



‘Van kas naar keten’

Integratie van bedrijfsmanagementsystemen en productieapparaten in de tuinbouw

Robbert Robbemond, Cor Verdouw en Jan Willem Kruize

'Van kas naar keten'

Integratie van bedrijfsmanagementsystemen en productieapparaten in de tuinbouw

Robbert Robbemon, Cor Verdouw en Jan Willem Kruize

Onderzoek ondersteund door:



TOPSECTOR
TUINBOUW & UITGANGSMATERIALEN



Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

LEI Wageningen UR
Wageningen, mei 2015

NOTA
LEI 2015-053



Robbemonnd, Robbert, Cor Verdouw en Jan Willem Kruize, 2015. *'Van kas naar keten'; Integratie van bedrijfsmanagementsystemen en productieapparaten in de tuinbouw*. Wageningen, LEI Wageningen UR (University & Research centre), LEI Nota 2015-053. 76 blz.; 28 fig.; 1 tab.; 0 ref.

Dit rapport is gratis te downloaden in het E-depot <http://edepot.wur.nl> of op www.wageningenUR.nl/lei (onder LEI publicaties).

© 2015 LEI Wageningen UR

Postbus 29703, 2502 LS Den Haag, T 070 335 83 30, E informatie.lei@wur.nl, www.wageningenUR.nl/lei. LEI is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).



LEI hanteert voor haar rapporten een Creative Commons Naamsvermelding 3.0 Nederland licentie.

© LEI, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2015

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Het LEI aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Het LEI is ISO 9001:2008 gecertificeerd.

LEI 2015-053 | Projectcode 2282300099

Foto omslag: Shutterstock

Inhoud

	Managementsamenvatting	7
	Aanleiding en probleem	7
	Doel	7
	Processen	7
	Technologiedomeinen en standaarden	7
	Barrières voor de ontwikkeling van integratieoplossingen	7
	Aanbevelingen	8
	Lijst van afkortingen	10
1	Inleiding	11
	1.1 Introductie	11
	1.2 Achtergrond van het probleem	12
	1.3 Doelstelling	12
	1.4 Doelgroep	13
	1.5 Onderzoeksvragen	13
	1.6 Scope	13
	1.7 Werkwijze	14
	1.8 Leeswijzer	15
2	Processen in plantaardige productie	16
	2.1 Bedrijfsfuncties van productiebedrijven	16
	2.2 De productiefunctie	16
	2.3 Productieprocessen teelt	17
	2.3.1 Opstarten teelt	18
	2.3.2 Uitvoeren teelt	19
	2.3.3 Gereedmaken teeltproduct voor distributie	19
	2.3.4 Interne transport teeltproducten en benodigheden	19
	2.4 Besturingsniveaus	19
	2.4.1 Niveau 5: ketennetwerk	20
	2.4.2 Niveau 4: bedrijfsmanagement	20
	2.4.3 Niveau 3: procesmanagement	20
	2.4.4 Niveau 2: productiefuncties	21
	2.4.5 Niveau 1 en 0: technische besturing	21
3	Technologie in plantaardige productie	23
	3.1 Inleiding	23
	3.2 Informatiesystemen voor de verschillende besturingsniveaus	23
	3.3 Domein automatische identificatie	25
	3.4 Domein industriële procesaansturing	26
	3.5 Domein mobiele apparaten	27
	3.6 Domein monitoren van fysieke en omgevingscondities	28
4	Internationale standaarden en standaardisatieorganisaties	29
	4.1 Domein automatische identificatie	30
	4.1.1 Unieke identificatie van objecten	30
	4.1.2 Barcode en RFID-labelstandaarden	30
	4.1.3 Gestandaardiseerd uitwisselen AutoID-informatie	31

