ERP benadert een bedrijf en al zijn onderdelen als één geheel, in plaats van in silo's van activiteiten of functies. De term ERP is oorspronkelijk afgeleid

van Manufacturing Resource Planning (MRP II) en Material Requirements Planning (MRP). Het systeem omvat administratieve en planningsfuncties als Inkoop, Productie, Distributie, Voorraad, Engineering, Verkoop, Services, Financiën, HR, Facilities en Onderhoud.

MMS: Maintenance Management Systemen ondersteunen het beheer van assets: gebouwen, installaties, apparaten, machines en gereedschappen. De configuratie en specs van assets en onderdelen kunnen worden beheerd, andere functies in deze systemen betreffen ondersteuning bij onderhoudsschema's, werkorders en voorraadbeheer, inkoop, budgetten en de (financieel-) administratieve afhandeling.

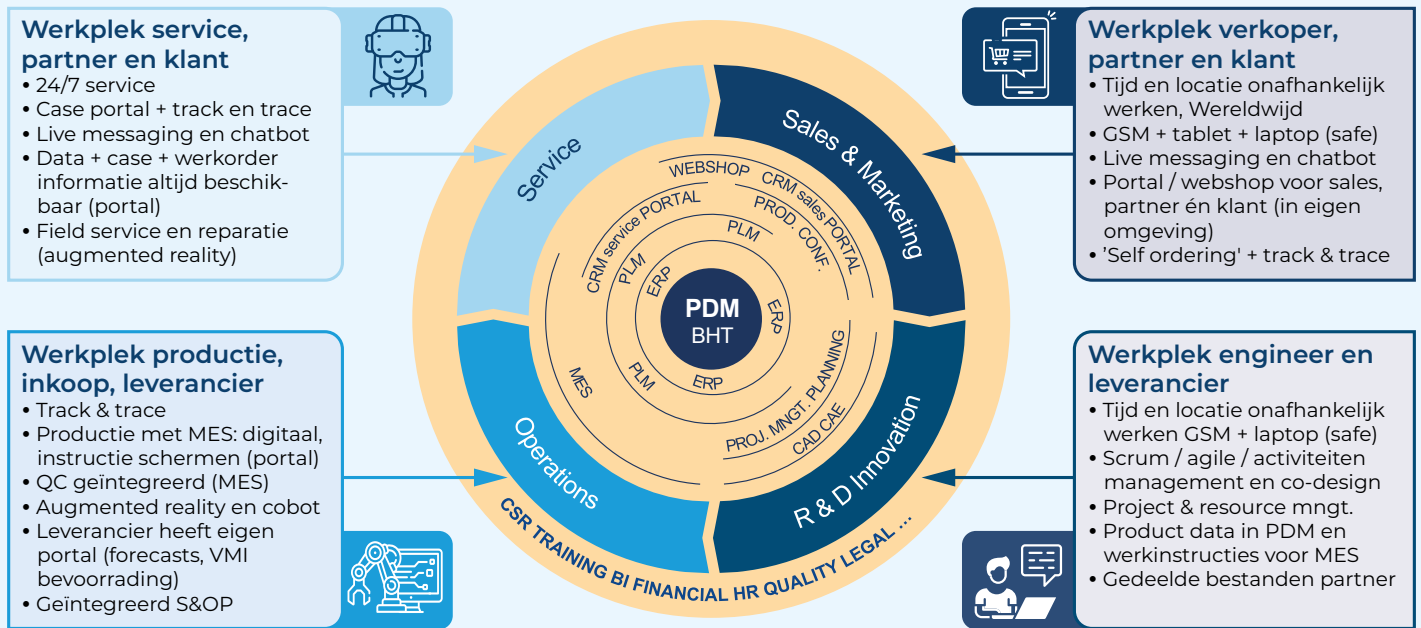
PDM: met Product Data Management wordt de productinformatie beheerd. Het omvat een gestructureerde werkwijze en centrale opslag van alle productgerelateerde data zoals CAD-gegevens, 2D- en 3D-tekeningen, stuklijsten en (product)specificaties in allerlei formats. Uiteindelijk vormt PDM de Bill of Material van het product.

PLM: Product Lifecycle Management is gericht op het structureren van innovatie, nieuwe productontwikkeling en -introductie (NPDI) en productinformatiebeheer van ideevorming tot het einde van de levenscyclus. PLM is het proces van het beheren van productgerelateerde ontwerp-, productie- en onderhoudsinformatie. PLM kan ook dienen als centrale opslag en beheer van secundaire informatie, zoals leveranciersinformatie, catalogi, feedback van klanten, marketingplannen, gearchiveerde projectschema's en andere informatie die tijdens de levensduur van het product is verkregen.

SRM: Supplier Relationship Management is gericht op het ondersteunen, stroomlijnen en verbeteren van inkoopprocessen. Met SRM worden leveranciers gecategoriseerd, per leverancier wordt een (inkoop)strategie vastgesteld en wordt uitvoering ondersteund, waarbij ook de performance van leveranciers gestructureerd wordt vastgelegd. Bedrijfsprocessen worden op elkaar af gestemd en relaties met leveranciers gecoördineerd. E-procurement kan onderdeel zijn van SRM en ondersteunt (automatiseert) het operationele proces. SRM streeft niet alleen naar kostenbesparingen, maar ook naar het maximaliseren van de waarde van leveranciers om concurrentievoordeel op de markt te behalen.

WMS: Warehouse Management Systeem is gericht op het beheer van een magazijn en het met elkaar verbinden van magazijnprocessen om op basis van de beschikbare informatie beslissingen te nemen. WMS is doorgaans gekoppeld aan ERP voor meer geavanceerde ondersteuning van magazijnprocessen.

Kantoorautomatisering en infrastructuur



BIJLAGE B

Het schrijfteam

Aan het tot stand komen van deze gezamenlijke roadmap hebben de volgende personen meegewerkt:

Naam	Bedrijf	Functie
Chandler Hatton	Ziuz	CTO
Nico van der Dussen	Variass	COO
Sytze de Graaf	NTS Norma	R&D manager
Eric Sloot	Philips	Robotics Engineer
Bas Nieuwenhuis	Movacolor	CTO
Bas Snijders	Philips	PPP manager
Willem Jan Mulder	Sparck Technologies	R&D manager
Gerrit Mulder	Stork Turbine Blading	R&D manager
Frank Bosveld	Hytrans	CEO
Gert de Boe	Dewulf	R&D manager
Andrej Gigerson	BD	Systems design engineer
Albert Jan Boonstra	Astron	Senior Innovation & systems engineer
Pieter Lantermans	Hyfly	CEO
Hendri Kortman	Variass systems	Innovation manager
Roelof Jan Boer	Resato International	Chief of IT/OT
Niels de Jong	AP van den Berg	Technical director
Lars de Groot	Demcon Industrial Systems	Managing Director
Roelof Jan Boer	Resato	Chief Informational Technology
Sander de Jong	XPAR Vision	Lead Development Engineering
Gerke Boersma	Huhtamaki	Mechatronics & Software
Jan Bos	CEO JB	Besturingstechniek



Innovatiecluster
high tech systems Drachten

Innovatie Cluster Drachten

De Tijen 3

9201 BX Drachten

www.icdrachten.com