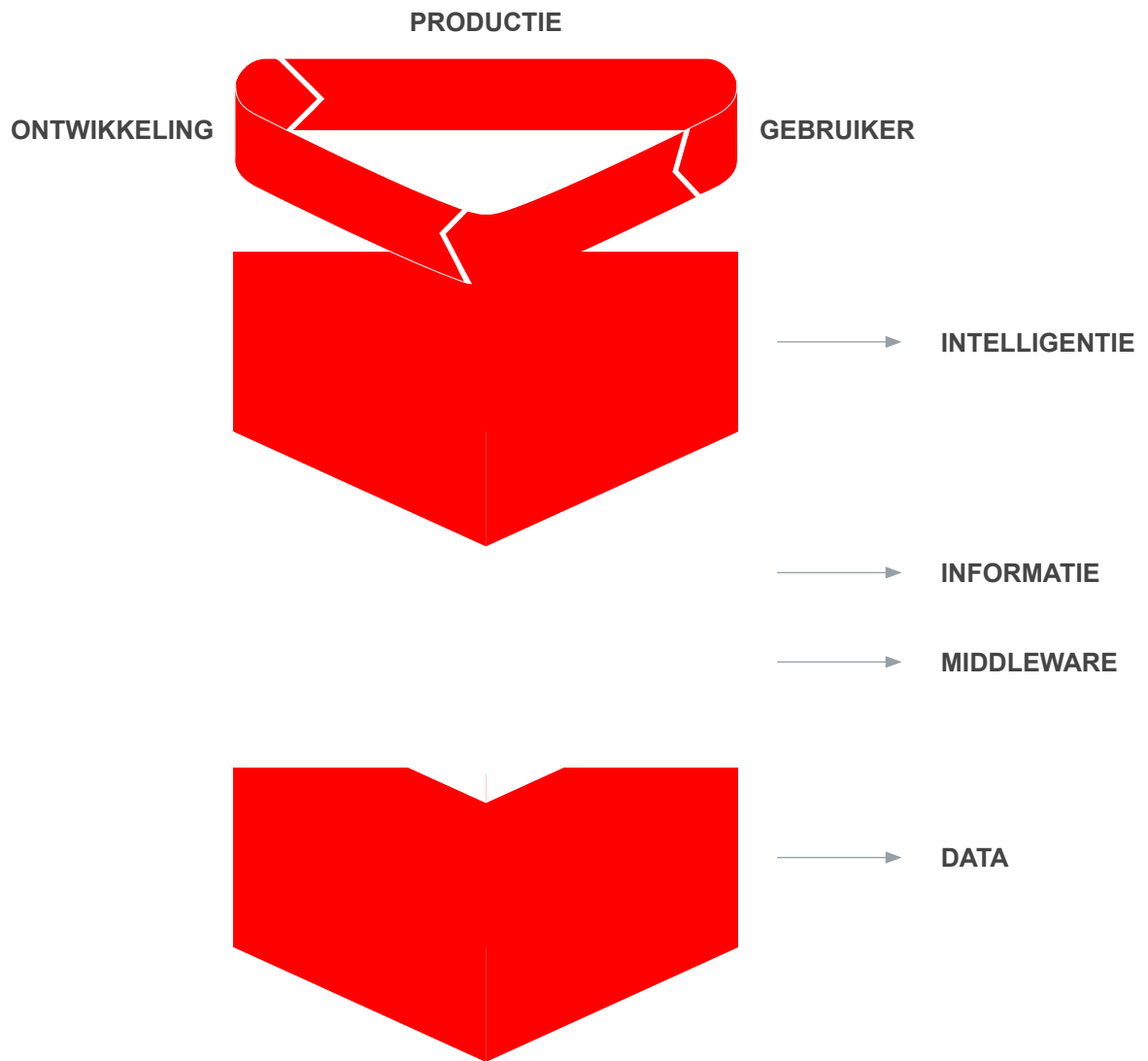


UNIVERSITY  
OF TWENTE.

FRAUNHOFER  
INNOVATION PLATFORM  
FOR ADVANCED MANUFACTURING

# VERBONDEN, AGILE PRODUCTIE





# INHOUD

## INDUSTRY 4.0

Digitale transformatie voor verbonden, agile productie	5
Introductie van het geavanceerde productielandschap	6

## INTELLIGENTIE

Digital twins voor producten en productieomgevingen	9
Virtual en augmented reality in ontwikkelingscycli	11
Virtuele dashboards	13
Servicegerichte architectuur	14

## INFORMATIE

Machine-to-machine communicatie	17
Big Data en voorspellende gegevensanalyses	19
Gegevensconsistentie in de CAX-procesketen	21

## DATA

IoT en cyber-fysieke systemen	23
Cyberbeveiliging en vertrouwen	25
VBox – Retrofitting voor Industry 4.0	27
5G-datatransmissie in productiesystemen	29

## PRAKTIJKTOEPASSINGEN

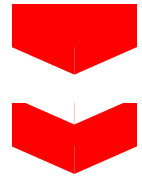
Visualisatie en simulatie	31
Productiekosten verlagen m.b.v. slimme besturingsalgoritmes	33
Automatisering in complexe productieomgevingen	35
Digitale strategieën en bedrijfsmodellen	37
Zelfoptimalisatie van productieprocessen	39
Digital twins in de productie van turbinecomponenten	41

## OVER ONS

42







# INDUSTRY 4.0

## DIGITALE TRANSFORMATIE VOOR VERBONDEN, AGILE PRODUCTIE

De zogenoemde ‘vierde industriële revolutie’ is voornamelijk tot stand gekomen door de digitalisering van de productie en het ontstaan van netwerken. Modieuze termen zoals ‘Internet of Things and Services’ en ‘cyber-fysieke productiesystemen’ beloven een toename in de netwerkactiviteiten van autonome en zelfoptimaliserende productiemachines en intelligente producten, die zodanig kunnen worden aangepast dat ze uiterst gepersonaliseerde resultaten leveren. Veel van dit alles blijft voorlopig echter nog een toekomstbeeld. Toch zullen bedrijven die straks willen overleven op de fel concurrerende wereldmarkten vandaag al moeten nadenken over de rol die zij morgen willen spelen in ‘Industry 4.0’.

In deze brochure willen wij de vaak nog onduidelijke aspecten van Industry 4.0 nader toelichten. We geven u een beeld van wat wij, het Fraunhofer Innovation Platform, onder Industry 4.0 verstaan en vertellen wat wij u, als onze potentiële partner, kunnen bieden in uw zoektocht naar ‘Digitale transformatie voor verbonden, agile productie’.

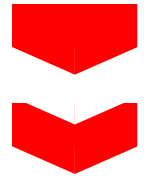
Aan de orde komen bijvoorbeeld virtuele dashboards, waarmee u de juiste beslissingen kunt nemen, en we beschrijven hoe we u kunnen ondersteunen om de overvloed aan data te structureren waarmee de meeste bedrijven vandaag de dag te maken krijgen.

Een ander nieuw concept dat we aan de orde stellen is de ‘digital twin’, ofwel virtuele representatie, die ingenieurs en besluitvormers de mogelijkheid biedt om te profiteren van digitalisering en zo de efficiëntie, effectiviteit en kwaliteit te verhogen.

De technologieën die vandaag de dag beschikbaar zijn, maken een optimaal machineontwerp mogelijk, naast een eenvoudige inbedrijfstelling, korte omsteltijden en een foutloze werking. Daarnaast door iedereen moeten worden ingespeeld op de toenemende vraag naar gepersonaliseerde, industriële producten.

Iedereen die vandaag de dag succesvol producten en diensten op de wereldmarkten wil brengen, moet leren zijn eigen beperkingen te overwinnen, vorm te geven aan het veranderingsproces, snel besluiten te nemen en daarnaast bereid zijn zich steeds weer aan te passen aan de voortdurend veranderende eisen.

**Begin hier, begin vandaag nog!**



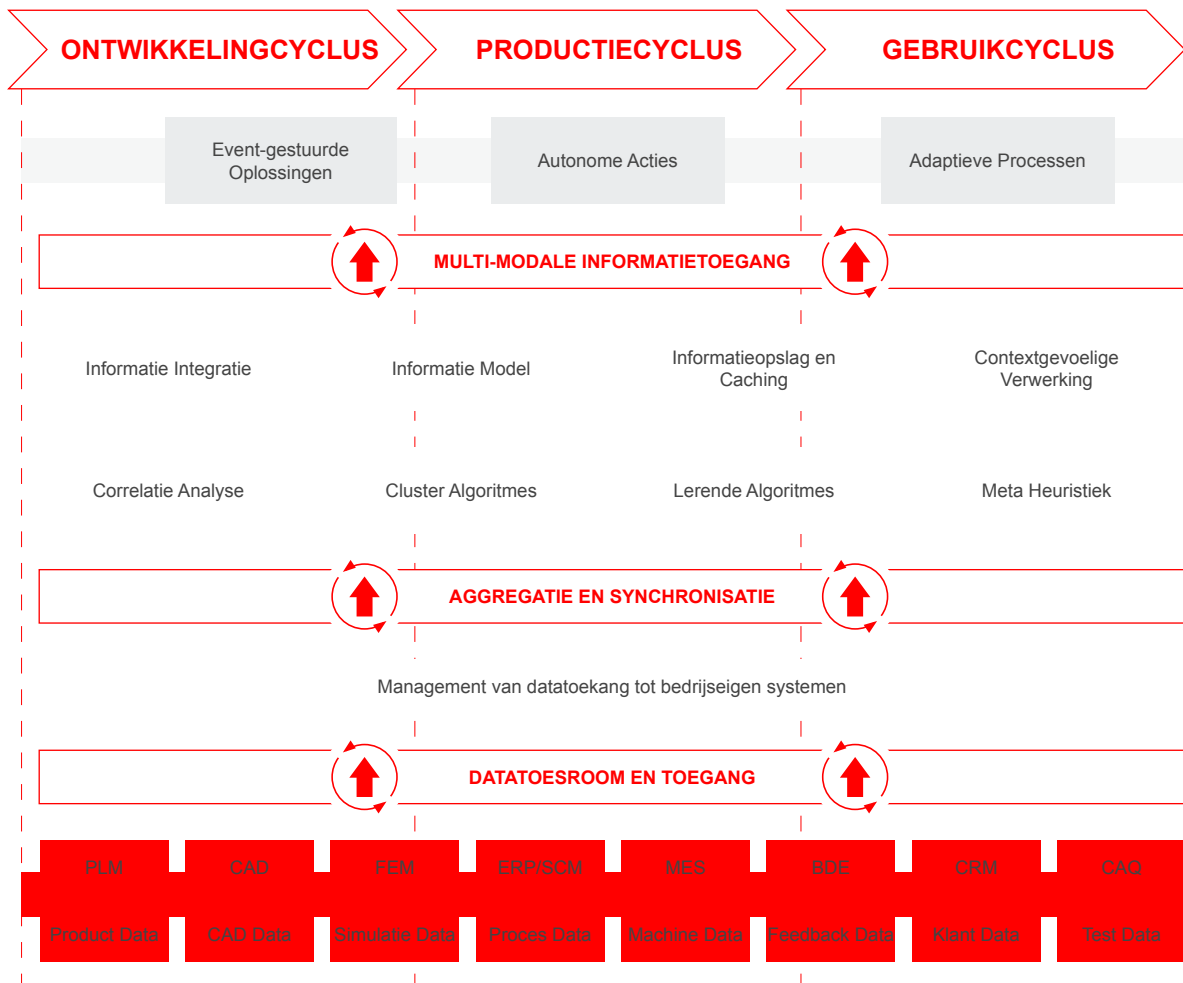
# INDUSTRY 4.0

## INTRODUCTIE VAN HET GEAVANCEERDE PRODUCTIELANDSCHAP

Het huidige industriële landschap kenmerkt zich door steeds meer uitdagingen. Om er een paar te noemen: het benutten van de stortvloed aan data, de steeds verdergaande digitalisering, de herconfiguratie van waardeketens, nieuwe milieuregelgeving, de groeiende focus op de klant en niet in de laatste plaats de behoefte aan snelheid.

