

---

# HIGH TECH TO FEED THE WORLD (HT2FtW)

## SAMENVATTING

Door toepassingen van hightech systemen en materialen en de nieuwe mogelijkheden van ICT, zullen de agrarische en voedingssectoren de grote maatschappelijke uitdagingen waarvoor ze zich gesteld zien beter aan kunnen. Bovendien zal de concurrentiepositie van deze sectoren in Nederland verbeteren en ontstaan kansen om de nieuwe systemen met deze toepassingen te exporteren. Omgekeerd worden de hightech sectoren uitgedaagd om oplossingen te vinden voor problemen die die toepassingen tot nog toe in de weg hebben gestaan, zoals de non-uniformiteit van producten, de omstandigheden waaronder de systemen moeten functioneren en de beperkte economische ruimte die er voor innovaties is.

Om deze kansen te ontwikkelen is het noodzakelijk dat er intensief tussen de betreffende sectoren wordt samengewerkt. High Tech to Feed the World (HT2FtW) is ontwikkeld om via cross-overs deze samenwerking te stimuleren. De toepassingsgebieden veredeling, tuinbouw, akkerbouw, dierlijke productie, ingrediënten, voedselproducten en machines voor de voedselverwerking zijn vervlochten met technologische ontwikkelingslijnen op gebied van materialen, data-acquisitie, data-analyse en gebruik, automatisering en control, en systeem architectuur en integratie. Hierdoor ontstaat een interdisciplinair programma waarin vanuit verschillende richtingen aan toepassingen kan worden gewerkt. Partijen vanuit verschillende sectoren vinden elkaar daartoe in roadmaps die lange termijn doelstellingen nastreven. Via back-casting worden daaruit kortere termijn doelen geformuleerd die in multidisciplinaire teams worden gerealiseerd, waarbij ook nadrukkelijk het MKB in beeld komt. Een bijkomend voordeel is dat de agrarische en voedingssectoren de voordelen van open innovatie, waarin juist de hightech sectoren excelleren, in de praktijk ervaren.

Omdat resultaten pas tot innovaties leiden als ze worden geaccepteerd in de markt speelt de maatschappelijke acceptatie en appreciatie van de toepassingen een belangrijke rol. Ook de economische levensvatbaarheid van de toepassing, zeker niet triviaal in de agrarische en voedingsindustrie, moet vanaf het begin worden beschouwd en bepalend zijn in het systeemontwerp. Met haar strikte regelgeving en hoge economische en ecologische druk is Nederland de ideale 'pressure cooker' om deze nieuwe mogelijkheden te ontwikkelen en tot waarde te brengen. Als daarbij tevens aandacht is voor de opleiding van een nieuwe generatie werknemers om optimaal rendement te halen uit al deze innovaties, zal Nederland maximaal kunnen profiteren van mogelijkheden die HT2FtW zal bieden.

Een groot aantal bedrijven, instellingen en organisaties hebben geparticipeerd in de ontwikkeling van deze cross-over en zijn gecommitteerd om daaraan hun steentje bij te dragen.

## HIGHTECH KANSEN VOOR DE AGRI-FOOD

De agrarische sector kent natuurlijk een lange historie. De mens met zijn intelligentie, sensoriek en motoriek heeft daar altijd centraal in gestaan, vaak bijgestaan door dieren en machines. Dit systeem lijkt, zeker in de geïndustrialiseerde wereld, tegen grenzen aan te lopen. Bovendien zijn er wereldwijde trends, zoals verdere bevolkingsgroei, stijging van de welvaart en verstedelijking, die ook tot toenemende druk op het agri-food ecosysteem

leiden. Om de grenzen te kunnen doorbreken moeten we gebruik gaan maken van de mogelijkheden die hightech systemen kunnen bieden.

De domeinen Agri & Food en Tuinbouw & Uitgangsmaterialen staan voor een aantal belangrijke uitdagingen:

- De sectoren zullen hun activiteiten moeten intensiveren met minder middelen. Dit komt tot uitdrukking in de maatschappelijk druk om te verduurzamen, maar ook uit de voortdurend intensiever wordende wereldwijde concurrentie. Alleen door de inzet van de aller modernste middelen is het mogelijk om deze concurrentie voor te blijven.
- Hoewel ons voedsel veiliger is dan ooit, wordt onze gezondheid op de proef gesteld door overvoeding (obesitas) en voedingsgerelateerde ziekten zoals hart- en vaatziekten, sommige vormen van kanker en diabetes. Het is van het allergrootste belang er voor te zorgen dat we ons dieet gezonder krijgen, zodat we onbezorgd kunnen genieten van onze oude dag en zodat de maatschappelijke kosten voor de gezondheidszorg binnen redelijke grenzen blijven.
- Maatschappelijke belangrijke thema's als duurzaamheid, natuurlijkheid, authenticiteit, diervriendelijkheid, hygiëne, kwaliteit en kosten, die sterk over de wereld verschillen zullen zodanig moeten worden geadresseerd dat ze regio-specifiek gepresenteerd kunnen worden.

Voor de bedrijven die de technologie ontwikkelen die wordt toegepast om bovenstaande uitdagingen te kunnen omzetten in een wereldwijde voorsprong, betekent dit dat we gebruik zullen maken van de nieuwe ontwikkelingen en mogelijkheden die de modernste technologie ons biedt. Daarnaast is het van groot belang dat de juiste ondersteunende infrastructuren en netwerkdimensies verder worden ontwikkeld. De infrastructuur dienen de samenwerking van mensen, organisaties, resources en diensten mogelijk te maken op een betaalbare en effectieve wijze. Bovendien moet de economische levensvatbaarheid en tevens de toepasbaarheid van technologie nimmer worden onderschat. Nieuwe technologie en bestaande business modellen zullen geïntegreerd moeten worden om een technologie daadwerkelijk te laten slagen. Veranderingen in techniek en businessmodel zijn beide mogelijk.

Naast een van de sterkste agri-food sectoren ter wereld, herbergt Nederland ook een zeer sterke hightech sector. Door deze twee sectoren te combineren kunnen we de Nederlandse levensmiddelensector een unieke positie geven en ook een impuls geven aan de hightech sector.

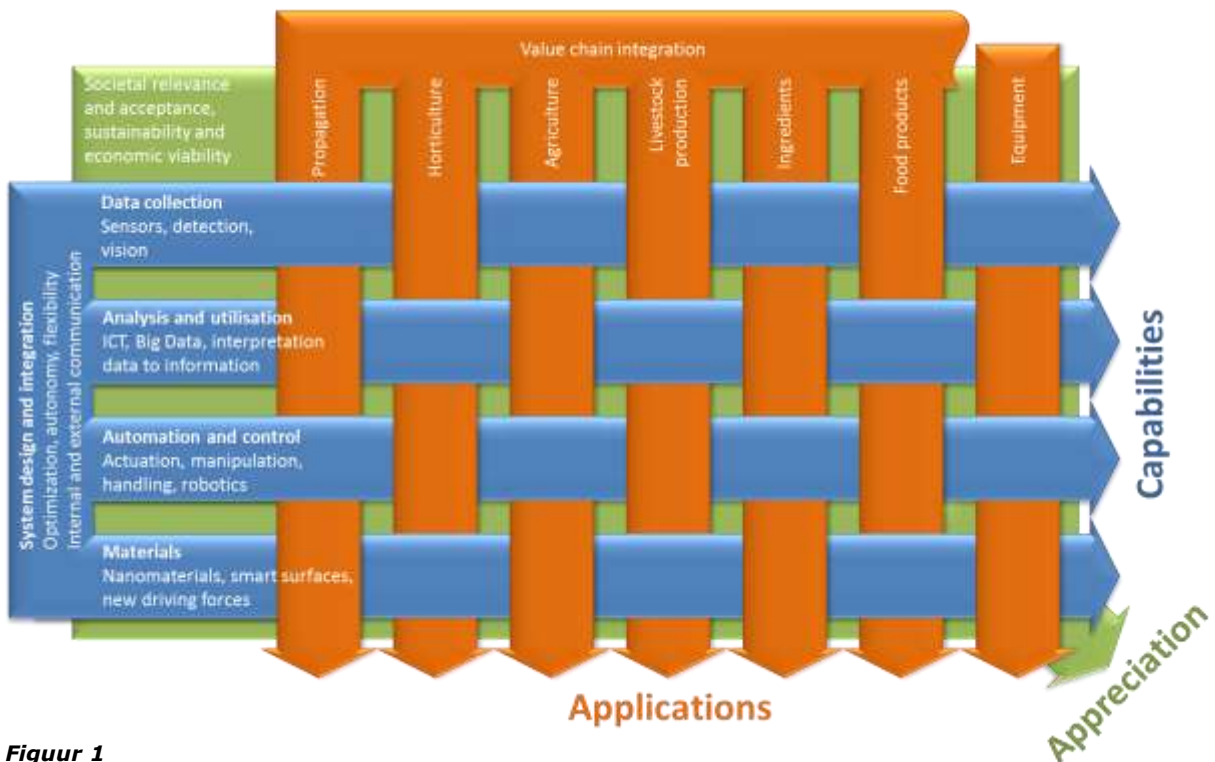
In een recente studie<sup>1</sup> naar een aantal mogelijke toekomstscenario's wordt de noodzaak van dergelijke cross-overs tussen verschillende sectoren en domeinen benadrukt. Daarmee benutten we de sterkten van voor Nederland zeer belangrijke economische sectoren. Innovaties op het grensvlak van Hightech Systems, ICT, nanotechnologie en de levensmiddelensectoren bieden volop kansen voor verbetering van productiesystemen, hogere kwaliteit, minder gebruik van water en energie, en minder laagwaardige zijstromen. Verder leidt dit ook tot grotere responsiviteit van de keten, meer informatie over producten voor retail en consumenten<sup>2</sup>, en tot meer informatie voor de primaire producenten en de leveranciers van uitgangsmaterialen die voortdurend optimaliseren naar kwaliteit versus eisen en wensen in de keten. Dit draagt bij aan de betere arbeidsperspectieven door economische groei in de bijdragende sectoren.

High Tech to Feed the World (HT2FtW) beoogt om een aantal kansrijke cross-overs te initiëren die zijn in te passen in een context van grotere belangen en langere termijn

---

<sup>1</sup> Stichting Toekomstbeeld der Techniek, Van Autonome Robots tot Zilte Aardappels (STT 81), (april 2015)

<sup>2</sup> Om Eberhard Nacke, hoofd productmanagement van CLAAS Group, aan te halen: "No product will be bought without the related data", (juni 2014)



**Figuur 1**

Het vlechtwerk van toepassingssectoren en kennisdisciplines.

doelen. Nederland schiept daarmee de kansen om een richtingbepalende rol in de duurzame voedselvoorziening van de wereld te verkrijgen.

In HT2FtW worden de cross-overs tussen de horizontale programma's, die nieuwe technologische mogelijkheden ontwikkelen, vervlochten met verticale toepassingsprogramma's om zo hun nut te kunnen bewijzen (zie Figuur 1). Omgekeerd leidt onderzoek naar de toepassing van geavanceerde technologieën tot nieuwe inzichten die ook in andere sectoren kunnen worden benut. Omdat technologische oplossingen niet altijd onmiddellijk worden geaccepteerd in de maatschappij, zeker als het om gevoelige toepassingsgebieden gaat die dicht bij de mens komen, zoals dierenwelzijn en voedselproductie, en de economische randvoorwaarden in de meeste sectoren strikt zijn, zal ook aandacht worden besteed aan deze aspecten. Integratie op systeemniveau aan de technologische kant en optimalisatie in de waardeketens completeren het model.

Een bijkomend voordeel van de cross-over is dat, door de intensieve samenwerking met hightech en ICT bedrijven, de open en co-innovatiecultuur van die sector wordt geïntroduceerd in de diverse agrarische en voedingssectoren. Door de pre-concurrentiële samenwerking bij de aanpak van de meer fundamentele kwesties kunnen innovaties die gebaseerd zijn op die oplossingen veel sneller hun weg naar de markt vinden. Hierdoor zullen de sectoren beter in staat zijn de kansen te benutten die de goede positie van Nederland op deze terreinen biedt, terwijl tegelijkertijd de maatschappelijke behoefte aan voldoende kwalitatief hoogwaardig en duurzaam geproduceerd voedsel voor de juiste prijs kan worden bevredigd.

## DOELSTELLING

Het doel van het cross-over programma HT2FtW is om innovaties te initiëren door kennisinstellingen en bedrijven uit de sectoren High Tech en Agri-Food intensief te laten samenwerken. De beoogde resultaten zullen bijdragen aan de verbetering van de concurrentiekracht en toekomstbestendigheid van het Nederlandse bedrijfsleven uit de topsectoren Hightech Systems and Materials (HTSM) en ICT aan de ene kant, en Agri en

Food (A&F) en Tuinbouw en Uitgangsmaterialen (TU) aan de andere kant. LifeSciences en Logistiek zijn hierin ook van belang. HT2FtW verbindt sectoren met elkaar die voor de Nederlandse economie van groot belang zijn en waar Nederland wereldwijd sterk is. Samenwerking kan deze takken van de industrie verder versterken en leiden tot een verduurzaamd agri-food ecosysteem. Een doelgerichte sturing vanuit de topsectoren en de overheid zal het innovatieproces versnellen.

## WERKVELDEN

Het principe van HT2FtW is dat vanuit de activiteiten in de topsectoren HTSM en ICT resultaten voortkomen die tot nieuwe mogelijkheden in de agrarische sectoren en de voedingsindustrie leiden. Door onderzoek te doen naar deze mogelijkheden in de gebieden van A&F en TU, waar de complexiteit hoog is, komen nieuwe uitdagingen in beeld die weer richting kunnen geven aan het technologieonderzoek, zoals Big Data en robotica. Bovendien kunnen de dynamiek en het werken met biologische processen inspiratiebronnen en leer- en ontwikkelomgevingen zijn voor nieuwe ICT en technologische oplossingen.

In eerste instantie zijn vier technologische lijnen geïdentificeerd die een generiek en doorsnijdend karakter hebben. Deze worden noodzakelijk verbonden via systeemintegratie (zie Figuur 1). Verticaal daarop staan zeven toepassingsgebieden waar de technologische oplossingen tot waarde kunnen komen, die op hun beurt geïntegreerd worden in de ketens. Daarbij biedt het concept van Value Chain Integration de kans om extra winst te behalen. Omdat een nieuwe toepassing pas een innovatie is als hij leidt tot een vermarktbaar product, is het zaak voortdurend aandacht te besteden aan de appreciatie en acceptatie ervan door de maatschappij en aan de economische randvoorwaarden.

Behalve innovaties op de kruispunten van het vlechtwerk in Figuur 1 zijn er zeker ook verbindingen onderling tussen de blauwe en de groene werkvelden te leggen. Zo is een robot met sensoren in het veld ook een 'mobiele data-collector' en zijn concepten uit de tuinbouw ook bruikbaar in de landbouw.

---

In de volgende paragrafen worden de vier plus één op technologie gerichte lijnen en de zeven plus één toepassingsgebieden kort uitgewerkt.

### Data collectie

Gegevens spelen een belangrijke rol in de optimalisatie en automatisering van processen. Het verzamelen daarvan is van essentieel belang. Door onderzoek aan hightech systemen zijn sensoren en data-collectiesystemen zeer geavanceerd geworden. Onder andere door middel van autonome mobiele systemen van zeer diverse groottes (bijvoorbeeld drones of oogstmachines) kan steeds meer en nauwkeuriger in of dicht bij het productieproces worden gemeten voor een redelijke prijs. Voor sectoren waar geen twee producten gelijk zijn en waar processen op een uiterst complexe manier in elkaar grijpen, is de verzameling van zoveel mogelijk relevante data essentieel. De prijs van producten is gecorreleerd met de kwaliteit. Kwaliteit kan alleen via meerdere parameters bepaald kan worden. De producent wil natuurlijk zijn processen



**Figuur 2**

Sensor om vocht te meten in groeisubstraat (© Delta-T Devices).

zodanig sturen dat optimale kwaliteit van de individuele producten wordt gehaald.

