



De toekomst van techniek is mensenwerk

Smart Sustainable Manufacturing:
motor voor een duurzame industrie

4 juni 2026

Wilbert van den Eijnde

Lectorale rede, in verkorte vorm uitgesproken op 4 juni 2026.

Colofon

Tekst: Wilbert van den Eijnde
Fotografie: Harmen van der Vaart en Guido Hansman
Vormgeving: Donderz, Assen

Disclaimer
De auteur heeft er alles aan gedaan om alle bronnen en auteursrechthebbenden op te sporen en te vermelden.



Inhoudsopgave

Voorwoord	4
1. Achtergrond en regionale opgaven	8
1.1 Noord-Nederland: een regio in transitie	9
1.2 Regionale uitdagingen	10
1.2.1 Microniveau: mensen en vakmanschap	11
1.2.2 Mesoniveau: organisaties en leervermogen	11
1.2.3 Macroniveau: clusters, ecosysteem en transitie	11
1.3 Vijf opgaven voor een toekomstbestendige noordelijke maakindustrie	12
1.4 Bijdrage van het lectoraat aan de regionale opgaven	13
2. Van productiviteitsparadox naar handelingsperspectief	14
2.1 Belang van sociale innovatie	16
2.2 Visie lectoraat Smart Sustainable Manufacturing	16
2.2.1 Doelstelling	17
2.3 Sustainability als voorwaarde	17
2.4 Technische innovatie: digitalisering van de maakindustrie	19
2.4.1 Model Based Engineering	21
2.4.2 Reliability & Maintenance	22
2.4.3 Additive Manufacturing	23
2.4.4 Robotica & Industriële Automatisering	25
2.4.5 Disassembly & Circulair Producenten	25
2.4.6 Autonome systemen als strategisch perspectief	26
2.5 Sociale innovatie: van intentie naar handelen	26
2.5.1 Leerkringen als katalysatoren van verandering	28
2.5.2 Greenwise Campus als contextrijke infrastructuur voor SSM	28
3. Inzichten en onderzoekopgaven voor de toekomst	30
3.1 Toekomstvisie lectoraat SSM	31
4. Samenwerken aan regionale impact	32
5. De mensen achter Smart Sustainable Manufacturing	34
Dankwoord	56
Referenties	58



Wilbert van den Eijnde

Werkoverleg met collega's bij de 3DXL robotprinter in Emmen (2026)

Voorwoord

In 1968 ben ik geboren in Beek en Donk, een dorp dat inmiddels deel uitmaakt van de Brainportregio Eindhoven. Tussen 1840 en 1940 ontwikkelde de industrie zich hier in hoog tempo.

Langs de Zuid-Willemsvaart ontstond een concentratie van bedrijvigheid. Op deze plek groeide de in 1842 opgerichte smederij Van Thiel uit tot de Van Thiel Draad- en Nagelfabriek: een complex van metaalindustrieën dat decennialang het economische hart van het dorp vormde.

Mijn opa Willem, geboren in 1897 en vader van elf kinderen, werkte hier zijn hele leven. Hij was getuige van de industriële groei en bleef tot zijn pensioen in 1962 werkzaam aan de spijkerpers. Ik herinner me zijn karakteristieke manier van sigaar roken: geklemd tussen wijs- en middelvinger, waarvan de toppen ontbraken, stille getuigen van het zware werk aan de persen. In mijn verbeelding zie ik hem terug in het kunstwerk dat nu op het dorpsplein staat: symbool voor een generatie vakmensen die de basis legden voor onze industriële welvaart.

Ook mijn vader Albert, begon na de ambachtsschool, eind jaren veertig, als metaalbewerker bij Van Thiel. In diezelfde periode groeide in Eindhoven een kleine gloeilampen-fabriek uit tot een wereldwijd elektronicaconcern: Philips. Met die groei nam ook de behoefte toe aan uitbreiding van de machinefabrieken op Strijp-S. In 1965 waagde mijn vader, als plattelandsjongen samen met zijn oudere broers Jan en Martin, de stap naar Eindhoven om zich verder te ontwikkelen als machinebankwerker. Hij was een ambachtsman pur sang: iemand die niet hield van massaproductie, maar van het uitdokteren van complex draaiwerk. Hij maakte de introductie van CNC-draaimachines mee, maar werkte er zelf nooit actief mee. In 1990 ging hij met de VUT.

Zelf begon ik in 1992 bij Philips NatLab, het wereld-befaamde industriële onderzoeksinstituut dat aan de basis stond van innovaties als de audiocassette, optische lasertechnologie (CD) en tal van medische röntgen-technieken.

Mensen maken het verschil

De geschiedenis van de maakindustrie is een verhaal van technologie, maar vooral van mensen. Van het ambacht van eerdere generaties tot het werk van vandaag: telkens zijn het vakmensen die nieuwe technologie betekenis geven. Ook in deze publicatie zien we dat terug. In woord en beeld laten collega's zien waar zij aan werken, welk vakmanschap dat vraagt en hoe zij bijdragen aan de grotere opgaven binnen Smart Sustainable Manufacturing.

Zij maken zichtbaar dat de toekomst van de maakindustrie niet alleen digitaal of autonoom is, maar bovenal mens-gedreven.



Begin jaren negentig was een ingrijpende periode voor Eindhoven. De hechte band tussen stad en Philips werd abrupt doorbroken. Na jaren van industriële voorspoed belandde de regio in een diep dal door massaontslagen, veroorzaakt door zware verliezen bij Philips en DAF. Deze crisis dwong Eindhoven tot economische herstructurering: van traditionele industriestad naar technologische kennisregio, de basis voor wat we nu kennen als Brainport.

Als ik terugkijk, zie ik drie generaties die elk een eigen fase van de maakindustrie belichamen: de mechanische industrie van mijn opa, gevormd door staal, persen en puur handwerk; de elektromechanische wereld van mijn vader, waarin automatisering voorzichtig haar intrede deed; en de digitale, kennisgedreven industrie waarin ik zelf mag werken. In die lijn van ontwikkeling besef ik steeds sterker dat ik werk in de voetsporen van reuzen. Vakmensen die met hun handen, vakmanschap en toewijding bouwden aan een industriële cultuur waarvan wij vandaag nog altijd de vruchten plukken.

Vandaag staat de maakindustrie opnieuw op een kantelpunt. Digitalisering, automatisering en circulaire productie bieden ongekende mogelijkheden om productiviteit te verhogen en duurzaamheid te realiseren. Tegelijkertijd laat de praktijk zien dat deze technologische potentie zich niet vanzelf vertaalt in structurele vooruitgang. Nieuwe technologieën worden geïntroduceerd, maar blijven te vaak steken in pilots, losse toepassingen of strategische intenties.

Mijn vader Albert, machinebankwerker in machinefabriek Strijp-S Philips Eindhoven (1989)

De kern van deze spanning ligt niet in de technologie zelf, maar in het vermogen van mensen en organisaties om met die technologie te leren werken. De transitie naar een slimme en duurzame maakindustrie, ofwel Smart Sustainable Manufacturing (SSM), is daarmee niet alleen een technische verandering, maar een sociaal technisch leerproces waarin leren, organiseren en innoveren onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn.

Deze publicatie markeert niet alleen een inhoudelijke koers, maar ook de onderzoeksagenda van het lectoraat Smart Sustainable Manufacturing, NHL Stenden. In ons werk staat steeds dezelfde vraag centraal: hoe zorgen we dat technologische innovatie daadwerkelijk leidt tot betekenisvol werk, hogere productiviteit en duurzame waardecreatie?

Die vraag is niet los te zien van de context waarin zij moet landen. Waar mijn eigen achtergrond geworteld is in de industriële ontwikkeling van Brainport Eindhoven, ligt de opgave van dit lectoraat in Emmen en Noord-Nederland, een regio met een eigen, maar minstens zo rijke industriële geschiedenis. Juist in die regionale context krijgt de transitie naar SSM haar concrete betekenis.

Wilbert van den Eijnde

Standbeeld van "De Spijkermaker" symbool van de metaalindustrie in Beek en Donk (Ton Grassens – 1993)





1. Achtergrond en regionale opgaven

Klimaatverandering, grondstoffenschaarste en arbeidsmarktkrapte zetten het huidige economische model onder druk. Deze mondiale uitdagingen, vastgelegd in de Sustainable Development Goals van de Verenigde Naties [1], vragen om fundamentele veranderingen in hoe we produceren, organiseren en innoveren.

Recente crises, zoals de coronapandemie en de oorlog in Oekraïne, hebben de kwetsbaarheid van industriële ketens en grondstoffenvoorziening scherp blootgelegd. Tegelijkertijd vergroten geopolitieke spanningen de afhankelijkheid van Europa van kritieke technologieën en materialen. Rapporten zoals The Future of European Competitiveness [2] onderstrepen dat versterking van innovatiekracht en industriële autonomie noodzakelijk is om concurrerend te blijven. Dit sluit aan bij de Europese Green Deal [3] en de New Industrial Strategy [4], waarin duurzaamheid, concurrentiekracht en skillsontwikkeling samenkomen.

Parallel hieraan staan Europa en Nederland voor een ingrijpende klimaat- en grondstoffenopgave, met ambitieuze CO₂-reductiedoelen (–55% respectievelijk –60% in 2030 ten opzichte van 1990) en een noodzakelijke transitie naar een circulaire economie. Dit vraagt om nieuwe ontwerpprincipes, efficiënter materiaalgebruik en hoogwaardige vormen van hergebruik.

Tegelijkertijd staat de arbeidsmarkt, met name in de technische sector, onder druk. Werkgevers hebben in toenemende mate moeite om voldoende gekwalificeerd personeel te vinden. Volgens het UWV is er in veel

technische beroepen sprake van een structureel krappe tot zeer krappe arbeidsmarkt. [5] Digitalisering en automatisering zijn daardoor geen keuze meer, maar een noodzaak.

Deze samenloop van ontwikkelingen wordt vaak aangeduid als een 'perfecte storm': een combinatie van transities die economie, samenleving en onderwijs gelijktijdig raken.

1.1 Noord-Nederland: een regio in transitie

Als we op onze Noordelijke industrie inzoomen dan zijn er naast de stad Groningen een aantal andere industriële kernen. De kernen met relatief veel maakindustrie zijn bijvoorbeeld: Emmen, Hogeveen, Drachten (hightech) en Sneek. De industrie levert in Noord-Nederland een bovengemiddelde bijdrage aan de regionale economie. Het aandeel in de bruto toegevoegde waarde ligt circa 5% boven het landelijk gemiddelde en behoort daarmee tot de grootste sectoren van de regio. Ook voor de noordelijke werkgelegenheid [11] behoort de industrie nu nog tot de vier sectoren met het grootste aandeel. Toch verliest de Noordelijke industrie op beide terreinen aan slagkracht. De industrie is net als elders in Nederland de afgelopen decennia sterk aan het veranderen door de globalisering, digitalisering en de overgang naar duurzame productie. Meerdere onderzoeken signaleren echter dat het peloton van techniekbedrijven bestaande uit low- en midtech bedrijven, het tempo van de hightech kennisintensieve ontwikkeling [12] moeilijk kunnen bijbenen.

Emmen als industriële leerregio

Emmen is een stad die is gevormd door industrie en zich telkens opnieuw heeft uitgevonden. Juist dat vermogen tot aanpassing en vernieuwing maakt de regio relevant in het licht van de huidige industriële transities. Na het wegvallen van de vervening werd Emmen na de Tweede Wereldoorlog aangewezen als industriële groeikern. Met de komst van onder meer DSM ontwikkelde de regio zich tot een robuuste industriestad, waarin nieuwe vormen van kennis, organisatie en vakmanschap centraal kwamen te staan. Kenmerkend voor Emmen is dat industrie hier nooit statisch is geweest, maar zich steeds heeft aangepast aan veranderende omstandigheden. Dat continue leervermogen vormt de rode draad in de ontwikkeling van de regio en maakt Emmen tot een treffend voorbeeld van hoe industriële vernieuwing in de praktijk vorm krijgt.

Deze ontwikkelingen vertalen zich in specifieke regionale opgaven. In beleidskaders zoals de RIS3 Noord-Nederland [7] en de Kennisagenda Noord-Nederland (KANN) [8] is deze opgavegerichte benadering expliciet uitgewerkt in regionale prioriteiten, met een sterke focus op duurzame industrie, smart technologie en circulaire economie.

1.2 Regionale uitdagingen

Op basis van ons gezamenlijke onderzoek met regionale kennispartners [13], is een duidelijk beeld verkregen van de opgaven in Noord-Nederland. Deze doen zich voor op meerdere, onderling sterk verbonden niveaus: bij mensen, binnen organisaties en in het regionale ecosysteem als geheel (figuur 2).



Figuur 2: Overzicht van de samenhangende opgaven voor de Noord-Nederlandse industrie op macro- (regio), meso- (organisatie) en microniveau (individu).

1.2.1 Microniveau: mensen en vakmanschap

Op het niveau van individuen (werknemers, studenten en werkzoekenden) zien we dat de houdbaarheid van kennis en vaardigheden steeds korter wordt. Het relatief lage gemiddelde opleidingsniveau in de regio vraagt om structurele upgrading: doorstroom binnen het mbo en hbo, maar vooral ook blijvende ontwikkeling gedurende de loopbaan. Daarbij versterkt de versnelde digitalisering van productieprocessen deze opgave: zij vraagt om wendbare professionals die breed inzetbaar zijn en beschikken over actuele specialistische kennis. Dit vraagt om een ander type leer- en ontwikkelomgeving, waarin formeel onderwijs, werkplekleren en Leven Lang Ontwikkelen (LLO) naadloos in elkaar overlopen. In een krappe arbeidsmarkt wordt bovendien duidelijk dat behoud van vakmensen minstens zo belangrijk is als instroom van nieuw personeel. Professionele loopbaanbegeleiding en aandacht voor duurzame inzetbaarheid zijn daarmee geen luxe, maar randvoorwaarden voor de toekomst van de (noordelijke) maakindustrie.