4.2	Domein mobiele apparaten	32
4.2.1	WLAN versus Bluetooth based WPAN versus Low-rate WPAN	33
4.3	Domein monitoren van fysieke en omgevingscondities	33
4.3.1	IEEE 802.15.4	33
4.3.2	ISA100.11a	34
4.3.3	WirelessHART	35
4.3.4	Samenvatting van WSN eigenschappen	36
4.4	Domein industriële procesaansturing	36
4.4.1	Ontstaan en draagvlak van ISA en ISA-95	36
4.4.2	Samenvatting van de ISA-95 standaard	37
4.4.3	Deel 1: Models and terminology	37
4.4.4	Deel 2: Object Model Attributes	38
4.4.5	Deel 3: Activity Models of Manufacturing Operations	39
4.4.6	Deel 4: Object Models and Attributes of Manufacturing Operations Management	40
4.4.7	Deel 5: Business to manufacturing transactions	40
4.4.8	Het implementeren van ISA-95 berichten	40
4.4.9	MESA International en B2MML	41
4.4.10	UN/CEFACT en Core Components Technical Specification	41
5	Resultaten kwalitatief onderzoek	42
5.1	Introductie	42
5.2	Integratieoplossingen	42
5.2.1	Directe koppeling op basis van open standaarden	43
5.2.2	Directe koppeling op basis van gecertificeerde standaarden	43
5.2.3	Directe koppeling op basis van de facto standaarden	44
5.2.4	Directe koppeling op basis van maatwerk	44
5.2.5	Implementatie van een aparte middleware-laag	44
5.2.6	Implementatie van cloud-technologieën die integratie faciliteren	45
5.3	Factoren die de ontwikkeling van integratieoplossingen beïnvloeden	45
5.4	Factor: Economische situatie	47
5.4.1	Consequenties van de heersende economische situatie	47
5.5	Factor: Internationalisering	48
5.6	Factor: Complexiteit	50
5.7	Factor: Legacy en vendor lock-in	51
5.8	Factor: Samenwerking	53
5.8.1	De interactiedriehoek van ontwikkeling van integratieoplossingen	53
5.8.2	Integratieoplossingen vereisen samenwerking	53
5.8.3	Samenwerking binnen een actorgroep	54
5.8.4	Samenwerking tussen actorgroepen	55
5.9	Factor: Relatief voordeel	57
5.10	Factor: Schaalgrootte	59
5.11	Factor: Dwang	61
6	Conclusies	62
6.1	Processen	62
6.2	Technologiedomeinen	62
6.2.1	Automatische identificatie	62
6.2.2	Industriële procesaansturing	62
6.2.3	Mobiele apparaten	63
6.2.4	Condiitiemonitoring	63
6.3	Standaarden	63
6.3.1	Automatische identificatie	63
6.3.2	Industriële procesaansturing	63
6.3.3	Mobiele apparaten	63
6.3.4	Condiitiemonitoring	64

6.4	Barrières leiden tot beperkte ontwikkeling van integratie-oplossingen door leveranciers	64
6.4.1	Economische situatie	64
6.4.2	Relatief kleine schaalgrootte van kwekers	64
6.4.3	Hoge mate van internationalisering van leveranciers	64
6.4.4	Hoge complexiteit van ontwikkeling en implementatie IT	65
6.4.5	Rem op innovatie door afhankelijkheid bestaande systemen en leveranciers	65
6.4.6	Beperkte bereidheid tot samenwerken	65
6.4.7	Negatieve perceptie van relatief voordeel van integratie-oplossingen	65
6.4.8	Lage investeringsbereidheid van Nederlandse kwekers	65
7	Aanbevelingen	67
7.1	Focus niet op standaardisatie op zich, maar benadruk het belang van integratie voor een moderne bedrijfsvoering	67
7.2	Stimuleer de bewustwording van de voordelen in concrete cases en demonstraties	67
7.3	Stimuleer de samenwerking tussen kwekers, tussen leveranciers en tussen kwekers en leveranciers	67
7.4	Verlaag de perceptie van complexiteit door praktische hulpmiddelen en toepasbare kennis beschikbaar te stellen	67
7.5	Neem internationaal het voortouw in de benodigde standaardisatie	68
	Bijlage 1 Raamwerk voor een integratie-toolbox	69
B1.1	Level 4	70
B1.2	Data-uitwisseling tussen level 3 en 4	71
B1.3	Level 3	72
B1.4	Data-uitwisseling tussen level 2 en 3	73
B1.5	Level 2	73