Omgekeerd hebben die sectoren "verlanglijstjes" van parameters die ze dolgraag zouden kunnen meten omdat dat hen in staat stelt op tijd beslissingen te nemen. Een voorbeeld van zo'n parameter is berengeur bij de slacht van mannetjes varkens. Als daarvoor een betrouwbare sensor beschikbaar zou zijn, zou de praktijk van castratie van alle mannelijke biggetjes al veel eerder zijn afgeschaft. Andere voorbeelden zijn het bepalen van de vochtigheid en de lokale vruchtbaarheid van landbouwgebieden, het efficiënt meten van scheurtjes in eierschalen, etc.

De uitdaging is om betekenisvolle data van hoge kwaliteit op een snelle en eenduidige manier te meten en te ontsluiten, waarbij interoperabiliteit nagestreefd dient te worden.

Er wordt al veel data verzameld door tal van instrumenten en zijn efr verschillende bronnen van data beschikbaar. Als deze verzamelde data systematisch worden bewaard, wordt het mogelijk ze 'van de plank' te halen waar ze relevant zijn. Dat is vaak goedkoper dan opnieuw meten. Om ze effectief te kunnen gebruiken en combineren met andere data is het belangrijk dat de data worden voorzien van tags zoals ID van het object, locatie, tijd, sensor, semantiek, etc. Bovendien moet er een goede organisatie rondom en beheer van de data zijn om ze door andere processen of op een later tijdstip te kunnen benutten.

## Data analyse



Op het moment dat metingen worden verricht komt data beschikbaar. Die data op zichzelf hebben echter weinig betekenis. Pas als verschillende gegevens worden gecombineerd met achterliggende kennis van het proces (veelal vertaald in modellen), krijgt de data betekenis voor de gebruiker. Op basis hiervan kunnen beslissingen worden genomen of processen worden bestuurd dan wel bijgestuurd. Zo is het niet zo moeilijk om de temperatuur in een aardappelveld te meten. Ook de luchtvochtigheid is betrouwbaar te bepalen. Door die twee te combineren met een model is het mogelijk om te signaleren of de omstandigheden gunstig zijn voor de ontwikkeling van Phytophthora, zodat op tijd maatregelen kunnen worden genomen om grootschalige uitbraak te voorkomen. Data moeten dus worden gecommuniceerd en gecombineerd tot informatie om tot waarde te komen. Dit is alleen mogelijk als de data de juiste tagging en unieke regels bevatten.

Naast de hele gerichte metingen die nodig zijn om primaire processen te sturen zijn allerlei systemen voortdurend bezig om met verschillende sensoren hun omgeving in de gaten te houden. Ook deze data kunnen de informatie die reeds beschikbaar is verrijken. Zo kan een werktuig op een trekker de bodemvochtigheid meten en gericht water geven, maar door de metingen te combineren met de GPS data van de trekker kan een kaart worden gegenereerd waarop bodemstructuren zichtbaar worden.

Op dit moment is een explosie gaande ten aanzien van de hoeveelheid data die in uiteenlopende systemen wordt vastgelegd. Daarnaast komen via de wetenschap ook steeds meer data beschikbaar. Zo leidt het oplossen van het genoom van organismen tot gigantische datasets waarin heel veel nuttige informatie verstopt zit. Nieuwe data-analyse technieken, verzameld in het concept 'Big Data', maken correlaties en patronen in deze databrei zichtbaar die weer tot nieuwe inzichten leiden. Juiste afspraken en het correct inrichten van de infrastructuur rondom Big Data, zal Nederland een internationale voorsprong kunnen geven. Door vooraf rekening te houden met de mogelijkheden van de te verzamelen data zou de analyse van deze data voortvarender en eenvoudiger kunnen plaatsvinden. Hierin zijn voornamelijk tijd, locatie, toegepaste sensor, semantiek en betekenis van de gemeten gegevens belangrijk.

De uitdaging is om de dynamiek van het werken met verschillende objecten (bodem, plant, vrucht, dier, mens) en omgevingen in tijd en plaats te vertalen naar adequate management

ondersteuning die gebruikt kan worden voor een strategisch of tactisch advies, maar bovenal in een operationele beslissing die door een mens of machine uitgevoerd kan worden.

## Actuatie en robotica



“Meten is weten”. Maar om er ook iets aan te hebben moet actie worden ondernomen. Processen moeten worden bijgestuurd; producten moeten worden gesorteerd; handelingen moeten worden verricht. Het is mooi om te weten dat een koe in de melkstal staat, maar de melkveehouder wordt pas echt enthousiast als de robot ook daadwerkelijk automatisch de tepelbekers aankoppelt, het melkproces start en de koe op basis van de hoeveelheid en kwaliteit van de melk, de activiteit, de gezondheid en het lactatiestadium de optimale hoeveelheid en verdeling van het voer doseert.



**Figuur 3**

Grippers moeten ook niet gestandaardiseerde objecten kunnen manipuleren. (© Lacquey)

Door de variabiliteit en de weinig ‘hightech compatibele omstandigheden’ in de agrarische sectoren is het automatiseren van en de controle over allerlei processen zeker niet triviaal. Bovendien zijn de te hanteren producten vaak kwetsbaar, zodat met de nodige voorzichtigheid te werk moet worden gegaan. Voor een mens is het bijvoorbeeld niet moeilijk om eieren in een volièrestal te rapen en heel in een mand te leggen. Dat kan redelijk rap. Voor een robot is dat nog een grote uitdaging. Zeker als het (bijna) net zo snel moet om economisch rendabel te zijn en ook jaren zonder problemen moet blijven werken in een stoffige omgeving waar ook nog eens duizenden kippen rondscharrelen.

Naast uitdagingen liggen hier ook grote kansen. Het is bekend dat het in onze geïndustrialiseerde maatschappij niet eenvoudig is om personeel te vinden dat in de agrarische sectoren wil werken. Dit komt in belangrijke mate doordat het werk weinig aantrekkelijk is. Automatisering ontheft mensen van zware, saaie en vaak vieze taken en maakt ze vrij voor taken waar het menselijke intellect en de flexibiliteit beter tot hun recht komen en daardoor uitdagender zijn. Dit is ook een van de achterliggende verwachtingen van Smart Industries<sup>3</sup>, waarin nieuwe type banen gaan ontstaan als de productiesystemen gaan veranderen.

Door de factor mens uit het proces te halen ontstaan nieuwe mogelijkheden. Producten kunnen continu op lage temperatuur of gemodificeerde atmosfeer worden gehouden; de hygiëne zal daardoor omhoog gaan; teeltsystemen kunnen geoptimaliseerd worden naar groeiomstandigheden, er hoeven geen concessies te worden gedaan aan de beperkingen van het menselijke lichaam; de visionsystemen kunnen in heel andere golfengtegebieden kijken waardoor eigenschappen van producten beter herkend worden; etc.

## Materialen



Met de ontwikkeling van de nanotechnologie heeft de mens mogelijkheden gekregen om op moleculaire en supramoleculaire schaal structuren te bouwen en zo nieuwe functionaliteit te creëren. Met het besef dat materialen die hun oorsprong vinden in biologische

<sup>3</sup> Zie ook de Actieagenda Smart Industry (nov 2014), [www.smartindustry.nl](http://www.smartindustry.nl)

productiesystemen, waaronder de meeste agrarische en voedingsproducten, nano-gestructureerd zijn, wordt duidelijk dat een technologie die op die schaal kan werken belangrijke nieuwe mogelijkheden biedt. Niet alleen kunnen de materialen zelf en de processen die gebruikt worden om die materialen te verwerken worden geoptimaliseerd, ook de apparatuur die daarvoor wordt gebruikt kan sterk worden verbeterd.

Zoals in een aantal takken van sport al is aangetoond, kan door toevoeging van nanocomponenten het gewicht van (onderdelen van) machines worden gereduceerd met behoud van de mechanische eigenschappen. Dit draagt bij aan de duurzaamheid omdat gewicht vaak gecorreleerd is met energieverbruik. Maar in bijvoorbeeld de agrarische sector speelt gewicht ook een negatieve rol als het gaat om compactie van de bodem onder rijsporen van trekkers. Bij kassen moet de constructie zo min mogelijk licht tegen houden, want elke procent meer licht geeft ook een procent meer opbrengst. Lichtere maar toch sterke materialen dragen zo bij aan meer efficiëntie.

Doordat de nanowetenschap in staat is structuren en processen op moleculair niveau te controleren en te sturen, is het mogelijk om voedingsproducten, die tot voor kort met grofstoffelijke processen werden geproduceerd, nu op veel duurzamere en mildere manier te maken. Zo is het mogelijk om emulsies zoals mayonaise, die doorgaans gemaakt worden door de verschillende componenten met veel geweld te mengen, via microstructuren met nagenoeg verwaarloosbare energie-input te produceren. Behalve de duurzaamheidswinst die dat oplevert, komen er daardoor ook mogelijkheden in beeld om producten te maken op basis van componenten die het traditionele geweld niet zouden overleven.

Voor de voedings- en diervoederindustrie zijn de oppervlakken die in contact komen met de producten of productstroom een voortdurend punt van aandacht. Het voorkomen van contaminatie van producten staat hoog op de prioriteitenlijst. Vaak zijn voedingsproducten ook plakkerig. De oppervlakken waar die mee in aanraking komen moeten de processen natuurlijk niet nadelig beïnvloeden. Voor deegmachines is dat best een uitdaging. Met de nieuwe mogelijkheden uit de nanotechnologie kunnen oppervlakken zodanig worden gestructureerd dat ze waterafstotend of juist water minnend worden. Hierdoor zal minder product in de machines achterblijven waardoor reiniging sneller en met minder middelen kan gebeuren. Met op nanotechnologie gebaseerde tests is bovendien snel te bepalen of reiniging volledig is geweest, waardoor niet veel langer dan nodig moet worden gereinigd. In het huishouden zijn daar ook al voorbeelden van te vinden, bijvoorbeeld de ketchupfles waar nauwelijks ketchup aan de wand blijft plakken.



**Figuur 4**

Met nanotechnologie is ook textiel water- en vuilafstotend te maken.

De volgende stap die mogelijk is, is om de kritieke oppervlakken zodanig te structureren dat er geen eiwitten of andere componenten aan hechten (anti-fouling) of dat ze zelfs in staat zijn om bacteriën die ermee in contact komen te doden. Op die manier dragen nieuwe hightech materialen bij aan de veiligheid van ons voedsel.

## Systemontwerp en integratie



De beoogde complexe functionaliteit wordt gerealiseerd door het complete systeem, waarbij elk onderdeel bijdraagt aan die functionaliteit. Het moet voortdurend kritisch worden beschouwd en indien nodig worden onderworpen aan een (her)ontwerp. Definiëring van systemen, systeemgrenzen en doelen en functies is hierbij van belang. Om een systeeminnovatie te laten slagen is het bovendien belangrijk dat voor veel van de betrokken stakeholders er een positieve cost-benefit verhouding kan worden gerealiseerd. Dat kan onder meer door:

- Gedeelde en herbruikbare infrastructures en componenten, die in verschillende gebruikscontexten gebruikt kunnen worden.
- Configuratie-uitdagingen, die daaraan zijn verbonden, effectief en efficiënt worden opgelost. Voor het ondersteunen van een bedrijfsproces met ICT diensten en componenten is een bedrijfsproces en een koppeling per stap naar de ondersteunende diensten, met daarbij ingevuld de concrete parameters en interfaces, nodig.
- Configureerbare en aanpasbare componenten en bouwstenen voor verschillende gebruikscontexten en bedrijfsprocessen.
- Dat het geheel van noodzakelijke componenten voor de ondersteuning van bedrijfsprocessen als uitgangspunt wordt genomen. Dat houdt dan in dat 'gaten' in beschikbare componenten worden onderkend en opgevuld.

De ervaring leert dat de issues rond infrastructures, integratie en configureerbaarheid multi-level aspecten hebben en complex zijn en goed moeten worden uitgediept.

Niet iedereen heeft hetzelfde beeld bij een (productie)systeem. De systemen zijn vaak opgebouwd uit modules die bepaalde parameters meten, besturingssoftware om beslissingen te nemen en actuatoren die uiteindelijk laten gebeuren wat nodig is. Ze moeten zo worden ontworpen dat alle onderdelen feilloos samenwerken en optimaal zijn afgestemd op de taak. Om de maximale snelheid te halen moet de interactie tussen verschillende modules perfect verlopen. Elke module wordt zodanig ontwikkeld dat hij optimaal geschikt is voor de individuele taak en zo goed mogelijk past in het gehele systeem. Als het te lang duurt voordat een individuele module zijn taak tot in de perfectie heeft volbracht kan dat de cyclustijd van het hele systeem dusdanig verlengen dat de economische levensvatbaarheid in de toepassing in gevaar komt. Het systeem moet worden ontworpen met de complete functionaliteit en de bijbehorende randvoorwaarden in gedachten. Materialen moeten zodanig worden gekozen dat aan alle randvoorwaarden kan worden voldaan. Bij het ontwerp van de individuele modules moet dit goed worden meegenomen.

Flexibiliteit is een belangrijk aspect in de economische haalbaarheid van een concept. Als het systeem meer verschillende producten kan hanteren zonder tijdrovende ombouw en opnieuw programmeren, is de inzetbaarheid groter en zal de tijd dat het systeem ongebruikt staat verkort worden<sup>3</sup>. Om een systeem flexibel te maken is een modulair ontwerp vaak nuttig. Modules moeten snel uitgewisseld kunnen worden om nieuwe functionaliteit te realiseren, zonder dat een monteur van de leverancier langs moet komen. Het systeem moet dan de nieuwe modules automatisch kunnen herkennen en zichzelf configureren om de nieuwe functionaliteit te realiseren. Dit moet op een ander systeemniveau worden geregeld.

Omdat menselijke arbeid vaak één van de kostbaardere productiefactoren is moeten systemen kunnen functioneren met minimale menselijke bemoeienis. Het systeem moet autonoom waarnemen, de noodzakelijke beslissingen nemen en de bijbehorende taken uitvoeren. Autonomie kan alleen op systeemniveau worden gerealiseerd door alle modules op de juiste manier samen te laten werken. Maar voor autonomie moeten meer





**Figuur 5**

Autonome systemen kunnen het leven van een boer aanzienlijk verbeteren. (© Wageningen UR)

randvoorwaarden worden vervuld. Het systeem moet zich bewust zijn van de elementen in zijn omgeving, van de taken die uitgevoerd moeten worden en veilig en voorspelbaar gedrag vertonen. Een tuinder wordt natuurlijk niet vrolijker als 's morgens blijkt dat een tomatenplukrobot zijn hele kas heeft leeggehaald. De interactie tussen machines en robots dient dus iedere keer kritisch bekeken te worden en er dient een slimheid ontworpen te worden waarbij de systemen elkaar op het juiste moment en op de goede manier inschakelen.

De modules waaruit het systeem is opgebouwd hebben doorgaans een eigen besturings-systeem dat informatie nodig heeft van een systeemcontroller en van andere modules. Zo kan een robohand alleen een paprika vastpakken als de visionmodule de 3D coördinaten ervan heeft bepaald en heeft doorgegeven aan de robotarm die de hand op zijn beurt in de juiste positie heeft gebracht. Er vindt dus voortdurend intensieve datacommunicatie plaats tussen de modules onderling en het systeem als geheel. De timing van deze communicatie is cruciaal om de vereiste snelheid te kunnen realiseren. Als een module moet wachten op de benodigde informatie vertraagt dit de cyclustijd van het hele systeem.