1.2.2 Mesoniveau: organisaties en leervermogen

Op organisatieniveau (zowel bij bedrijven en onderwijsinstellingen) ligt de uitdaging in het vergroten van het leer- en innovatievermogen. Veel MKB-maakbedrijven beschikken over een sterke praktijkbasis, maar hebben beperkt zicht op de strategische implicaties van digitalisering en robotisering voor hun bedrijfsvoering en personeelsbestand. De potentie van technologie om arbeidsproductiviteit te verhogen wordt nog onvoldoende benut.

Ook onderwijsinstellingen bevinden zich in een transitie. Zij bewegen van traditioneel aanbodgericht onderwijs naar flexibele, modulaire en gepersonaliseerde leertrajecten, waarin docenten steeds meer optreden als coach en verbinder. Deze veranderingen vragen om organisatorische en culturele vernieuwing aan beide zijden. Pas wanneer bedrijven en onderwijs gezamenlijk verantwoordelijkheid nemen voor het ontwikkelen van toekomstige vaardigheden, ontstaat ruimte voor structurele versnelling.

1.2.3 Macroniveau: clusters, ecosysteem en transities

Op regionaal niveau komt alles samen. Noord-Nederland kent een maakindustrie die sterk is verspreid over kleine en middelgrote clusters, met relatief weinig interactie tussen die clusters. Dat beperkt de snelheid waarmee kennis, technologie en innovatie zich verspreiden. Daarbovenop staat de regio voor ingrijpende systeemtransities: de versnelling van digitalisering, de overgang naar een duurzame en circulaire maakindustrie en een structureel krappere arbeidsmarkt als gevolg van vergrijzing en ontgroening. Deze opgaven kunnen niet door individuele bedrijven of instellingen afzonderlijk worden opgelost. Zij vragen om sterke regionale ecosystemen, waarin bedrijven, onderwijs, onderzoek en overheid samenwerken aan gedeelde vraagstukken.



Binder3D: aanjager van innovatie en samenwerking in Additive Manufacturing

Bij GeTech ontstond de wens om de mogelijkheden van 3D-printen te verkennen. Uit onderzoek bleek dat in Noord-Nederland nauwelijks kennis beschikbaar was op het gebied van Additive Manufacturing. In samenwerking met NHL Stenden Hogeschool werd in 2018 een EFRO-subsidie verkregen om een proeftuin op te zetten. Dit groeide in 2019 uit tot Binder3D: een plek waar bedrijven, studenten en onderzoekers samen werken aan toepassingen van Additive Manufacturing en nieuwe technologieën in de praktijk verkennen. De inzet van additieve productie maakt flexibele, nauwkeurige en snel aanpasbare productie mogelijk, vooral bij maatwerk en kleine series. Dit heeft geleid tot toepassingen zoals gepersonaliseerde gehoorbescherming bij Dopple en innovatieve onderdelen voor brandbestrijding binnen het BAS-project. Naast technische voordelen, zoals grotere flexibiliteit en ontwerpvrijheid, versterkte Binder3D vooral het regionale ecosysteem. Binnen het 3D PrintKompas werken partners uit onderwijs, kennisinstellingen en bedrijfsleven samen aan kennisontwikkeling, validatie en talentontwikkeling. De samenwerking met het lectoraat SSM verbindt hierbij technologie, onderzoek en skillsontwikkeling.

1.3 Vijf opgaven voor een toekomstbestendige noordelijke maakindustrie

De analyse van de noordelijke maakregio laat zien dat de uitdagingen waar we voor staan niet op zichzelf staan, maar sterk met elkaar verweven zijn. Digitalisering, verduurzaming en arbeidsmarktkrapte grijpen gelijktijdig in op bedrijven, mensen en ecosystemen. Daarmee volstaat een gefragmenteerde aanpak niet. Wat nodig is, is een samenhangend perspectief dat richting geeft aan keuzes in onderzoek, onderwijs en samenwerking. Vanuit dit samenhangende perspectief tekenen zich vijf onderling verbonden opgaven af voor Noord-Nederland. Allereerst is het noodzakelijk om digitalisering, automatisering en robotisering te versnellen (1), zodat de arbeidsproductiviteit wordt verhoogd, de structurele krapte op de arbeidsmarkt kan worden opgevangen en duurzame groei mogelijk blijft. Tegelijk vraagt dit om een substantiële vergroting van de instroom van jongeren en volwassenen in techniek en ICT (2), om dalende studentenaantallen en aanhoudende tekorten op de arbeidsmarkt tegen te gaan.

Daarnaast is het opleiden en bijscholen van werkenden en zij-instromers in smart en circulaire vaardigheden onontbeerlijk (3), waarbij technologische vernieuwing hand in hand moet gaan met sociale innovatie in werkorganisatie en leerpraktijken. Deze opgaven vragen om een versterking van het Noord-Nederlandse ecosysteem (4), waarin bedrijven, kennisinstellingen en overheden structureel samenwerken aan industriële transitie. Tot slot vergt dit de verdere ontwikkeling en benutting van contextrijke infrastructuur (5), zoals techniekcentra en praktijkomgevingen, waarin skillsontwikkeling, toegepast onderzoek en technologische innovatie samenkomen.

1.4 Bijdrage van het lectoraat aan de regionale opgaven

Tegen deze achtergrond positioneert het lectoraat SSM zich als actieve kennispartner in het aanpakken van deze regionale opgaven. Door de inzet op digitalisering, automatisering en robotisering draagt het lectoraat bij aan het verhogen van de arbeidsproductiviteit en het verminderen van de druk op de arbeidsmarkt (1). Tegelijkertijd richt het zich, in nauwe samenwerking met onderwijs en bedrijfsleven, op het versterken van de instroom en doorstroom in techniek en ICT (2).

Daarnaast levert het lectoraat een bijdrage aan de ontwikkeling van smart en circulaire vaardigheden, waarbij technologische innovatie expliciet wordt verbonden met sociale innovatie in werkorganisaties en leerpraktijken (3). Deze inzet krijgt vorm binnen regionale samenwerkingen, waarin bedrijven, kennisinstellingen en overheden gezamenlijk werken aan industriële transitie en zo het Noord-Nederlandse ecosysteem versterken (4). Tot slot speelt het lectoraat een actieve rol in het ontwikkelen en benutten van contextrijke infrastructuur, zoals Greenwise Campus, Campus Drachten en de Smart Industry fieldlabs Technologies Added en Binder3D, waar skillsontwikkeling, toegepast onderzoek en technologische innovatie samenkomen (5).



2. Van productiviteitsparadox naar handelingsperspectief

In de afgelopen honderd jaar heeft het industriële productieproces zich, via opeenvolgende industriële revoluties, van stoomkracht en elektrificatie tot digitalisering, ontwikkeld langs een pad van arbeidsbesparende mechanisatie en automatisering. Machines namen handarbeid over, werden sneller en kregen een steeds grotere capaciteit. Desondanks laat onderzoek zien dat de introductie van nieuwe technologieën niet automatisch en niet onmiddellijk leidt tot hogere productiviteit in de industrie. [14] Dit verschijnsel staat bekend als de productiviteitsparadox: technologische vooruitgang is zichtbaar op de werkvloer, maar vertaalt zich slechts beperkt of met vertraging in productiviteitsstatistieken (figuur 3).

De geschiedenis laat zien dat productiviteitseffecten van technologische doorbraken, zich doorgaans pas geleidelijk manifesteren, waarbij oude en nieuwe technologieën langere tijd naast elkaar bestaan. Een belangrijke verklaring voor deze paradox is dat organisaties nieuwe technologie vaak inzetten om bestaande werkwijzen te automatiseren, terwijl onderliggende processen, rollen en besluitvormingsstructuren grotendeels intact blijven.

Duurzame productiviteitsgroei vraagt daarom om meer dan technische innovatie alleen. Ook verbeteringen in de organisatie van het werk, investeringen in opleiding en vaardigheden, betere arbeidsomstandigheden, standaardisatie van processen en het gebruik van hoogwaardige grondstoffen en halffabricaten dragen bij aan hogere productiviteit.

Cruciaal is dat elk nieuw productiesysteem een leerproces doorloopt: via *learning by doing* worden systemen geleidelijk efficiënter, effectiever en beter ingebed in de dagelijkse praktijk.



Figuur 3: Arbeidsproductiviteit verloop sinds de jaren 70. Bron De Nederlandse economie in historisch perspectief: Economie | CPB Website

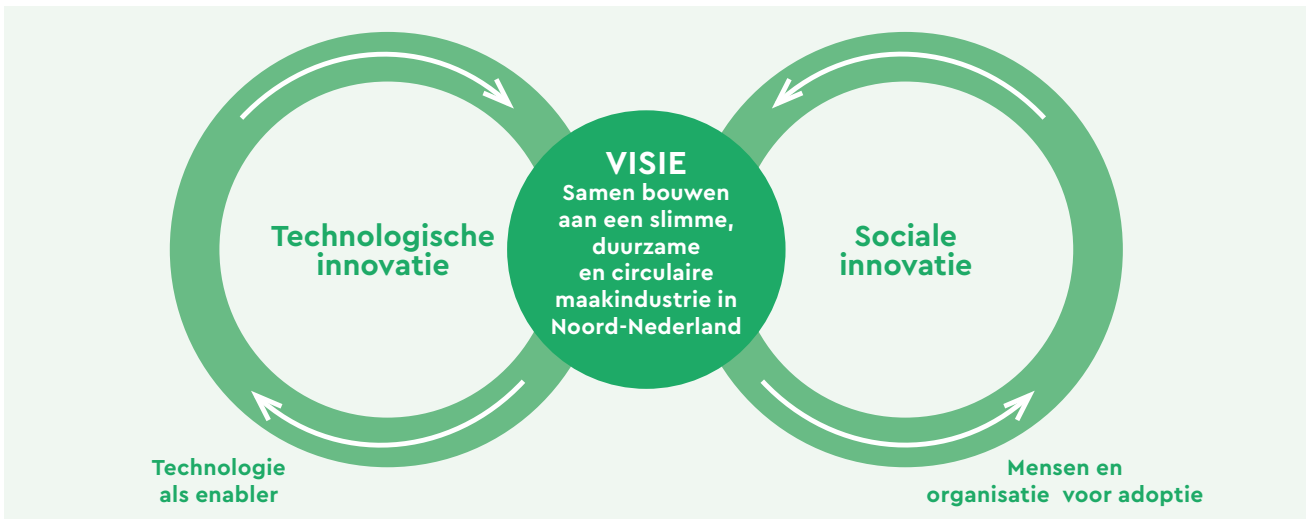
2.1 Belang van sociale innovatie

De productiviteitsparadox maakt duidelijk dat technologische vooruitgang alleen onvoldoende is om productiviteitsgroei te realiseren. Nieuwe technologie levert pas rendement op wanneer zij gepaard gaat met veranderingen in de organisatie van het werk en met het gericht ontwikkelen en benutten van menselijk kapitaal. Deze samenhangende veranderingen worden aangeduid met de term sociale innovatie: het doelgericht vernieuwen van werk en het ontwikkelen van competenties, gericht op zowel betere bedrijfsprestaties als de ontplooiing van talent. [15]

De Sociaal-Economische Raad (SER) benadrukt dat sociale innovatie in dit licht onmisbaar is bij grote transities, zoals digitalisering, de energietransitie en structurele arbeidsmarktkrapte. Volgens de SER vergroot sociale innovatie de wendbaarheid van organisaties en ondersteunt zij leren in de praktijk, en vormt zij daarmee een sleutelvoorwaarde voor goed werk én brede welvaart. [15]

2.2 Visie lectoraat Smart Sustainable Manufacturing

Het doorbreken van de productiviteitsparadox vraagt daarom om een integrale benadering waarin technische én sociale innovatie hand in hand gaan: technologie als enabler, en mensen en organisaties als bepalende factor voor adoptie en daarmee voor daadwerkelijke waardecreatie (figuur 4). In de noodzakelijke overgang naar een slimme, duurzame en circulaire maakindustrie is niet alleen state-of-the-art technologische kennis van productieprocessen vereist, maar speelt vooral het vermogen van medewerkers en organisaties om deze kennis te adopteren een cruciale rol bij het succesvol realiseren van deze transitie en het mogelijk maken van 'groene groei'.



Figuur 4: Technologische en sociale innovatie als samenhangend perspectief voor de Noord-Nederlandse maakindustrie.