Managementsamenvatting

Aanleiding en probleem

Moderne kwekerijen zijn vergaand gemechaniseerd. Om in de toenemende behoefte aan up-to-date managementinformatie en keteninformatie te voorzien, wordt veel informatie handmatig geregistreerd in een bedrijfsmanagementsysteem of handmatig verzonden naar externe partijen. Dit is inefficiënt en foutgevoelig. Bovendien blijft veel waardevolle informatie uit kwekerijsystemen nu onbenut. Een oplossing is het koppelen van kwekerijsystemen aan het bedrijfsmanagementsysteem. Echter, in de huidige tuinbouwpraktijk blijken dergelijke integratieoplossingen moeizaam van de grond te komen.

Doel

Het doel van dit rapport is om meer inzicht te verschaffen in de huidige en gewenste situatie wat betreft de integratie van gemechaniseerde kassystemen en kantoor- en ketentoepassingen in de tuinbouw.

Processen

De uniekheid van verschillende tuinbouwbedrijven ten opzichte van andere productiebedrijven moet niet overschat worden. Er valt veel te leren van oplossingen die in de internationale productie-industrie ontwikkeld zijn en de referentiemodellen die daar gebruikt worden. Een van de belangrijkste onderwerpen die door deze modellen worden aangepakt is de koppeling tussen bedrijfsmanagement, procesmanagement en technische aansturing. Hiervoor worden verschillende besturingslagen onderscheiden die gezamenlijk verantwoordelijk zijn voor de integratie van het productiesysteem.

Technologiedomeinen en standaarden

Betrokken technologieën kunnen worden ingedeeld in vier domeinen waarvan ieder domein raamwerken en standaarden levert die gebruikt kunnen worden om tot geïntegreerde oplossingen te komen:

- *Automatische identificatie*, vooral de GS1 standaarden, inclusief EPC-global;
- *Industriële procesaansturing* met ISA-95- en ISA-88 als belangrijkste raamwerken en de standaard XML-berichten van B2MML en BatchML die daarop zijn gebaseerd;
- *Mobiele apparaten*, de standaarden van 3GPP, IEEE en ETSI zijn hierin momenteel leidend;
- *Conditie monitoring* met (slimme) sensoren, de diversiteit aan standaarden in dit domein is nog groot.

Hoewel deze technologieën steeds meer naar elkaar toegroeien, zijn het historisch gescheiden domeinen. In complexe productieomgevingen zoals te vinden zijn in de tuinbouwsector, kunnen alle technologiedomeinen een rol spelen bij de ontwikkeling van een geïntegreerd systeem.

Barrières voor de ontwikkeling van integratieoplossingen

De tuinbouwsector loopt achter op het gebied van gestandaardiseerde koppelingen tussen bedrijfsmanagement en operationele teeltprocessen. Volgens de geïnterviewde sectorexperts, telers, en technologieleveranciers is dit te verklaren vanuit de volgende barrières.

De *economische situatie* en de relatief *geringe bedrijfsgrootte* van veel kwekers zijn barrières die lastig te beïnvloeden zijn. Stimuleringsmaatregelen zullen zich daarom vooral op het wegnemen van andere barrières moeten richten.

Respondenten zien de voordelen van concrete koppelingen tussen kwekerij- en bedrijfsmanagementsystemen. Echter, de inschatting van de voordelen ten opzichte van de nadelen en de kosten van realisatie (*relatief voordeel*) is bij het merendeel van de kwekers nog laag.

De implementatie van integratieoplossingen wordt als *complex* ervaren, omdat het diep ingrijpt op de architectuur van bestaande oplossingen. De installed-base van bestaande systemen (*legacy*) bemoeilijkt de realisatie van geïntegreerde systemen door de hoge kosten voor aanpassing of vervanging. Bovendien remt de *afhankelijkheid* bestaande systemen en leveranciers innovatie.