Het systeem moet kunnen samenwerken met andere (bij voorkeur ook autonome) systemen in zijn omgeving. Zo zal een autonome drone die onkruid op een biologische akker in kaart brengt moeten communiceren met de autonome wieder die het mechanisch verwijdert. Daarnaast is de informatie die op systeemniveau zal ontstaan door data van de verschillende modules te combineren, vaak nuttig op andere plekken in de waardeketen van het product. Het systeem zal daarom ook voortdurend communiceren met andere systemen in zijn omgeving en in andere schakels in de keten of zelfs daarbuiten. Een randvoorwaarde hiervoor is dat de benodigde infrastructuren correct en betrouwbaar werken.

Tot zover de technologische (blauwe) lijnen in Figuur 1.

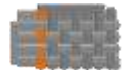
---

De verticale toepassingsgebieden in de topsectoren Agri & Food en Tuinbouw en Uitgangsmaterialen leiden tot markten waar de innovaties tot waarde kunnen komen en de

proposities zich moeten bewijzen. Deze toepassingsgebieden staan voor grote uitdagingen. Niet alleen worden zij aangesproken om over enkele decennia 9 miljard mensen te voeden op deze aarde, waarvan het daarvoor beschikbare areaal in ieder geval niet groter zal worden, er moet ook een slag worden gemaakt in duurzaamheid. Bovendien zullen steeds meer grondstoffen een biologische oorsprong vinden en door deze sectoren moeten worden geproduceerd. Tegelijkertijd staan de sectoren economisch onder druk, zijn de marges gering en willen er steeds minder mensen in werken.

Er zijn innovaties nodig om deze uitdagingen aan te kunnen gaan en tegelijkertijd concurrerend te blijven ten opzichte van andere regio's in de wereld. Innovaties ontstaan vaak op het grensvlak tussen verschillende disciplines. De kruisbestuiving tussen hightech werkvelden en de A&F en TU sectoren zullen daarom vele kansen opleveren die bij zullen dragen aan de invulling van de uitdagingen.

## Vermeerdering (propagation)



De vermeerderingsindustrie is de sector die veelal aan het begin van de ketens gepositioneerd wordt en waar de basis wordt gelegd voor het succes van de Nederlandse agrarische sector. Zaden zijn vaak meer waard dan hun gewicht in goud. Één raskip kan in drie jaar tijd één miljoen nakomelingen krijgen. Dat betekent dat de kwaliteit ook perfect moet zijn. Komt een partij sla niet op dan is de schadeclaim, vanwege de gedeerde inkomsten, een veelvoud van de waarde van het zaad. Metingen die dit risico kunnen verkleinen zijn daarom uiterst waardevol. Ze kunnen ook vaak helpen om de veroorzaker van de schade te identificeren. Als een transporteur een zending te lang in de hete zon heeft laten staan is het niet de schuld van de leverancier dat de kwaliteit niet meer optimaal is.

Hoewel de enorme omvang van de data nog een uitdaging vormt krijgen de vermeerderingsbedrijven met de ontrafeling van het genoom van steeds meer planten en dieren



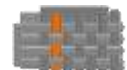
**Figuur 6**

Onderdeel van een systeem om zaailingen te classificeren en te sorteren. (© Wageningen UR)

steeds meer grip op de genetische eigenschappen van plantaardige en dierlijke producten. De volgende uitdaging is om ook fenotypische informatie, hoe gedraagt de plant of het dier zich in een specifieke omgeving en hoe uit zich dat in specifieke kenmerken, mee te wegen in het selectieprogramma. Door analyse van deze datasets kan gericht worden veredeld en kunnen gewenste kenmerken veel sneller tot expressie worden gebracht. De omvang van de datasets vereist de toepassing van de laatste stand der techniek in de bio-informatica en elke innovatie levert in dit veld direct winst op.

De enorme aantallen stellen grote uitdagingen aan de technologie. Zaailingen worden op basis van fenotypen geclassificeerd en uiteindelijk gesorteerd om tot meer uniforme kwaliteit te komen. Daarvoor moet een volledig 3D model van elke zaailing worden gecreëerd en beoordeeld op specifieke aspecten. Om dit rendabel te kunnen doen moet dit echter wel met een tempo van minimaal 5 per seconde.

## Tuinbouw (horticulture)



Onder de term "tuinbouw" vallen diverse sectoren, waaronder de glastuinbouw, fruitteelt, sierteelt, bloemen en (kamer)planten, en champignons, ook wel "high value crops"

genoemd. De tuinbouwsector is weliswaar erg belangrijk voor de Nederlandse economie, maar maakt ook een zware tijd door wat betreft levensvatbaarheid. Veel bedrijven in de glastuinbouw staan financieel onder druk. Naast een heroriëntatie op verdienmodellen en markten zijn technologische innovaties van levensbelang om de concurrentiepositie van de sector te verbeteren.

De kas is een gesloten teeltomgeving. Dat betekent aan de ene kant dat de groeiomstandigheden geoptimaliseerd kunnen worden en dat de teelt afgeschermd is van externe invloeden als ziektes en plagen. Het monitoren van de groeiomstandigheden, de ontwikkeling van de teelt en eventuele problemen vereisen een batterij aan sensoren en meetsystemen met een relatief hoge ruimtelijke dichtheid. Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid zijn niet zo ingewikkeld te meten, maar de vroege detectie van ziektes is een uitdaging. Juist de geslotenheid en de hoge dichtheid van dezelfde planten maakt die vroege detectie van plagen belangrijk en met de juiste sensoren en technieken ook mogelijk.

In de fruitteelt worden producten vaak opgeslagen onder gemodificeerde atmosfeer om biologische processen als rijping en bederf af te remmen. Mocht het onverhoopt toch mis gaan dan wordt de inhoud van een hele container in korte tijd waardeloos. Het is daarom essentieel om die omstandigheden goed te bewaken, zodat op tijd bijgestuurd kan worden. Nog beter is het om sensoren te gebruiken die bijvoorbeeld ethene, een stof die bij rijping vrijkomt en andere producten ook tot rijping aanzet, kosteneffectief te kunnen detecteren.

Producten van de tuinbouw zoals groenten en fruit komen vaak als versproducten in de schappen van de supermarkt terecht. Naast een uiterste gebruiksdatum wil de consument daarbij steeds meer informatie over deze producten kunnen vinden. In de toekomst zal dit vaker op individueel productniveau gaan plaatsvinden. De uiterste gebruiksdatum is vaak een schatting gebaseerd op verwachte bewaaromstandigheden in combinatie met modellen van de kwaliteitsontwikkeling van het betreffende product. Daarin zitten veel aannames, waardoor de schatting noodgedwongen conservatief moet zijn. Voor de vaastijd van rozen maakt het nogal uit bij welke temperatuur en luchtvochtigheid ze vanuit Kenia naar de veiling in Aalsmeer zijn gevlogen en of ze wel of niet ergens een tijdje in de volle zon buiten hebben gestaan. Recente resultaten in bijvoorbeeld het Pasteur project (low cost sensoren en RFID tags, Figuur 12)<sup>4</sup> bieden een goede start, maar er dient nog veel te gebeuren voordat dit kosteneffectief kan worden geïmplementeerd.

Voor veredelaars, maar ook voor de tuinders is het zeer interessant om te weten hoe hun producten door de keten heen hun kwaliteit behouden en hoe die producten door consumenten worden geapprecieerd. Grote hoeveelheden data moeten op verschillende locaties in de keten worden gekoppeld aan individuele producten, data moeten worden gecombineerd om beslissingen te kunnen nemen en informatie moet tussen ketenpartners worden uitgewisseld.

Voor de oogst van veel tuinbouwproducten liggen uitgesproken kansen voor toepassingen van hightech systemen. Aan de ene kant zijn kassen relatief goede locaties om geavanceerde systemen toe te passen.



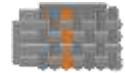
**Figuur 7**

Het binnen het EU project CROPS ontwikkelde robotsysteem om paprika's te oogsten.

<sup>4</sup> Zie bijvoorbeeld <http://www.rvo.nl/actueel/praktijkverhalen/pasteur-sensor-tag-slimme-oplossing-tegen-voedselverspilling>

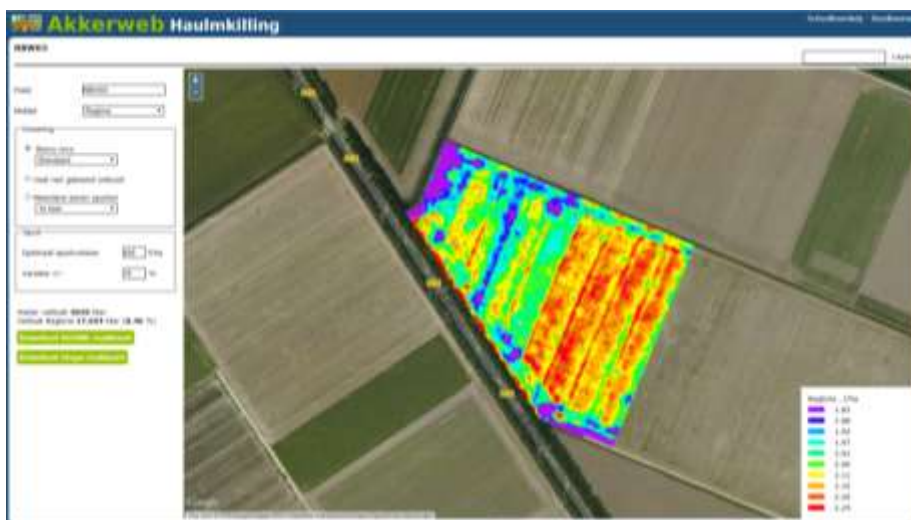
Per slot van rekening staan ze binnen en is er een infrastructuur beschikbaar. Aan de andere kant vormen de hoge luchtvochtigheid, temperatuur en vuil een stevige uitdaging voor dit soort systemen. Maar de grootste uitdaging zit hem toch in de variabiliteit van de teelt en de producten. Te oogsten paprika's kunnen gedeeltelijk achter bladeren verscholen gaan; van elke paprika moet opnieuw worden bepaald waar die vast te pakken en hoe die te oogsten; geoogste paprika's moeten worden afgevoerd; etc. Op dit moment halen robots bij lange na nog niet de snelheid van mensen of de snelheid die nodig is om de business case levensvatbaar te maken. De verwachting is wel dat dankzij verdere technologische ontwikkelingen op gebied van vision, grijptechnieken, data verwerking, etc. robots over een aantal jaren taken of deeltaken van mensen kunnen overnemen. Het is dus van belang om hierin te blijven investeren.

## Akkerbouw (agriculture)



De open teelt met haar monoculturen is bij uitstek gevoelig voor ziektes en plagen. In de traditionele landbouw worden bestrijdingsmiddelen gebruikt om die tegen te gaan. In de biologische landbouw is dit niet toegestaan en is het van levensbelang dat problemen vroegtijdig worden gedetecteerd om mechanisch actie te kunnen ondernemen. De resolutie van satellietbeelden is nog onvoldoende om dit te realiseren. Bovendien vraagt het doorgaans om een multispectrale analyse die door wolken wordt verstoord. Vision systemen op rijdende of vliegende platforms bieden voor de korte en middellange termijn aanvullende mogelijkheden.

Door de data van de sensoren en vision systemen te correleren aan locatie en te combineren met modellen van de teelt, kunnen nauwkeurige voorspellingen worden gedaan ten aanzien van biomassa en opbrengst. Vaak worden dan patronen zichtbaar die indicaties zijn voor afwijkende omstandigheden. Als planten op een bepaalde locatie minder hard groeien kunnen ze waarschijnlijk met minder nutriënten toe. Of misschien moet daar juist extra worden gemest om de ongunstigere omstandigheden te compenseren. De kennis van de lokale omstandigheden stelt de boer in staat om efficiënter met de inputs om te springen, wat ook de duurzaamheid weer ten goede komt.



**Figuur 8**

De hoeveelheid biomassa op een aardappelakker is bepaald. Nu kan de hoeveelheid middel om het loof te doden locatie specifiek worden gedoseerd. (© Wageningen UR)

De heilige graal van de precisielandbouw is dat een trekker autonoom over een goed in kaart gebrachte akker rijdt en volautomatisch en per plant geoptimaliseerd die handelingen verricht die op dat moment nodig zijn. Om dit te realiseren moet het pad van de trekker worden gepland, moet de trekker tot op de centimeter nauwkeurig zijn positie kennen en moeten er veiligheidssystemen aan boord zijn om ongewenste situaties te vermijden. Centimeter nauwkeurigheid is echter onvoldoende om bepaalde handelingen, zoals het verwijderen van onkruid, uit te voeren. De werktuigen op de trekker worden daarom

uitgerust met sensoren en visionsystemen om precies te kunnen bepalen waar het onkruid staat, zodat niet per ongeluk de verkeerde planten worden verwijderd.

## Dierlijke productie (Livestock Production)



Bij Livestock Production kun je denken aan productie van vlees (rund, varken, kip, vis, schapen, geiten, insecten) melk (koeien, schapen, geiten), eieren (kip, vis) of anderszins afgeleide producten die in diverse producten als bestanddeel terug kunnen komen. Voor de maatschappij zijn levensduur, transparantie, gezondheid van mens en dier en dierenwelzijn belangrijk. Voor een veehouder is de gezondheid van de individuele dieren essentieel. Resource efficiency in het omzetten van onder andere plantaardige eiwitten naar dierlijke eiwitten is een complex geheel waarin verspilling voorkomen moet worden. Ook de vruchtbaarheid is een parameter die voor veel veehouders cruciaal is. Een gemiste kans om te insemineren betekent vaak productieverlies. Helaas zijn dierenwelzijn, gezondheid of vruchtbaarheid niet direct te meten. Ze moeten worden afgeleid van andere parameters. Zo wordt een tochtige koe vaak onrustig, wat zich vertaalt in meer lopen of springen. Dit gedrag kun je per koe onder andere meten met een stappenteller die aan een poot, nek of oor van de koe bevestigd wordt. Voor een goede bedrijfsvoering op een maatschappelijk verantwoorde manier is monitoring van dit soort sleutelparameters, het liefst op individueel dierniveau, van belang. Helaas sluipt door het indirecte karakter van de meting de nodige onzekerheid in het systeem. Het is dan ook een grote wens om parameters te kunnen meten die veel directer met de gewenste informatie correleren. Zo zouden hormoonniveaus een betrouwbaarder beeld geven dan stappentellers. Maar dit moet dan wel non-invasief en kosteneffectief worden gemeten.

Ieder dier heeft haar eigen behoefte aan zorg, voer, slaap, etc. Een dier presteert optimaal als het gezond is en lekker in het vel zit. Nieuwe technieken maken het voor de veehouder mogelijk om dieren beter de juiste zorg te geven in een grote groep. Ondanks de huidige trend van schaalvergroting wordt het zo mogelijk om koeien en varkens op individueel niveau zorg te leveren, en onder andere pluimvee op groepsniveau in plaats van stalniveau. Dit maakt grote sprongen op het gebied van dierenwelzijn, het gebruik van grondstoffen (en dus de milieudruk van de veehouderij) en arbeid mogelijk.

Door het indirecte karakter van nagenoeg alle metingen in de veehouderij is combinatie van data een methode om de gewenste informatie voor beslissingsondersteuning te krijgen. Daarbij moeten de metingen nauwkeuriger worden. Bovendien levert de koppeling met identificatiesystemen een dataset over de individuele dieren. Door haar focus op dierenwelzijn en de recente schandalen in de vleessector is de consument erg geïnteresseerd in de herkomst van vlees en de leefomstandigheden van het dier in kwestie. Vaak wordt aanzienlijk meer betaald voor een product waarvan de herkomst en kwaliteit gewaarborgd lijken. Maar hoe betrouwbaar is die waarborg? Heeft die scharrelkip daadwerkelijk de mogelijkheid gehad om buiten te scharrelen? Dit soort vragen zijn op dit moment niet te beantwoorden tegen redelijke kosten. Maar als meer meetintelligentie in de omgeving van individuele dieren beschikbaar komt in combinatie met mogelijkheden om de gigantische datastromen effectief te hanteren, komt dit wel in beeld. En op termijn kan eenzelfde perspectief met betrekking tot datagebruik en -optimalisatie over de keten worden bereikt als beschreven in de paragraaf over de tuinbouw.