2.2.1 Doelstelling

In de periode 2023-2030 streeft het lectoraat SSM ernaar een substantiële bijdrage te leveren aan de transformatie van de Noordelijke Maakindustrie via toegepast onderzoek en onderwijs voor:

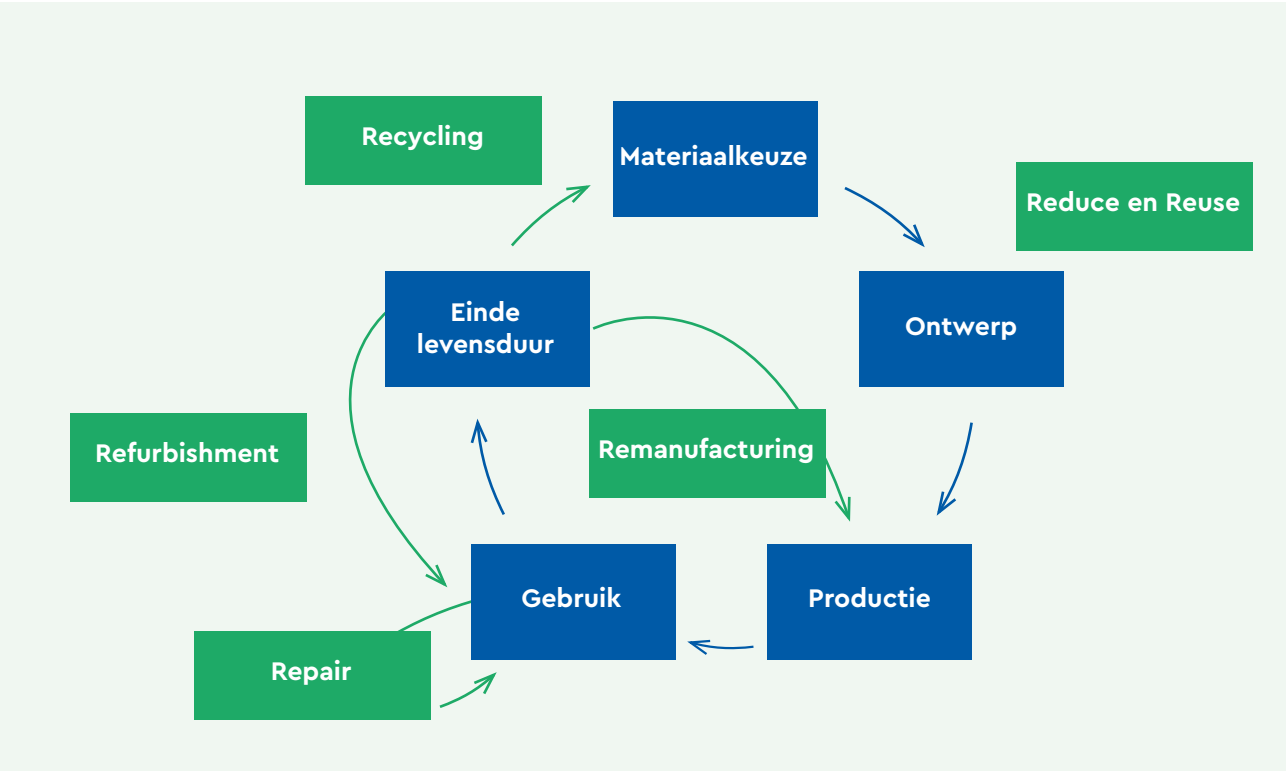
- De integratie van geavanceerde technologieën en duurzame methodologieën met als doel om de productiviteit te verhogen, milieueffecten te minimaliseren, afvalstromen te reduceren en energie en grondstoffen te besparen.
- De ontwikkeling van een passende leer- en ontwikkeloplossingen (zowel in vorm, organisatie als inhoud) waarbij ontwikkelingen in de beroepspraktijk direct hun weerslag krijgen op het onderwijsprogramma voor zowel aankomende als huidige werknemers.

2.3 Sustainability als voorwaarde

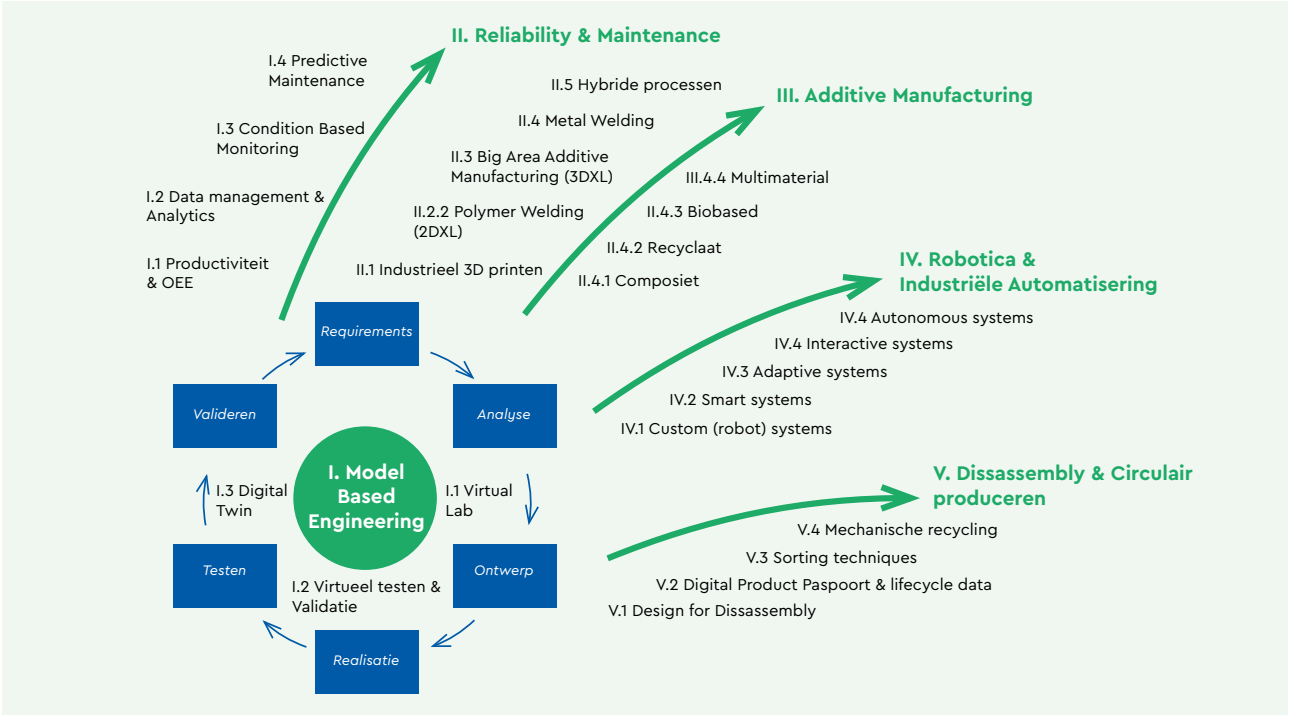
Binnen SSM vormt sustainability het richtinggevende uitgangspunt, met een expliciete focus op circulariteit. De transitie naar een circulaire economie vraagt om het sluiten van product- en materiaalketens en om het behoud van economische waarde gedurende de gehele levensduur van producten. Door producten, componenten en materialen langer en hoogwaardiger in omloop te houden, kan de Europese industrie jaarlijks honderden miljarden euro's aan materiaalkosten besparen, terwijl tegelijkertijd de afhankelijkheid van primaire grondstoffen afneemt en de CO₂-uitstoot wordt gereduceerd [16].

De circulaire waardeketen (figuur 5) beschrijft de levenscyclus van een product: van materiaalkeuze en ontwerp, via productie en gebruik, tot en met de eindelevensfase. Circulariteit begint al in de ontwerpfase. Door minder materiaal te gebruiken (*reduce*). In de gebruiksfase ligt de nadruk op levensduurverlenging. Strategieën zoals hergebruik (*reuse*), reparatie (*repair*), revisie (*refurbishment*) en *remanufacturing* zorgen ervoor dat producten en componenten langer in omloop blijven. Daarmee blijft niet alleen materiaal behouden, maar ook de toegevoegde waarde van arbeid, energie en kennis.

De R-ladder fungeert daarmee als hiërarchisch afwegingskader. Zij laat zien dat circulariteit geen afvalvraagstuk is, maar een systeemkeuze die begint bij ontwerp en de organisatie van productie en gebruik. Het realiseren van deze principes vraagt om gerichte technische innovaties in ontwerp, productie en ketenregie. Digitalisering speelt daarbij een cruciale rol als *enabler* om circulariteit schaalbaar, beheersbaar en economisch haalbaar te maken.



Figuur 5: Circulaire waardeketen waarin materiaalstromen via R-strategieën worden gesloten, over de fase van ontwerp, productie, gebruik en end-of-life.



Figuur 6: Overzicht van de vijf samenhangende onderzoekslijnen binnen het lectoraat SSM, met Model Based Engineering als fundamenteel en digitalisering als verbindende factor voor productiviteit, betrouwbaarheid en circulariteit.

2.4 Technische innovatie: digitalisering van de maakindustrie

De digitalisering van de maakindustrie vormt de kern van de huidige industriële transitie, internationaal aangeduid als Industrie 4.0 [19] [20] en in Nederland vertaald naar het programma Smart Industry. [21] In deze digitale transitie versmelten fysieke productieprocessen met digitale technologieën, waardoor industrieën steeds meer datagedreven, flexibel en voorspelbaar worden. Binnen het lectoraat SSM is deze ontwikkeling uitgewerkt in volgende vijf samenhangende onderzoekslijnen (figuur 6), waarbij digitalisering wordt gebruikt om productieprocessen slimmer, betrouwbaarder en duurzamer te maken:

1. Model Based Engineering vormt de basis door (complexe) systemen digitaal te ontwerpen, analyseren en valideren.
2. Reliability & Maintenance benut data en modellen om prestaties te voorspellen en levensduur te verlengen.
3. Additive Manufacturing biedt ontwerpvrijheid en maakt efficiënter en circulair materiaalgebruik mogelijk.
4. Robotica & industriële automatisering vergroten de flexibiliteit van productieprocessen en verhogen de arbeidsproductiviteit.
5. Disassembly en circulair produceren maken gebruik van digitale informatie om producten en materialen over meerdere gebruiksfases te traceren en hoogwaardig te hergebruiken.

LIFE concept: fabriek van de toekomst voor hearables

In samenwerking met Dopple is het LIFE-concept ontwikkeld (Layer Integrated Factory Environment): een visie op een flexibele, datagedreven fabriek voor de productie van gepersonaliseerde hearables. De uitdaging lag in het efficiënt en lokaal produceren van kleine, sterk variërende series, zoals custom-fit oordopjes. Traditionele productielijnen zijn hiervoor te star en vereisen veel handmatige afstemming. Als oplossing is een modelgebaseerde en digitaal ondersteunde productieomgeving ontwikkeld. Centraal staat een DT van de fabriek, waarin productiestappen, materiaalstromen en capaciteiten continu worden gemodelleerd en geoptimaliseerd. De fabriek is opgezet als een modulaire, flexibele omgeving met geautomatiseerde logistiek, assemblage, 3D-printtechnologie en datagedreven monitoring. Dit resulteert in een schaalbaar en flexibel productiesysteem met betere voorspelbaarheid en hogere productkwaliteit. Tegelijk verandert het werk: operators werken met data en digitale modellen, en vakmanschap verschuift naar procescontrole en systeemdenken. De samenwerking met het lectoraat, via een Design Based Education-aanpak, bracht studenten, onderzoekers en engineers samen. Dit leidde tot technologische oplossingen én kennisontwikkeling, talentgroei en versterking van het regionale ecosysteem.



Bekijk hier
de video.



Het NHL Stenden onderwijssysteem Design Based Education (DBE) [22] vormt de methodische onderzoeks aanpak van ons lectoraat. Vanuit een Programma van Eisen (Requirements) wordt op basis van een analyse een ontwerp opgesteld, gevolgd door een proof of concept (Realisatie) waarin aannames en ontwerpkeuzes worden getest en gevalideerd. De uitkomsten leiden tot bijstelling, herontwerp of opschaling. Deze cyclische aanpak sluit naadloos aan bij de engineering praktijk. Daarmee wordt de inhoudelijke samenhang tussen onderzoek, onderwijs en praktijk structureel geborgd.

2.4.1 Model Based Engineering

Model Based Engineering bevindt zich in het hart van de moderne engineeringpraktijk. Binnen onze opleiding Werktuigbouwkunde (WTB) in Emmen wordt hier al jaren concreet invulling aan gegeven door een geïntegreerde werkwijze, ondersteund door Siemens Digital Industries Software-oplossingen zoals Teamcenter (PLM), NX (CAD/CAM/CAE) en Simcenter. Door het samenhangend inzetten van digitale modellen, simulaties en lifecycle-data ontstaat één consistente digitale basis voor ontwerp en productievoorbereiding. Deze modelgebaseerde werkwijze maakt het mogelijk om ontwerpkeuzes vroeg te toetsen, maakbaarheid te verbeteren en fouten te voorkomen, terwijl studenten worden voorbereid op datagedreven werken in de moderne maakindustrie. [23]

Vanuit deze modelgebaseerde werkwijze vormt de ontwikkeling van een Digital Twin (DT) de volgende stap, waarin fysieke systemen continu worden gekoppeld aan hun digitale representatie. In plaats van statische Computer Aided Design (CAD) ontwerpen en gefragmenteerde optimalisaties maakt een DT het mogelijk om fysieke systemen continu te spiegelen in een virtueel model, waarin procesgedrag, prestaties en kwaliteitskenmerken realtime kunnen worden gemonitord, geanalyseerd en voorspeld. Binnen het Luxovius-project, in samenwerking met Fokker, NLR en Boikon, is aangetoond dat deze aanpak leidt tot beter onderbouwde ontwerpkeuzes, snellere validatie en een reductie van faalkosten doordat afwijkingen vroegtijdig zichtbaar worden en direct kunnen worden teruggekoppeld naar ontwerp en procesinstellingen. [24] De DT maakt daarmee de overgang mogelijk van een sequentieel en reactief ontwikkelproces naar een iteratieve en lerende aanpak, waarin ontwerp, productie en gebruik continu met elkaar verbonden zijn. De centrale uitdaging ligt in het verder ontwikkelen en toepassen van modelgebaseerde werkwijzen voor het integraal beschrijven en aansturen van complexe systemen, zowel technisch als operationeel.

Digital Twin als versneller van datagedreven werken bij Boikon

In 2019 zette Boikon de stap om digitalisering verder te verdiepen door de ontwikkeling en toepassing van Digital Twin-technologie. Hoewel er al veel data werd verzameld, ontbrak het aan structuur en toepassing om deze data daadwerkelijk waardevol te maken. In samenwerking met NHL Stenden werd een modelgebaseerde aanpak geïntroduceerd, waarbij data uit machines en processen digitaal werd gekoppeld en geanalyseerd. De implementatie vergde een investering en leidde niet direct tot brede effecten binnen de organisatie. Inmiddels zijn de resultaten echter duidelijk zichtbaar. Door digitale koppelingen met machines in het veld is de productiviteit en flexibiliteit toegenomen. Daarnaast is er, via gezamenlijke vervolgprojecten, meer grip ontstaan op de voorspelbaarheid van complexe processen.

De samenwerking met het lectoraat Smart Sustainable Manufacturing speelde hierin een belangrijke rol. Studenten en onderzoekers werden gekoppeld aan praktijkvraagstukken, wat leidde tot nieuwe inzichten en gevalideerde oplossingen. Tegelijkertijd groeide binnen de organisatie het bewustzijn van de mogelijkheden van samenwerking met kennisinstellingen. De aanpak verschoof van pragmatisch naar meer onderbouwd en datagedreven, waarbij samenwerking en kennisdeling centraal staan.