Bij het ontwikkelen van integratieoplossingen zijn veel verschillende partijen betrokken, vaak met een eigen agenda. De betrokken partijen blijken tot op heden onvoldoende in staat om tot een *samenwerkingsmodel* te komen waarin de diverse belangen van de verschillende partijen optimaal verenigd worden.

De toenemende *internationalisering* van de afzetmarkt van leveranciers wordt als een barrière voor integratie ervaren. De diversiteit neemt hierdoor toe en leveranciers moeten goed aansluiten bij lokale gebruiken, waardoor harmoniseren en standaardiseren lastiger wordt. Daarnaast is de behoefte aan high-end integratieoplossingen in andere landen doorgaans lager dan in Nederland.

Door een combinatie van een negatieve perceptie van het relatieve voordeel, de relatieve kleine schaalgrootte en de economische situatie is de *investeringsbereidheid* voor integratie-oplossingen vaak laag. De leveranciers geven aan dat voor hen daardoor de business-case voor het ontwikkelen van integratieoplossingen ongunstig is.

Aanbevelingen

Focus niet op standaardisatie op zich, maar benadruk het belang van integratie voor een moderne bedrijfsvoering

Standaardisatie is geen doel op zich, maar een middel voor een betere bedrijfsvoering. En daar worden steeds hogere eisen aan gesteld. Hierdoor neemt de noodzaak toe van een volledig Connected Kwekerij waarin alle systemen en apparaten van een kwekerij naadloos met elkaar en met externe systemen samenwerken. Aanbeveling is om vervolgvactiteiten in deze bredere context in te bedden en te verbinden met initiatieven zoals het Smart Industry programma, dat zich richt op het versterken van de Nederlandse industrie door slimme inzet van ICT.

Stimuleer de bewustwording van de voordelen in concrete cases en demonstraties

Een belangrijke barrière voor de ontwikkeling van integratieoplossingen is de relatief lage prioriteit die kwekers geven aan integratie van hun automatiseringsarchitectuur. Het gevolg is dat de business case voor leveranciers gering is. Om het verwachte relatieve voordeel van een verregaand geïntegreerde automatiseringsarchitecturen te verhogen onder kwekers zullen de voordelen zichtbaar moeten worden gemaakt. Het is hierbij aan te bevelen concrete cases en demonstraties te initiëren over veelbelovende koppelingen, zoals die met order-picking-systemen, sorteer- en verpakkingslijnen, arbeidsregistratiesystemen en klimaatsystemen (met teeltplanning). De leveranciers zouden in het stimuleren van de bewustwording een belangrijke rol moeten hebben, omdat ze hiermee proactief hun eigen business-case kunnen versterken.

Stimuleer de samenwerking tussen kwekers, tussen leveranciers en tussen kwekers en leveranciers

Gebruik enerzijds de cases om deze samenwerking te stimuleren en probeer anderzijds branche-organisatie van leveranciers en kwekers te activeren op dit thema.

Verlaag de perceptie van complexiteit door praktische hulpmiddelen en toepasbare kennis beschikbaar te stellen

De complexiteit van integratie kan worden verlaagd door praktische hulpmiddelen en toepasbare kennis beschikbaar te stellen in een tuinbouwspecifieke toolbox om de integratie tussen teelt- en bedrijfsmanagementsystemen in de tuinbouw te verbeteren. Daarin zou speciale aandacht moeten zijn voor bestaande (industrie)standaarden, met name toepassing van de ISA-95 standaard.

Neem internationaal het voortouw in de benodigde tuinbouwspecifieke standaardisatie en laat je inspireren door beschikbare referentieraamwerken, standaarden en (open source) oplossingen uit de internationale productie-industrie

De markt voor tuinbouwtechnologie is internationaal. Het is dan ook cruciaal dat de benodigde standaarden internationaal gedragen worden. Vanuit haar leidende positie zou Nederland dan ook vanaf het begin hier de regie moeten oppakken. De internationale productie-industrie zou hierbij ten inspiratie moeten dienen vanwege haar volwassenheid en breed beschikbare referentieraamwerken, standaarden en (open source) oplossingen.