Moeten voldoen aan al deze uitdagingen zorgt voor een enorme druk. Het zit evenwel in ons DNA om daarmee om te gaan, zelfs

als het betekent dat onze producties op verschillende fronten tegelijkertijd geïnnoveerd moeten worden. Het doel van het Fraunhofer Innovation Platform is om – alleen of samen met onze samenwerkingspartners – Nederlandse productiebedrijven, van welke omvang of bedrijfstak dan ook, te ondersteunen in wat wij graag omschrijven als ‘Digitale transformatie voor verbonden, agile productie’. In dit kader hebben we het Geavanceerd Productielandschap ontwikkeld.



**Geavanceerd productielandschap, gebaseerd op het 'Internet of Production'-model, ontwikkeld door WZL van de RWTH Aken en het Fraunhofer IPT.**

Het Geavanceerd Productielandschap beschrijft onze visie op de uitdagingen van Industry 4.0 en richt zich op één primair doel: de beschikbaarheid van de juiste informatie, altijd en overal, gedurende de gehele levenscyclus van het product. Leidinggevenden van bedrijven kunnen zo beter geïnformeerd de juiste beslissingen nemen en tegelijkertijd onderhoudsmonteurs toegang geven tot de meest recente machinegegevens of informatie over recente productwijzigingen.

Dit geheel, bestaande uit besluitvorming gebaseerd op kennis op elk niveau, gebeurtenisgestuurde beslissingen, adaptieve processen of autonome beslissingen, vatten we graag samen met de term 'intelligentie'. Om u op elk moment de benodigde beslissingsondersteuning te kunnen bieden, zetten wij alle nuttige informatie om in een krachtige en veelzijdige 'digital twin' (virtuele representatie) van uw product of productieomgeving. Voor het verstrekken van de benodigde informatie is het echter noodzakelijk dat de enorme hoeveelheden data waarover uw bedrijf beschikt, eerst worden verzameld, toegankelijk worden gemaakt en goed worden beheerd.

Sta eens stil bij de bedrijven met de meest succesvolle digitale producten ter wereld van vandaag. Dan ziet u dat ze allemaal bekendstaan om hun innovatieve manieren om de data van hun gebruikers te gebruiken, met als doel de ontwikkeling en/of de efficiëntie van de productie voor hun volgende innovatie te verbeteren.

Om concurrerend te kunnen zijn in de wereld van morgen, moeten data die gedurende de gehele levenscyclus van het product – van ontwikkeling tot productie tot de gebruiker – worden gegenereerd, worden omgezet in informatie, waaruit vervolgens de intelligentie wordt gedestilleerd waarmee vandaag de juiste beslissingen kunnen worden genomen.

### INTELLIGENTIE

Beslissingsondersteuning  
Digital Twin

### INFORMATIE

Management  
Analyse

### MIDDLEWARE+

### DATA

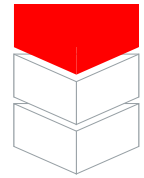
Applicatiesoftware  
Ruwe Data

*Altijd en overal de juiste informatie*









# INTELLIGENTIE

## DIGITAL TWINS VOOR PRODUCTEN EN PRODUCTIEOMGEVINGEN

Effectieve en agile industriële productie vereist een feilloos overzicht van alle data, informatie, belanghebbenden en perspectieven die een rol spelen in de ontwikkelingscycli van producten en productieomgevingen. Technici hebben een combinatie van ontwikkelingsmodellen, simulaties en praktijkgegevens nodig om op de juiste manier de juiste beslissingen te kunnen nemen.

Digital twins integreren al deze aspecten, waardoor de actuele staat van het product of de productieomgeving op coherente en consistente wijze kan worden nagebootst, terwijl tegelijkertijd voorziene toekomstige situaties kunnen worden gerepresenteerd. De digital twin evolueert mee met de ontwikkelingscyclus in de gehele waardeketen, biedt structuur en geeft toegang tot nuttige tools en methoden en betekenisvolle vastgelegde data. We gebruiken het concept van de digital twin om verschillende systeemniveaus in de waardeketen aan te pakken: componenten en producten, machines en productielijnen, fabrieken en bedrijven, en meer. Op al deze verschillende niveaus verbinden de digital twins het ontwerp, de productie en de levenscyclus van de producten en de productieomgevingen met elkaar, zodat het mogelijk wordt om op veelzijdige wijze samenhangende beslissingen te nemen en de gevolgen van die beslissingen inzichtelijk te krijgen.

We ontwikkelen digital twins om onder andere producteisen en -definities, inzichten van ontwerpers, simulaties op basis van modellen, gedrags- en controlemechanismen en data

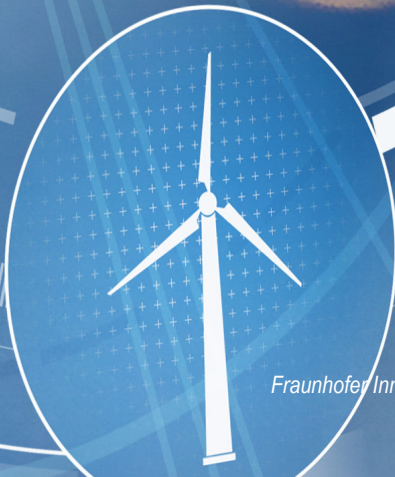
van IoT-toepassingen bij elkaar te brengen. Al deze factoren tezamen maken een gerichte en afgestemde aanpak, visualisering en besluitvorming mogelijk voor specifieke perspectieven binnen de ontwikkelingscyclus.

Digital twins kunnen worden bediscussieerd, aangepast, gewijzigd en getest, en bieden tegelijkertijd simulaties die weliswaar onafhankelijk zijn van het tastbare product, maar wel altijd representatief zijn. Ze voegen bevindingen en metingen van afzonderlijke producten of machines samen tot inzichten die de ontwikkelingscycli onderbouwen en aansturen en dat leidt weer tot een solide ontwikkeling en optimalisatie van producten, processen en productieomgevingen.

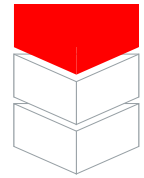
Met digital twins kunnen we oplossingen ontwikkelen voor het maken van onderbouwde 'what if'-analyses bij voorgestelde wijzigingen of vastgestelde afwijkingen in het systeem. Daardoor kunnen er effectieve beslissingen worden genomen. Ook maar leren digital twins van de ontwikkelingscyclus en van simulaties en verzamelde feedback van productimplementaties. Ze volgen, voorspellen en sturen gelijktijdig de ontwikkelingsprocessen van producten en de productieomgevingen waarin ze tot stand komen. Juist om die reden fungeren digital twins als intelligente, digitale tegenhangers van de werkelijkheid, of het nu gaat om de huidige of om een verwachte of ontworpen werkelijkheid.



# SMART INDUSTRY







# INTELLIGENTIE

## VIRTUAL EN AUGMENTED REALITY IN ONTWIKKELINGSCYCLI

Virtual', 'augmented' en 'mixed' technieken bieden gebruikers de mogelijkheid om situaties te ervaren die – bijvoorbeeld vanwege de veiligheid of omvang of om logistieke redenen – nog niet (kunnen) bestaan of momenteel ontoegankelijk zijn. Bij veel technieken is doelgerichte interactie mogelijk. Dat kan het bedienen van een machine zijn die nog in ontwikkeling is, maar ook de haptische waarneming van assemblageactiviteiten. 'Gewone' visualisaties worden hiermee ruimschoots overtroffen. De genoemde technieken maken het mogelijk om beslissingen te nemen en tegelijkertijd potentiële toekomstscenario's te ervaren, te verkennen en te beoordelen.

Alleen al het vanuit verschillende perspectieven ervaren van een productieomgeving in ontwikkeling kan de besluitvorming aanzienlijk versnellen en er tegelijkertijd voor zorgen dat fouten in het ontwerp worden herkend en eventueel aangepast. In alle gevallen moet het moment waarop een VR/AR-techniek wordt gebruikt binnen de daadwerkelijke ontwikkelingscyclus liggen. VR/AR moet in de eerste plaats worden gezien als een uitbreiding van de gereedschapsset die ontwikkelaars van producten en productieomgevingen tot hun beschikking hebben.

Veel VR/AR-technieken kunnen doelgericht extra informatie geven over producten of productieomgevingen. Hiervan zijn veel voorbeelden te geven. Zo leidt het verstrekken van realtime en interactieve instructies voor onderhoud of reparatie van een product tot meer efficiëntie, maar ook tot waardevolle feedback voor de ontwikkelingscyclus. En door integratie met bijvoorbeeld een ERP-systeem voor het verkrijgen van dashboardinformatie over

planning, prestaties en perioden van stilstand van (groepen) productiemiddelen, wordt de besluitvaardigheid op de werkvloer verhoogd.

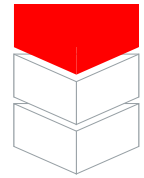
In combinatie met IoT-technieken kan VR/AR de traceerbaarheid van onderdelen, producten en gereedschappen bevorderen en tegelijkertijd informatie verstrekken over de status ervan. Daarnaast is VR/AR een veelgebruikt instrument in trainingssituaties, niet alleen om kosten of stilstand binnen productieomgevingen te reduceren, maar ook om stagiairs te confronteren met zeldzame, extreme of onverwachte situaties in omgevingen die mogelijk nog niet eens bestaan. Daarmee kan de tijd die nodig is om productielijnen op te starten aanzienlijk worden verkort. Het personeel kan immers al vooraf worden opgeleid en er kan worden geanticipeerd op technische, logistieke of ergonomische problemen. Elke training, mits adequaat ontwikkeld, kan tevens waardevolle feedback opleveren voor de ontwikkelingscyclus.

Wij ontwikkelen ondersteuning in de vorm van virtual en augmented reality om de besluitvorming in ontwikkelingscycli van producten en productieomgevingen te bevorderen. Het belangrijkste uitgangspunt is hierbij dat VR/AR nooit de oplossing is, maar vooral een krachtig instrument om problemen op het juiste aggregatieniveau effectief te kunnen aanpakken. Daarom kijken we naar de gehele levenscyclus van VR/AR-ondersteuning, variërend van de eerste verkenning van het probleem of de behoefte aan informatie tot de daadwerkelijke implementatie van de juiste VR/AR-tools en -software. Wij staan garant voor een doelgerichte integratie in de totale ontwikkelingscyclus van het product of de productieomgeving.









# INTELLIGENTIE

## VIRTUELE DASHBOARDS

In ontwikkelingscycli en productieomgevingen wordt een overweldigende hoeveelheid aan data, tools, methoden en technieken gebruikt. In de eerste plaats worden deze ingezet om producten beter, effectiever en efficiënter te maken, maar daarnaast hebben ze ook als doel om ontwikkelingscycli en productieomgevingen te verbeteren. Bij de ontwikkelingscycli zijn veel verschillende typen belanghebbenden betrokken, die allemaal hun eigen perspectieven, doelstellingen en belangen hebben. Ook zijn er allerlei verschillen op het gebied van expertise, (vak)taal, systeemniveau, culturen en meningen, die allemaal de besluitvorming bemoeilijken. Zelfs in het geval van eenduidige informatie en/of wanneer men de beschikking heeft over digital twins, is een gemeenschappelijk en ondubbelzinnig inzicht in de besluitvorming geen vanzelfsprekendheid.

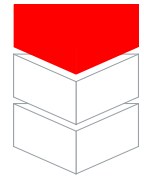
Bovendien wordt de besluitvorming al snel minder effectief en efficiënt als er een teveel is aan informatie die niet relevant is voor de bestaande situatie en het actuele perspectief. Alleen al het voorbereiden van de benodigde informatie kost veel tijd en moeite, waarbij tegelijkertijd ook nog eens de gevolgen van onvolledige, twijfelachtige en ontbrekende informatie moeten worden aangepakt. Ook hier ontbreekt het vaak aan een gemeenschappelijke waardering van de informatie.