2.4.2 Reliability & Maintenance

De onderzoekslijn Reliability & Maintenance richt zich op het verhogen van de productiviteit en beschikbaarheid van productiesystemen door storingen te voorkomen en prestaties voorspelbaar te maken. Betrouwbaarheid (reliability) vormt daarbij direct voor verbetering van de Overall Equipment Effectiveness (OEE), waarin beschikbaarheid, prestatie en kwaliteit samenkomen. Door gestructureerd datamanagement en data-analyse worden faalmechanismen en degradatiepatronen inzichtelijk over de gehele levenscyclus van machines en installaties. Dit maakt de stap mogelijk van reactief en gepland onderhoud naar condition-based en uiteindelijk voorspellend onderhoud, waarbij onderhoudsinterventies proactief en optimaal worden gepland. Maintenance ontwikkelt zich daarmee van kostenpost tot strategisch instrument voor productiviteit en betrouwbare inzet van assets. Deze ontwikkeling sluit direct aan bij de modelgebaseerde benadering en het gebruik van DTs waarin data continu wordt teruggekoppeld tussen gebruik, onderhoud en ontwerp. Daarmee vormt data de verbindende factor tussen engineering en operatie. Ons literatuuronderzoek binnen het Data4All-project laat zien dat datamanagement hierbij geen puur technische opgave is, maar een strategische systeemvraag die samenhangende keuzes vraagt in organisatie, technologie en ethiek. [25] Om deze keuzes hanteerbaar te maken, is een gestructureerde ontwikkelroute nodig. Een data maturity model, zoals de DAMA Maturity Scan, biedt organisaties houvast door organisatorische, juridische, ethische en technische aspecten van datamanagement in samenhang te ontwikkelen. [26] De uitdaging binnen Reliability & Maintenance is het realiseren van datamanagement dat datagedreven onderhoud over de gehele levenscyclus van assets mogelijk maakt en borgt.

2.4.3 Additive Manufacturing

Binnen deze onderzoekslijn staat de ontwikkeling van 2D- en 3D-XL additieve productietechnieken, zoals robotlassen en robot 3D-printen, centraal als grootschalige, digitale productiemethoden voor het vervaardigen van functionele en structurele componenten. De ambitie is om additieve productietechnieken geschikt te maken voor het betrouwbaar en schaalbaar produceren van functionele producten.

Binnen deze onderzoekslijn staan ontwerpregels en validatiemethoden voor functionele onderdelen centraal, evenals inzicht in materiaalgedrag, herhaalbaarheid en kwaliteitsborging van geprinte en gelaste structuren. Daarnaast wordt onderzocht hoe additieve productietechnieken effectief kan worden geïntegreerd in bestaande productieketens, onder meer via hybride processen waarin printen wordt gecombineerd met frezen en/of lassen. Daarbij worden niet alleen composieten onderzocht, maar ook recyclaten en biobased materialen, met als doel additieve productietechnieken een sleutelrol te laten spelen in circulaire waardeketen. De onderzoeksuitdaging ligt in het industrieel volwassen maken van 2D- en 3D-XL additieve productietechnieken, zodat deze inzetbaar zijn productie.



Van CAD naar machinebesturing en machinevision lab: resultaten van samenwerking

Stevens Engineering werkt al jarenlang samen met NHL Stenden Hogeschool. Deze verbinding met het technisch onderwijs is voor ons van groot belang, niet alleen als bron voor toekomstig talent, maar ook als middel om kennis over nieuwe technologieën uit te wisselen. Door de jaren heen is een hechte samenwerking ontstaan tussen studenten, docenten en onze medewerkers, waarmee we actief bijdragen aan een sterkere verbinding tussen onderwijs en bedrijfsleven in de regio. Een concreet voorbeeld is de ontwikkeling van een Big Area Additive Manufacturing Printer. NHL Stenden ontwikkelde een softwaretool die Siemens NX-modellen omzet naar G-codes, terwijl Stevens Engineering de PLC-software, mechanische constructie en besturing realiseerde. Door intensieve samenwerking ontstond een goed werkend systeem. Uit de samenwerking is ook het Skillslab Machinevision ontstaan. In dit lab doen mbo- en hbo-studenten praktijkervaring op met visiontechnologie, voeren zij testen uit en werken zij aan innovatieve toepassingen. Ook bedrijven uit de regio maken gebruik van deze faciliteiten. Deze projecten versterken niet alleen technologische kennis, maar ook de samenwerking binnen het regionale ecosysteem, zoals zichtbaar in het initiatief Skillsforlife.

Robotlassen als versneller van innovatie in de scheepsbouw

De Noord-Nederlandse scheepsbouw staat voor meerdere uitdagingen. De beschikbaarheid van vakmensen neemt af door vergrijzing en beperkte instroom, terwijl internationale concurrentie met name uit Azië de druk op kostprijs vergroot. Tegelijkertijd is er een groeiende vervangingsvraag naar schepen, juist in segmenten waarin de regionale werven traditioneel sterk zijn. Binnen het project RoLinGS (Robotlassen in gesloten scheepssecties) wordt hierop ingespeeld.

In samenwerking met NHL Stenden, MSO, RUG en verschillende scheepsbouwpartners wordt een lasrobot ontwikkeld voor toepassing in gesloten scheepssecties. Dit maakt een fundamenteel andere inrichting van het scheepsbouwproces mogelijk, zowel fysiek als digitaal. De inzet van robotlassen vermindert zwaar en belastend werk en maakt het werk aantrekkelijker voor huidige en nieuwe vakmensen. Tegelijk vraagt dit om nieuwe vormen van digitalisering en procesinrichting. Het project versterkt bovendien de samenwerking tussen onderwijs en industrie.

Docent-onderzoekers en studenten werken actief mee aan robotbeweging en ontwerpoptimalisatie, waarmee technologische innovatie hand in hand gaat met skillsontwikkeling en regionale samenwerking.



2.4.4 Robotica & Industriële Automatisering

De onderzoekslijn Robotica & Industriële Automatisering richt zich op de ontwikkeling en toepassing van een nieuwe generatie flexibele, betaalbare en intelligente robotsystemen voor industriële omgevingen. De ambitie is om robotisering toegankelijker en breder inzetbaar te maken door te werken met compacte besturingen en open architecturen, waardoor maatwerk, schaalbaarheid en integratie in bestaande productiesystemen worden vergemakkelijkt. Daarbij verschuift de focus van starre, vooraf geprogrammeerde automatisering naar adaptieve en interactieve robotsystemen die kunnen omgaan met variatie, onzekerheid en veranderende productie-eisen. Centraal in deze onderzoekslijn staat de vraag hoe robotica slimmer, flexibeler en mensvriendelijker kan worden ingezet. Onderzoeksuitdagingen liggen onder meer in het realiseren van snel herconfigureerbare robotsystemen, intelligente end-of-arm tooling die geschikt is voor variatie en maatwerk, en veilige en effectieve vormen van mens-robot-samenwerking. Daarnaast wordt gewerkt aan het vergroten van de autonomie van robotsystemen op celniveau, waarbij robots zelfstandig kunnen waarnemen, beslissen en handelen binnen vooraf gedefinieerde kaders.

2.4.5 Disassembly & Circulair Produceren

De onderzoekslijn Disassembly & Circulair Produceren richt zich op het ontwikkelen van ontwerpprincipes en technologieën die circulariteit en demontage al vanaf de ontwerpfase mogelijk maken. De centrale ambitie is om producten, componenten en productiesystemen zo te ontwerpen dat ze aan het einde van hun levensduur efficiënt kunnen worden gedemonteerd, gesorteerd en hergebruikt, en daarmee grondstoffenverlies en milieubelasting structureel worden verminderd. Binnen deze onderzoekslijn staan design for disassembly, het gebruik van lifecycle-data en het digitale productpaspoort centraal als fundament voor circulair ontwerp en productie. Door inzicht in materiaalstromen, gebruiksfasen en restwaarde kan beter worden gestuurd op hergebruik, remanufacturing en recycling. Daarnaast wordt gewerkt aan innovatieve sorteertechnieken en mechanische recyclingprocessen die geschikt zijn voor complexe productstromen. De centrale uitdaging bij mechanische recycling is het behouden en borgen van materiaalkwaliteit bij herhaalde verwerkingscycli. In de praktijk veroorzaken variaties in materiaalsoorten, vervuiling, additieven en productontwerpen kwaliteitsverlies, waardoor recyclaten slechts beperkt inzetbaar zijn voor hoogwaardige toepassingen.

SkillsforLife: bouwen aan een regionaal skills-ecosysteem

In Noord-Nederland werken sinds 2024 meer dan 65 bedrijven, overheden en onderwijsinstellingen (vo, mbo en hbo) samen in het programma SkillsforLife aan één gezamenlijke opgave: het toekomstbestendig maken van de maakindustrie. In leerkringen werken bedrijven, studenten, docenten en onderzoekers gezamenlijk aan praktijkvraagstukken en de ontwikkeling van nieuwe kennis en vaardigheden. Daarbij wordt gewerkt aan technologische thema's zoals industrieel 3D-printen, industriële automatisering en robotica, AI en computer vision en sustainable maintenance, maar ook aan sociale thema's zoals leren op de werkvloer.

Deze samenwerking wordt ondersteund door zestien regionale kenniscentra, waar contextrijke leeromgevingen ontstaan waarin technologie en vakmanschap samenkomen.

De aanpak leidt tot concrete impact: een groeiend bereik van honderden mkb-bedrijven, medewerkers, docenten en studenten, en een versterking van de innovatiekracht en wendbaarheid van de regio. Zo ontstaat stap voor stap een verbonden ecosysteem waarin ontwikkeling, samenwerking en toepassing centraal staan.

Voor meer informatie



2.4.6 Autonome systemen als strategisch perspectief

Autonome systemen loopt als rode draad door al onze onderzoekslijnen. Wij zien een duidelijke verschuiving van handmatige sturing naar systemen die hun eigen toestand kunnen monitoren, afwijkingen herkennen en binnen vooraf gedefinieerde kaders zelfstandig kunnen handelen. Model-based en data-gedreven benaderingen vormen hiervoor de noodzakelijke randvoorwaarden. Autonome systemen zijn daarmee geen doel op zich, maar een strategisch middel. Ze vergroten de wendbaarheid, verhogen de productiviteit en voorspelbaarheid van processen. In een tijd van schaarste aan arbeid en toenemende complexiteit vormen zij een belangrijke bouwsteen voor een robuuste en toekomstbestendige maakindustrie.

2.5 Sociale innovatie: van intentie naar handelen

Technologische vernieuwing in de maakindustrie wordt in beleid en strategie vaak benaderd vanuit mogelijkheden en concurrentiekracht, bijvoorbeeld rond digitalisering en AI. [2] [4] In de praktijk blijft daadwerkelijke toepassing echter regelmatig achter. Onderzoek naar digitale transformatie laat zien dat intenties zelden vanzelf leiden tot implementatie. [27] Ons onderzoek naar AI-adoptie bij maakbedrijven in Noord-Nederland laat zien dat juist de stap van intentie naar toepassing het grootste struikelblok vormt. In een empirische studie onder 41 industriële mkb-bedrijven blijkt dat de intentie om AI te gebruiken weliswaar wordt gedreven door percepties en verwachtingen, maar geen voorspellende waarde heeft voor het daadwerkelijke gebruik. [28] Sociale innovatie is daarmee geen randvoorwaarde, maar de bepalende factor voor succesvolle verandering. Het feitelijke gebruik van AI wordt daarentegen vrijwel volledig bepaald door twee factoren: praktische ervaring met AI en de mate van datamanagement-volwassenheid. Organisaties implementeren AI dus niet omdat zij het niet willen, maar

omdat zij het niet kunnen. Dit illustreert de zogeheten *intention-behaviour gap*: een kloof die niet alleen technologisch is, maar organisatorisch en sociaal van aard. Het gaat om leervermogen, nieuwe rollen en routines, en het gezamenlijk betekenis geven aan technologie in de context van het werk.

De veronderstelling is dat de inzichten uit ons onderzoek naar AI-adoptie niet op zichzelf staan, maar exemplarisch zijn voor technologie-adoptie in de maakindustrie als geheel. Of het nu gaat om AI, robotisering, DTs of additieve productietechnieken, telkens blijkt dat technologische vernieuwing zelden vastloopt op de beschikbaarheid van technologie. De doorslaggevende factor is het vermogen van organisaties om nieuwe technologieën daadwerkelijk te leren toepassen in hun eigen praktijk. Technologie-adoptie verschuift daarmee van een technische opgave naar een vraagstuk van leren en organiseren: hoe ondersteunen we bedrijven zo dat handelingsverlegenheid plaatsmaakt voor handelingsvermogen? Dit vraagt om een andere manier van kijken naar innovatie, waarin leren, werken en experimenteren niet los van elkaar worden georganiseerd, maar bewust met elkaar worden verweven. Binnen de Nationaal Groeifonds-projecten SkillsforLife en SWiNG-Transit staat niet de losse interventie centraal, maar het ontwerp van publiek-private, contextrijke leeromgevingen. In deze omgevingen ondersteunen leerkringen bedrijven bij het ontwikkelen van ervaring, vertrouwen en handelingsvermogen in technologie-adoptie.



De toekomst van techniek is mensenwerk



2.5.1 Leerkringen als katalysatoren van verandering

Vanuit de vaststelling dat technologie-adoptie primair een leerproces is, rijst de vraag hoe dit leren zo kan worden georganiseerd dat het daadwerkelijk leidt tot handelen. Binnen SkillsforLife is hiervoor bewust gekozen voor de leerkring als werkvorm. Binnen de gevormde leerkringen werken professionals uit bedrijven en onderwijs gezamenlijk aan concrete praktijkvraagstukken. Uit ons casestudy-onderzoek [29] naar de werking van deze leerkringen blijkt dat leerkringen waarde creëren wanneer zij ruimte bieden voor ervaringsleren, gezamenlijke reflectie en experimenteren in de eigen praktijkcontext. Deze elementen sluiten nauw aan bij de bevindingen uit ons AI-adoptieonderzoek, waaruit blijkt dat vooral praktische ervaring en organisatorische volwassenheid doorslaggevend zijn. Leerkringen maken het mogelijk deze capaciteiten niet alleen individueel, maar juist ook collectief te ontwikkelen.