Lijst van afkortingen

Aforting	Betekenis
B2MML	Business To Manufacturing Markup Language
BatchML	Batch Markup Language
BMS	Bedrijfsmanagementsysteem
CCTS	Core Components Technical Specification
EAN	European Article Numbering
EANCOM	GS1 EANCOM® is a GS1 subset of the UN/EDIFACT standard (United Nations Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport).
ECU	Electronic Control Unit
EPC	Electronic Product Code
EPCIS	Electronic Product Code Information System
FMIS	Farm Management Information System
GDSN	Global Data Synchronization Network
GLN	Global Location Number
GPS	Global Positioning System
GRAI	Global Returnable Asset Identifier
GTIN	Global Trade Item Number
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IOT	Internet Of Things
ISA	International Society of Automation
ISO	International Standardization Organisation
ISOBUS	ISO 11783
LAN	Local Area Network
LED	Light Emitting Diode
LEI	Landbouw Economisch Instituut
LR-WPAN	Low Rate-WPAN
M2M	Machine to Machine
MEMS	Micro Electro Mechanical Systems
MES	Manufacturing Execution Systems
MESA	Manufacturing Enterprise Solutions Association
PAN	Personal Area Network
PCS	Process Control System
PLC	Programmable Logic Controller
RFID	Radio Frequency Identification
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SGTIN	Serial Global Trade Item Number
SKU	Stock Keeping unit
SSCC	Serial Shipping Container Code
UN/CEFACT	United Nations Centre for Trade Facilitation and Electronic Business
WAN	Wireless Area Network
WBF	World Batch Forum
Wi-Fi	WLAN gebaseerd op IEEE 802.11 standaard
WLAN	Wireless Local Area Network
WPAN	Wireless Personal Area Network
WSN	Wireless Sensor Network
WUR	Wageningen University and Research Institutes
XML	Extensible Markup Language
XSD	XML Schema Definition

1 Inleiding

1.1 Introductie

Moderne kwekerijen zijn vergaand gemechaniseerd. Steeds meer activiteiten in en rond het teeltbedrijf worden geautomatiseerd, zoals bijvoorbeeld het sorteren op order door automatische sorteermachines in potplantenbedrijven, tracking & tracing van producten met behulp van RFID-technologie, of optimalisatie van omgevingscondities door geavanceerde klimaatbeheersystemen. Het is waarschijnlijk dat deze trend zal doorzetten in de toekomst. Vooral van geavanceerde robotica wordt volgens McKinsey veel verwacht:

*'er komen steeds vaardigere robots of gerobotiseerde hulpmiddelen, met geavanceerde sensoren, die de behendigheid en intelligentie hebben voor taken waarvan ooit gedacht werd dat deze te delicaat of oneconomisch zouden zijn om te automatiseren'*¹

Omdat het zo hard gaat met de vooruitgang van slimme sensoren en roboticasystemen, neemt de belangstelling van de grote technologiespelers voor dit vakgebied toe. Google kocht recentelijk acht robotica bedrijven op, waaronder het robotica onderzoekslaboratorium van het Pentagon 'Boston Dynamics' en het bedrijf 'DeepMind Technologies'. Alleen al voor DeepMind betaalde Google in januari 2014 bijna € 500 mln.² Ook in de tuinbouw is robotisering en mechanisering belangrijk. Veel kassen zijn al vergaand geautomatiseerd. De nieuwe ontwikkelingen in robottechnologieën zullen deze toepassingen versnellen. Volgens Pekkeriet van Wageningen UR:

*'vliegen straks drones door de kas, navigeren spuitmachines autonoom door de boomgaard en het aardbeieveld, wordt er geschoffeld op basis van vision en wordt broccoli automatisch selectief geoogst'*³