Wij bouwen virtuele dashboards die besluitvorming en aansturing op basis van meerdere criteria en meerdere belanghebbenden ondersteunen. Dit doen wij door aanpasbare en flexibele inzichten op maat te verschaffen in de informatie die aan beslissingen ten grondslag ligt. Virtuele dashboards worden gebouwd op basis van aanwezige informatie, modellen, scenario's, simulaties, hulpmiddelen en beschikbare

technieken, zodat belanghebbenden specifieke onderwerpen of aspecten van bijvoorbeeld een productieomgeving aan de orde kunnen stellen.

Door middel van virtuele dashboards kunnen belanghebbenden zich herkennen in een willekeurig onderdeel van de invalshoeken, omdat het inzicht in de informatie op een perspectief- en doelafhankelijke manier wordt gepresenteerd. Dit houdt in dat de informatie wordt gefilterd en gepresenteerd op basis van het perspectief of de perspectieven van de specifieke belanghebbenden. Dit heeft tevens het voordeel dat er binnen het systeem geen dimensie of gezichtspunt overheerst. Belanghebbenden kunnen er op deze manier bijvoorbeeld voor kiezen om met een product door de productielijn te reizen, procesomstandigheden waar te nemen op een machine die tekenen van slijtage vertoont, zich te richten op de totale productiedoorvoer, productieknelpunten te koppelen aan producteigenschappen of defecten tussen machines en producttypen te vergelijken. Met het gebruik van digital twins worden dergelijke waarnemingen ook beschikbaar voor verwachte toestanden van het product of de productomgeving.

Om de virtuele dashboards zo effectief mogelijk te kunnen gebruiken, hanteren wij verschillende manieren om de informatie inzichtelijk te maken. Dit varieert van slimme informatiemiddelen, simulaties, infographics, 3D-modellen en visualisaties tot volledige virtual reality of augmented reality. Afhankelijk van de manier waarop de informatie wordt benaderd, kunnen virtuele dashboards bijzonder geschikt zijn om verbinding te maken met locaties op afstand en deze locaties te beheren. Bovendien kan een virtueel dashboard meerdere omgevingen integreren tot één samenhangend geheel.



# INTELLIGENTIE

## SERVICEGERICHTE ARCHITECTUUR

Met het oog op de vereisten van een toekomstig 'Internet of Production' hebben we een concept ontwikkeld voor een intelligent productienetwerk. De belangrijkste gedachte hierachter is het creëren van een zogenaamd 'slim productienetwerk', op basis waarvan alle elementen – machines, productiesystemen, databases en simulatiesystemen – ongehinderd met elkaar kunnen communiceren. De operators zijn in het systeem geïntegreerd via mobiele apparaten, zoals tablets of smartglasses, en kunnen rechtstreeks en in realtime met alle subsystemen communiceren, deze controleren en productiegegevens raadplegen. Met behulp van dergelijke gedecentraliseerde en dynamische systemen kunnen productieprocessen en procesketens snel en kostenefficiënt worden gepland, uitgevoerd en herhaaldelijk opnieuw worden geconfigureerd.

Slimme productienetwerken zijn gekoppeld aan het zogenoemde 'Virtual Fort Knox', een cloud-oplossing die is ontwikkeld door het Fraunhofer IPA in Stuttgart. Deze oplossing is door de leden van de Fraunhofer-productiegroep uitgekozen als het beste middel voor een veilige uitwisseling van data.

Met onze servicegerichte software-architectuur, die binnen het slimme productienetwerk services levert op het gebied van productieprocestechnologie, hebben we een nieuwe methode ontwikkeld voor het ontwerpen van een flexibeler procesketen voor componenten. Tijdens de planningsfase wordt een voorlopige procesketen voor het onderdeel vastgesteld. Hierin wordt nog niet gespecificeerd welke afzonderlijke machines



zullen worden gebruikt, maar komen alleen vereisten zoals montageruimte, het aantal assen en specificaties voor de kwaliteit van het oppervlak aan bod. Op basis van meetgegevens voor de vormstukken en halffabricaten plus andere condities berekent de software vervolgens zelfstandig de procesgegevens. Ook wordt de juiste productiemachine in de betreffende lijn geselecteerd door de in de planningsfase vastgestelde vereisten te vergelijken met de beschikbaarheid van de machines. Pas daarna worden de productiegegevens van de specifieke machine aangepast, zodat het productieproces kan worden afgerond.

Het gebruik van dit proces garandeert een hoge mate van flexibiliteit binnen de procesketen en zorgt tegelijkertijd voor een consistente registratie van procesparameters en resultaten. Dankzij de integratie van tablets en smartglasses hebben de operators toegang tot alle informatie die ze nodig hebben om hun taken uit te voeren. Het verstrekken van dergelijke informatie is belangrijk in situaties waarin de procesketen niet automatisch kan worden aangestuurd of in situaties die speciale toestemming vereisen.

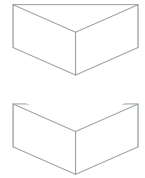
*Naar een slim productienetwerk*











# INFORMATIE

## MACHINE-TO-MACHINE COMMUNICATIE

Industriële productie vereist nog steeds een enorme hoeveelheid handmatige ondersteuning. Dit begint bij het ontwikkelen van machineprogramma's en omvat daarna ook de parametrisering en organisatie van processen en cycli, evenals handmatige kwaliteitscontrole. Hierdoor worden de instellen en voorbereidingstijden langer en ook vereist dit de inzet van ervaren machineoperators, die tussen de processtappen door intuïtief informatie doorgeven en deze informatie doorzetten naar planningsystemen zoals MES.

Tot op heden hebben nog maar weinig bedrijven de verbindingen tussen de verschillende processtappen, zoals voorbereiding en onderdeelmeting, geautomatiseerd. Veel bedrijven hebben geen geautomatiseerde cycli om de gegevensuitwisseling tussen meetsystemen en werktuigmachines, geïntegreerde interfaces en gestandaardiseerde gegevensformaten te regelen. Om aan deze behoeften tegemoet te komen, werken wij aan de ontwikkeling van een nieuwe M2M-technologie, waarmee productienetwerken kunnen worden uitgebreid en flexibeler kunnen worden ontworpen. Hiermee moet een geautomatiseerde uitwisseling van informatie tussen planningsystemen, productiemachines en meetinstrumenten tot stand worden gebracht zonder dat er direct menselijk toezicht nodig is.

Consistente gegevensformaten en gestandaardiseerde interfaces, zoals bijvoorbeeld OPC Unified Architecture, garanderen een permanente netwerkverbinding in de gehele procesketen, ongeacht de verbonden machines. De volledig geïntegreerde communicatieoplossingen zijn

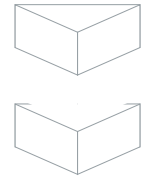
ontwikkeld in overeenstemming met industriële normen en zijn tevens voorzien van solide, gebruiksvriendelijke besturingsoplossingen voor de implementatie van hogere automatiseringsniveaus.

Binnen het kader van het transregionale speciale onderzoeksgebied SFB/TR4 'Procesketens voor het repliceren van complexe optische componenten' is bijvoorbeeld volledige gegevensconsistentie door middel van de micro-gestructureerde vrije-vormoptiek gerealiseerd. De processtappen, en met name het scala aan productie-, replicatie- en metrologische machinesystemen, waren allemaal in één netwerk met elkaar verbonden en gekoppeld aan de bijbehorende planningsystemen.

***Datastructuren en interfaces voor koppeling met machines en systemen***







# INFORMATIE

## BIG DATA EN VOORSPELENDE GEGEVENSANALYSES

Geautomatiseerde systemen voor het verzamelen en analyseren van machine-, gereedschaps- en kwaliteitsgegevens dragen bij aan een betere product- en proceskwaliteit. In het kader van Industry 4.0 wordt vaak verwezen naar de 'Single Source of Truth' (enige bron van waarheid). Alle relevante productiegegevens worden daarbij één keer in gestructureerde vorm opgeslagen, zonder enige vorm van redundantie. Pas als dit is gedaan kunnen er gedetailleerde en doelgerichte gegevensanalyses worden uitgevoerd.

Wij ontwikkelen en implementeren dit soort systemen voor een scala aan technologieën en productiemethoden. Daarbij worden met behulp van geschikte data-analysesoftware binnen de gehele productieketen interacties en afhankelijkheden zichtbaar gemaakt en kunnen er mogelijkheden voor optimalisatie worden afgeleid, zoals we hieronder laten zien in het voorbeeld van een technologiedatabase voor de productie van replicatieve optica.

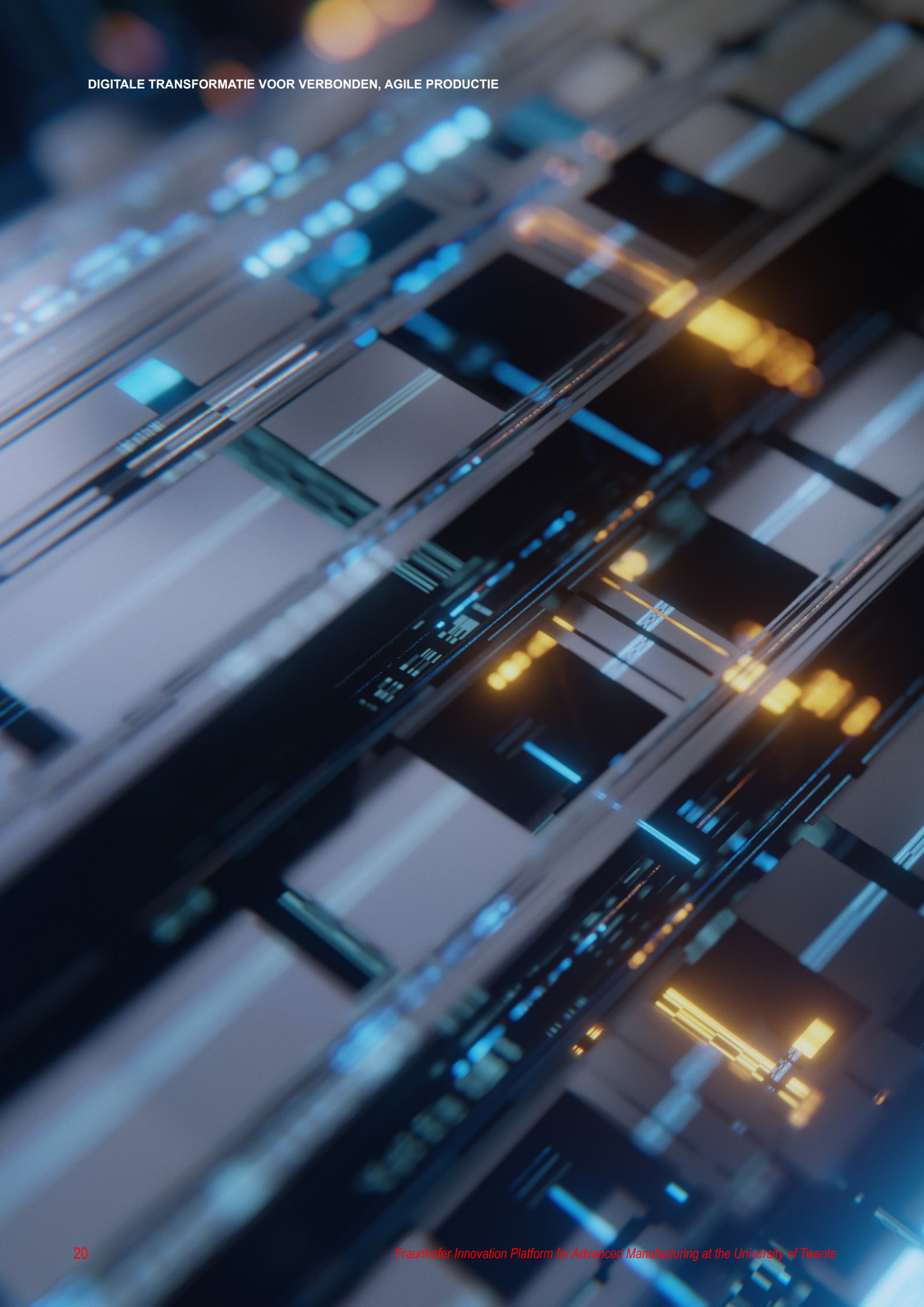
De technologiedatabase voor het precisiegieten van optica bevat informatie met betrekking tot alle stroomopwaartse en stroomafwaartse processen. Denk daarbij aan het voorbereiden van de vormgereedschappen via bewerkingsprocessen, gereedschapscoating, kwaliteitsanalyse van de optica en het verwijderen van de coating van de vormgereedschappen. Hiervoor worden alle relevante product- en procesparameters samen met hun kwaliteitsindicatoren vastgelegd in de technologiedatabase. De informatie wordt gekoppeld en overzichtelijk gearchiveerd in de vorm van relationele datastructuren – geheel in overeenstemming

met het principe van een 'Single Source of Truth'. Een gebruiksvriendelijke interface maakt het mogelijk om historische data via filterfuncties snel op te vragen.