De analyse van meerdere leerkringen laat zien dat waardecreatie zich niet beperkt tot inspiratie of kennisdeling, maar zich, onder de juiste condities, kan ontwikkelen tot toegepaste en zelfs gerealiseerde waarde. Daarbij blijken drie typen condities cruciaal: structurele condities (tijd, continuïteit en fysieke nabijheid), relationele condities (diversiteit aan perspectieven en vertrouwen) en dynamische condities (actieve facilitering en gedeeld leiderschap). Waar deze condities aanwezig zijn, ontstaat een leeromgeving waarin deelnemers handelingsverlegenheid durven loslaten en nieuwe technologieën daadwerkelijk gaan toepassen.

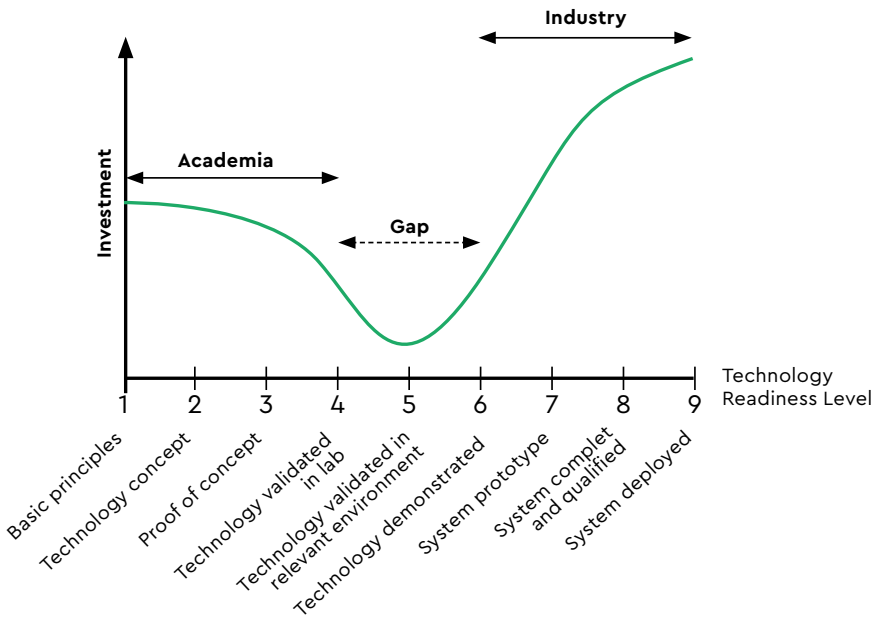
2.5.2 Greenwise Campus als contextrijke infrastructuur voor SSM

Een van de plekken waar deze regionale concentratie van technologie en industrie concreet vorm krijgt, is Greenwise Campus in Emmen. Waar leerkringen het sociale leerproces organiseren, biedt Greenwise Campus

de contextrijke infrastructuur waarin dit leren wordt toegepast. De campus ontwikkelt zich tot een omgeving waar onderwijs, onderzoek en bedrijfsleven samenkomen rond de pijler Smart Sustainable Manufacturing.

De kracht van Greenwise Campus ligt in het samenbrengen van technologische faciliteiten, praktijkvraagstukken en netwerken in één gedeelde omgeving. In proeftuinen voor onder andere verspaning, additive manufacturing, robotica en digitale waardeketens werken bedrijven, studenten en onderzoekers gezamenlijk aan realistische cases. Dit biedt ruimte om nieuwe technologieën in een veilige, realistische context te verkennen en te duiden, voordat zij daadwerkelijk worden geïmplementeerd, een cruciale voorwaarde om handelingsverlegenheid bij technologie-adoptie te doorbreken.

Door leren, experimenteren en toepassen te verbinden in één omgeving, overbruggt Greenwise Campus de kloof tussen onderzoek en industriële toepassing, ook wel de “valley of death” genoemd, die zich vooral voordoet in de middenfasen van de Technology Readiness Levels (TRL): het schaalmodel dat de ontwikkeling van technologie beschrijft van fundamenteel onderzoek (TRL 1) tot volledige industriële inzet (TRL 9). Juist in deze overgangsfase nemen investeringen vaak af, doordat technologie wel veelbelovend is maar nog onvoldoende bewezen, schaalbaar of ingepast in bestaande organisatie- en productieprocessen. In samenhang met de leerkringen van SkillsforLife vormt de campus daarmee de fysieke ruggengraat van een aanpak waarin sociale en technologische innovatie structureel met elkaar zijn verbonden. [30]



Figuur 7: De kloof tussen academisch onderzoek en industriële toepassing langs de Technology Readiness Levels (TRL).



3. Inzichten en onderzoekopgaven voor de toekomst

De transitie naar een slimme en duurzame maakindustrie vraagt om meer dan technologische vooruitgang alleen. Circulariteit is een randvoorwaarde, digitalisering en automatisering zijn belangrijke enablers, maar pas wanneer mensen, organisaties en ecosystemen het vermogen ontwikkelen om hiermee te werken, ontstaat daadwerkelijke waarde.

De productiviteitsparadox laat zien dat technologie zich niet automatisch vertaalt in productiviteitswinst. Innovaties blijven vaak steken in pilots of ambities. Ons onderzoek naar AI-adoptie bevestigt dit: intentie voorspelt geen gebruik. Doorslaggevend zijn praktische ervaring en datamanagement-volwassenheid. Het draait uiteindelijk om handelingsvermogen.

Daarmee krijgt sociale innovatie een centrale rol. Niet als randvoorwaarde, maar als hefboom voor verandering. Het gaat om hoe werk wordt georganiseerd, hoe leren wordt ingebed en hoe medewerkers betrokken raken. Leerkringen en contextrijke leeromgevingen maken dit concreet: zij verbinden ambitie met praktijk en maken technologie toepasbaar

3.1. Toekomstvisie lectoraat SSM

Voor de komende jaren richt het lectoraat SSM zich op het verder verdiepen en richt zich daarom op de volgende drie samenhangende onderzoeksvragen:

- Circulariteit als systeemprincipe: Welke ontwerp-, productie- en dataprincipes zijn nodig om circulariteit structureel, meetbaar en schaalbaar te verankeren in industriële productiesystemen?

- Autonome productiesystemen: Hoe kunnen productiesystemen zo worden ontworpen en toegepast dat zij in toenemende mate zelfstandig kunnen waarnemen, beslissen en handelen, en daarmee productiviteit en duurzaamheid verhogen?
- Handelingsvermogen en Leven Lang Ontwikkelen: Hoe kunnen mkb-bedrijven hun leer- en absorptievermogen versterken, zodat handelingsverlegenheid bij technologie-adoptie plaatsmaakt voor duurzaam handelingsvermogen?

Deze vragen markeren geen eindpunt, maar een uitnodiging tot samenwerking. De uitdagingen waarvoor de maakindustrie staat zijn te complex om door individuele organisaties of disciplines afzonderlijk te worden opgelost. Zij vragen om collectief leren, om langdurige samenwerking en om het bewust ontwerpen van een noordelijk ecosysteem waarin technologie, organisatie en mens elkaar versterken.

De toekomst van techniek is mensenwerk. De maakindustrie van morgen is niet alleen slim en duurzaam, maar vooral leerbaar en mensgericht. Smart Sustainable Manufacturing betekent technologie inzetten die economische waarde creëert, ecologische grenzen respecteert en ruimte laat voor vakmanschap en ontwikkeling. Dat is de opgave waar het lectoraat SSM zich aan verbindt en de richting die in dit schrijven wordt verkend.



4. Samenwerken aan regionale impact

De kracht van het lectoraat SSM ligt in zijn diversiteit aan expertises en toewijding van zijn teamleden. Samenwerking is echter essentieel voor het creëren van regionale waarde. In een regio met veel mkb en een beperkte individuele innovatiecapaciteit is het bundelen van krachten noodzakelijk om digitalisering, circulariteit en arbeidsmarktkrapte in samenhang aan te pakken. Het lectoraat SSM positioneert zich daarom nadrukkelijk als verbinder tussen onderwijs, onderzoek en praktijk.

De afgelopen jaren hebben we als lectoraat structurele samenwerkingen opgebouwd, zonder deze partners kunnen wij geen (regionale) impact maken:

- Mijn collega (associate) lectoren van de onderzoeksgroep binnen Tech & Design van NHL Stenden: Vincent Voet, Rudy Folkersma, Klaas Dijkstra, Derek Kuipers, Luewton Agostinho, Michel Saakes, Willemien Veele, Daan van Rooijen
- Lectoraat Didactiek voor Vak en Beroep van NHL Stenden met Marco Mazereeuw
- Lectoraat Maritieme Innovatieve Technieken van NHL Stenden met Herbert Koelman
- Lectoraat Green Economics & Process Optimization van NHL Stenden met Matthias Olthaar en Dennis Vegter
- Het ISA Lab met Wouter Brinksma en Gert Meijer
- De opleidingen van NHL Stenden: Toegepaste Wiskunde, Werktuigbouwkunde, Technische bedrijfskunde, (Technische) Informatica, Commerciële Economie, Logistic Management, Ad Industriële Automatisering & Robotica en Electrotechniek
- Het LLO-loket Tech & Design van NHL Stenden met Immy Voet, Ruud Pesch, Thijs Boersma en René de Boer
- Het Engineering and Technology institute Groningen (ENTEG) binnen de Rijksuniversiteit Groningen met Yutao Pei, Jan Post, Soheil Solhjoo, Bayu Jayawardhana

- Lectoraat Smart Sustainable Manufacturing van de Haagse Hogeschool met Jenny Coenen en Rufus Fraanje
- Lectoraat New Business & ICT van de Hanze Hogeschool met Rix Groenboom en Marike Peterzon
- Lectoraat Digital Business & Society van Windesheim met Erik Fledderus en Aart Schoonderbeek
- Lectoraat High Tech Embedded Software van de Fontys Hogeschool met Teade Punter
- Onderwijsinstellingen Alfa Collega, Frida, DCTerra en Noorderpoort, TNO
- De partners van het CoE SSM van het eerste uur Getech, Dopple, Stevens Engineering, KxA en Rijksuniversiteit Groningen
- Bedrijfsvakscholen: Bedrijfsvakschool Techniek Drenthe, TechnicNoord, Stichting Metaal- en Scheepsbouw Opleidingen Groningen, TSH Vakopleidingen, Stichting OBM Noord
- Bedrijvensclusters: Innovatie Campus Drachten, NPAL, Ondernemend Emmen
- Brancheorganisaties: FME Noord en Koninklijke Metaalunie- District Noord
- Overheden: Gemeente Emmen, Gemeente Drachten, Provincie Drenthe en Provincie Fryslân
- Ontwikkelingsorganisaties/fondsen: Katapult, NOM, SNN, RVO
- Lopende Publieke Samenwerkingsverbanden: Cura, Yuzu, Groeien in Groen Staal, Skillsforlife, SWiNG Transit, NXT GEN HIGH Tech, 3DPrintKompas, 3DXL

Als lectoraat bouwen we voort op bestaande samenwerkingen en zoeken we actief nieuwe verbindingen binnen en buiten de hogeschool. Juist in de kruisbestuiving tussen technologie, ondernemerschap en onderwijsinnovatie ontstaat de meerwaarde die SSM vraagt.



5. De mensen achter Smart Sustainable Manufacturing

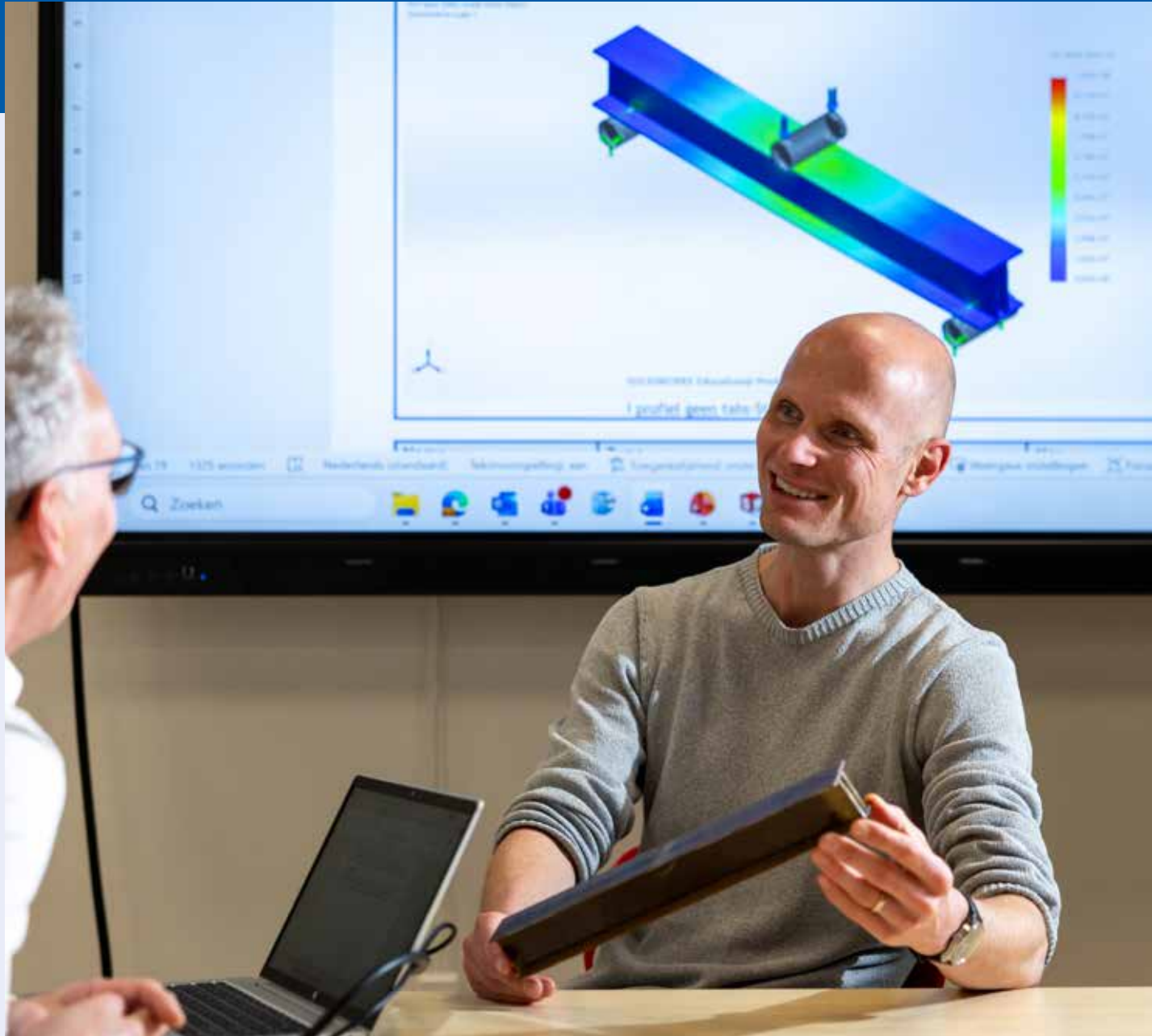
Achter iedere innovatie staan mensen. Mensen met nieuwsgierigheid, vakmanschap en de wil om samen nieuwe mogelijkheden te verkennen. In onderzoek, onderwijs en praktijk werken collega's dagelijks aan oplossingen voor vraagstukken rondom digitalisering, duurzaamheid, automatisering en een Leven Lang Ontwikkelen.