Door deze technische ontwikkelingen wordt steeds meer informatie automatisch geregistreerd in systemen voor interne logistiek en teeltmanagement (onder andere klimaat- en watertechniek), bijvoorbeeld over het verloop van teeltprocessen en gewasgroei. Deze managementinformatie geeft inzicht in beschikbaarheid en kwaliteit van tuinbouwproducten en helpt de planning te actualiseren. Andere trends waardoor het belang van deze informatie toeneemt zijn de volgende:

- Regelgeving en certificering ten aanzien van teelt- en oogstregistratie verplichten tuinbouwbedrijven om specifieke data te verzamelen en uit te wisselen. Dit stelt hoge eisen aan de informatie-management op het teeltbedrijf.
- Schaalvergroting leidt tot complexere bedrijfsvoering die vraagt om betere hulpmiddelen in het verkrijgen van inzicht in de teeltprocessen.
- Ketens worden steeds flexibeler waardoor in de teelt steeds sneller moet kunnen worden geschakeld tussen keten-specifieke invullingen van processen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de oogst van een specifieke maat gewas, een bepaalde opbouw van ladingdrager, of het gebruik van retail-specifiek verpakkingsmateriaal.
- De markt vraagt om steeds gedetailleerdere en gepersonaliseerde informatie, bijvoorbeeld ten aanzien van gebruik van gewasbescherming, carbon footprint of andere duurzaamheidsindicatoren. Dit is informatie waarvan de bron-data voor een groot gedeelte haar oorsprong vindt in het primaire teeltproces.

¹ McKinsey Global Institute, Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy, mei 2013

² Samuel Gibbs, The Guardian, 27 januari 2014

³ EJ Pekkeriet, WageningenUR.nl, januari 2014

1.2 Achtergrond van het probleem

Om in de toenemende behoefte aan up-to-date managementinformatie en keteninformatie te voorzien, wordt veel informatie handmatig geregistreerd in een bedrijfsmanagementsysteem of handmatig verzonden naar externe partijen. Dit is inefficiënt en foutgevoelig. Bovendien blijft veel waardevolle informatie uit kwekerijsystemen nu onbenut. Een oplossing is het koppelen van kwekerijsystemen aan het bedrijfsmanagementsysteem. Bedrijfsmanagementsystemen fungeren zo als de spin in het web die zo veel mogelijk automatisch wordt gevuld vanuit de gemechaniseerde systemen op de kwekerij en vervolgens ook automatisch de informatie kan uitwisselen in de keten. Echter, in de huidige tuinbouwpraktijk blijken dergelijke integratieoplossingen moeizaam van de grond te komen.