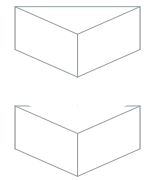
Voor het identificeren van patronen en afhankelijkheden binnen de procesketen wordt een gestandaardiseerde SQL-database gebruikt met dataminingssoftware zoals 'Rapid Miner', die deze gegevensrecords analyseert.

Op die manier kunnen uiteindelijk optimale parameters, procesvoorwaarden en processtrategieën voor het verbeteren van de efficiëntie van de productie en de kwaliteit van het product worden afgeleid uit neurale netwerken, beslisbomen of correlatieanalyses en naar het systeem worden teruggekoppeld. De technologiedatabase en de daaruit voortvloeiende analyses maken end-to-end data-acquisitie, holistische analyses van productiegegevens in de gehele procesketen en het afleiden van optimale procesinstellingen mogelijk. In vergelijking met de resultaten van conventionele benaderingen, zoals Design of Experiments (DoE), zijn de basis en de kwaliteit van de data die beschikbaar zijn voor identificatie en analyse van procesafhankelijkheden en optimale parameters aanzienlijk uitgebreider en gedetailleerder.

***Optimalisatie van producten  
en processen via datamining en  
voorspellende analyses***







# INFORMATIE

## GEGEVENSCONSISTENTIE IN DE CAX-PROCESKETEN

Computerondersteunde planning van procesketens en ontwerpen met behulp van softwaresystemen is in het tijdperk van Industry 4.0 belangrijker dan ooit. In de afgelopen jaren heeft er in de computerondersteunde planning van procesketens (CAx) een verschuiving plaatsgevonden van vaste naar flexibele productieketens. In overeenstemming met het principe van massamaatwerk moeten procesketens in de productiesector zich dynamisch aanpassen aan de invoer en eventuele verstoringen om het verwachte resultaat te kunnen bereiken. Een fundamentele vereiste voor continue, flexibele CAx-procesketens is gegevensconsistentie.

Een procesketen voor reparaties moet zich bijvoorbeeld aanpassen aan de specifieke details van de schade aan het te repareren onderdeel. Van een traditionele aanpak van de CAx-programmering wordt daarbij het uiterste gevraagd. Handmatige aanpassing van productieprocessen voor bepaalde producten, schadegevallen en storingen is een prijzige ingreep. Het ontwikkelen van specialistische software voor bepaalde producten of productfamilies overschrijdt al snel het budget van de meeste bedrijven.

Additieve productiemethoden, zoals laseraanvoerlassen, zijn voor de hand liggende keuzes voor de reparatie van turbomachines zoals die in de ruimtevaart of bij energieproductie worden gebruikt. Hierbij worden eerst de versleten en defecte delen van de turbinebladen verwijderd, om deze vervolgens zodanig te reconstrueren dat ze weer hun oorspronkelijke nominale vorm krijgen.

In het kader van het innovatiecluster 'Adaptieve productie voor efficiënt gebruik van hulpbronnen in energie en mobiliteit - AdaM' hebben we met meer dan 20 projectpartners samengewerkt om een

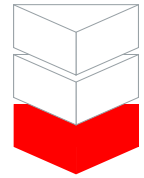
continue onderdelen- en procesgegevensketen te ontwikkelen voor adaptieve bewerking. Hiervoor werd allereerst in een productgegevensmodel een digitaal beeld van het eigenlijke onderdeel gecreëerd, inclusief de benodigde productie-informatie. Op basis van deze data is het mogelijk om tijdens de werkplaatsfase het productieproces te simuleren in een virtueel model en zo informatie te verkrijgen over de contactcondities van het freesgereedschap. Hiermee wordt de exploitatiefase verkort en is er minder noodzaak om dure voorbereidende tests uit te voeren op het daadwerkelijke onderdeel.

Wij verbeteren de gegevensconsistentie in de CAx-procesketen door een 'CAx-framework' voor planning en simulatie te ontwikkelen en te gebruiken. Met behulp van de juiste softwaremodules koppelt het framework verschillende productieprocessen aan continue, computerondersteunde procesketens (CAx-procesketens). De gebruikte programmeermethode op basis van werkstromen biedt de gebruiker de mogelijkheid om op een flexibele en gebruiksvriendelijke manier procesketens te ontwerpen. Zo kunnen bijvoorbeeld de frees- en laseraanvoerlasprocessen op basis van het CAx-framework worden gekoppeld tot een continue CAx-procesketen. Dit zorgt voor gegevensconsistentie gedurende de gehele levenscyclus van het product. De data worden via een 'product lifecycle managementsysteem' (PLM) toegankelijk gemaakt voor de juiste medewerkers.

***Gegevensconsistentie versnelt de ontwikkeling van het juiste product***







# DATA

## IOT EN CYBER-FYSIEKE SYSTEMEN

Onze samenleving en economie zijn steeds meer afhankelijk van geïntegreerde ICT-systemen. In het (recente) verleden ondersteunde ICT met name allerlei administratieve processen. In sneltreinvaart gaat ICT nu echter ook bijna alle fysieke processen in de samenleving en de economie beheersen. Denk daarbij aan onze energievoorziening, logistieke processen, transport, productie en de industrie in het algemeen. Met de term 'cyber-fysieke systemen' (cyber-physical systems, CPS) duiden we die systemen aan die worden gekenmerkt door een hechte samenhang van en coördinatie tussen de rekenkundige en fysieke elementen van het systeem en de systeemomgeving. Het concept van het 'Internet of Things' (IoT) is nauw verwant aan dat van CPS. De term IoT wordt echter meer gebruikt voor het waarneembare deel van een CPS.

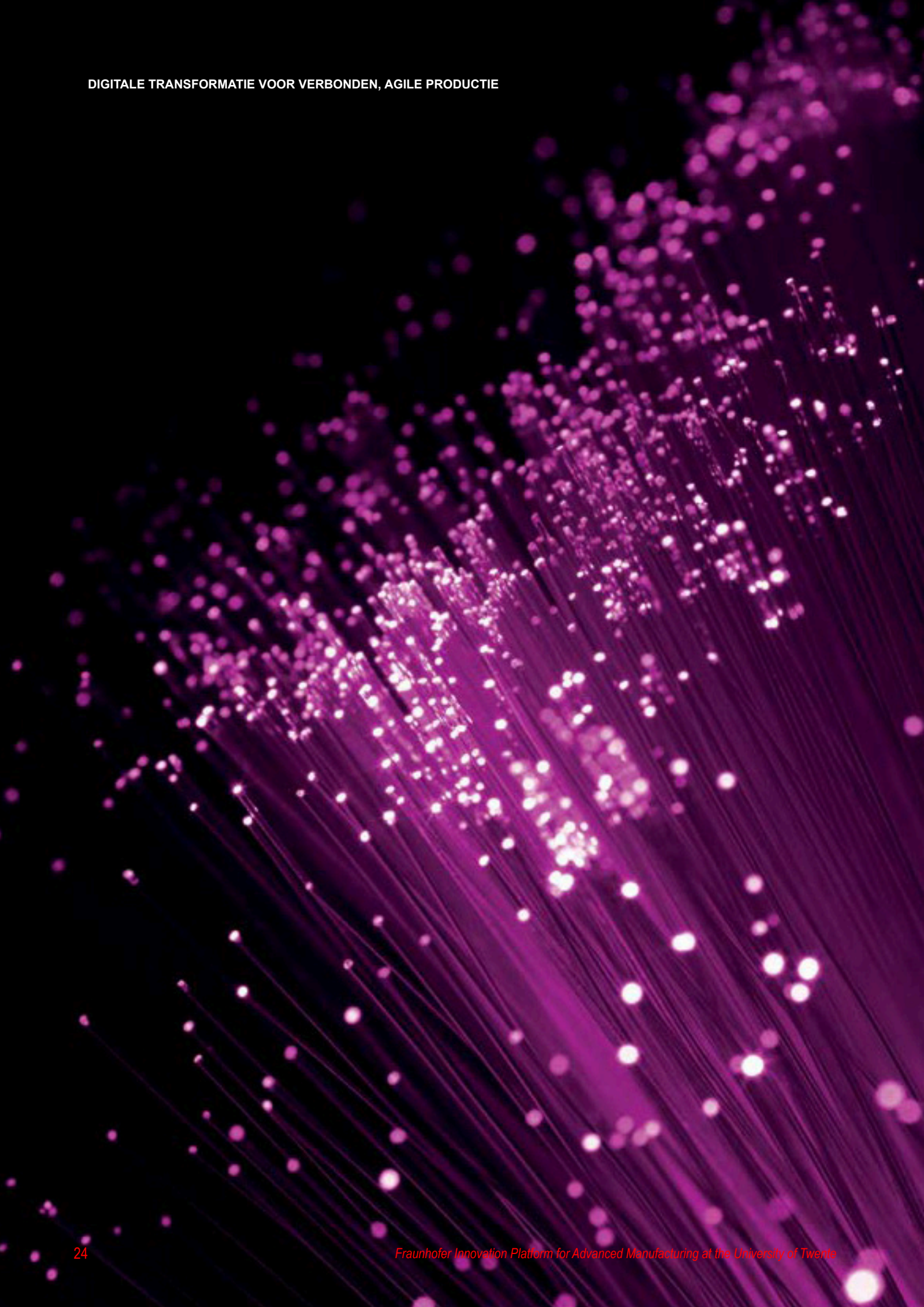
Cyber-fysieke systemen vormen het hart van moderne systemen in de lucht- en ruimtevaartindustrie, automotive industrie, procesindustrie, civiele infrastructuur, energiesystemen, gezondheidszorg, productiesector, logistiek, amusement en communicatie. CPS vormt de kern van Industry 4.0. Het is voor alle genoemde toepassingsgebieden van cruciaal belang dat de cyber-fysieke systemen altijd en aantoonbaar correct werken, zodat er met recht op kan worden vertrouwd.

Wij hebben veel expertise met betrekking tot het ontwerpen en implementeren van communicerende rekenkundige elementen (zowel hardware als software, voor communicatie én berekeningen), waarbij we

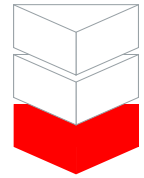
altijd rekening houden met de verwachte interactie met een fysieke omgeving en met de beperkingen die voor een toepassing kunnen gelden. De daaruit voortvloeiende geïntegreerde aanpak van ontwerp en implementatie stelt ons in staat om het aanpassingsvermogen, de autonomie, de efficiëntie, de prestaties, de functionaliteit, de betrouwbaarheid en de veiligheid van de CPS in het algemeen te vergroten.

Voorbeelden van cyber-fysieke systemen zijn communicerende productiesystemen, systemen voor het detecteren en analyseren van emissies, communicerende sensorsystemen, systemen voor situationeel bewustzijn (nooddiensten, marine), systemen voor het meten en controleren van (lucht)verkeer en andere complexe infrastructurele systemen, zoals energie- en watervoorzieningssystemen, grootschalige netwerksystemen en grootschalige serverparken. Sommige CPS hebben mobiele functies. Voorbeelden hiervan zijn mobiele robots, draagbare elektronica of mobiliteits-/transportoplossingen ('connected cars').