De melkrobot is een succesnummer in de melkveehouderij dat vaak wordt aangehaald. Hij draagt bij aan het welzijn van de koe doordat die zich naar behoefte kan laten melken, hij zorgt voor een hogere productie omdat de koe vaker gemolken kan worden, en hij ontzorgt de boer omdat elke koe in de gaten gehouden wordt en bepaalde problemen als uierontsteking vroegtijdig worden gesignaleerd. Bovendien draagt hij ook nog eens bij aan het levensgeluk van de boer omdat die niet meer 365 dagen per jaar om 6 uur in de melkstal hoeft te staan.

Maar er zijn veel meer kansen voor robots in de veehouderij sector. De consument eet het liefste scharreleieren. Dat beantwoordt aan zijn/haar beeld van gezonde en gelukkige kippen. Scharrelkippen in een volièresysteem leggen doorgaans hun eieren netjes in een nestkast. Maar soms niet. Bij 100.000 leghennen wordt dit al snel een probleem, temeer daar een ei op een verkeerde plaats een uitnodiging is aan andere kippen om er eieren bij te leggen. De kippenboer zoekt dus elke dag de stal af naar eieren. Met de robotstofzuigers en -grasmaaiers in het achterhoofd moet dit te automatiseren zijn. Maar daarbij komen nog hele specifieke en complexe problemen om de hoek, zoals padplanning om alle eieren te vinden; obstakel vermijding; de omstandigheden in de volièr; de logistiek van de verzamelde eieren; etc. Vreemd genoeg vormen de kippen zelf nauwelijks een probleem. Die vinden zo'n scharrelende robot alleen maar interessant.



**Figuur 9**

Lely Astronaut melkrobot. (© Lely)

## Ingrediënten



Landbouw- en veeteeltproducten worden of direct tot consumentenproducten verwerkt (vlees en vleeswaren, verse groenten en fruit), of worden omgezet tot ingrediënten. Tarwe en mais tot zetmeel, glucosestroop en dextrinen; gluten of andere eiwitten in eiwit-hydrolysaten, maar ook enzymen en actieve componenten; bieten en riet tot suiker, zoetstoffen, maar via fermentatie ook tot een reeks smaak- en geurstoffen, brandstof en functionele ingrediënten. Melk wordt verwerkt tot kaas en een enorme serie hoogwaardige ingrediënten.

Doorgaans is de waarde van de ingrediënten uit de grondstof substantieel hoger dan die van de grondstof zelf, en dus is de fractionering (bioraffinage) van ingrediënten een essentiële stap in het bereiken van toegevoegde waarde. De Nederlandse machinebouw en productie van ingrediënten staat zo hoog aangeschreven dat ze als referentie dient in het buitenland. Deze rol betekent veel kansen voor export van zowel de ingrediënten, maar ook van de apparatuur voor het bereiden van die ingrediënten.

De unieke positie van de Nederlandse ingrediëntproductie is te danken aan de hoge veiligheid en kwaliteit. Het is niet alleen voor de maatschappij als geheel (qua gezondheid en milieubelasting) maar ook van cruciaal economisch belang dat we in staat zijn om dit grote concurrentievoordeel vast te houden. Dit is slechts te realiseren door zelf nu de stappen te maken die anderen in de toekomst zullen moeten maken: hogere of betere opbrengst met minder middelen, minder afval en minder energie- en watergebruik, en gezondere ingrediënten voor gezondere producten.

Door de aanpassing en inzet van de nieuwe mogelijkheden die uit de hightech sector komen kan dit worden gerealiseerd. Het is wel belangrijk dat in dit alles helder en eerlijk wordt gecommuniceerd over de maatschappelijke impact (bijvoorbeeld op het gebied van gezondheid), duurzaamheid en dat tegelijkertijd ook het economische potentieel goed wordt neergezet. Alleen als de consument, de burger, én de ondernemer er alle drie beter van worden, zullen consumenten en hun organisaties de nieuwe kansen accepteren en omarmen.

De huidige productie van levensmiddelen is veilig en doeltreffend, echter niet efficiënt noch mild voor de ingrediënten die worden geproduceerd. Over het algemeen wordt hoge

temperatuur gebruikt bij extractieprocessen, bij drogen en bij pasteurisatie of sterilisatie, waardoor de natieve functionaliteit goeddeels verloren gaat. Bovendien wordt bij veel ingrediëntextracties wordt fors gebruik gemaakt van chemicaliën. Dit kan anders. Nanotechnologie heeft enorm veel bereikt in de afgelopen jaren, in de ontwikkeling van 'smart interfaces', grensvlakken die zelf actief reageren op een trigger. In plaats van een forse verandering van de pH, of de toepassing van geconcentreerde zoutstromen voor de regeneratie van adsorptie- en chromatografische kolommen, komt nu in zicht om kolommen zo te voorzien van slimme 'resins', dat slechts een kleine temperatuurverandering of slechts een kleine elektrische puls genoeg is om de kolom te regenereren. Daarnaast zijn grote stappen gemaakt in de ontwikkeling van oppervlakken die zowel vuil (gedenatureerde eiwitten, koolhydraten) als biofouling (micro-organismen en hun extracellulaire componenten) afstoten en inactiveren.



**Figuur 10**

Droogprocessen in de voedingssector vragen veel energie.

Nieuwe technologie kan ook een hoofdrol spelen bij het terugdringen van de grootste energiegebruiker van de levensmiddelenindustrie: de droger. Vanuit de hightech sector zijn veel nieuwe ontwikkelingen, bijvoorbeeld gerelateerd aan de printindustrie, of vanuit 3D printen, die het mogelijk maken om een materiaal in zeer kleine domeintjes te dispergeren. Door deze technieken in te zetten, in combinatie met een verhoging van de vaste-stofconcentratie kan de hoeveelheid water die in sproeidrogers moet worden verdampt, aanzienlijk worden gereduceerd.

Daarnaast biedt inzicht van de grondstof op nanoschaal de mogelijkheid om ingrediënten zelfs geheel droog te produceren. De droom van een volledig droge, en dus volledig microbieel veilige fabriek komt binnen handbereik. De ingrediënten die hieruit voorkomen vergen minder dan een procent

van de oorspronkelijke inzet aan water, energie en chemicaliën, terwijl ze bij dezelfde functionaliteit een gezondere samenstelling blijken te hebben en hele nieuwe producteigenschappen mogelijk maken. Echter, de apparatuur voor deze revolutionaire ontwikkeling moet nog goeddeels worden ontwikkeld. Centraal hierbij is dat de variabiliteit van de grondstof een belangrijke rol speelt en dus zijn sensing, intelligent control en systeemtechnologie buitengewoon belangrijk.

Bij al deze aspecten is het van belang dat het niet alleen bijdraagt aan de efficiëntie voor de producent, maar ook voor de consument toegevoegde waarde heeft: versere, gezondere ingrediënten, minder kunstmatige toevoegingen omdat we de oorspronkelijke functionaliteit van een ingrediënt in stand kunnen houden, duurzamere productie.

## Consumentenproducten



Verreweg de meeste producten die niet direct van het land komen, zijn geformuleerd vanuit ingrediënten. Dat geldt natuurlijk voor bakkerijproducten (brood, koekjes, gebak), maar evenzo voor de meeste zuivelproducten, voor sportdranken, voor babyvoeding, soepen en sauzen, broodbeleg, voor genietproducten zoals zoet- en suikerwaren, ge-extrudeerde snacks, ijs, desserts, enzovoorts.

Er is grote maatschappelijke druk om dit soort producten, nu vooral vanuit sterk geraffineerde ingrediënten vervaardigd, een gezondere samenstelling te geven. De aantrekkelijkheid voor de consument mag echter nooit worden gecompromitteerd. Als de consument het niet (opnieuw) koopt, zullen effecten op gezondheid ook niet worden bereikt. Verbeteringen op het gebied van gezondheid of duurzaamheid kunnen slechts succesvol zijn na acceptatie door de consument. Dat zal alleen bereikt worden als het product aantrekkelijker is, duurzamer is, en ook economisch aantrekkelijk genoeg voor de consument.

De kwaliteit van de eindproducten die de consument in handen krijgt, wordt vaak negatief beïnvloed door de noodzakelijke pasteurisatie (of sterilisatie) stap. Veiligheid moet ten allen tijde worden gegarandeerd en biedt, zoals reeds gememoreerd, juist een concurrentievoordeel ten opzichte van andere fabrikanten, zowel voor de levensmiddelenproductie, als voor de apparatenbouw.

Milde (non-thermische) conservering is daarom van groot belang, zowel voor de eindfabrikant als voor de apparatenbouwers. Men kan hier denken aan toepassing van hoge druk, gepulseerde elektrische velden, en van (UV) lichtpulsen. Deze technologieën zijn bewezen effectief, echter zijn nog duur omdat deze systemen extreme eisen stellen aan de apparatuur. Juist de combinatie van de nieuwe, geavanceerde materialen vanuit de hightech sector, en het begrip van de processen die moeten plaatsvinden, kunnen hier voor een doorbraak zorgen: de eerste machineproducent die in staat is om deze technologieën fors kosteneffectiever te maken, zal wereldwijd een grote slag slaan.

Ook in de naoogst fase vindt nog veel zwaar, onaantrekkelijk en repetitief werk plaats waarvoor automatisering een uitkomst kan zijn. Bovendien is de menselijke werker een belangrijke bron van contaminatie, die ook nog eens dwingt om omstandigheden zo in te richten dat ze compatibel zijn met menselijke arbeid. Zo zouden versproducten beter kunnen worden verpakt bij lage temperatuur en in een zuurstofloze atmosfeer om bederf maximaal te remmen. Essentieel is dat de systemen grote hoeveelheden verschillende producten kunnen verwerken: waar de robotica in het algemeen producten stuksgewijs bekijkt, gaat het in de levensmiddelenindustrie over vele duizenden producten per uur. Dat vergt een heel andere benadering, zeker gecombineerd met flexibiliteit en goede beoordeling van type en kwaliteit van de te-verwerken producten.

Waar conventioneel producten eenvormig zijn, vanwege de grote hoeveelheden die in een fabriek worden geproduceerd, is de toekomst aan de 'mass-customization': het op grote schaal produceren van heel veel verschillende producten. 3D printing is al in opmars als techniek, en de huidige stand van zaken is dat veel levensmiddelen kunnen worden geprint, dat niet alleen meer creativiteit in productvorm en -samenstelling oplevert, maar bovendien betekent dat producten niet alleen meer in een fabriek gevormd hoeven te worden, maar ze kunnen ook bijvoorbeeld in de winkel of de supermarkt, of zelfs bij de consument thuis kunnen worden geprint.

De levensmiddelenfabrikant levert dan geen kant en klaar product, maar modules (zoals de print cartridges bij een 2D printer); analoog aan een Nespressomachine voor koffie, of de broodbakmachine. De software kan van de levensmiddelenproducent komen, maar zou ook door de consument zelf of van een website (bijvoorbeeld Allerhande) kunnen komen.



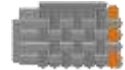
**Figuur 11**

TNO's visie op 3D food printing. (© TNO)



Hier is van belang dat de consument producten kan krijgen die afgestemd zijn om de individuele behoeften: soms een luxe, maar voor mensen met een intolerantie, allergie of een ziektebeeld dat een specifiek dieet vereist, zou dit een wezenlijke bijdrage aan hun levenskwaliteit kunnen betekenen. Het bestaan van deze systemen zou vervolgens via 'open source' een actieve gemeenschap kunnen opleveren die uit zichzelf gaat experimenteren met nieuwe software voor de 3D printers, om betere glutenvrije, suikervrije, zoutvrije of anderszins specifieke voeding te ontwikkelen. Men moet zich realiseren dat dit type voeding nog altijd door de grote fabrikanten niet goed kan worden voorzien, omdat de markt te klein is. Flexibilisering door een 3D platform zou hier een doorbraak betekenen.

## Apparatuur



De boven geschetste ontwikkelingen en de huidige eisen die aan apparatuur worden gesteld bieden kansen om deze ontwikkelingen mogelijk te maken. Ruwweg is dit in drie gebieden te verdelen: sterkere materialen, betere constructiemethoden, en nieuwe oppervlakken.

De toepassing van hogere druk als nieuwe drijvende kracht voor niet-thermische pasteurisatie of sterilisatie, stelt enorm hoge eisen aan de materialen voor de apparatuur: drukken tot 10.000 bar moeten kunnen worden opgelegd, in een breed gebied van temperaturen, ruwweg van -50 tot 120 °C. Dit is nu in principe al mogelijk maar de apparatuur is nog te duur om buiten niche-gebieden toepasbaar te zijn. De ontwikkeling van sterkere materialen is essentieel om een dergelijke technologie verder ingang te laten vinden. Bij de toepassing van elektrische pulsen geldt dat de corrosieve krachten zeer groot kunnen zijn; ook daarvoor geldt dat geavanceerde materialen van belang zullen zijn. In feite geldt voor alle nieuwe drijvende krachten, dat ze nieuwe materialen vergen.

Daarnaast zijn de nieuwe hightech methoden voor het structureren van materialen van belang. Nieuwe mogelijkheden van laser-materiaalbewerken, nieuwe methoden van electroforming en ander methoden uit de microsysteemtechnologie stellen ons in staat om dunne metalen zeven te maken met poriegrootten kleiner dan 10 µm. Een verdere ontwikkeling naar poriegrootten onder 1 µm zal het mogelijk maken om producten te pasteuriseren via filtratie, maar ook om ingrediënten te scheiden. De microzeven die met fotolithografie zijn vervaardigd laten zien dat dit kan; de uitdaging ligt nu in de vervaardiging van robuuste systemen die ook op grote schaal kosteneffectief kunnen zijn.

De Nederlandse apparatenbouw heeft een wereldnaam op het gebied van hoge nauwkeurigheid en kwaliteit van de apparatuur die ze aflevert. Om deze naam hoog te houden moeten we de meest geavanceerde methoden omarmen. Methoden die ons in staat stellen om systemen nog beter en nog betrouwbaarder te ontwerpen en te construeren.

Nieuwe laser gebaseerde systemen kunnen de kosten voor assemblage omlaag brengen en tegelijkertijd de nauwkeurigheid van constructie nog verder verhogen. Hierbij horen ook nieuwe mogelijkheden voor de inspectie van de apparatuur via nieuwe sensing methoden, zoals non-invasieve metingen door het metaal en in-line monitoring van de integriteit van systemen (bijvoorbeeld bij warmtewisselaars) via geïntegreerde sensoren.

Een sterke ontwikkeling is de toepassing van 3D printen van onderdelen van apparatuur. 3D printen van onderdelen maakt compleet nieuwe geometrieën mogelijk, zou een bijna oneindige vrijheid en klantenspecificiteit toestaan, en zou tegelijkertijd de arbeidskosten omlaag brengen. Belangrijk hierin is dat de op deze manier geproduceerde apparatuur, ook met hoge kwaliteit afgewerkt kan worden. Oppervlakten moeten bijvoorbeeld voldoende glad zijn in verband met reinigbaarheid en hygiëne. Het feit dat bijvoorbeeld turbinebladen op deze manier kunnen worden gemaakt suggereert dat ook in de levensmiddelensector deze techniek toegepast zou kunnen worden.