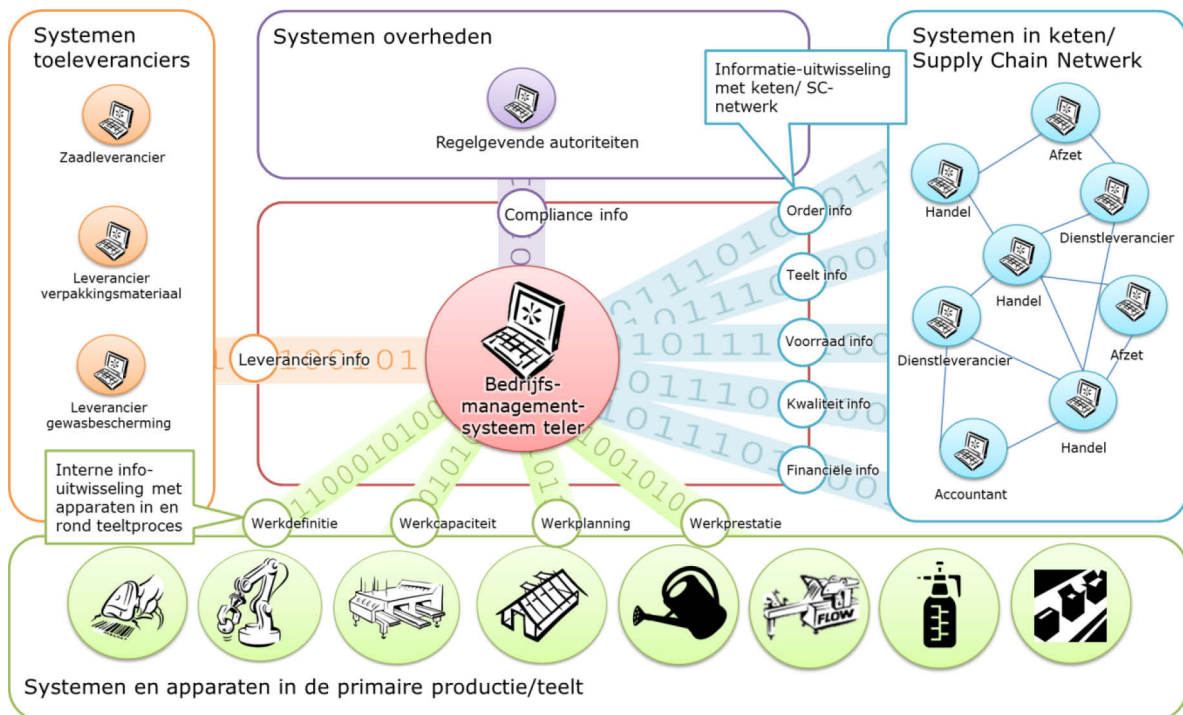
Voor het koppelen van kwekerijsystemen en bedrijfsmanagementsystemen zijn momenteel onvoldoende specifieke tuinbouwstandaarden beschikbaar. Telers zijn nu aangewezen op het zelf (laten) ontwikkelen van koppelingen. Echter, dit is voor veel telers niet haalbaar omdat de kosten hoog zijn. De toegepaste systemen in de kwekerij worden steeds complexer en geavanceerder. Als er veel koppelingen nodig zijn, ontstaat er bovendien een ondoorzichtig complex van interfaces, ook wel spaghetti-infrastructuur genoemd. Een oplossing is het maken van generieke afspraken (standaardisatie). Hierbij worden eenmalig breed gedragen afspraken gemaakt over de uitwisseling van informatie tussen kwekerijsystemen en het bedrijfsmanagementsysteem. De systemen die voldoen aan de afgesproken standaarden kunnen vervolgens automatisch met elkaar communiceren. Dit is niet alleen efficiënter en sneller, maar de kwaliteit van de informatie neemt ook toe omdat minder fouten worden gemaakt.

Om de technologische ontwikkelingen bij te kunnen houden en voorop te blijven lopen, moet Nederlandse tuinbouwsector het initiatief nemen om tot deze standaarden te komen. Tot op heden ontbreken de normen voor de te volgen werkwijze en aanpak waarbij betrokken partijen (leveranciers, gebruikers) met elkaar tot dergelijke standaardafspraken kunnen komen. In de internationale industrie zijn deze al wel beschikbaar. Het is nog onduidelijk of, en zo ja, welke standaarden, werkwijzen en referentieraamwerken uit de internationale productie-industrie toepasbaar zijn in de tuinbouwsector.

1.3 Doelstelling

Doel van het project 'Van kas naar keten' is het stimuleren van draagvlak en het opleveren van handvatten voor de aanpak van de standaardisatie en internationale inbedding van koppelvlakken tussen systemen in en rond het teeltperceel met kantoor- en ketentoepassingen in de tuinbouw. Het gebruik van bestaande internationale normen en protocollen is hierbij een belangrijk onderdeel. In de ideale toekomstige situatie is sprake van naadloze koppelingen tussen systemen binnen het bedrijf waarin informatie over werkdefinities, werkcapaciteiten, werkplanningen en werkprestaties gedeeld wordt en koppelingen tussen bedrijfsmanagementsystemen en met systemen van ketenpartijen, overheden en regulerende autoriteiten.

Dit rapport beschrijft de resultaten van het onderzoek naar de huidige situatie omtrent koppelvlakken binnen tuinbouwbedrijven. Het doel van dit rapport is om meer inzicht te verschaffen in de huidige en gewenste situatie omtrent het ontwerpen, ontwikkelen en implementeren van koppelvlakken tussen gemechaniseerde kassystemen en kantoor- en ketentoepassingen. Hierin spelen zowel de ontwikkelingen en bestaande standaarden in de algemene productie-industrie een rol als in de agrifoodsector.