De belangrijkste besparende systeemeigenschappen die in alle CPS aan de orde komen, hebben betrekking op de prestaties, het energieverbruik, de omvang, de kostprijs, het onderhoud, de werking, de betrouwbaarheid en de veiligheid. De manier waarop de afweging tussen deze eigenschappen wordt gemaakt, is sterk afhankelijk van de toepassing.







# DATA

## CYBERBEVEILIGING EN VERTROUWEN

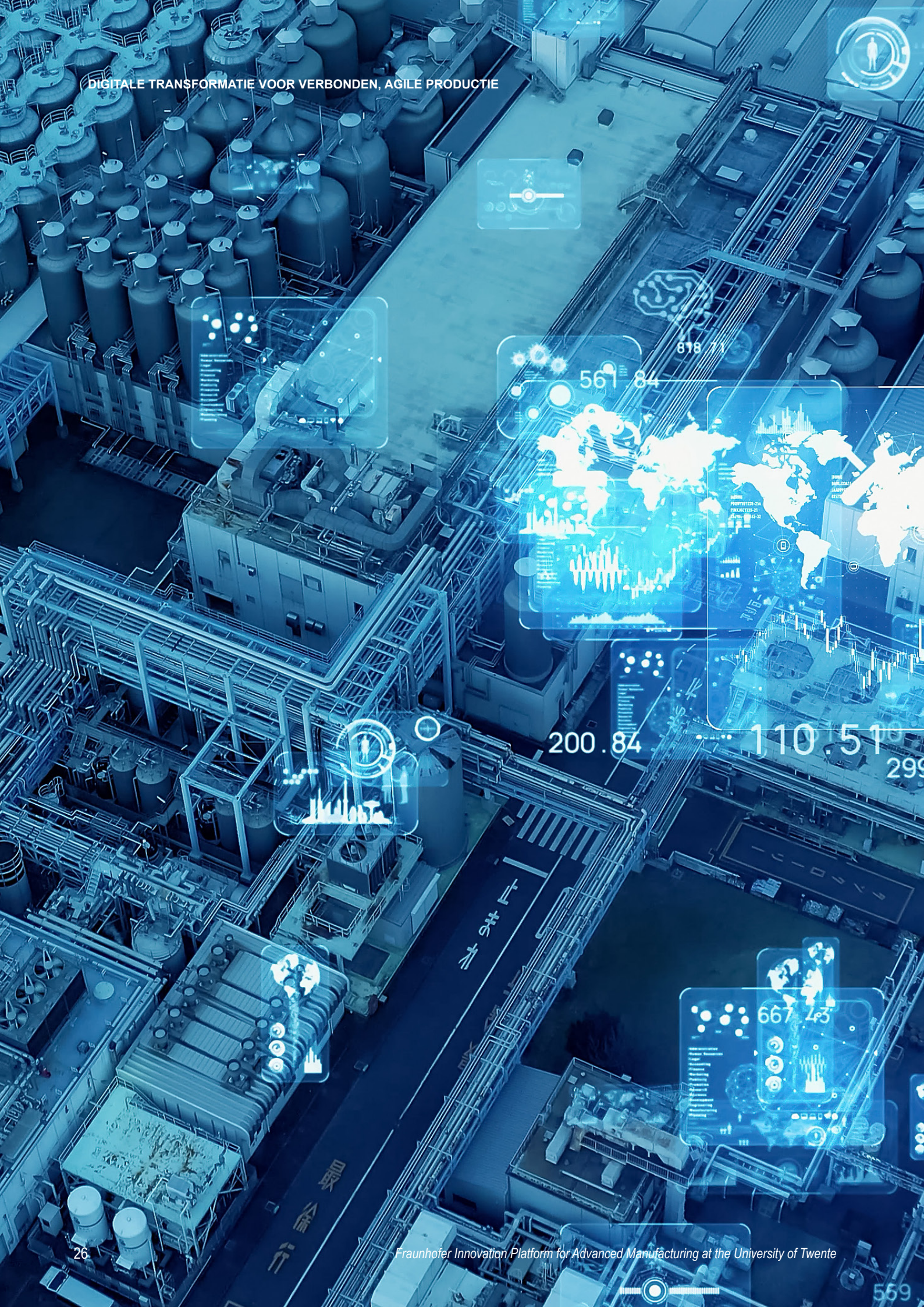
De cyberbeveiliging voor Industry 4.0 bestaat uit diverse elementen. Sommige daarvan zijn vrij generiek, andere zijn specifiek ontwikkeld voor Industry 4.0. Een belangrijk punt dat moet worden aangepakt, is de algemene bescherming van de industriële IT-infrastructuur. Met onze expertise zijn wij in staat om de algemene IT-infrastructuur te beschermen tegen bijvoorbeeld DDoS-aanvallen, phishing en spam.

Ook identiteitsbeheer, privacy en de ondersteuning van veilige en beveiligde transacties zijn vereisten. Deze zaken houden met name verband met recente ontwikkelingen op het gebied van e-currency's en blockchains. Wij werken aan state-of-the-art kennis via een groot aantal nationale en internationale projecten, waarbij ook grote commerciële partijen betrokken zijn.

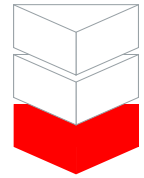
De bescherming van SCADA-netwerken (Supervisory Control and Data Acquisition) – de netwerken die daadwerkelijk industriële installaties bewaken en controleren – moet verder worden ontwikkeld. Bij het ontwerp van industriële installaties is vaak (nog) geen rekening gehouden met beveiligingskwesties en als gevolg daarvan zijn ze dus niet erg veilig. We ontwikkelen veel verschillende technieken om industriële besturingssystemen en netwerken beter te beveiligen tegen indringers, waarbij we onze expertise op het gebied van netwerktechnologie en beveiliging van klassieke IT-systemen combineren met kennis van de processen die worden bewaakt en gecontroleerd.

Tot slot is het veilig en betrouwbaar delen van data of gedeelten daarvan gedurende de gehele toeleveringsketen voor veel grote OEM's en hun leveranciers een belangrijke uitdaging. Hoewel er processen voor gegevensuitwisseling bestaan die (deels) beveiligd zijn, wordt de toepassing ervan vaak belemmerd door praktische (veelal zakelijke) bezwaren. Dankzij onze toepassingsgerichtheid en onze geïntegreerde aanpak van het bijeenbrengen van industriële installaties, ontwerpers van toeleveringsketens, IT-specialisten en bedrijfsspecialisten, kunnen wij de juiste oplossingen bieden.









# DATA

## VBOX – RETROFITTING VOOR INDUSTRY 4.0

In de wereld van Industry 4.0 moeten sensoren in staat zijn om data in en rondom machines uiterst nauwkeurig op te pikken en te synchroniseren. Deze data worden vervolgens in realtime ingevoerd in een netwerk voor dataverwerking, waardoor het systeem onmiddellijk en zelfstandig voor een respons kan zorgen. Veel bedrijven vrezen de aansluiting met de nieuwste technologische ontwikkelingen te verliezen en vervangen daarom hun nog volledig functionerende en relatief nieuwe apparatuur door nóg nieuwere machines, die gemakkelijk kunnen worden aangesloten op productienetwerken.

Met de vBox zorgen we ervoor dat bedrijven machines en apparaten die nog steeds in perfecte staat zijn niet al voor het einde van de levensduur hoeven te vervangen. Het apparaat voegt netwerkmogelijkheden toe aan productiesystemen, waarmee deze klaar zijn voor Industry 4.0. Machineoperators kunnen zo aanzienlijk besparen op de kosten, zowel voor serieproductie als voor enkelstuks productie.

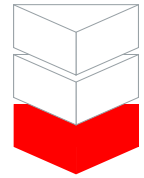
De vBox voldoet aan alle huidige industriële normen. Ongeacht de toegepaste besturingstechnologie kan het compacte systeem de informatie die van de sensoren wordt ontvangen synchroniseren met zowel de positiegegevens als de in- en uitvoergegevens en het resultaat op verzoek van de gebruiker weergeven. Machinegerelateerde data van hoge kwaliteit worden, naast informatie over krachten, contactgeluid of versnelling, in realtime overgedragen, zodat eventuele storingen en kritieke punten in het proces zonder vertraging kunnen worden gedetecteerd en geoptimaliseerd. Dit legt

een basis waarop bedrijven de werkplanning voor operators en servicemedewerkers zelfs individueel kunnen inplannen en optimaliseren.

Het opwaarderen van een nieuwe seriële productielijn, het bewaken van productieprocessen voor hoogwaardige componenten of het uitvoeren van voorspellend subassemblage-onderhoud zijn slechts enkele voorbeelden van direct zichtbare vBox-toepassingen. De volledige integratie van de vBox binnen de bestaande productiecontrolesystemen levert een belangrijke bijdrage aan een transparante productie zoals voorzien in de Industry 4.0-strategie.







# DATA

## 5G-DATATRANSMISSIE IN PRODUCTIESYSTEMEN

In de meeste discussies over Industry 4.0 wordt er stilzwijgend van uitgegaan dat met een dergelijk systeem grote hoeveelheden data kunnen worden verwerkt en geëvalueerd. En hoewel de moderne sensortechnologie al in staat is om een breed scala aan machine- en productiegegevens te verzamelen, blijkt het toch nog een uitdaging om deze informatie in één datacentrum uitgebreid te analyseren en de resultaten vervolgens weer snel terug te voeren in een geoptimaliseerde productiecyclus. Dat is ook de reden waarom voor een overgang naar flexibele en adaptieve productieprocessen snelle, betrouwbare en (bij voorkeur) draadloze datatransmissiesystemen noodzakelijk zijn.

De mobiele communicatiestandaard 5G blijkt perfect geschikt voor de complexe meet- en regeltechnieken van verbonden agile productielijnen. 5G biedt immers korte wachttijden (minder dan een milliseconde), hoge datatransmissiesnelheden (tot 10.000 megabits per seconde) en de mogelijkheid om veel apparaten gelijktijdig te laten werken via kleine, begrensde radiocellen. In nauwe samenwerking met de Zweedse aanbieder van mobiele communicatie Ericsson ontwikkelen en testen we scenario's voor de industriële toepassing van 5G in realistische productieomgevingen.

Voor het gebruik van zeer nauwkeurige werktuigmachines in complexe productieprocessen zijn stabiele en betrouwbare communicatiesystemen nodig. De 5G-technologie maakt het mogelijk om op grote schaal draadloze sensortechnologie te introduceren in industriële omgevingen, waardoor de weg wordt vrijgemaakt voor

realtime gegevensanalyses en adaptieve productiecontrolesystemen met korte reactietijden. Ericsson – een van onze partners in het International Center for Networked Adaptive Production – speelt een leidende rol in de ontwikkeling van de 5G-standaard en -producten.

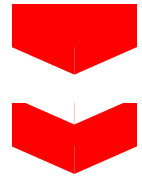
Het is onze gemeenschappelijke doelstelling om de technologie te testen met de expliciete bedoeling om deze uiteindelijk toe te passen in industriële omgevingen en verder te ontwikkelen voor een reeks individuele toepassingen waarvoor de integratie van machines, productiesystemen, datatransmissiesystemen en databases in onderlinge communicatienetwerken noodzakelijk is.

***Robuustheid en realtime mogelijkheden voor verbonden, agile productieprocessen***









# PRAKTIJKTOEPASSINGEN

## VISUALISATIE EN SIMULATIE

Het is voor ontwikkelaars van producten en productieomgevingen een forse uitdaging om inzicht krijgen in de actuele stand van zaken in hun ontwikkelingscycli. Doordat er sprake is van veel verschillende belanghebbenden en uitgebreide data- en informatiesets uit verschillende systemen – die ook allemaal van invloed zijn – is het allesbehalve vanzelfsprekend dat iedereen die betrokken is bij de ontwikkelingscyclus ook op het juiste moment de juiste beslissingen kan nemen. Bovendien kan bij de beoordeling van potentiële varianten, toekomstscenario's of andere scenario's de omvang van de hoeveelheid data en informatie snel en onbeheersbaar toenemen.