Daar waar het levensmiddel in contact staat met de apparatuur, worden specifieke eisen gesteld aan die oppervlakken. Er kan vervuiling optreden, micro-organismen kunnen zich op een dergelijk oppervlak nestelen, en warmteoverdracht, zowel bij koelen als bij verwarmen kan worden gehinderd, wat weer kan leiden tot een verlies aan energie-efficiëntie en productkwaliteit. Dat kan in het uiterste geval zelfs leiden tot compromittering van de voedselveiligheid.

De hightech wereld (bijvoorbeeld vanuit de nanotechnologie) heeft grote stappen gemaakt in het exact opbouwen van oppervlakken. Oppervlakken kunnen worden gemodificeerd zodat ze geen eiwitten meer adsorberen en microbiëel inactiverend werken. Nieuwe inzichten in de werking van extracellulaire componenten van micro-organismen zelf heeft geleid tot de realisering van zeer dunne lagen van polysacchariden die op natuurlijke wijze micro-organismen op een oppervlak inactiveren.

Synthese van oppervlakken die specifieke componenten adsorberen en via een trigger (temperatuur, elektriciteit) weer loslaten kunnen een revolutie veroorzaken in de isolatie van ingrediënten. Een enorme reductie in gebruik van water, energie en chemicaliën, en een hogere kwaliteit van de ingrediënten is het gevolg. Dit is al eerder besproken maar heeft ook grote gevolgen voor de bouw van apparatuur. De apparatuur moet zodanig worden ontworpen dat dit mogelijk wordt, waardoor de toegevoegde waarde die nu door de 'resins' leveranciers wordt geleverd, naar de apparatuurbouwers zal gaan.

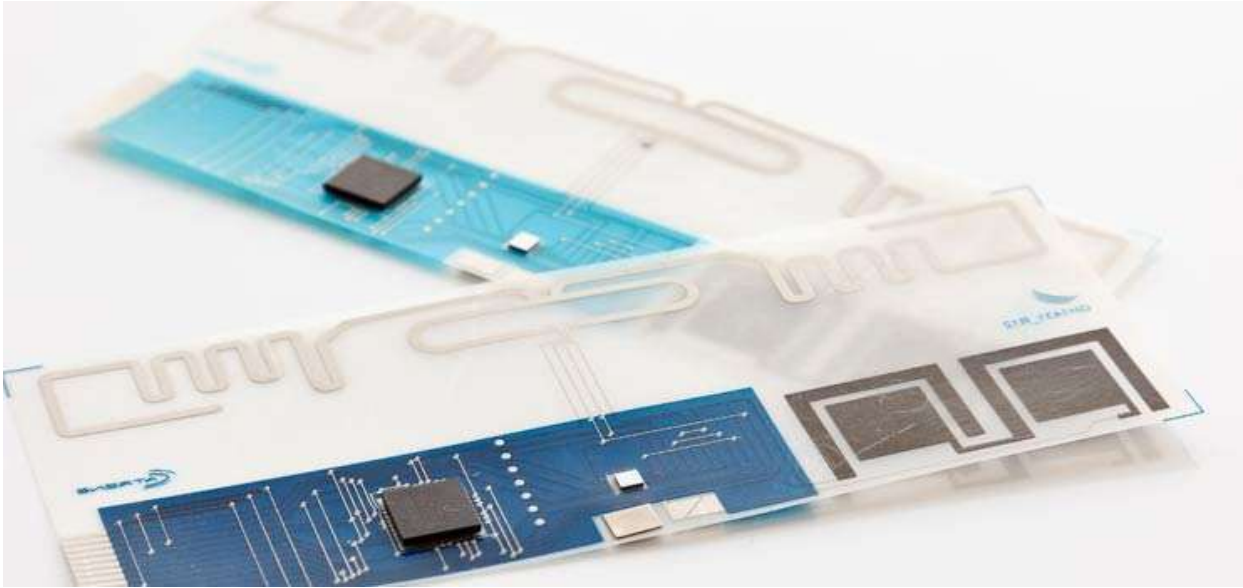
## Integratie van de waardeketens



In de agrifood sector zijn de ketens van de ontwikkelaar van het uitgangsmateriaal tot en met de consument die op zoek is naar bepaalde aspecten vaak erg lang en complex. Elke schakel heeft zijn eigen rol in de realisatie en voegt waarde toe aan het product. Er kunnen vier ketens worden onderscheiden:

- de horizontale, primaire, waarde realiserende keten, van agrarisch product tot voedsel bij de consument;
- de opschalingsketen, die gericht is op de kennis en technieken van vermeerdering, genetische optimalisatie en biodiversiteit, nutritionele kennis en voedsel synthese, optimale groei omstandigheden;
- de verticale ketens, die de systemen toeleveren aan de horizontale keten, en op grote schaal mogelijk maken wat door de opschalingsketens wordt uitgevonden
- de biologische kringlopen, die kennis bevat waarmee grootschalige productie duurzaam mogelijk wordt bv water, fosfaat, uitstoot, restproducten, transport, bodemuitputting

Deze ketens moeten integraal worden benaderd en geoptimaliseerd. Een optimaal eindresultaat ontstaat pas als al die schakels hun rol naar behoren vervullen en individuele actoren in de keten kunnen vertrouwen op hun partners. Actoren hebben veel informatie nodig van de schakels stroomopwaarts en verstrekken weer informatie stroomafwaarts. Om de samenstelling van een voedingsproduct goed weer te kunnen geven moet de samenstelling van de individuele ingrediënten, die vaak door partners worden geleverd, bekend zijn. Om een betrouwbare schatting te kunnen geven van de houdbaarheidsdatum van een vers product worden oogsttijdstip, rijpheid op dat moment en bewaarcondities gecombineerd met modellen die de kwaliteit van het product als functie van de tijd beschrijven. Dit is allemaal informatie die door andere schakels in de keten beschikbaar moet worden gesteld. In de toekomst komt veel van deze informatie van de autonome hightech systemen die in de verschillende schakels van de keten worden ingezet. Omgekeerd zal van die systemen ook worden gevraagd om de noodzakelijke informatie te leveren die nodig is om de keten soepel te laten functioneren. De keten integreert zo de schakels tot één systeem en dicteert de randvoorwaarden waaraan systemen in de schakels moeten voldoen.



**Figuur 12**

De transponder die in het Pasteur project is ontwikkeld en die RFID combineert met het vastleggen van een aantal relevante parameters.

Vaak fungeren groothandels of winkel(keten)s als regisseurs in de waardeketen. Zij bepalen wat er afgenomen wordt en aangeboden wordt aan de consument. Andere spelers moeten zich daaraan aanpassen door zo snel mogelijk de juiste producten met de gevraagde kwaliteit te produceren. Ook de prijs wordt in hoge mate daar bepaald. De consument heeft nauwelijks mogelijkheden of zin om op een andere manier aan de producten te komen. Ook logistieke voorzieningen als barcode en mogelijk in de toekomst Radio Frequency IDentification (RFID) worden door de groothandels en winkelketens opgelegd om hun controle over producten en voorraad optimaal te laten verlopen. Hoewel individuele identificatie van producten de prijs van een product zal verhogen, zijn er, door uitwisseling van informatie door de keten over die individuele producten, ook zeker winstmogelijkheden voor andere spelers in de keten.

Regelgeving over en verantwoordelijkheid voor de kwaliteit en veiligheid van producten is vaak via de ketens geregeld. Doordat elke actor in de keten telkens verantwoordelijkheid verschuldigd is één schakel stroomop- en stroomafwaarts plant de verantwoordelijkheid zich voort door de keten. Als er ergens een probleem wordt gesignaleerd kan zo worden bepaald hoe het stroomopwaarts is ontstaan en kan stroomafwaarts actie worden ondernomen om verdere schade te voorkomen. Alle systemen in de verschillende ketens moeten zodanig worden uitgerust dat dit principe wordt ondersteund en snel kan worden doorlopen als het nodig is. Dit stelt bijvoorbeeld eisen aan de opslag van bepaalde data die niet direct nodig is op andere plaatsen in de keten maar wel relevant kan zijn als een probleem geanalyseerd moet worden en een oorzaak gezocht wordt.

---

Ondanks dat dingen technologisch kunnen en zelfs in de toepassing hun waarde bewijzen, zijn er een aantal aspecten dat een rol speelt bij de uiteindelijke levensvatbaarheid. Eerdere technologische vernieuwingen in maatschappelijk gevoelige sectoren hebben aangetoond dat vroegtijdige aandacht voor deze aspecten essentieel is om ze geaccepteerd te krijgen.

## Maatschappelijke acceptatie en economische levensvatbaarheid



De toepassingsgebieden die zijn besproken zijn hoofdzakelijk gericht op voedsel. De mens is zeer precies op zijn eten. Het moet zo natuurlijk mogelijk zijn en vanzelfsprekend moet het veilig en gezond zijn. Technologie wordt gezien als onnatuurlijk en verstoort dat plaatje. En omdat eten in hoge mate een emotionele aangelegenheid is, spelen de emoties vaak een doorslaggevende rol. Beeldvorming over diervriendelijkheid, milieubelasting, genetische manipulatie, voedselsynthese, wordt gevoelsmatig gestuurd en omvat in essentie de behoefte om op verantwoorde wijze met de wereld om te gaan. Het is essentieel hieraan vanaf het begin serieus aandacht te besteden. Ideeën kunnen nog zo mooi zijn, als ze niet in de maatschappij geaccepteerd worden zullen het nooit innovaties in de sector worden.



**Figuur 13**

die hele kleine marges kennen. Aan de ene kant is dit gunstig, want het betekent dat heel veel producten moeten worden geproduceerd om een gezinsinkomen te verwerven, wat een goed uitgangspunt vormt voor automatisering. Aan de andere kant betekent dit dat de investeringsruimte zeer beperkt is. Bovendien moet de geautomatiseerde oplossing ook nog eens kunnen concurreren met het intelligente en uiterst flexibele menselijke alternatief om de business case rond te krijgen. Voor een relatief groot aantal gevallen in de agri-food sector zal dit betekenen dat, hoewel het technologisch een goede ontwikkeling en innovatie lijkt, toch moet worden besloten dat het voorlopig in deze sector niet tot ontwikkeling zal komen. Een dergelijke conclusie kan maar beter aan het begin van een ontwikkelingstraject van een nieuwe toepassing worden getrokken dan aan het einde. Buiten Nederland kunnen overigens aspecten een rol spelen die het concept daar wel levensvatbaar maken. Aangezien een groot deel van de Nederlandse systemen hun weg vinden naar het buitenland, kan het dan toch zinnig zijn de toepassing voor de export te ontwikkelen.

Een speciaal aspect dat bepalend kan zijn bij het uiteindelijke succes van bepaalde concepten is de vraag wie eigenaar is van bepaalde data en of die bereid is om die te delen. Zoals reeds gememoreerd worden de sectoren gekenmerkt door lange ketens met grote aantallen actoren die allemaal een rol spelen om informatie-technisch een compleet plaatje te verkrijgen. Daarbij spelen gevoeligheden snel op. Zelfs als het niet concurrentiegevoelige informatie betreft is niet iedereen ervan gecharmeerd om een kijkje in zijn keuken toe te staan. Toch staan of vallen veel van de data-intensieve concepten met de bereidheid om data te delen. Er zullen proposities voor individuele actoren in de ketens moeten worden ontwikkeld waarbij het delen van informatie meer waarde oplevert dan te ontwikkelen is uit

Naast de gevoeligheid van de combinatie voeding en technologie spelen er in het geval van hightech toepassingen nog meer aspecten. Zo is het helemaal niet gezegd dat de agrarische ondernemer aan de slag wil met meer technologie. Ook zal de arbeidsmarkt verschuiven als bepaalde taken worden geautomatiseerd. Het is heel begrijpelijk dat iemand die nu paprika's plukt zich zorgen maakt over de komst van een paprikaoogstrobot. Het argument dat er banen bij komen in de productie en programmering van robots zal bij hem/haar geen hout snijden.

De sectoren waar innovaties essentieel zijn, zijn zonder uitzondering sectoren

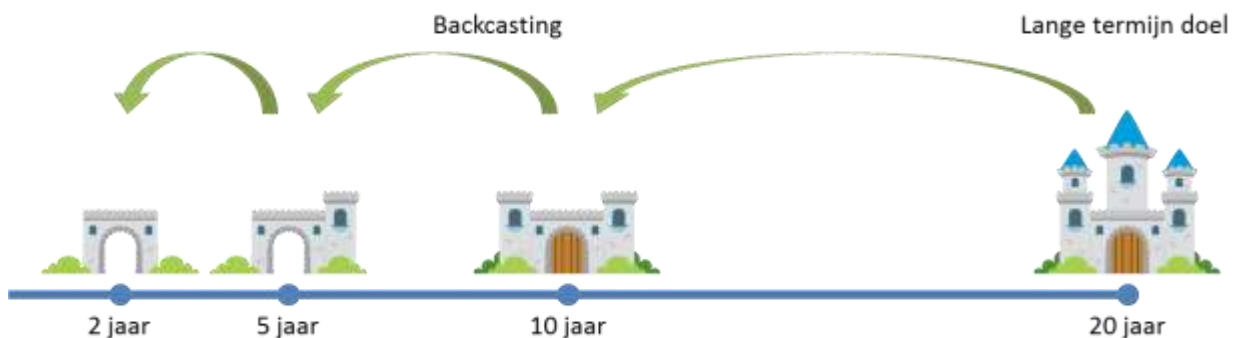
de geïsoleerde informatie. Wellicht dat systemen die data anonimiseren hierbij kunnen helpen.

## WERKWIJZE

Voor HT2FtW, de cross-over tussen Hightech Systems & Materials en ICT aan de ene kant en Agri & Food en Tuinbouw & Uitgangsmaterialen aan de ander kant, is het zaak dat niet alleen op innovatie gerichte activiteiten worden ontwikkeld in de horizontale banen en de verticale pilaren, maar dat er ook aandacht is voor de uiterst interessante kruispunten. De werkwijze van HT2FtW zal beide aspecten adresseren.

### Roadmapping

Per lijn en kolom zijn lange termijn doelen te formuleren die de basis leggen voor innovaties, maar te groot zijn voor individuele partijen in het veld. Bovendien zijn er ook meer fundamentele vragen die samenwerkingen met universiteiten en kennisinstellingen noodzakelijk maken. Partners hebben elkaar nodig om de doelen te verwezenlijken en door samen te werken treedt aanzienlijke versnelling op. Op het moment dat een bepaalde groep partners, in samenspraak met andere belanghebbenden, overeenstemming heeft over deze lange termijn doelstelling en gezamenlijk dit doel wil nastreven kan, middels backcasting worden beredeneerd welk tussendoel dan over 10 jaar, over 5 jaar en over 2 jaar moet zijn bereikt. Er ontstaat zo een roadmap die ambitieus en attractief is voor de partners, maar waar ook partijen buiten de initiële groep, bijvoorbeeld MKB-ers, aan kunnen bijdragen. Want een doel dat over twee jaar bereikt moet worden kan ook aantrekkelijk zijn voor de kleine bedrijven met doorgaans een korte horizon. Bovendien faciliteert zo'n korte termijn tussendoel dat andere partners in de roadmap gebruik gaan maken van de resultaten van het tussendoel. De tussendoelen zijn op zichzelf ook zeer waardevol want vormen vaak de basis voor eigenstandige producten en worden telkens gebruikt om projecten te definiëren waaraan concreet wordt gewerkt.



**Figuur 14**

Het principe van roadmapping en backcasting.