In dit hoofdstuk maken we kennis met de mensen achter Smart Sustainable Manufacturing. Hun verhalen laten zien hoe uiteenlopende expertises samenkomen: van robotica en data-analyse tot onderhoud, productontwikkeling, logistiek en leren in de praktijk. Ieder vanuit een eigen achtergrond, maar verbonden door een gezamenlijke ambitie: bijdragen aan een slimme, duurzame en toekomstbestendige maakindustrie.

De portretten geven niet alleen een beeld van waar mensen aan werken, maar ook van wat hen drijft. Want technologische vooruitgang ontstaat niet vanzelf. Het vraagt om professionals die durven experimenteren, samenwerken en blijven leren. Juist in die combinatie van technologie, menselijke creativiteit en praktijkervaring ontstaat echte innovatie.

Zo vormt dit hoofdstuk een persoonlijk inkijkje in het netwerk van mensen dat dagelijks bouwt aan de industrie van morgen.

"Bijdragen aan een slimme, duurzame en toekomstbestendige maakindustrie."



Tom van Os

Docent-onderzoeker lectoraat Smart Sustainable Manufacturing & Werktuigbouwkunde

Verbonden aan: Biobased Manufacturing en 3DXL.

Waar werk je aan?

Samen met collega's en studenten werk ik aan het produceren en vooral het valideren van constructieve producten van biocomposiet. Onder validatie verstaan we zowel testen als simuleren. Hiervoor verdiep ik mij intensief in FEM-simulaties binnen CAD-software. Daarnaast werk ik aan een validatiecyclus voor het lassen van kunststoffen met behulp van een robotarm.

Wat maakt jou een vakman?

Ik weet inhoudelijk waar ik het over heb en ben goed in het samenbrengen van onderwijs en onderzoek. Ik zie kansen om studenten in te zetten voor projecten en weet docenten en onderzoekers samen te brengen.

Waarom doe je dit werk?

Ik wil studenten en docenten leren werken met de laatste stand van de techniek en hier samen met partners uit het bedrijfsleven mooie dingen mee te doen.

Impact voor de toekomst

Studenten gaan beter voorbereid de arbeidsmarkt op en de regio wordt daarmee een stukje slimmer!

"Ik zie kansen om studenten in te zetten voor projecten en weet docenten en onderzoekers samen te brengen."



Roelof Rusticus

Docent-onderzoeker lectoraat Smart Sustainable Manufacturing & Werktuigbouwkunde

Verbonden aan: 3DXL, groot formaat 3D printen, model based engineering.

Waar werk je aan?

Ik doe onderzoek naar de mogelijkheden van groot formaat 3D printen en het voorspellen van de mechanische eigenschappen van 3D-geprinte, vezelversterkte producten met behulp van CAE-software. Daarnaast begeleid ik studenten bij (afstudeer)stages, minoren en projecten die direct bijdragen aan actuele onderzoeksvraagstukken en beheer ik het lab en de aanwezige machines.

Wat maakt jou een vakman?

Ik ben een allround engineer met expertise in zowel theoretisch onderzoek als praktische uitvoering. Ik kan goed overweg met de benodigde software en hardware. Daarnaast sta ik altijd open om nieuwe kennis en vaardigheden op te doen.

Waarom doe je dit werk?

Mijn werkzaamheden kennen zowel theoretische, praktische als sociale aspecten. Dit maakt het werk zeer divers en biedt voortdurende mogelijkheden om mij te ontwikkelen. Juist die combinatie is voor mij erg belangrijk.

Impact voor de toekomst

Met mijn werk binnen het lectoraat draag ik actief bij aan de ontwikkeling en toepassing van nieuwe, duurzame productietechnieken. Ik werk toe naar een toekomst waarin bedrijven in Noord-Nederland grootformaat printtechnologie effectief kunnen gebruiken voor hoogwaardige constructieve onderdelen.

"Met mijn werk binnen het lectoraat draag ik actief bij aan de ontwikkeling en toepassing van nieuwe, duurzame productietechnieken."



Anouk Hooiveld

Docent-onderzoeker lectoraat Smart Sustainable Manufacturing & Werktuigbouwkunde

Verbonden aan: Skillsforlife en haar Wiskunde Expertise Centrum en leerkring Sustainable Maintenance.

Waar werk je aan?

Ik werk aan de verbinding tussen het werkveld, bedrijven en studenten, onder andere via data-analyseprojecten waarin ik digitale analysetechnieken koppel aan de technische praktijk. Dankzij mijn werktuigbouwkundige achtergrond vertaal ik algoritmische analyses naar toepasbare technische inzichten. Binnen de opleiding Werktuigbouwkunde verzorg ik wiskunde- en statistiekonderwijs en ondersteun ik studenten via projecten, het Wiskunde Expertise Centrum en het schakeltraject wiskunde.

Wat maakt jou een vakman?

Mijn inhoudelijke expertise in wiskunde en mijn analytisch vermogen om complexe vraagstukken te vertalen naar toepasbare oplossingen. Ik verbind theorie, techniek en praktijk en creëer zo een sterke leer- en samenwerkingsomgeving waarin mensen en projecten groeien.

Waarom doe je dit werk?

Wiskunde is geen obstakel, maar een krachtig instrument binnen de techniek. Het geeft me energie wanneer mensen ontdekken hoe theorie en praktijk elkaar versterken en hoe helder hun werk wordt met de juiste inzichten. Zo draag ik bij aan vakmensen die begrijpen wat ze doen, waarom het werkt en hoe ze dat kunnen inzetten in hun toekomst.

Impact voor de toekomst

Mijn werk maakt wiskunde en technische analyses toegankelijker, waardoor inzicht en praktijk dicht bij elkaar komen. Dit levert studenten en vakmensen op die sterker analyseren, onderbouwen en zelfstandig opereren, en zo bijdragen aan een toekomstbestendig

"Ik verbind theorie, techniek en praktijk en creëer zo een sterke leer- en samenwerkingsomgeving waarin mensen en projecten groeien."



Mark van der Staay

Senior onderzoeker lectoraat Smart Sustainable Manufacturing NHL Stenden

Verbonden aan: 3DXL, Biobased manufacturing en Skillsforlife en haar leerkring Model Based Engineering.

Waar werk je aan?

Binnen de onderzoekslijn 3DXL onderzoek ik de betrouwbaarheid van 3Dprint- en lasprocessen met robots. Er zijn systemen en proces-windows ontwikkeld, diverse CAD-CAM pakketten en nieuwe testmethoden geïmplementeerd, circulaire gebruik onderzocht en validatiecycli opgesteld om testen te vergelijken van CAE-software. Voor de onderzoekslijn biobased manufacturing onderzoek ik de betrouwbaarheid van het Vacuum Infusion Manufacturing proces met natuurlijke vezels en harsen. Deze techniek levert stijve en lichte profielen welke mogelijk toegepast gaan worden in woningbouw, infra en industrie.

Wat maakt jou een vakman?

Sinds 2017 werk ik binnen SSM aan robotisch lassen en de implementatie van technische innovaties. Wat mij drijft, is het samenspel tussen techniek, onderwijs en mensen: samen met collega's, studenten en industriële partners ideeën ontwikkelen en echt laten landen in de praktijk. Ik voel me thuis in deze dynamiek, beweeg makkelijk tussen onderzoek, onderwijs en projectmanagement, en ben trots dat ik deel uitmaak van een lectoraat met een sterke positie in het Noordelijke ecosysteem.

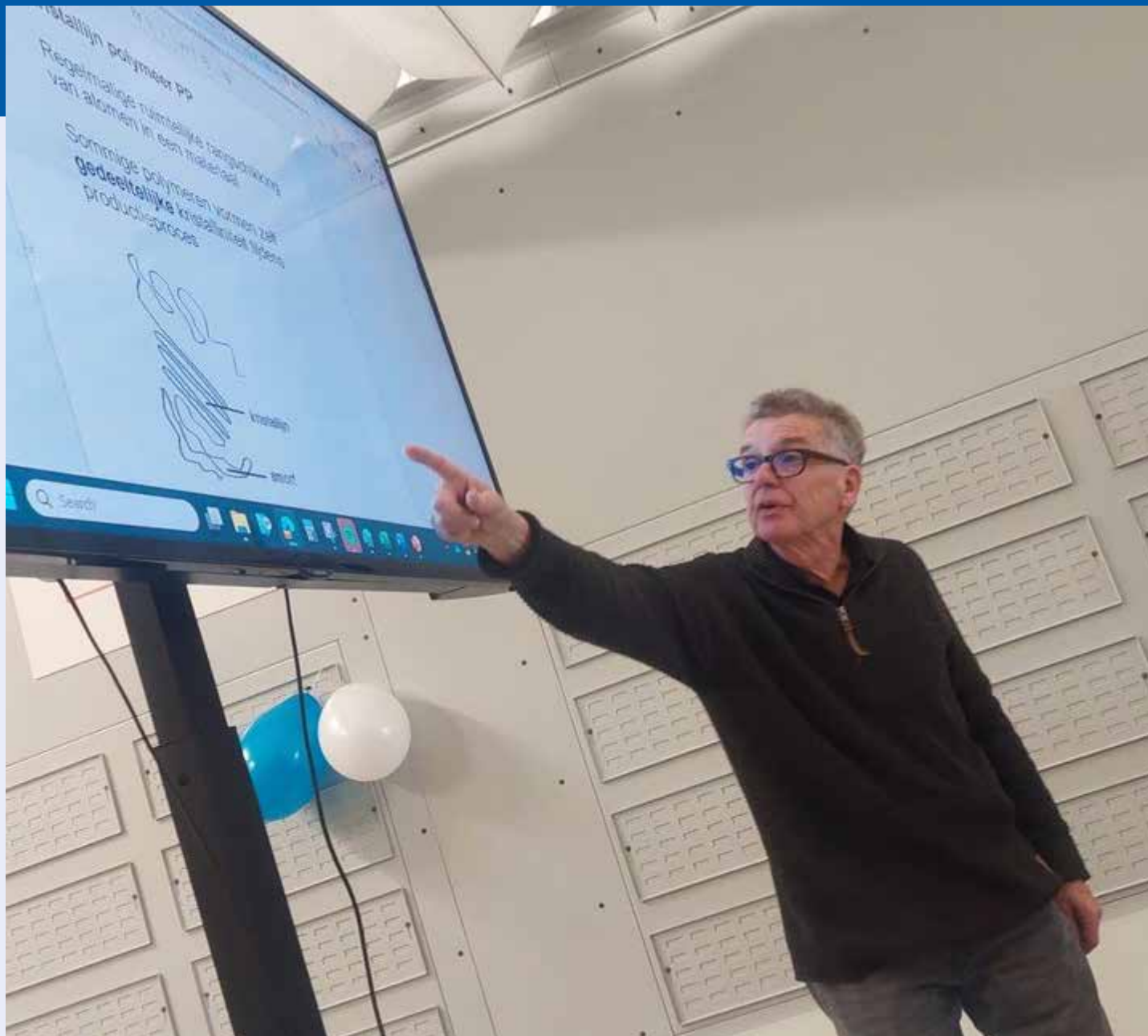
Waarom doe je dit werk?

Mijn werk is uitdagend, en juist dat maakt het voor mij interessant. Als onderzoeker houd ik van creëren, denken en bouwen. Samen hebben we vanuit niets een lectoraat met sterke onderzoekslijnen opgebouwd. Onze toegepaste onderzoeken zijn super relevant voor validatie van complexe fysische modellen. Dat ik impact kan maken op zowel de werkvloer als op een universiteit vind ik een voorrecht.

Impact voor de toekomst

In de basis probeer ik een zinvolle bijdrage te leveren aan de BV Nederland en wereld door studenten te begeleiden in het begrijpen en toepassen van theorie, zodat zij deze kennis weer doorgeven. De onderzoekslijnen zijn ieder op hun manier belangrijk: Model Based Engineering helpt de industrie voorspellen, fouten voorkomen en first time right ontwerpen. Met 3DXL ondersteunen we bedrijven bij specialistische robotoplossingen in een tijd van personeelstekorten en vergrijzing. Met Biobased Manufacturing werken we aan duurzame, lokale alternatieven voor staal, beton en hout en verminder zo de afhankelijkheid van fossiele grondstoffen.

"Dat ik impact kan maken op zowel de werkvloer als op een universiteit vind ik een voorrecht."



Jaap Verhage

Onderzoeker lectoraat Smart Sustainable Manufacturing NHL Stenden

**Verbonden aan: Materiaalkunde van thermoplastische
grootschalig 3D-geprinte kort-vezelige composieten en
Minor (Bio-) Composieten theorie-ondersteuning.**

Waar werk je aan?