Het Virtual Reality & Smart Industry Laboratory van de Universiteit Twente biedt oplossingen waarin een groot aantal tools en technieken wordt samengebracht, die allemaal de besluitvorming in ontwikkelingscycli doelgericht ondersteunen. De belangrijkste aanpak hierbij is het op de juiste manier presenteren van informatie die ten grondslag ligt aan beslissingen, in een vorm die aansluit bij de standpunten van de betrokken belanghebbenden. Vaak helpen goed doordachte visualisaties en simulaties ontwikkelaars om complexe situaties snel te kunnen begrijpen, zodat zij prioriteit kunnen geven aan beslissingen en de gevolgen daarvan kunnen inschatten. Dit geldt des te meer voor situaties die in werkelijkheid een andere schaal hebben, zich op een andere locatie of ander tijdstip bevinden of een andere snelheid hebben. In veel van die gevallen gaan visualisaties en simulaties vloeiend in elkaar over en bepalen deze twee samen de waarneming van de belanghebbenden.

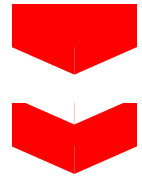
Visualisaties en simulaties vormen de basis van zogenoemde 'synthetische omgevingen'. Dat zijn ontwerpomgevingen waarin echte en virtuele

componenten worden samengebracht, zodat de samengevoegde informatie op een adequate manier kan worden ervaren. Eenvoudig gezegd kunnen belanghebbenden via synthetische omgevingen onder andere producten of productieomgevingen bekijken die nog niet echt bestaan. Zulke omgevingen worden nog relevanter als er extra lagen of weergaven van informatie aan worden toegevoegd, waardoor het mogelijk wordt om bijvoorbeeld productie, sterkte en stijfheid, warmtestromen, ergonomie, veiligheid, logistiek of impact op het milieu mee te nemen in de analyse.

Bij complexere manieren om synthetische omgevingen te concretiseren wordt de gebruiker volledig 'ondergedompeld' in de ervaring. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een groot aantal verschillende virtual of augmented reality-technieken waarmee informatie op betekenisvolle wijze wordt gepresenteerd aan de ontwikkelaars en belanghebbenden. Wij bieden een gestructureerde aanpak voor het effectief en efficiënt creëren van synthetische omgevingen. Deze aanpak kan in veel verschillende omstandigheden worden toegepast. Via een virtuele rondleiding kan bijvoorbeeld een productieomgeving in ontwikkeling worden ervaren, beoordeeld en 'gebruikt'. Door 'mee te reizen' met een product dat wordt vervaardigd, is het mogelijk om de impact van latere productieprocessen te onderzoeken, de organisatorische of logistieke impact van ontwerpbeslissingen te bestuderen, marktprognoses voor producten/portfoli'o's op te stellen, personeel op te leiden of alle mogelijke besluitvormingsopties van de diverse stakeholders te bekijken.







# PRAKTIJKTOEPASSINGEN

## PRODUCTIEKOSTEN VERLAGEN MET SLIMME BESTURINGSALGORITMES

Als gevolg van allerlei ontwikkelingen, zoals het groeiende aantal beschikbare variaties of nieuwe leveringsconcepten binnen de energiesector, ontstaat de behoefte aan een snelle (en in sommige gevallen wereldwijde) aanvoer van enorme hoeveelheden informatie. Klassieke doelcriteria van de productieplanning, zoals machinegebruik of doorlooptijden, worden in het tijdperk van Industry 4.0 steeds vaker vergezeld door de vraag naar meer informatie over factoren zoals tijdsgebonden risico's of energieverbruik. Nieuwe concepten voor productieplanning en -controle die met deze data rekening houden, kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan het verlagen van de productiekosten.

Wij ontwikkelen concepten die het mogelijk maken om deze doeldimensies te integreren. Alleen als alle bijbehorende productiegegevens beschikbaar zijn en ook ERP-systemen, machine- en bedrijfsgegevens, energiebeheersing en MES onderling verbonden zijn, kan binnen bedrijven een nieuw niveau van transparantie ontstaan met betrekking tot de productiefaciliteiten en -processen.

Daarom vullen we in het onderzoeksproject 'eMES' samen met onze partners productieplanning en -controle aan met energiegerichte orderplanning. Door intelligente netwerken te gebruiken zal ook bij stijgende energiekosten een flexibele energiezuinige en kostenefficiënte planning mogelijk blijven.

Korte reactietijden en controlelussen zijn essentiële elementen om adequaat te kunnen reageren op pieken in de belasting.

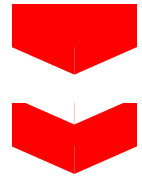
Het is daarom essentieel dat de bedrijfs- en machinegegevens, productgerelateerde stamgegevens en machine-gerelateerde energiegegevens (indien mogelijk) in realtime beschikbaar zijn. Hiervoor worden ERP-systemen en machinegerichte energiemeetsystemen aangesloten op het centrale MES en worden passende interfaces ontwikkeld. Op die manier kan transparantie worden bereikt met betrekking tot de actuele status van de productievoortgang, de capaciteiten en het energieverbruik. De kansen en risico's die met directe interventie in het beheer van de belasting gepaard gaan, kunnen in actie worden omgezet via een gesynchroniseerde communicatie met de energieleveranciers.

***Rekening houden met nieuwe variabelen, zoals tijdsonzekerheden en energiekosten***









# PRAKTIJKTOEPASSINGEN

## AUTOMATISERING IN COMPLEXE PRODUCTIEOMGEVINGEN

Het concept van het onderling koppelen en bewaken van procesketens in besturingseenheden en regelstations is in sommige industriesectoren en in bepaalde toepassingen – en dan met name in de continue procestechniek – al goed ingeburgerd. Continue data-acquisitie voor flexibele en adaptieve controle van discrete en sterk geautomatiseerde procesreeksen – zelfs in complexe productieomgevingen – is een onderdeel van Industry 4.0. Een voorbeeld van een procesreeks in een complexe omgeving is het kweken van levende cellen.

Binnen de celtechnologie zijn procesautomatisering en -besturing van kritiek belang. Door het grote aantal van invloed zijnde factoren, zoals de celdichtheid, temperatuur, luchtvochtigheid en gasconcentratie, naast de zeer sterke genetische individualiteit van celproducten, worden er hoge eisen gesteld aan de procesbesturing. Een hoge mate van netwerkvorming tussen de afzonderlijke apparaten en een naadloze integratie van de metrologie binnen de procesbesturing zijn belangrijke voorwaarden.

In het samenwerkingsproject 'StemCellFactory' hebben we een volledig geautomatiseerd platform ontwikkeld voor de productie van stamcellen. Dit platform beschikt over talrijke kwaliteitsborgings- en celverwerkingscomponenten die via een centraal regelstation met elkaar verbonden zijn. Elke celkolonie wordt continu gemeten en de procesparameters worden herhaaldelijk automatisch aangepast aan de hand van de meetresultaten. Het speciaal voor dit doel ontwikkelde regelstation stuurt het hele proces

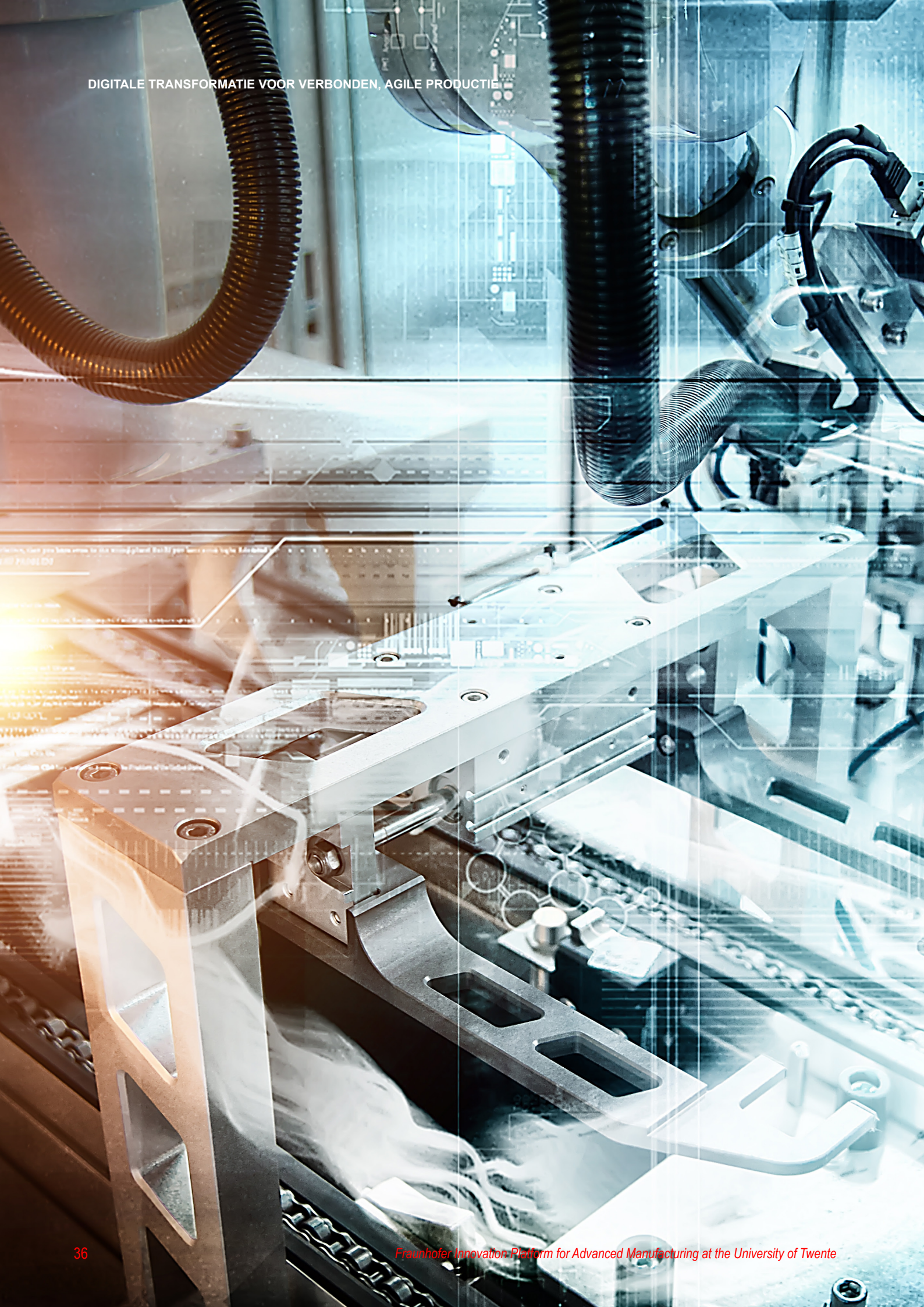
aan en bewaakt de apparaten en het materiaal dat tijdens het hele productieproces wordt gebruikt. De gebruiker wordt automatisch door het systeem geïnformeerd als er een productiefactor – bijvoorbeeld het vulniveau van de procesmedia – onder een bepaald niveau komt. Het bronbeheersysteem van de apparatuur past geheel op zichzelf een geautomatiseerd planningsalgoritme toe.

Naast de kwaliteitsborging en de verwerkingsapparatuur beschikt het platform ook over een reeks basisfunctionaliteiten voor de praktijk en enkele veiligheidssystemen die zijn uitgerust met een programmable logic controller (PLC). Deze controller is als extra module in het productieplatform geïntegreerd en is verbonden met het regelstation. Daarnaast heeft het platform een scala aan registratiefuncties die zorgen voor gegevensconsistentie op proces- en apparaatniveau. De data worden systematisch verzameld, verwerkt en opgeslagen. Via een gebruiksvriendelijke bedieningsinterface worden deze data beoordeeld en aan de operator getoond.