Een voorbeeld van een roadmap zou het oogsten van tuinbouwproducten kunnen zijn. Het lange termijn doel zou kunnen zijn dat het over 20 jaar mogelijk moet zijn om paprika's, tomaten en komkommers volledig autonoom te oogsten met een snelheid van 10 per minuut. Backcastend zouden als tussendoelen kunnen worden geformuleerd dat dan over 10 jaar een systeem beschikbaar zou moeten zijn dat 80% van de producten vindt en automatisch oogst met een snelheid van enkelen per minuut. Over 5 jaar kan er dan een systeem zijn dat de vruchten automatisch weet te vinden, de kwaliteit bij kan houden en beschadigde vruchten verwijdert. Een doel over twee jaar zou kunnen zijn dat er dan een vision systeem is dat blad van vrucht kan onderscheiden. Ook midden- en kleinbedrijven zullen interesse hebben om in zo'n korte termijn doel te participeren omdat ze bijvoorbeeld

dit soort vision systemen ontwikkelen. Andere bedrijven hebben weer interesse in het tussendoel omdat zij, anticiperend op dit resultaat, een systeem kunnen ontwikkelen dat overtollig blad verwijderd.

Omdat lange termijn trajecten zelden verlopen zoals bij de start gedacht en ook de wereld op die termijn aanzienlijk kan veranderen, is het zaak gezamenlijk de roadmap voortdurend te herijken ten aanzien van de voorgang die is gemaakt en de resultaten die binnen of buiten de roadmap zijn behaald, het nut en de noodzaak van de (tussen)doelen ten opzichte van veranderingen in de omgeving, en de relevante economische en maatschappelijke randvoorwaarden. Ook dienen de resultaten tegen het licht van de doelstelling van de roadmap te worden geëvalueerd. De herijkte roadmap dient vervolgens weer als basis voor de nieuw te definiëren projecten.

## Publiek/private samenwerking

Welke doelen in welke lijnen/kolommen worden geformuleerd is aan consortia van bedrijven en kennisinstellingen. Zij zullen elkaar op basis van dit document, het onderzoek dat al loopt of gepland is en de netwerken die reeds bestaan, moeten vinden op thema's die relevant zijn. De lange termijn doelen zullen met name partners trekken met een lange tijdshorizon. Zij vormen het kernconsortium dat de ambitie heeft om de lange termijn doelstellingen te verwezenlijken. Om de cross-over aspecten van HT2FtW te waarborgen zullen zowel partners uit de technologisch insteek als vanuit de toepassingen onderdeel van het kernconsortium moeten zijn. Per roadmap wordt een consortium agreement opgesteld en worden afspraken gemaakt over de rechten en plichten ten aanzien van activiteiten en resultaten. De consortium agreement zal ruimte moeten bieden aan MKB's die op basis van projecten die zich op tussenresultaten richten tijdelijk willen participeren in het consortium.

Binnen het Topsectorensysteem zal goedkeuring moeten worden gegeven aan de roadmaps om gedeeltelijke financiering voor de activiteiten te ontvangen.

## Interdisciplinaire focus en human capital

Onderzoekers aan de technologische kant en aan de agrarische toepassingskant spreken vaak verschillende talen, zien verschillende kansen en begrijpen weinig van de beperkingen aan de andere kant. Dat is de reden dat, hoewel iedereen de agrarische sector als een uiterst relevant en interessant toepassingsgebied heeft geïdentificeerd en ondernemers in die sector vaak zeer innovatief bezig zijn, er nog relatief weinig over en weer wordt samengewerkt. Toch is men het eens dat er grote uitdagingen liggen, dat de cross-overs volop kansen bieden, dat die nieuwe mogelijkheden bij kunnen dragen aan een levensvatbare bedrijfsvoering, en dat op de raakvlakken tussen disciplines de beste ideeën voor innovaties ontstaan. Het is daarom zaak om in HT2FtW volop in te zetten op de interdisciplinaire samenwerking. Daartoe zullen een aantal randvoorwaarden worden geformuleerd waaraan roadmaps en projecten moeten voldoen willen ze in aanmerking komen voor (gedeeltelijke) financiering, zoals bijvoorbeeld een bepaalde balans van het soort partners in het kernconsortium.

Nederland is een klein land waar een sterke interactie is tussen burgers en de agrarische sectoren en voedsel fabrikanten. Bovendien is het een exponent van strakke regelgeving en vroegtijdige adoptie van Europese richtlijnen. Hoewel dit voor veel ondernemers in de agrarische sector vaak als belastend wordt ervaren, maakt het die ondernemers ook creatief en innovatief. Door de strakke wet- en regelgeving en de grote economische en ecologische druk, gecombineerd met de sterktes op gebied van technologie en agrifood is Nederland bij uitstek de plek waar nieuwe concepten tot waarde kunnen worden gebracht en die dan in een latere fase, als andere landen tot dezelfde inzichten zijn gekomen, kunnen worden geëxporteerd. Nederland is een "pressure cooker" waar nieuwe ideeën

ontstaan die tot kunnen leiden tot de volgende generatie voedselproductie. En als die hier werkt kan die vrijwel overal toegepast worden.

Tenslotte stellen we voor om extra aandacht te hebben voor de human capital agenda en internationalisering als cross-overs. Willen we de hier gestarte initiatieven tot echte bloei laten komen, dan ontstaat er een grote behoefte aan een nieuwe generatie ingenieurs en agrarische ondernemers. Deze moeten worden opgeleid. Behalve een betere samenwerking tussen de Hogescholen en Wageningen UR en de 3TUs pleiten wij ook voor nieuwe opleidingen in die gezamenlijkheid. Zo valt te denken aan een nieuwe Master of Science Agro Hightech, en een nieuwe PDEng opleiding Agro-food Tech Design.

## COMMITERING

De cross-over High Tech to Feed the World biedt kansen voor de agrarische sectoren en de voedingsindustrie om te vernieuwen en nieuwe concepten te implementeren waardoor de grote maatschappelijke uitdagingen kunnen worden aangegaan en de concurrentiepositie van de sectoren kan worden verbeterd. Tegelijkertijd biedt HT2FtW de hightech sectoren de kans om toepassingen te ontwikkelen in economisch en maatschappelijk belangrijke gebieden. De versnippering die in delen van de agri-food sector bestaat, met bijbehorende verdediging van machtsposities, kan hierdoor worden benoemd en overwonnen. Bovendien bieden deze toepassingsgebieden veel uitdagingen aan de hightech onderzoekers, ontwikkelaars en leveranciers ten aanzien van complexiteit van producten en omstandigheden, economische levensvatbaarheid en maatschappelijke appreciatie. Succesvolle implementatie van de cross-over zal daarom alle betrokken sectoren naar een hoger plan brengen en daarmee de Nederlandse economie een belangrijke impuls geven.

Voor een deel zijn de toepassingen die hier de revue zijn gepasseerd technologisch al mogelijk, voor een deel ook niet. In alle gevallen zijn er randvoorwaarden die grootschalige introductie nog in de weg staan. Creatieve multidisciplinaire en systeemgerichte oplossingen zijn nodig om ze alsnog te laten landen, dan wel ze op termijn realiteit te laten worden. Diverse bedrijven en instellingen hebben direct of indirect bijgedragen aan het opstellen van HT2FtW (zie volgende pagina's). Zij zijn allemaal gemotiveerd om een bijdrage te leveren aan deze implementatie.









Laboratory & Pilot Equipment





PPS IJKakker



PPS Op naar precisielandbouw 2.0



# THEMA HIGHTECH TO FEED THE WORLD (HT2FtW)

Themaregisseurs: Frans Kampers (Wageningen UR) en Maarten Steinbuch (TU/e)

## Visie en ambitie

Het doel van het cross-over programma HT2FtW is om innovaties te initiëren door kennisinstellingen en bedrijven uit de sectoren Hightech en Agri-Food intensief te laten samenwerken. De beoogde resultaten zullen bijdragen aan de verbetering van de concurrentiekracht en toekomstbestendigheid van het Nederlandse bedrijfsleven uit de topsectoren Hightech Systems and Materials (HTSM) en ICT aan de ene kant, en Agri en Food (A&F) en Tuinbouw en Uitgangsmaterialen (TU) aan de andere kant. LifeSciences en Logistiek zijn hierin overigens ook van belang. HT2FtW verbindt sectoren met elkaar die voor de Nederlandse economie van groot belang zijn en waar Nederland wereldwijd sterk is. Samenwerking kan deze takken van de industrie verder versterken en kan leiden tot een verduurzaamd agri-food ecosysteem. Een doelgerichte sturing vanuit de topsectoren en de overheid zal het innovatieproces versnellen.

## Afbakening

Het principe van HT2FtW is dat vanuit de activiteiten in de topsectoren HTSM en ICT resultaten voortkomen die tot nieuwe mogelijkheden in de agrarische sectoren en de voedingsindustrie leiden. Door onderzoek te doen naar deze mogelijkheden in de gebieden van A&F en TU, waar de complexiteit hoog is, komen nieuwe uitdagingen in beeld die weer richting kunnen geven aan het technologieonderzoek, zoals Big Data en robotica. Bovendien kunnen de dynamiek en het werken met biologische processen inspiratiebronnen en leer- en ontwikkelomgevingen zijn voor nieuwe ICT en technologische oplossingen.

In eerste instantie zijn vier technologische lijnen geïdentificeerd die een generiek en doorsnijdend karakter hebben. Deze worden noodzakelijk verbonden via systeemintegratie (zie Figuur 1). Verticaal daarop staan zeven toepassingsgebieden waar de technologische oplossingen tot waarde kunnen komen, die op hun beurt geïntegreerd worden in de ketens. Daarbij biedt het concept van Value Chain Integration de kans om extra winst te behalen. Omdat een nieuwe toepassing pas een innovatie is als hij leidt tot een verkocht product, is het zaak voortdurend aandacht te besteden aan de appreciatie en acceptatie ervan door de eindgebruiker (de maatschappij) en aan de economische randvoorwaarden.

Behalve innovaties op de kruispunten van het vlechtwerk in Figuur 1 zijn er zeker ook verbindingen onderling tussen de blauwe en de groene werkvelden te leggen. Zo is een robot met sensoren in het veld ook een 'mobiele data-collector' en zijn concepten uit de tuinbouw ook bruikbaar in de landbouw.

## Innovatie opgave

Bedrijven die de technologie ontwikkelen om de uitdagingen waar de agri-food sectoren voor staan te kunnen omzetten in een wereldwijde voorsprong, zullen gebruik moeten maken van de nieuwe ontwikkelingen en mogelijkheden die de modernste technologie ons biedt. Daarnaast is het van groot belang dat de juiste ondersteunende infrastructures en netwerken verder worden ontwikkeld. De infrastructures dienen de samenwerking van mensen, organisaties, resources en diensten mogelijk te maken op een betaalbare en effectieve wijze. Nieuwe technologie en bestaande business modellen zullen geïntegreerd moeten worden om een technologie daadwerkelijk te laten slagen. Veranderingen in techniek en businessmodel zijn beide mogelijk.

Naast een van de sterkste agri-food sectoren ter wereld, herbergt Nederland ook een zeer sterke hightech sector. Door deze twee sectoren te combineren kunnen we de Nederlandse agri-food sector zijn unieke positie verder laten uitbouwen en bovendien ook een impuls geven aan de hightech sector.

Hightech to Feed the World (HT2FtW) beoogt om een aantal kansrijke cross-overs te initiëren die zijn in te passen in een context van grotere belangen en langere termijn doelen. Nederland scheidt daarmee de

kansen om een richtingbepalende rol in de duurzame voedselvoorziening van de wereld te verkrijgen en behouden.

Een bijkomend voordeel van HT2FtW is dat, door de intensieve samenwerking met hightech en ICT bedrijven, de open en co-innovatiecultuur van die sector wordt geïntroduceerd in de diverse agrarische en voedingssectoren. Door de pre-concurrentiële samenwerking bij de aanpak van de meer fundamentele kwesties kunnen innovaties die gebaseerd zijn op die oplossingen veel sneller hun weg naar de markt vinden. Hierdoor zullen de sectoren beter in staat zijn de kansen te benutten die de goede positie van Nederland op deze terreinen biedt. Tegelijkertijd kan de maatschappelijke behoefte aan voldoende kwalitatief hoogwaardig en duurzaam geproduceerd voedsel voor de juiste prijs worden bevredigd.

## Hoofdljn activiteiten

| Activiteit            | fundamenteel   | Toegepast   | valorisatie  |
|-----------------------|--|---|--|
| Technologische velden |  |   |  |
| Data collectie        | <p>Ontwikkeling en toepassing nieuwe sensoren incl. cameratechnieken en computer vision algoritmes (bijv. direct meten van fotosynthese met nieuwe sensoren en sturing gewasgroei erop, meten van zichtbare en niet-zichtbare kwaliteit van producten; detectie van rijpe producten in gewas)</p> <p>Animal tagging; off-site monitoring</p> <p>Nieuwe geavanceerde sensoren voor near real time gebruik in een sensor-onvriendelijk milieu (de agrarische omgeving) passend bij de maatschappelijke discussie.</p> <p>Ontwikkeling sensoren voor specifieke dierparameters en sensor fusion voor fysiologische, gedrags- en hersen activiteiten; Herkennen en objectief met voldoende nauwkeurigheid vastleggen waar en wanneer (plaats en tijd) een individueel dier (dus ook kip, varken, ..) zich bevindt.</p> | <p>Tracing and tracking; drone-based world modellng</p> <p>Semantische interoperabiliteit tav meetgegevens</p> <p>Mechanisme om de kwaliteit van de sensordata vast te leggen, door te geven en door te rekenen in een keten van organsiaties die successievelijk de data gaan gebruiken, verrijken etc. Wij noemen het: Quality Aware Sensor data Processing</p>   | <p>demo's en pilots</p> <p>“Delen is het nieuwe vermenigvuldigen”-pilots waarbij diverse partijen in de keten hun data delen zo de sector (incl zichzelf) verder te helpen</p> <p>Toetsen in praktijkom-standigheden van sensoren voor specifieke dierparameters en sensor fusion voor fysiologische, gedrags- en hersen activiteiten;</p> |
| Data analyse          | <p>Ontwikkeling van modellen (gewasgroei voor diverse gewassen, 3D modellen van de plantstructuur, 3D modellen van lichttransmissie kassen, klimaatverdeling, modellen voor voorspelling houdbaarheid in keten op basis van groeicondities, etc.); ICT (meten van productieproces diverse sensoren, sensor fusion en koppeling aan modellen, automatische sturing van productieproces, etc.) BigData voor analyse en uitwisseling van informatie in de hele keten van veredeling tot consument</p> <p>Combinatie van sensorgegevens met genetische gegevens (plant, dier) – sensor fusion.</p>   | <p>Monitoring en prediction; data reduction; user interface; design/perception; expert learning systems</p> <p>Fieldlabs waarin de strategisch ontwikkelde “laboratorium” algoritmen worden beproefd en verbeterd</p> <p>Verschuiving in de Big Data Analyse van descriptive (wat is er gebeurt), naar predictive (wat gaat er gebeuren) en uiteindelijk naar prescriptive analyse (wat zou je moeten doen)</p> | <p>Demo's en pilots van toegevoegde waarde diensten op grotere schaal.</p> <p>Smart Industries Fieldlabs</p>   |