Ik werk aan mechanische eigenschappen en microstructuren, het thermo mechanisch gedrag (restspanningen), rekstrookmetingen van restspanningen, de ontwikkeling van algemene testprotocollen en materiaalmodellen, het praktisch toepassen van theoretische microstructuurmorphologie, en het uitvoeren en verzamelen van relevante literatuurstudies.

Wat maakt jou een vakman?

Het praktisch toegepast materiaalkundig onderzoek van nieuwe en conventionele materialen en technologieën, en het oplossen van optredende eigenschap-problemen daarin. Grote, brede en lange ervaring in alle materiaalgroepen, R&D van industrie en onderwijs.

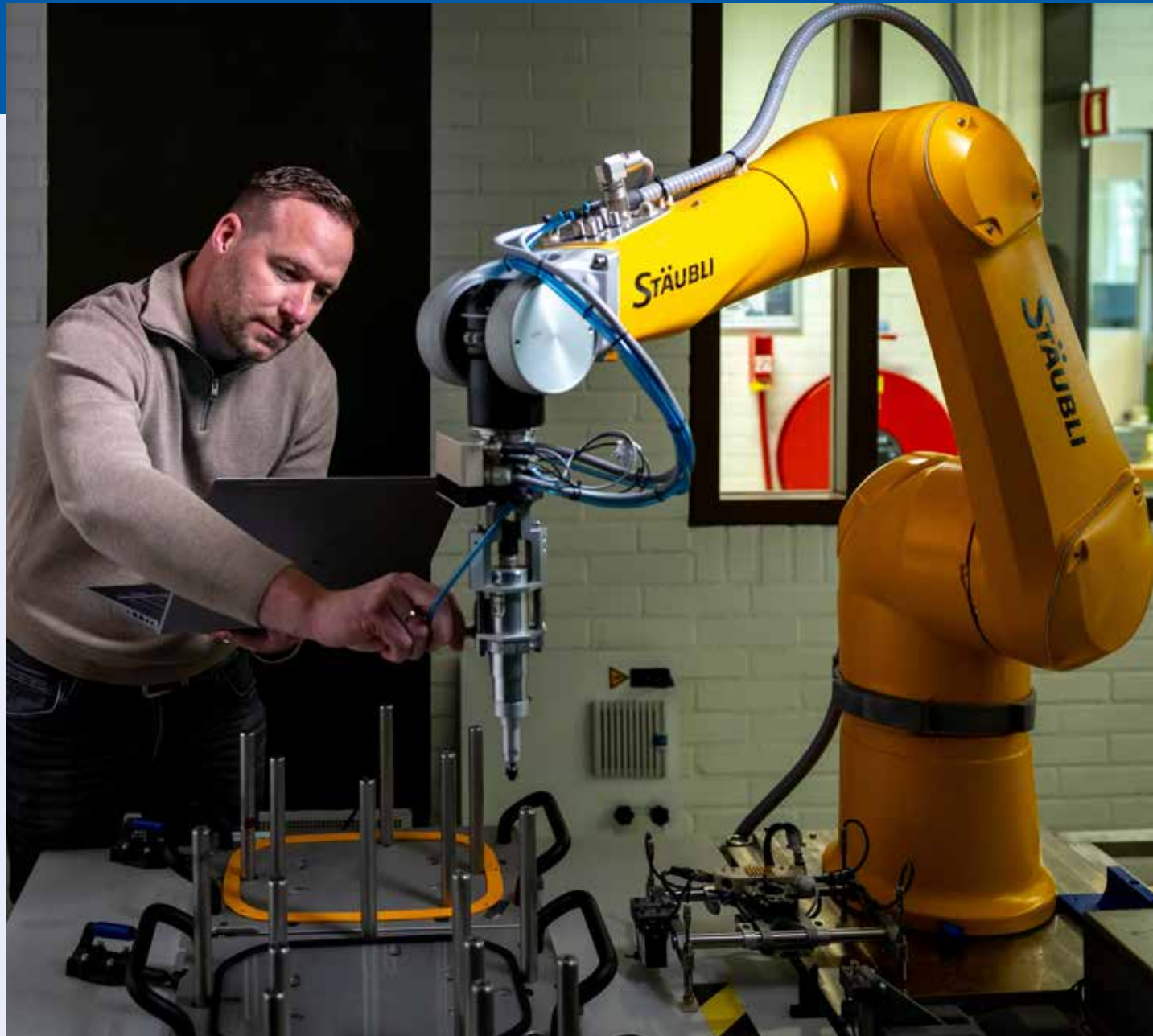
Waarom doe je dit werk?

Dit werk biedt mij nieuwe uitdagingen en kansen voor zelfontwikkeling en samenwerking. Tegelijk wil ik collega's en studenten motiveren voor materiaalkunde en onderzoek, mijn kennis en vaardigheden verder verdiepen en deze actief overdragen.

Impact voor de toekomst

Ondersteuning van industrieën en onderzoekers met de beste 3D-parameters en geschiktste materialen, met de vereiste eigenschappen voor hun doelen of producten. Praktisch maar ook theoretisch. Sneller, goedkoper, lichter én eenvoudiger produceren dan voorheen conventioneel met metalen.

*"Grote, brede en
lange ervaring in
alle materiaalgroepen,
R&D van industrie
en onderwijs."*



Gerard van der Kolk

Docent-onderzoeker lectoraat Smart Sustainable Manufacturing & Ad Industriële Automatisering en Robotica

Verbonden aan: Skillsforlife en haar leerkring Industriële Automatisering & Robotica, SWiNG en haar leerkringen digitaal product paspoort en energie-efficiëntie van motoraangedreven systemen en NXTGEN Hightech

Waar werk je aan?

Ik werk momenteel aan diverse projecten rondom Smart Industrie. Hierin wil ik mijn kennis praktisch toepassen, en van hieruit ook zorgen dat die kennis gedeeld wordt. Dit delen gebeurt binnen diverse opleidingen, maar ook bij de bedrijven in de regio. Vanuit de AD Industriële Automatisering en Robotica begeleid ik de werkende studenten met hun ontwikkeling, en projecten op het werk.

Wat maakt jou een vakman?

Door mijn brede kennis en ervaring in verschillende technische gebieden kan ik snel schakelen in projecten. Ik kan als het nodig is een project gemakkelijk overzien, maar ook snel de technische diepte in gaan.

Waarom doe je dit werk?

Ik wil mijn ervaring en kennis gebruiken om dit bij bestaande en nieuwe projecten toe te passen. En daarnaast studenten te begeleiden in deze projecten, en tijdens hun opleiding. Door de studenten en projecten ontwikkel ik mijzelf ook weer.

Impact voor de toekomst

Ik wil de studenten en bedrijven waar ik mee werk helpen om te kijken waar de uitdaging ligt, en daar mee aan de slag te gaan. Daarnaast worden via projecten de juiste competenties ontwikkeld om deze kennis in de regio te delen.

"Door de studenten en projecten ontwikkel ik mijzelf ook weer."



Karel van Assenberg

Docent-onderzoeker lectoraat Smart Sustainable Manufacturing & Ad Industriële Automatisering en Robotica

Verbonden aan: RoLinGS en Cura

Waar werk je aan?

Ik werk aan de conceptontwikkeling van een 5-segmenten robot met een Z-slag van meer dan 1200 mm, die ziekenhuis manden van 600 x 400 mm tot 15kg kan hanteren in een padbreedte van 900mm, met minimaal elleboog-effect en steriliseerbaarheid (Cura). Daarnaast ontwikkel ik een concept van een walking-tool, om een lasrobot in een gesloten scheepssectie te kunnen laten lopen en bochten maken (RoLinGS).

Wat maakt jou een vakman?

Mijn rol als system. Ik ontwikkel complexe machine- en productieconcepten waarbij out-of-the-box denken en het toepassen van de klant zijn ervaring en kennis voorop staat.

Waarom doe je dit werk?

Om technische concepten te ontwikkelen die uitgroeien tot een haalbare businesscase en uiteindelijk te industrialiseren zijn. Daarnaast haal ik veel voldoening uit het begeleiden van (jonge) mensen, studenten en medewerkers uit het bedrijfsleven, in hun technische en persoonlijke ontwikkeling, zodat zij kunnen groeien in hun vak.

Impact voor de toekomst

De grootste impact heeft de ontwikkeling van de mensen. Machine-concepten zijn vaak na enkele jaren toe aan vernieuwing (een opvolger). De groei van mensen werkt hun hele carrière door.

"Machine-concepten zijn vaak na enkele jaren toe aan vernieuwing (een opvolger). De groei van mensen werkt hun hele carrière door."



Maarten Arnolli

Docent-onderzoeker lectoraat Smart Sustainable Manufacturing

Verbonden aan: Skillsforlife en haar leerkring Slimme en duurzame Scheepsbouw, CURA, NXTGEN Hightech.

Waar werk je aan?

Ik werk aan het adaptief maken van robots voor afwijkende en/of veranderende omgeving, o.a. met behulp van sensoren zoals 3D scanners en IMU's, pose estimation en algoritmes voor padplanning. Daarnaast creëer ik mechatronische concepten en bouw ik modellen en simulaties van machinedynamica en processen als basis voor een nieuwe ontwerparchitecturen.

Wat maakt jou een vakman?

Als je van alles om je heen wilt weten hoe het werkt, hoe het gemaakt is, en hoe het als massa-veer-demper systeem is te beschouwen, weet je dat je werktuigbouwkundige bent. Met een fundament van wis- en natuurkunde en een passie voor het vinden van nieuwe mogelijkheden en toepassingen.

Waarom doe je dit werk?

De hogeschool is een grote speelplaats waar je de vrijheid krijgt om alles wat nieuw en interessant is te proberen. Je hebt de luxe om vraagstukken uit de werkelijke wereld te benaderen op een manier die vanuit commercieel oogpunt vaak te vergaand en risicovol is. Zo voeren we de verkenning uit die nodig is om een visie op te kunnen bouwen.

Impact voor de toekomst

Het draagt bij aan kleine stapjes technologische innovatie, en de ontwikkeling van kennis en vaardigheden van studenten, projectpartners, collega's en mijzelf.

"Je hebt de luxe om vraagstukken uit de werkelijke wereld te benaderen op een manier die vanuit commercieel oogpunt vaak te vergaand en risicovol is."



Damy Többen

System Engineer lectoraat Smart Sustainable Manufacturing

Verbonden aan: Systeemengineering en industriële automatisering.

Waar werk je aan?

Mijn werkzaamheden richten zich op de ontwikkeling en toepassing van robotica, zoals lasrobots, grootschalige 3D-printrobots en pick-and-place systemen. De focus ligt daarbij vooral op de machinekant: het ontwerpen, optimaliseren en doorontwikkelen van installaties, evenals het waarborgen van de betrouwbaarheid en continuïteit van deze systemen. Ik werk aan diverse projecten waarin robotica en automatisering centraal staan, denk mee over nieuwe technische oplossingen en zorg ervoor dat de machines goed blijven functioneren en continu worden verbeterd binnen de projecten.

Wat maakt jou een vakman?

Wat mij een vakman maakt, is dat ik complexe technische systemen weet te vertalen naar praktische en werkende oplossingen. Ik ben sterk in het analyseren van machines en het oplossen van storingen, waarbij ik altijd kijk naar hoe het beter en efficiënter kan. Mijn kracht ligt in het betrouwbaar laten draaien én doorontwikkelen van installaties, waar ik veel voldoening uit haal.

Waarom doe je dit werk?

Ik doe dit werk omdat ik het leuk vind om technische oplossingen te bouwen die in de praktijk echt werken. Ik wil machines slimmer, efficiënter en betrouwbaarder maken. Het geeft mij voldoening als installaties goed draaien en steeds beter worden.

Impact voor de toekomst

Door mijn werk worden productieprocessen slimmer en efficiënter ingericht. Dit zorgt ervoor dat bedrijven betrouwbaarder en toekomstbestendiger kunnen werken. Uiteindelijk draagt dit bij aan meer automatisering en innovatie in de industrie.

"Mijn kracht ligt in het betrouwbaar laten draaien én doorontwikkelen van installaties, waar ik veel voldoening uit haal."



Immy Voet
Projectmanager Leven Lang Ontwikkelen (LLO)

Verbonden aan: SWiNG en Skillsforlife

Waar werk je aan?

Ik werk in diverse LLO-projecten rondom grondstoffentransitie, energietransitie en digitalisering met als doel concrete LLO-oplossingen vorm te geven samen met het bedrijfsleven in Noord-Nederland. Dit doe ik samen met vertegenwoordigers van het mkb, overheden, kennisinstellingen (mbo, hbo, universiteit) én docenten vanuit diverse vakgebieden. Daarnaast werk ik voor ik het LLO-Loket van de academie Tech & Design, waar we interne en externe vragen rondom LLO matchen en beantwoorden.

Wat maakt jou een vakman?

Mijn vakmanschap ligt in het verbinden van interne en externe stakeholders binnen complexe transitievraagstukken, waarbij ik mijn onderwijs- en veranderkundige expertise inzet om tot tastbare LLO-oplossingen te komen. Ik ben sterk in het realiseren van noodzakelijke systeemveranderingen, zowel in de buitenwereld als binnen de onderwijsstructuren, om ruimte te maken voor vernieuwing en duurzame samenwerking. Ik onderscheid mij door mijn vermogen om teams en processen die vastlopen weer in beweging te krijgen, waardoor de weg vrijkomt voor een onderwijsmodel dat echt aansluit op de vragen van vandaag en morgen.

Waarom doe je dit werk?

Mijn drijfveer is om de ervaren kloof (gab) tussen het bedrijfsleven en het beroepsonderwijs definitief te dichten, omdat een dynamische samenleving vraagt om een naadloze aansluiting tussen theorie en praktijk. Als fanatiek bergbeklimmer ervaar ik de kloof niet als een obstakel, maar als een uitdaging die een stevige brug vraagt. Als bruggenbouwer zet ik mijn tijd in om duurzame, technische en educatieve vooruitgang te boeken die essentieel is voor de toekomst. Ik wil bereiken dat kennisinstellingen en het werkveld elkaar niet langer slechts incidenteel vinden, maar structureel versterken om zo samen de uitdagingen van morgen aan te gaan.