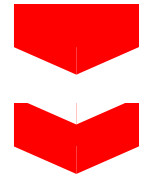
De StemCellFactory laat zien dat het met behulp van gekoppelde, adaptieve systemen zelfs mogelijk is om sterk aangepaste productieprocessen te ontwerpen, die ook nog eens uiterst flexibel en efficiënt zijn.

***Beheersen van zeer specifieke productieprocessen***









# PRAKTIJKTOEPASSINGEN

## DIGITALE STRATEGIEËN EN BEDRIJFSMODELLEN

Industry 4.0-technologieën leveren aanzienlijke uitdagingen op, maar bieden ook kansen voor veel bedrijven in diverse sectoren. Veel van de uitdagingen die op de directieagenda staan, hebben betrekking op het operationele niveau van het bedrijf en spitsen zich toe op de integratie van nieuwe technologieën met bestaande technologieën in de lopende bedrijfsvoering. Het bedrijfsmodel en de veranderende positie in de waardeketen blijven vaak buiten beschouwing.

Industriële verschuivingen met een omvang zoals wij die nu in de vorm van de vierde industriële revolutie meemaken, vereisen op zijn minst een herziening van de bestaande bedrijfsmodellen, alsook van de huidige en toekomstige positie in de waardeketen. Met andere woorden: de exploitatie van Industry 4.0-technologieën kan niet op zichzelf staan of uitsluitend door operationele activiteiten worden gestuurd. Bedrijven moeten verder kijken dan alleen de technologie en nadenken over hoe ze Industry 4.0-technologieën ook kunnen implementeren op basis van een sterk bedrijfsmodel en hoe ze samen met hun klanten en leveranciers superieure waarde voor klanten kunnen creëren in de waardeketen.

De voorbeelden van disruptieve trends met betrekking tot dit onderwerp zijn in de context van Industry 4.0 zeer talrijk. Denk maar eens aan 'as a service'-bedrijfsmodellen, die mogelijk zijn gemaakt door technologieën zoals sensoren en geavanceerde data-analyse. Een andere trend is de transformatie van waardeketens in waardenetwerken. Daardoor wordt het steeds complexer om waarde toe te voegen, omdat nu

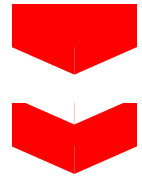
rekening moet worden gehouden met de bedrijfsmodellen van andere spelers in het waardenetwerk.

Onze doelstelling is om industriële bedrijven te laten profiteren van de Industry 4.0-revolutie en om hen te ondersteunen in hun ambities om deze revolutie te stimuleren. We analyseren uw digitale strategie en uw bedrijfsmodel en zoeken met u naar nieuwe mogelijkheden om waarde te creëren in het kader van Industry 4.0.

*Identificeren van toekomstige  
bedrijfsmodellen voor duurzame groei*







# PRAKTIJKTOEPASSINGEN

## ZELFOPTIMALISATIE VAN PRODUCTIEPROCESSEN

Zelfoptimalisatie is een belangrijk regelprincipe in adaptieve systemen. Uitbreiding van de klassieke regelprincipes, met een autonome herdefinitie van doelen, maakt het mogelijk om kunstmatige intelligentie op te nemen in technische systemen. In combinatie met de beschikbaarheid van realtime informatie maakt dit de weg vrij voor het creëren van solide en tegelijkertijd flexibele productiesystemen, zelfs in zeer dynamische Industry 4.0-omgevingen.

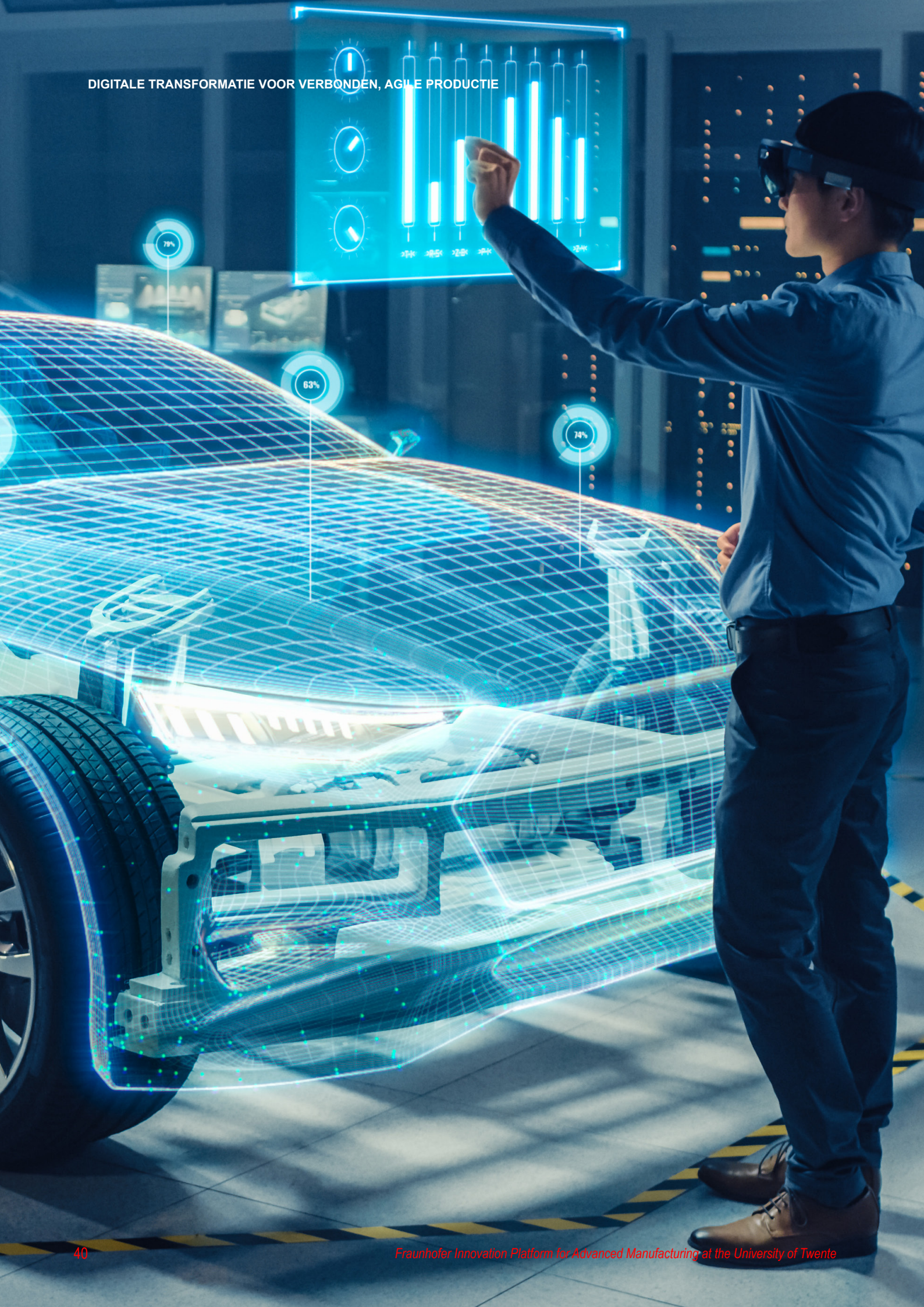
Binnen het cluster 'Integrative Production Technology for High-Wage Countries' onderzoeken we nieuwe middelen om kunstmatige intelligentie in te zetten, zodat het aantal toepassingen en diensten waarin gesloten controlecircuits kunnen worden gebruikt aanzienlijk kan worden uitgebreid. Daarbij is het belangrijkste doel om machines en apparatuur autonomer en intelligenter te maken, zodat deze flexibeler en betrouwbaarder worden op het moment dat ze worden blootgesteld aan storende factoren. Zelfoptimalisatie als methode voor flexibele en reactieve automatisering levert hieraan een belangrijke bijdrage.

Montage is een klassiek toepassingsgebied. Wij ontwikkelen zelfoptimalisatieprincipes en passen deze toe in de assemblage van hoogwaardige optische systemen. Een zeer nauwkeurige plaatsing van optische componenten is een van de cruciale kwaliteitscriteria voor de assemblage van hoognauwkeurige lasersystemen. Het is van vitaal belang om hierbij te voldoen aan de hoogste eisen op het gebied van productie- en procestoleranties. Zelfoptimaliserende assemblagesystemen kunnen deze uitdaging aan door modellen te gebruiken om de

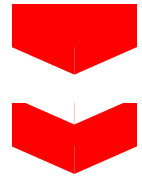
sensorgegevens te interpreteren. Om dit te bereiken wordt gebruik gemaakt van optische kenmerken, zoals het bundelprofiel, het optisch vermogen of de beeldkwaliteit. Deze worden geanalyseerd en de resultaten worden gebruikt in een gesloten controlecircuit om de positie van de individuele optica te corrigeren. In een zelfoptimaliserend systeem wordt het minimaliseren van de tolerantie vervangen door functiegericht beheer van het assemblageproces. Hierdoor kan de planning die nodig is voor complexe assemblageprocessen sterk worden vereenvoudigd, met behoud van een solide productiesysteem.

In samenwerking met onze partners van het expertisecentrum vertalen onze wetenschappers het principe van zelfoptimalisatie van productieprocessen in een aantal andere toepassingen, van assemblage, via lassen, tot optimalisatie van weefgetouwen. Het doel van dergelijk onderzoek is telkens weer om de inspanningen en kosten in verband met de initiële procesopstelling aanzienlijk te verminderen. Hier kan een tot voorheen onbereikbaar niveau van flexibiliteit worden bereikt – en daarmee een belangrijke stap worden gezet in de richting van de automatisering van kleine productieseries en de productie van individuele producten. In vergelijking met klassieke toepassingen zorgt de intensievere besturing van deze processen voor een aanzienlijke verhoging van de robuustheid en daarmee van de betrouwbaarheid, zelfs wanneer de parameters snel veranderen bij een zeer flexibel gebruik van de fabriek.









# PRAKTIJKTOEPASSINGEN

## DIGITAL TWINS BIJ DE PRODUCTIE VAN TURBINECOMPONENTEN

Het hoofddoel van alle processen voor het vervaardigen van hightech producten is het naleven van de gespecificeerde marges van toegestane variatie. Met het oog hierop moeten alle data worden geregistreerd die kunnen duiden op statusveranderingen, waar dan ook in de procesketen. Sensoren in machines en apparatuur kunnen belangrijke informatie verschaffen over het al dan niet binnen het tolerantiebereik vallen van de werkelijke waarden.

Bij de productie van turbinecomponenten worden alle data van de sensoren en het productiesysteem voor elk product afzonderlijk opgeslagen. Daardoor ontstaat een digital twin die een volledige productiehistorie bijhoudt, inclusief projectgegevens en orderspecificaties. Met behulp van identificatiesystemen kan de digital twin worden toegewezen aan een individuele component, die daarmee beschikbaar wordt voor elke volgende stap in het proces. De uitgebreide productgegevensmodellen leveren relevante, contextspecifieke data uit de productiegeschiedenis voor verdere analyses en versnellen daarmee de procesontwikkeling en procesoptimalisatie bij de productie van prototypes en grote series.

Met het oog op de massaproductie van turbinecomponenten richten wij ons op het genereren van realtime productiegegevens voor het ontwikkelen van efficiëntere procesketens en het leveren van bewijs voor de naleving van de certificeringseisen. De data worden verzameld door gebruik te maken van gestandaardiseerde interfaces en zijn beschikbaar voor simulaties en documentatiedoeleinden in de gehele procesketen.

Bij de productie en reparatie van gasturbinebladen analyseren we de toepassing van virtuele planningstools, zoals processimulatie en herconfiguratie van de procesketen voor additieve en subtractieve productie- of reparatieprocessen, inclusief frezen en laseraanvoerlassen (LMD). Door gedetailleerde logboeken te verstrekken met daadwerkelijke data van de onderzochte processen, is het mogelijk om patronen te herkennen die aanduiden waar aanpassingen in de procesketen nuttig kunnen zijn. Geoptimaliseerde planningstools maken goed gebruik van gegevensconsistentie en zorgen voor een hoge mate van transparantie in het planningsproces.