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
|   | <p>Kennis van relaties tussen vroege indicatoren die objectief, snel, praktisch en betrouwbaar meetbaar zijn en een betrouwbare relatie hebben met optreden van latere gezondheids-, voedings-, vruchtbaarheids- of gedragsstoornissen.</p> <p>Kennis opbouwen van Internet of Things concepten en wat de implicaties zijn voor de (inter)nationale digitale infrastructuur in de veehouderijsectoren</p>  |   |  |
| Actuatie en robotica                      | <p>Optimalisatie productieprocessen door model- en datagebaseerde synthese;<br/>Efficiënte manufacturing door logistieke optimalisatie en systeemverandering door automatiseringsoplossingen m.b.v. robotica.</p> <p>Autonome robots, optimalisatie, sturing en interactie</p> <p>Fundamentele kennis van de interactie tussen machine-diermens is nodig. Hoe reageren zij op elkaar. Wat zijn belangrijke karakteristieken voor ontwerp van interfaces.</p>   | <p>Pick-and-place robotica in land- en tuinbouw;</p> <p>Gesloten teelt systemen (optimal control LED);</p> <p>Further processing machining</p> <p>Ontwikkeling van een multifunctionele machine-arbeider die in een (stal)ruimte lokaal specifieke taken kan uitvoeren;<br/>(Re)design van productieprocessen en/of systemen waarin positie van robot (zijnde intelligent systeem die op basis van sensing direct zelfstandig een actie kan uitvoeren) mee ontworpen wordt.</p> | <p>Grootschalige pilots/discussies ter ondersteuning van praktijkintroduktie (afgestemd op operationele groepen en proeftuinen);<br/>Demoprojecten;<br/>Haalbaarheidsstudies</p> <p>Smart Industries Fieldlabs</p> <p>Relatie verdiepen met autonome systemen (voetbalrobots, autonome voertuigen)</p>                       |
| Materialen                                | <p>Nanomaterials voor sensoren (bijv. ionspecifiek meten van nutriënten);<br/>Nanocoating op kasdekmaterialen en schermen; smart skins (kasomhulling materiaal); nanomembranen of additieven voor waterzuivering); LEDs of andere nieuwe efficiënte lichtbronnen voor groei en ontwikkeling van planten;<br/>Solar voor duurzame energievoorziening uit geïntegreerde zonnecellen met hoog rendement</p> <p>Responsieve oppervlakken die reageren op de kwaliteit van de geproceste materialen;<br/>Geïntegreerde sensing en actuatie.</p> | <p>Equipment design for 3D food additive multi material printing; design of food</p> <p>Specifieke oppervlakken voor componentisolatie (bv eiwitten);<br/>witchable processes: e.g., adsorptie/desorptie of reinigen door een druk op een knop.</p> <p>Ingrediënt modules voor submicron positional assembly (b.v. voor specifieke target groepen als gluten intolerant).</p>   | <p>Hygiënische oppervlakken;<br/>Nauwkeurige apparatuur-assemblage voor betere hygiëne.</p> <p>Gezonde componenten die bruikbaar zijn in nieuwe productie processen (b.v. voor 3D printing).</p>   |
| Systeemontwerp en integratie              | <p>Systeemoptimalisatie de 'zelf organiserende stal'</p>   | <p>Logistiek van manufacturing;<br/>B.v. varkensstal van de toekomst;<br/>B.v. eiersorteer bij de boer;<br/>multi-domain design</p>   | <p>nieuwe systeemarchitectuur gerichte engineering designonderwijs</p>   |
| <b>Toepassing en marktgerichte velden</b> |  |   |  |
| Vermeerdering                             | <p>Om te voldoen aan de toenemende vraag naar voedsel in extremere klimaatomstandigheden bestaat de grote behoefte om vanuit veredeling nieuwe voedselgewassen snel en grondig op robuustheid en opbrengst te screenen met high-tech en high-throughput plant phenotyping technologieën. In omliggende</p>   | <p>Verschillende innovatieve ontwikkelingen hebben het potentieel om door een sterk consortium in de markt te worden gelanceerd. Zo is er grote behoefte aan het snel en grondig meten van (jonge) planten om objectief nieuwe en bestaande rassen te kunnen vergelijken op oa. plant architectuur, de groeisnelheid van individuele</p>  | <p>Technologische innovaties uit dit onderdeel zullen o.a. via nieuwe ontwikkeling plus de evaluatie en disseminatie van bestaande en nieuwe plant fenotyping technologieën plaatsvinden.<br/>De state-of-the-art technologieën zijn onvoldoende bekend bij het bedrijfsleven en hierdoor blijven mogelijkheden onbenut.</p> |

|                     |  |  |   |
|---------------------|--|--|---|
|                     | landen wordt op nationaal niveau geïnvesteerd. De experimenten vanuit semi-gecontroleerde labomstandigheden moeten het gedrag van nieuwe rassen op productielokaties inzichtelijk maken door op verschillende niveaus via automatische systemen gestructureerde (big) data te verzamelen en te analyseren.   | bladeren en ook ondergronds door verschillen in wortelarchitectuur met röntgen te analyseren. Daarnaast moet de handmatige kwaliteitsbeoordeling van het eindproduct, de vruchten en de zaden, worden geautomatiseerd en gerobotiseerd om capaciteit te vergroten. Door deze metingen te matchen met (gen)-omics data ontstaan via big data searches nieuwe inzichten om de toekomst te (blijven) voeden.  | Door nieuwe mogelijkheden en inzichten via o.a. training en andere vormen van interactie te bieden in de 'gouden' driehoek, zullen bedrijven (incl. MKB-ers) die al met aanpalende technologieën of producten bezig zijn, hun concurrentiepositie zien versterken.  |
| Tuinbouw            | <p>Optimalisatie van kwaliteit en productie door de combinatie van inzicht in consumentenvoorkeuren, genomics en genetica – omgevingsinteracties.</p> <p>Gewasgroei, –ontwikkeling en – productie worden gemeten met sensoren en gestuurd afgestemd op de vraag in de keten. Planten produceren bepaalde inhoudstoffen door specifieke sturing groeifactoren (licht/LED, temperatuur, vocht, voeding). Planten en het teeltsysteem zijn weerbaar tegen ziekten en plagen, eventuele problemen worden automatisch gedetecteerd in een vroeg stadium (DNA technieken, geurstoffen etc.) en duurzaam bestreden.</p> <p>Producten worden volledig autonoom geoogst; Opslag van producten na de oogst onder geconditioneerde omstandigheden, automatische detectie van kwaliteit van geoogste producten, informatie over productkwaliteit in de keten naar de consument zodat verliezen in de keten geminimaliseerd worden; uitwisseling van data van veredelaar naar consument.</p> <p>"Frugal innovation" t.b.v. schaalverkleining voor urban horticulture en consumer horticulture, en technologie adaptie aan mondiaal verschillende niveaus.</p> | <p>Adaptieve kasontwerp methoden, voor verschillende mondiale klimaatzones en marktomstandigheden (statisch).</p> <p>Klimaat neutrale kas; Emissievrije kas; Weerbare teeltsystemen.</p> <p>Voice-of-customer driven breeding, genomics; fenotypering; optimaliseren genetica/omgeving interacties.</p> <p>Ontwikkeling prototypes nieuwe sensoren (fotosynthese, groei-en ontwikkeling, water &amp; nutriënten, electronic nose...); Ontwikkeling nieuwe computer vision algoritmes (detectie defecten aan vruchten, meten kwaliteit van vruchten, meten inhoudstoffen ...) met als doel groei en –ontwikkeling te kwantificeren en geoogste producten te sorteren op niet zichtbare kenmerken;</p> <p>Ontwikkeling nieuwe -robot vriendelijke- teeltsystemen;</p> <p>Ontwikkeling nieuwe belichtingsapplicaties, zowel voor in kassen als in daglichtloze ruimtes (plant factories); Nieuwe klimaatbeheersing concepten (zoals Het Nieuwe Telen); Slimme technologie voor gewasbeschermingsinterventies (precisie detectie en bestrijding; biologisch en chemisch)</p> | <p>Demo's en praktijkpilots, gebruik Innovatie- en Democenters (Energie, LED, Water, Telen Digitaal). Monitoring innovatieve teeltconcepten, gebruik bestaande sensoren en modellen in praktijk. Toepassing computer vision algoritmes en bestaande camera's (tellen van vruchten/bladoppervlak, kleur etc.) in kas en schuur.</p> <p>Consument gerichte concept ontwikkeling (combi genetica, teelt en na-oogst waarde toevoeging) Digitalisering keten informatie</p> <p>Arbeid ondersteunende technologie, met name bij sorteren, verpakken en interne logistiek tijdens productie</p> |
| Akkerbouw           | <p>Ontwikkeling nieuwe sensorsystemen voor detectie van specifieke bodem- en gewasparameters (nutriënten in bodem, platstress, ziekten). Sensor fusion concepten (verbetering van detectie door combinaties van sensoren) Ontwikkeling innovatieve digital farming concepten (big data analyse in combinatie met modellen, smart farming) Robotisering en automation Concepten voor selectief oogsten</p>  | <p>Integratie van sensorsystemen, modellen en implements in applicaties. Ontwikkeling toepassingen voor plaats en tijd specifieke teeltmaatregelen: bemesting, gewasbescherming, irrigatie etc. Ontwikkeling en toetsing van nieuwe toepassingen voor op meerjarige data gebaseerde adviezen op basis van big data en modellen.</p>  | <p>Grootschalige pilots ter ondersteuning praktijkintroductie (afgestemd op operationele groepen en proeftuinen).</p>   |
| Dierlijke productie | Fundamentele inzichten om optimalisatie van kritische transitie momenten;  | (Her)ontwerpen systemen/deelsystemen voor het houden van dieren  | (Deel)systemen doorontwikkelen en interactief met bedrijven in de praktijk  |

|                      |  |   |   |
|----------------------|--|---|---|
|                      | <p>fysiologische functies i.r.t. voeding, en weerstandbevordering op basis van transparante en sensor gebaseerde informatie van de dieren mogelijk te maken en hierbij effecten van vroege ervaringen in latere levensfasen mee te kunnen nemen (levensduur).</p> <p>Near real time van data van dieren in praktische omstandigheden, al dan niet gemeten met sensoren, leveren nieuwe fenotypische data op. Fundamenteel is er behoefte aan nieuwe statistische methoden om grote en complexe databestanden, genetische architectuur van kenmerken, en het imputeren van genotypes te kunnen verwerken.</p>   | <p>gebaseerd op dierinformatie over gedrag, fysiologie, en beleving (Body, Brain, Behavior; I3B) en het sociale gedrag in gebruik van ruimte (inclusief uitloop en weidegang);</p> <p>Verbetering kwaliteit kwaliteit van leven van dieren en levensduur;</p> <p>Relatie tussen diergedrag en milieu onderzoeken op zowel LCA niveau als op emissieniveau;</p> <p>Fokwaardeschatting, optimaal gebruik in fokprogramma fenotype en genotype, design fokprogramma's met nieuwe informatie;</p> <p>Ontwikkelen adviessystemen gebaseerd op sensordata en modelberekeningen.</p> | <p>uittesten; input voor onderwijs; Bedrijfsspecifieke vertaling van ontwikkelde kennis; Testen en Demonstreren technieken samen met stakeholders ( o.a. loonwerkers);</p> <p>Grootschalige pilots ter ondersteuning praktijkintrodectie (afgestemd op operationele groepen en proeftuinen);</p> <p>Ontwikkelen training en opleiding</p>         |
| Ingrediënten         | <p>Welke biotechnologische routes zijn mogelijk voor de productie van ingrediënten of consumentenproducten (b.v. gefermenteerde voedingsproducten en dranken), die de vorming van vluchtige componenten en andere moleculen die de houdbaarheid, smaak en textuur verbeteren, mogelijk maken.</p> <p>Hoe kunnen de materiaaleigenschappen van voedsel beter in relatie worden gebracht met hun functie (sensorisch, acceptatie, smaak, nutritionele kwaliteiten, gezondheid, etc.). Hoe moeten macroscopische eigenschappen van multi-component materialen worden beschreven in termen van de moleculaire eigenschappen van hun ingrediënten, en hoe worden deze beïnvloedt door procescondities.</p> <p>Hoe kan het emergente gedrag en de structurele organisatie van complexe materialen worden begrepen vanuit de onderlinge afhankelijkheden van de componenten op verschillende tijd- en lengteschalen?</p> <p>Hoe kunnen functionaliteiten worden voorspeld vanuit de ingrediënten?</p> | <p>Effecten van zout en suikeralternatieven op textuur; Uitwisseling van ingrediënten; Flavour-matrix interacties optimaliseren; Clean label oplossingen.</p> <p>Nieuwe ontwerpregels voor proces-apparatuur voortkomend uit kwaliteitseisen; Milde duurzame processen en conserveringsmethoden voor gezonde voeding geschikt voor praktische toepassing; Methodes voor effectief stabiliseren van water, lucht en olie.</p>  | <p>Alternatieve eiwitten voor vlees en vleesproducten; Vezels functionaliteit versus vertering; Effectief gebruik van aroma's en specerijen.</p> <p>Functionele ingrediënten uit duurzame bronnen; Barrières die vocht en vet op hun plek houden zodat smaak en kwaliteit lang behouden blijven; Herformuleren van productcategorieën.</p>        |
| Consumentenproducten | <p>3D printtechnologie zorgt ervoor dat consumenten precies de juiste producten uit precies de juiste ingrediënten kunnen hebben; ook voor niche markten (bv glutenvrije producten, of voeding voor specifieke diëten).</p> <p>productformulering wordt een software business; ingrediënten worden als component geproduceerd.</p> <p>Producten worden precies volgens wens, automatisch en</p>  | <p>Ingrediënten zijn vers en onbewerkt via milde en/of droge productiemethoden: dezelfde functionaliteit, maar veel minder geraffineerde ingrediënten: producten worden daardoor veel minder geraffineerd, zijn even smaakvol, maar toch gezonder.</p> <p>Productformulering wordt 'feed-forward' aangepast aan veranderingen in grondstofsamenstelling.</p>  | <p>Verpakkingen worden responsief; UHT verandert in een adaptieve 'kwaliteits-indicator'; eventueel ook via NFC.</p> <p>Voedselproducten worden lokaal geproduceerd, via internet gekocht, en lokaal gedistribueerd.</p> <p>Producten bieden tot op zeer groot detailniveau via NFC, informatie over samenstelling, herkomst, duurzaamheid en</p> |