Impact voor de toekomst

Door mijn werk ontstaan er concrete oplossingen voor een Leven Lang Ontwikkelen, waardoor werknemers duurzaam inzetbaar blijven en werk kunnen blijven doen dat er echt toe doet. Ik zorg ervoor dat de aansluiting tussen het beroepsonderwijs en de praktijk wordt geoptimaliseerd, zodat opleidingen altijd relevant blijven voor de razendsnel veranderende arbeidsmarkt. De maatschappelijke winst is een ecosysteem waarin kennisinstellingen en bedrijven elkaar moeiteloos vinden, wat resulteert in een toekomstbestendige economie en een wendbare beroepsbevolking.

"Als bruggenbouwer zet ik mijn tijd in om duurzame, technische en educatieve vooruitgang te boeken die essentieel is voor de toekomst."



Dankwoord

Tot slot wil ik graag stilstaan bij een aantal mensen zonder wie dit moment er niet zou zijn geweest. Allereerst dank ik het College van Bestuur van NHL Stenden Hogeschool voor het in mij gestelde vertrouwen en voor de ruimte om deze onderzoeksgroep verder te ontwikkelen. Vertrouwen is geen vanzelfsprekendheid en juist dat vertrouwen heeft het mogelijk gemaakt om te bouwen aan een lectoraat met ambitie.

Ook dank ik de directie van Tech & Design, Joeske Haije en Jeroen Rijnhart, voor hun ruimtegevende leiderschap. Jullie hebben niet alleen gefaciliteerd, maar ook aangemoedigd om te groeien, te experimenteren en soms ook gewoon te durven.

Mijn dank gaat uit naar alle collega's van NHL Stenden Hogeschool en in het bijzonder naar de collega's binnen het lectoraat SSM, Centre of Expertise SSM en samenwerkende opleidingen Mark, Damy, Karel, Maarten, Gerard, Jaap, Roelof, Stefanie, Stefan, Ali, Gert, Wouter, Iris, Immy, Klaas-Jan, Sietse, Wessel, Nico, Peter, Johannes, Jolien, Arvid, Lieuwe, Charlotte, Soumia, Geraldine en Albert. Wat wij doen is nooit het werk van één persoon. Het is het resultaat van gezamenlijke inzet, inhoudelijke scherpte en de overtuiging dat we samen impact kunnen maken. Eigenlijk dank ik iedereen die met mij samenwerkt binnen en buiten de hogeschool. Innovatie ontstaat niet in afzondering, maar in verbinding.

In mijn werk zijn er mensen die voor mij van bijzondere betekenis zijn. Jan Post (Philips en Rijksuniversiteit Groningen), inspirator en aanjager van grenzeloos samenwerken. Jij laat zien dat echte innovatie ontstaat waar werelden elkaar ontmoeten. Harm-Jan Bouwers, kritische sparringpartner en iemand die altijd kansen ziet en ze ook durft te pakken. Dank voor het mede vormgeven van het lectoraat. Onze klus is nog niet klaar. Mandy Drent-Bezema, voor je creativiteit, je nuchterheid en je vermogen om zelfs de meest complexe begrotingspuzzels oplosbaar te maken. Joyce Rotman, voor het aanbrengen van structuur ook als deze er nog niet is.

Dit alles was niet mogelijk geweest zonder mijn gezin. Patrick, Marit, Wilte, Inge, Nynke en Melle en alle aanhang. De vraag wat ik eigenlijk doe, komt thuis nog wel eens voorbij, hopelijk is dat nu iets duidelijker geworden.

En Gerda, jou wil ik in het bijzonder bedanken voor je onvoorwaardelijke steun en vertrouwen. Jij hebt me laten zien dat de echte waarde niet ligt in het ontvangen maar in het geven zelf. Misschien is dat wel de kern van dit verhaal.

Referenties

[1] "Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development," United Nations, 2015.

[2] Dragi, "The future of European competitiveness. A competitiveness strategy for Europe," European Union, Luxembourg, 2025.

[3] "The European Green Deal," European Commission, 2019.

[4] "A New Industrial Strategy for Europe," European Commission, Brussels, 2020.

[5] "UWV," 2026. [Online]. Available: <https://www.uwv.nl/nl/arbeidsmarktinformatie/dashboards/dashboard-spanningsindicator>. [Geopend maart 2026].

[6] "Stepping up Europe's 2030 climate ambition. Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people," Euroean Commission, Brussels, 2020.

[7] "Research- en Innovatiestrategie voor slimme specialisatie (RIS3) voor Noord-Nederland - 2021-2027," SNN, Groningen, 2020.

[8] "Drivers of transition. Kennisagenda op hoofdlijnen," Universiteit van het Noorden, 2020.

[9] A. Polman en E. Brinkman, "Nationale Agenda Materialen. Accelerating Materials Technologies," NWO, 2020.

[10] "Smart Industry Schaalsprong Agenda 2022- 2026," TNO, 2022.

[11] "Economische Barometer Noord-Nederland 2021," Econsomsiche zaken provincies Groningen, Fryslan., Drenthe, 2022.

[12] B. Doets, P. Nicolai, A. Edzes, S. Koster, T. Broekhuizen en B. Los, "De Stand van het Noorden," Rijksuniversiteit Groningen, Groningen, 2021.

[13] W. Van den Eijnde en A. Bouwer, "Scholingsbehoefte - Kwalitatief onderzoek," NHL Stenden, Emmen, 2020.

[14] H. De Jong, De Nederlandse Industrie 1913-1965. Een vergelijkende analyse op basis van de productiestatistieken, Amsterdam: NEHA, 1999.

[15] "Naar verdere succesvolle toepassing van sociale innovatie," SER, 2023.

[16] "Towards the Circulair Economy," Ellen Macarthur Foundation, 2013.

[17] "A new Circulair Economy Action Plan. for a cleaner and more competitive Europe," European Commision, 2020.

[18] T. Peters, E. Kessels, A. Hamer, S. Hoving en J. Nijeboer, "Monitoring transitie naar een circulaire ecosnomie op basis van overheidsondersteuning over het jaar 2023," RVO, 2023.

[19] G. Morteza, "Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability," *Journal of Cleaner Production*, 2020.

[20] Z. Suleiman, S. Shaikholla, D. Dikhanbayeva, E. Shehab en A. Turkyilmaz, "Industry 4.0: Clustering of concepts and characteristics,," *Cogent Engineering*, 2022.

[21] A. Yagafarova, C. Stolwijk en D. Otto, "Smart Industry impact: looking back and forward," TNO, 2024.

[22] G. Geitz en J. de Geus, "Design-based education, sustainable teaching, and learning," *Cogent Education*, 2019.

[23] H. Straub, "NHL Stednen used Teamcenter, NX, and Simcenter to provide students with digitalization skills," 8 may 2020. [Online]. Available: <https://blogs.sw.siemens.com/academic/nhl-stenden-uses-teamcenter-nx-and-simcenter-to-provide-students-with-digitalization-skills/>. [Geopend december 2025].

[24] E. Baalbergen, J. de Marchi, A. Offringa, S. Hengeveld, B. Troost, K. He, R. Koppert en W. Van den Eijnde, "Applying digital twin technology in thermoplastic composites production : Supporting process monitoring, optimization and automation for real-time efficiency and smart quality control," NLR-TP-2020-406, 2022.

[25] W. Van den Eijnde en A. Roos, "Data Management: Adressing Organizational, Regulatory, Ethical, and Technical Challenges within a Maturity Model Framework," mei 2025. [Online]. Available: <https://www.interregnorthsea.eu/sites/default/files/2025-05/Management.pdf>.

[26] "DAMA NL Maturity Scan V2.0," [Online]. Available: <https://dama-nl.org/dama-nl-maturity-scan-v2-0-beta/>. [Geopend 2025].

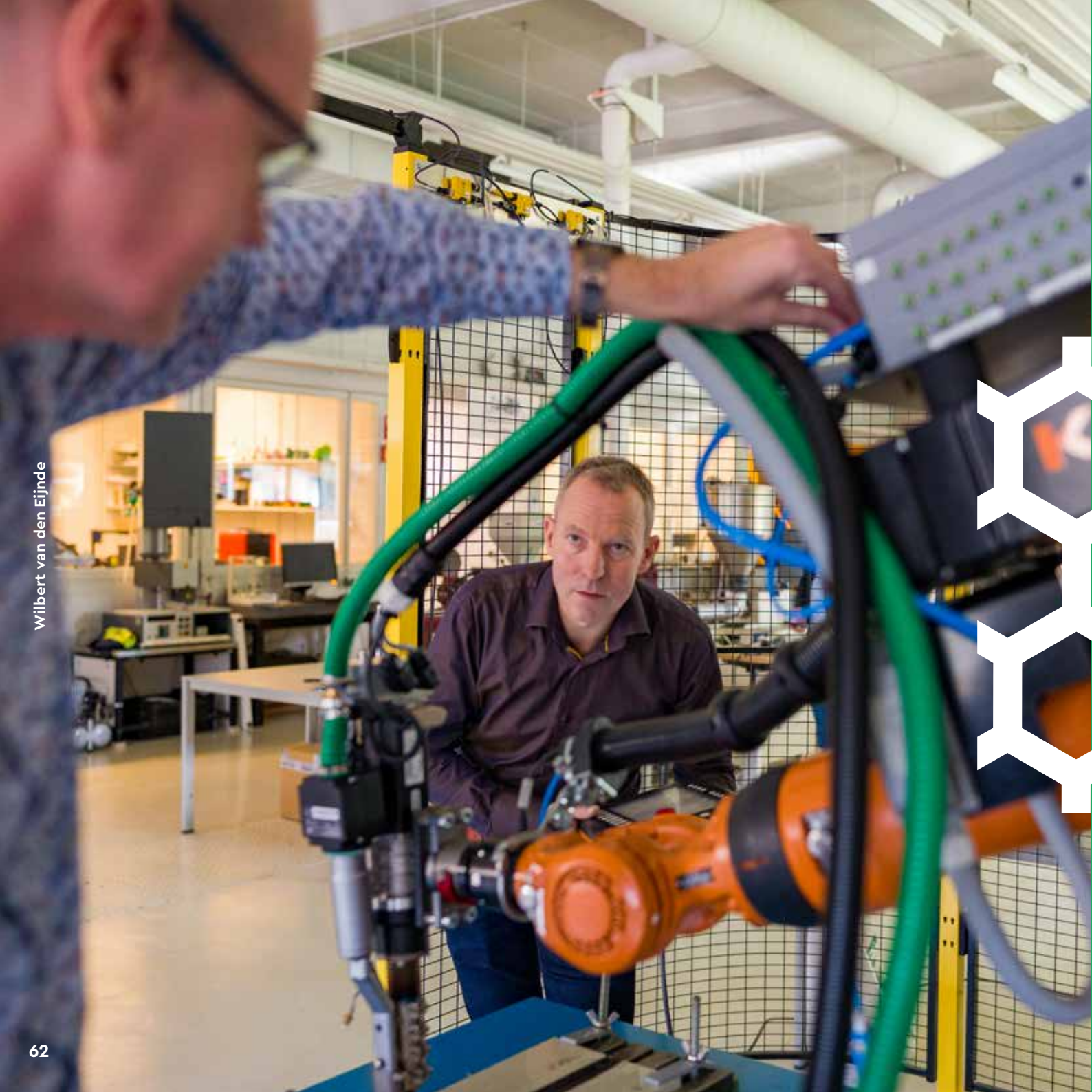
[27] V. Gregory, "Understanding digital transformation: A review and a research agenda," *The Journal of Strategic Information Systems*, 2019.

[28] W. Van den Eijnde, I. Voet en K. Dijkstra, "From Intention To Implementation: A UTAUT-based Study on AI Adoption In Industry," in *7th International Conference on Industry of the Future and Smart Manufacturing*, Malta, 2025.

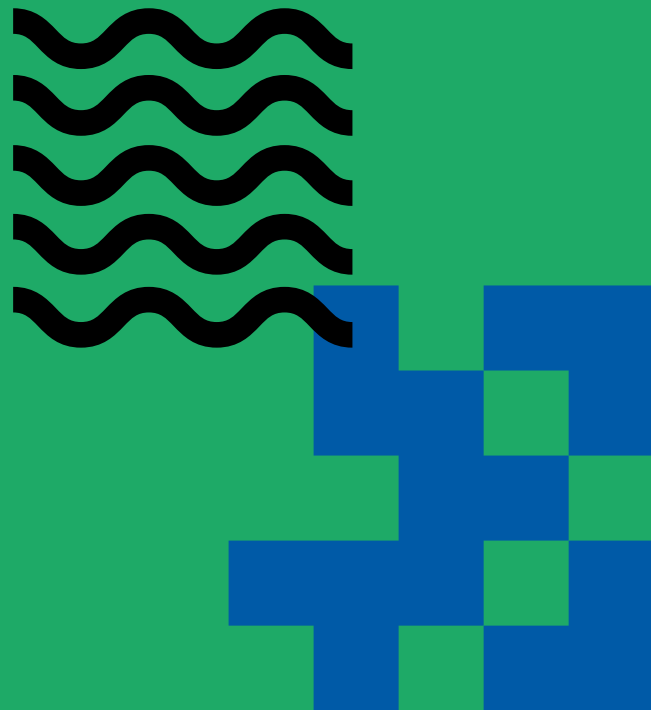
[29] W. van den Eijnde, I. Voet en J. Nap, "Assessing Value Creation in Learning Communities: Broading the Learning Factory Paradigm", 16th Conference Learning Factories, Bolsano, mei 2026.

[30] C. Den Herder, W. van den Eijnde, H.J. Bouwers, L. Milius en N. v. d. E. Wehkamp, "Position paper Smart Sustainable Manufacturing," Emmen, 2025.





Meer informatie
lectoraat Smart Sustainable
Manufacturing



De toekomst van techniek is mensenwerk

Smart Sustainable Manufacturing:
motor voor een duurzame industrie