Onze ontwikkelingen zijn gericht op het gedetailleerd vastleggen en opslaan van alle relevante procesgegevens uit de productieketen, naast een directer gebruik van informatie over productiefouten en componentdefecten, zodat kritieke productiestappen kunnen worden geïdentificeerd. Op deze manier zorgen we voor op maat gemaakte en aangepaste processen gebaseerd op de kennis van de volledige producthistorie gedurende de totale productlevenscyclus. Dit leidt tot hogere niveaus van machinebeschikbaarheid, minder stilstand en snellere reactietijden na storingen door middel van voorspellend onderhoud van werktuigmachines.

# OVER ONS

In 2022 ontstond het Fraunhofer Innovation Platform for Advanced Manufacturing at the University of Twente (FIP-AM@UT), dat daarvoor bekend was als het Fraunhofer Project Center at the University of Twente. Onder deze nieuwe naam wordt de sterke samenwerking tussen het Fraunhofer Institute for Production Technology IPT in Aken en de Universiteit Twente verder voortgezet.

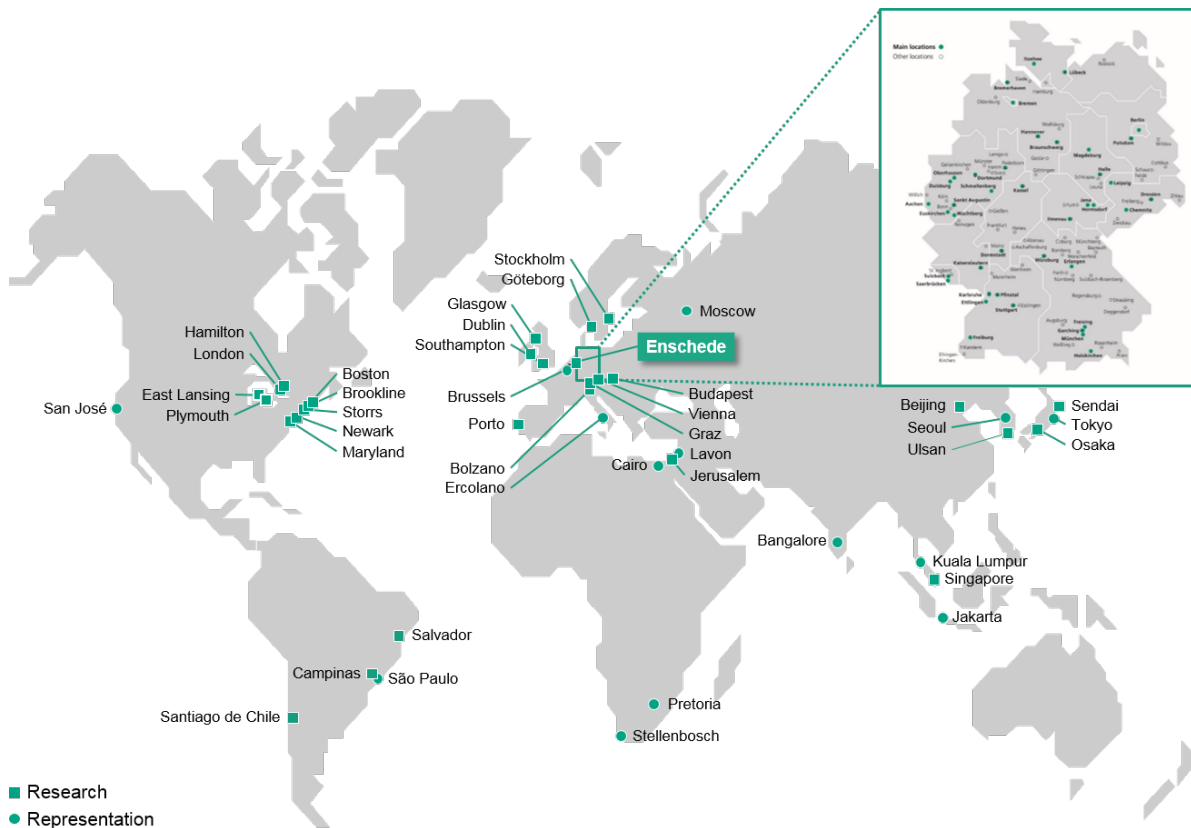
Het Fraunhofer Innovation Platform for Advanced Manufacturing is een onderzoekscentrum dat samenwerkt met fabrikanten om innovatieve en geïntegreerde oplossingen te ontwikkelen, ter bevordering van zowel de maakindustrie als de samenleving als geheel.

FIP-AM@UT's primaire doel is om de productiesector in Nederland te versterken, door te zorgen voor voortdurend aanpassingsvermogen, concurrentievermogen en efficiëntie van de sector. Dit doen ze met een

hoogopgeleid en deskundig team van research engineers en ondersteunend personeel.

Het tweede belangrijkste doel is om getalenteerde en innovatieve engineers aan te trekken en te helpen zich verder te ontwikkelen door bij te dragen aan hoogwaardig toegepast onderzoek voor zowel de industriële als de publieke sector. Bovendien werken ze samen aan technologische vooruitgang in de maakindustrie door het gezamenlijk en in projectvorm toewerken naar resultaten.

FIP-AM@UT is onderdeel van de Universiteit Twente (UT), de enige campusuniversiteit in Nederland. De UT biedt meer dan vijftig wetenschappelijke opleidingen, verdeeld over vijf faculteiten. De Universiteit Twente heeft een sterke focus op persoonlijke ontwikkeling en het stimuleren en helpen van talentvolle onderzoekers om baanbrekend onderzoek te doen.





## PARTNERS

### UNIVERSITEIT TWENTE

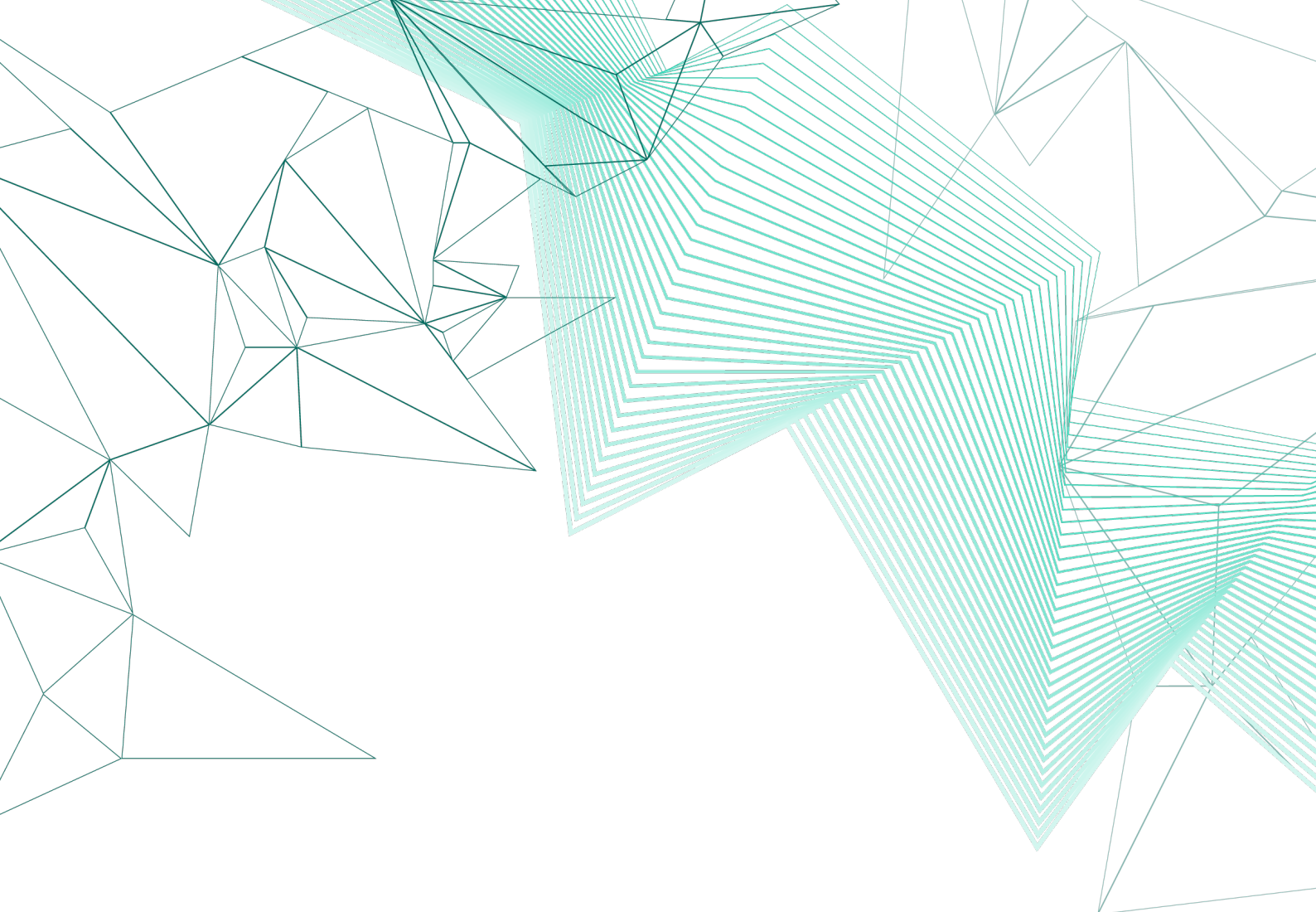
De Universiteit Twente is een moderne, ondernemende universiteit met 3000 onderzoekers en professionals en meer dan 10.000 studenten. De UT is toonaangevend op het gebied van nieuwe technologieën en is een katalysator voor verandering, innovatie en vooruitgang in de samenleving. De kracht van de universiteit ligt in het vermogen om te werken aan technologieën van de toekomst en deze met elkaar te combineren. De Universiteit Twente huisvest een aantal vooraanstaande onderzoeksinstituten op het gebied van de nanotechnologie (MESA+), ICT (CTIT), biomedische technologie en technische geneeskunde (MIRA), bestuurs- en gedragswetenschappen (IGS), geoinformatiewetenschappen en aardobservatie (ITC) en science-based engineering.

### FRAUNHOFER NETWORK

Het Fraunhofer-Gesellschaft is de toonaangevende organisatie voor toegepast onderzoek in Europa. Onderzoeksactiviteiten worden uitgevoerd door 72 instituten en onderzoekseenheden verspreid over heel Duitsland. Het Fraunhofer-Gesellschaft heeft meer dan 25.000 medewerkers in dienst, die werken met een jaarlijks onderzoeksbudget van in totaal 2,3 miljard euro. Van dit bedrag wordt bijna 2 miljard euro gegenereerd door contractonderzoek. Internationale samenwerkingsverbanden met vooraanstaande onderzoekspartners en innovatieve bedrijven over de hele wereld zorgen voor directe toegang tot gebieden die van cruciaal belang zijn voor wetenschappelijke vooruitgang en economische ontwikkeling, zowel nu als in de toekomst.

### FRAUNHOFER IPT: INSTITUTE FOR PRODUCTION TECHNOLOGY

Het Fraunhofer IPT (Institute for Production Technology) in Aken heeft tientallen jaren ervaring met de productietechnologieën die het gebruikt om bedrijven een sterke basis te bieden voor de digitalisering van productieprocessen, werktuigmachines en apparatuur. De technologische expertise wordt aangevuld met nieuwe productieorganisatiemethoden en met het ontwerpen van industriële softwaresystemen. Het instituut heeft momenteel ongeveer 460 werknemers in dienst die hun creativiteit toepassen op methoden, technologieën en processen voor verbonden, adaptieve productie.



UNIVERSITY  
OF TWENTE.

**FRAUNHOFER**  
**INNOVATION PLATFORM**  
FOR ADVANCED MANUFACTURING

fip@utwente.nl



fip.utwente.nl