|                                     |  |  |  |
|-------------------------------------|--|--|--|
|                                     | <p>hygiënisch, machinaal geformuleerd en verpakt in de supermarkt, met hoeveelheid en specificatie opgegeven door de consument, zodat afval en overvoeding verminderen.</p> <p>Verpakkingen worden integraal onderdeel van het productconcept, worden integraal gerecycled of kunnen worden geconsumeerd.</p>  | <p>Milde vormen van productstabilisering zorgen ervoor dat de microstructuur van levensmiddelen blijft zoals ze in de natuur is.</p> <p>Eerste nichetoepassingen van 3D printing in instellingen en ziekenhuizen.</p>  | <p>beleving. Deze is interactief, d.w.z. dat de consument er aan kan toevoegen.</p> <p>Milde stabiliseringsmethoden zorgen voor versere en gezondere producten.</p>  |
| Apparatuur                          | <p>Distributie van productie over de keten;<br/>integratie van producent en consument:<br/>van massaproductie naar productie voor de individu met behoud van efficiency en duurzaamheid;<br/>Inherent veilige en volledige verwaarding van grondstoffen door droge processing;<br/>Multiscale Additive Food Assembly (MAFA): positional assembly van levensmiddelen op submicron (colloïdaal), submillimeter (microstructureel) en productniveau (klassiek 3D printen).</p>  | <p>Integratie van grondstof en proces:<br/>Variatie van agrogrondstoffen wordt een integraal onderdeel van het productieproces;<br/>Gebruik van verschillende grondstoffen voor hetzelfde product.</p> <p>Proces downscaling:<br/>Kleiner, zeer flexibele apparatuur zonder verlies aan efficiëntie (richting integratie van producent en consument).<br/>Geavanceerde apparatuur voor het verwerken van voedsel (van slachtopparatuur tot voedselinpakhouders).</p>   | <p>Kwaliteit door niet-thermisch behandelen:<br/>HPP, PEF, UV, plasma en combinaties daarvan;<br/>Ultrageconcentreerd of droog processen voor lager energiegebruik en betere producten.</p> <p>Sensing en beeldverwerking:<br/>Door gebruik van bestaande geavanceerde imaging en data collectie voor feed-forward procesdynamica.</p>   |
| Integratie van de waardeketen       | <p>Ontwikkelen van robuuste waardeketens gebaseerd op nieuwe ICT opties die bijdragen aan meer mogelijkheden voor waardecreatie in de keten en grotere resource-efficiency.<br/>Specifieke aandacht voor real-time systemen met toepassing in productie-sturing, agrotechniek, en afstemming tussen diverse schakels in de ketens, inclusief consumenten en service-verleners.<br/>Ontwikkeling van nieuwe business-modellen, met name rond data-uitwisseling via onafhankelijke platformen met aandacht voor eigendomsvraagstukken en risicomangement.</p>  | <p>Ontwikkeling van ICT-systemen voor platformen voor data-uitwisseling in de keten en met de overheid.<br/>Pilots waarin standaarden en ICT-systemen voor data-uitwisseling in de keten worden toegepast, met name in internationale context zodat de Nederlandse regiefunctie wordt uitgebouwd.<br/>Intelligente systemen voor analyse data in de keten.</p>   | <p>Maatwerk bij ICT-innovaties en business-modellen in concrete toepassingen van concepten, adaptieve tools, standaarden en ICT-systemen;<br/>Masterclasses competentieontwikkeling rond ICT in waardeketens.</p>  |
| <b>Sociaal-economische aspecten</b> |  |  |  |
| Maatschappelijke appreciatie        | <p>Inzicht in de publieke response op hightech systemen in de landbouw door onderzoek naar maatschappelijk risico en voordeel perceptie en de determinanten van deze percepties;<br/>Eigenschappen van specifieke hightech toepassingen en hoe de context en omgeving waarin deze worden toegepast bijdraagt aan meer of minder appreciatie.</p> <p>Ontwikkelen van hightech agri-food toepassingen met maximale kans op appreciatie. Het is daarvoor van belang om de meest succesvolle methodes voor "early consumer involvement" te identificeren en in deze context toe te passen.</p> <p>Hoe kan worden voorkomen dat productintroducties falen? De</p> | <p>Op basis van specifieke toepassingen en de fase van ontwikkeling kan voor een specifieke casus gebruik gemaakt worden van de reeds bestaande en te ontwikkelen strategische kennis.<br/>In het bijzonder kan gekeken worden naar determinanten van het publieke debat op een specifieke hightech innovaties waarbij elementen als maatschappelijke waarden en ethiek, en kennis over factoren die risico percepties opdrijven (zoals onbekendheid, onzekerheid, onnatuurlijkheid) in de specifieke context van de innovatie gebruikt worden om een maximaal acceptabele innovatie te ontwerpen.<br/>Het toepassen van bekende methoden voor early involvement, van co-creatie tot minder ingrijpende vormen als</p> | <p>Kennis gedrag organisaties en mensen rond eigenaarschap data en kennis.</p> <p>Samenwerken met operational groups om co-design mogelijk te maken en maatschappelijke acceptatie vorm te geven.</p> <p>Voor individuele ondernemers zal het van belang zijn te weten welke innovaties op welke plek kunnen worden toegepast zonder protest te verwachten. Voor zowel leveranciers als toepassers van hightech systemen is het van belang te weten of de specifieke toepassing van het specifieke product op de specifieke plek en context maatschappelijk acceptabel is. Het toegepaste onderzoek kan hier een blauwdruk geven die verder op wordt uitgewerkt aangepast op</p> |

|  |   |  |                                |
|--|---|--|--------------------------------|
|  | <p>consument richt zich bij daadwerkelijk gedrag voor een groot deel op direct voordelen. Aangezien een deel van de voordelen van hightech agri-food maatschappelijk zijn en niet direct bij de consument terecht komen, is het van belang te onderzoeken hoe de consument voor producten en processen om tot deze producten te komen de directe voordelen en nadelen/risico's afweegt tegen maatschappelijke voordelen en nadelen.</p> | <p>interviews en focus kan helpen om tijdig te identificeren welke elementen van de innovatie in welke context gevoelig kunnen liggen. Door hierop adequaat in te grijpen, en de herziene ideeën opnieuw aan het publiek te spiegelen kan de kans op protest later in het traject verminderd worden.</p> | <p>het specifieke bedrijf.</p> |
|--|---|--|--------------------------------|

## Resultaten en producten

HT2FtW zal een sterke impuls geven aan zowel de agri-food sector als aan de hightech sectoren. Door de kruisbestuiving die plaatsvindt op de kruispunten van Figuur 1 zullen nieuwe innovaties in beeld komen die zonder de cross-over niet zouden kunnen worden ontwikkeld. Zo zullen nieuwe sensoren en meet- en detectiesystemen worden ontwikkeld die de productie en kwaliteit van agri-food producten zullen verbeteren. Dit zal al een impact hebben op de duurzaamheid van de sector, maar doordat data uit verschillende bronnen worden benut om onderliggende informatie te creëren zal die impact alleen maar groter worden. De informatie zal worden gebruikt om processen te verbeteren, maar ook om de processen en taken te automatiseren. Hierdoor zullen de arbeidsomstandigheden en uiteindelijk het leven van de werknemers in de primaire sector verbeteren. De productiefactor arbeid is een belangrijk deel van de kostprijs van agri-food producten. Door die te reduceren kan de concurrentiepositie van de sectoren worden verbeterd. Het gebruik van de resultaten uit de nanotechnologie op het gebied van de materialen en grensvlakken leidt tot belangrijke verbeteringen en optimalisaties in de processen in de voedingssector. Nieuwe procesconcepten zullen beschikbaar komen en verbeteringen aan en zelfs hele nieuwe machines zullen worden ontwikkeld op basis van de resultaten van HT2FtW.

Hoewel de resultaten vooral tot toepassing komen in de agri-food sectoren, zullen ook de hightech sectoren profiteren van HT2FtW. Door de samenwerking met de agri-food onderzoekers en ontwikkelaars wordt de hightech blootgesteld aan niet-hightech aspecten die vaak het uiterste vergen van de creativiteit van de onderzoekers. Oplossingen die daaruit voortvloeien zullen zeker toepassingen vinden in andere sectoren die door de hightech worden bediend. Ook de belangrijke randvoorwaarden ten aanzien van maatschappelijke acceptatie van de toepassingen van hightech in de agri-food sectoren en de economische levensvatbaarheid in sectoren met kleine marges zijn nieuwe uitdagingen die voor de lange termijn een aanpassing van de mindset van de hightech sector kunnen initiëren.

## Economische impact korte en langere termijn

De cross-over Hightech to Feed the World biedt kansen voor de agrarische sectoren en de voedingsindustrie om te vernieuwen en nieuwe concepten te implementeren waardoor de grote maatschappelijke uitdagingen kunnen worden aangegaan en de concurrentiepositie van de sectoren kan worden verbeterd. Tegelijkertijd biedt HT2FtW de hightech sectoren de kans om toepassingen te ontwikkelen in economisch en maatschappelijk belangrijke gebieden. Bovendien bieden deze toepassingsgebieden veel uitdagingen aan de hightech onderzoekers, ontwikkelaars en leveranciers ten aanzien van complexiteit van producten en omstandigheden, economische levensvatbaarheid en maatschappelijke appreciatie. Succesvolle implementatie van de cross-over zal daarom alle betrokken sectoren naar een hoger plan brengen en daarmee de Nederlandse economie een belangrijke impuls geven.

## Maatschappelijke relevantie

Onderzoekers aan de technologische kant en aan de agrarische toepassingskant spreken vaak verschillende talen, zien verschillende kansen en begrijpen weinig van de beperkingen aan de andere kant. Dat is de reden dat, hoewel iedereen de agrarische sector als een uiterst relevant en interessant toepassingsgebied heeft geïdentificeerd en ondernemers in die sector vaak zeer innovatief bezig zijn, er

nog relatief weinig over en weer wordt samengewerkt. Toch is men het eens dat er grote uitdagingen liggen, dat de cross-overs volop kansen bieden, dat die nieuwe mogelijkheden bij kunnen dragen aan een levensvatbare bedrijfsvoering, en dat op de raakvlakken tussen disciplines de beste ideeën voor innovaties ontstaan. Het is daarom zaak om in HT2FtW volop in te zetten op de interdisciplinaire samenwerking. Daartoe zullen een aantal randvoorwaarden worden geformuleerd waaraan roadmaps en projecten moeten voldoen willen ze in aanmerking komen voor (gedeeltelijke) financiering, zoals bijvoorbeeld een bepaalde balans van het soort partners in het kernconsortium.

Nederland is een klein land waar een sterke interactie is tussen burgers en de agrarische sectoren en voedsel fabrikanten. Bovendien is het een exponent van strakke regelgeving en vroegtijdige adoptie van Europese richtlijnen. Hoewel dit voor veel ondernemers in de agrarische sector vaak als belastend wordt ervaren, maakt het die ondernemers ook creatief en innovatief. Door de strakke wet- en regelgeving en de grote economische en ecologische druk, gecombineerd met de sterktes op gebied van technologie en agrifood is Nederland bij uitstek de plek waar nieuwe concepten tot waarde kunnen worden gebracht en die dan in een latere fase, als andere landen tot dezelfde inzichten zijn gekomen, kunnen worden geëxporteerd. Nederland is een “pressure cooker” waar nieuwe ideeën ontstaan die tot kunnen leiden tot de volgende generatie voedselproductie. En als die hier werkt kan die vrijwel overal toegepast worden.

Tenslotte stellen we voor om extra aandacht te hebben voor de human capital agenda en internationalisering als cross-overs. Willen we de hier gestarte initiatieven tot echte bloei laten komen, dan ontstaat er een grote behoefte aan een nieuwe generatie ingenieurs en agrarische ondernemers. Deze moeten worden opgeleid. Behalve een betere samenwerking tussen de Hogescholen en Wageningen UR en de 3TUs pleiten wij ook voor nieuwe opleidingen in die gezamenlijkheid. Zo valt te denken aan een nieuwe Master of Science Agro Hightech, en een nieuwe PDEng opleiding Agro-food Tech Design.

## Wetenschappelijke waarde

De snelle ontwikkelingen in Artificial Intelligence (AI) en ICT technieken in combinatie met data sciences en sensor fusion, leiden tot een bijzondere verdieping van de wetenschappelijke vragen rondom de toepassingen bij biologische materialen en levende planten en dieren. De hierbij noodzakelijke combinatie met hardware ontwerp met verstandige materialen (i.e. die met biologische systemen om kunnen gaan), en de complexiteitstoename vanwege de diversiteit en veranderlijkheid leiden tot geheel nieuwe oplossingen in de machinebouw, robotica, en systeemoplossingen. Ook de nieuwe technologische ontwikkelingen op het gebied van nanotechnologie (lab-on-a-chip) en 3D printen geven een verruiming van de technische oplossingsruimte. De ontwerpvrage wordt er een op systeemniveau, met een multi-factorieel en multi-disciplinair karakter.

## Taken en bijdrage bedrijfsleven

- Participeren in consortia die samen een lang termijn visie ontwikkelen en op basis daarvan roadmaps ontwerpen die richting geven aan onderzoeks- en ontwikkelingstrajecten.
- Actief participeren in de projecten die op basis van de roadmaps worden opgezet, zowel financieel als met menskracht. Medewerkers van verschillende partners moeten worden vrijgemaakt om in de projectteams te kunnen participeren. Op die manier worden de resultaten van de projecten beter opgenomen in de bedrijven en zullen de innovaties sneller doorvertaald worden naar de markt.
- Ontwikkelen van producten, productconcepten, processen en apparatuur op basis van de resultaten van de projecten.
- Indien resultaten niet direct aansluiten op de strategie van het bedrijf moet de bereidheid worden ontwikkeld om deze resultaten uit te spinnen, zodat middels nieuwe bedrijvigheid het ecosysteem wel degelijk kan profiteren van de resultaten.
- Bereid zijn tot open innovatie en samenwerking met partners die tot nog toe als concurrenten werden beschouwd, om de innovatieprocessen te versnellen.
- Participeren in de (communicatie)processen die nodig zijn om de maatschappelijke appreciatie tot stand te brengen.
- Deelnemen in onderwijsmodules die noodzakelijk zijn om de nieuwe generaties medewerkers van de toekomst op te leiden, zodat die kunnen omgaan met de processen en apparatuur die nodig zijn voor de innovaties.

## Taken en bijdrage Kennispartijen

- Bedrijven ondersteunen bij de ontwikkeling van consortia, de lange termijn visie en de roadmaps. Kennisinstellingen hebben doorgaans een verdere horizon en een beter beeld van wat wereldwijd in ontwikkeling is en mogelijkheden kan bieden om doelstellingen te realiseren.
- Identificeren van kansen waar de nieuwste resultaten van meer fundamenteel onderzoek tot verwaardiging zou kunnen komen.
- Inbreng van fundamentele kennis en resultaten die oplossingen kunnen bieden voor uitdagingen in de toepassingen en de projecten.
- Valoriseren van resultaten daar waar de toepassingen niet via de betrokken bedrijven worden ontwikkeld.
- Ontwikkelen van nieuwe onderwijsmodules op basis van de resultaten uit HT2FtW die kunnen worden gebruikt om de toekomstige medewerkers van de bedrijven optimaal voor te bereiden op de innovaties.
- Participeren in de (communicatie)processen die nodig zijn om de maatschappelijke appreciatie tot stand te brengen.

## Taken en bijdrage overheden

De overheid heeft tot taak erop toe te zien dat de samenwerking tussen de verschillende “werelden” daadwerkelijk tot stand komt door premies in het vooruitzicht te stellen voor consortia waar deze synergie inderdaad wordt bereikt. Ook de participatie van het MKB dient actief gefaciliteerd te worden om maximaal rendement te kunnen halen uit de innovaties die de interdisciplinaire samenwerkingen gaan opleveren.

Daarnaast zal de overheid alert moeten zijn op regelgeving (ook afkomstig uit de EU) die contraproductief zijn voor innovaties in de agri-food sector. Hoewel die regels een positief effect kunnen hebben op de creativiteit binnen de consortia, zijn ze toch ook vaak de show-stoppers die bedrijven in de sectoren doen besluiten een kansrijk maar, door de regels risicovol traject af te wijzen.

## Cross over (inclusief partnerschappen - strategische allianties)

Door toepassingen van hightech systemen en materialen en de nieuwe mogelijkheden van ICT, zullen de agrarische en voedingssectoren de grote maatschappelijke uitdagingen waarvoor ze zich gesteld zien beter aan kunnen. Bovendien zal de concurrentiepositie van deze sectoren in Nederland verbeteren en ontstaan kansen om de nieuwe systemen met deze toepassingen te exporteren. Omgekeerd worden de hightech sectoren uitgedaagd om oplossingen te vinden voor problemen die die toepassingen tot nog toe in de weg hebben gestaan, zoals de non-uniformiteit van producten, de omstandigheden waaronder de systemen moeten functioneren en de beperkte economische ruimte die er voor innovaties is.

Om deze kansen te ontwikkelen is het noodzakelijk dat er intensief tussen de betreffende sectoren wordt samengewerkt. Hightech to Feed the World (HT2FtW) is ontwikkeld om via cross-overs deze samenwerking te stimuleren. De toepassingsgebieden veredeling, tuinbouw, akkerbouw, dierlijke productie, ingrediënten, voedselproducten en machines voor de voedselverwerking zijn vervlochten met technologische ontwikkelingslijnen op gebied van materialen, data-acquisitie, data-analyse en gebruik, automatisering en control, en systeem architectuur en integratie. Hierdoor ontstaat een interdisciplinair programma.

Welke doelen in welke lijnen/kolommen worden geformuleerd is aan consortia van bedrijven en kennisinstellingen. Zij zullen elkaar op basis van HT2FtW, het onderzoek dat al loopt of gepland is en de netwerken die reeds bestaan, moeten vinden op thema's die relevant zijn. De lange termijn doelen zullen met name partners trekken met een lange tijdshorizon. Zij vormen het kernconsortium dat de ambitie heeft om de lange termijn doelstellingen te verwezenlijken. Om de cross-over aspecten van HT2FtW te waarborgen zullen zowel partners uit de technologisch insteek als vanuit de toepassingen onderdeel van het kernconsortium moeten zijn.