Figuur 1 Visuele weergave van de ideale toekomstige situatie

1.4 Doelgroep

De focus ligt op leveranciers, gebruikers en alle andere partijen in de tuinbouwsector die baat hebben bij standaardafspraken voor de integratie van teelt-, sorteer-, verpak-, kantoor- en ketensystemen.

1.5 Onderzoeksvragen

De centrale onderzoeksvragen binnen dit project zijn de volgende:

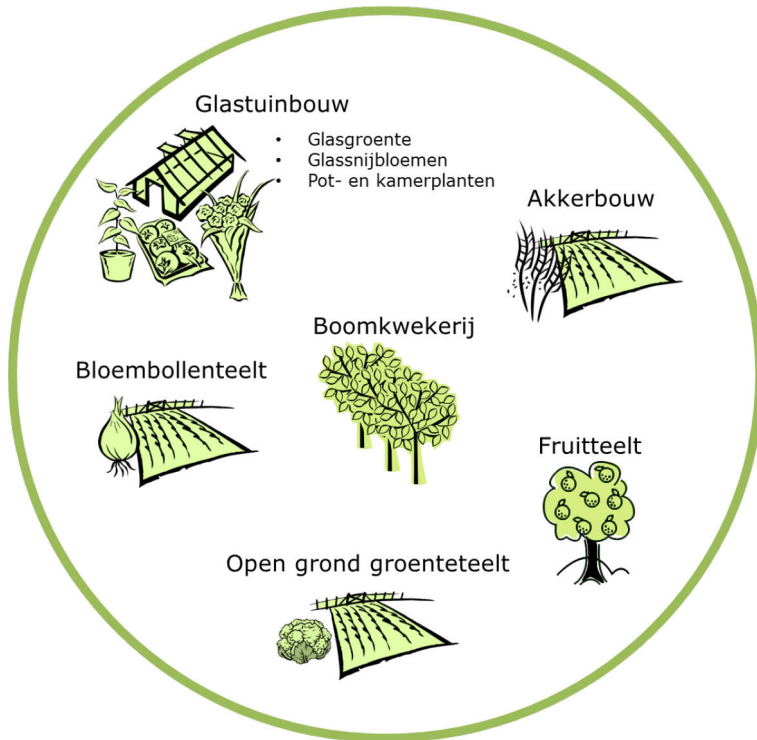
1. Welke processen in het bedrijfsmanagement zijn van belang in relatie tot de productieprocessen van telers van plantaardige producten?
2. Welke technologiedomeinen spelen een rol in plantaardige productie?
3. Welke internationale standaarden en standaardisatieorganisaties zijn state-of-the-art in de onderkende technologiedomeinen?
4. Wat zijn barrières en drijfveren voor het ontwikkelen van integratieoplossingen in de huidige tuinbouwpraktijk?

1.6 Scope

Dit project focust zich op Nederlandse bedrijven die zich richten op de productie van plantaardige producten. Onder de plantaardige sectoren vallen de glastuinbouw, opengrondsgroenteteelt, fruitteelt, bloembollenteelt, boomkwekerij en akkerbouw.⁴ De teelt onder glas bestaat met name uit glasgroenten, glassnijbloemen en pot- en kamerplanten.

⁴ Wageningen UR, www.agrimatie.nl, januari 2014

Deze deelsectoren hebben onderling verschillen in het gebruik van apparaten en systemen in het primaire productieproces. Ook zijn er verschillen in ontwikkelde standaarden en relevante standaardisatieorganisaties. Echter, op het niveau van bedrijfsfuncties zijn de bedrijven vergelijkbaar. Daarbij is de verwachting, dat door de voortschrijdende technologische ontwikkelingen de overeenkomsten tussen bedrijven uit verschillende deelsectoren alleen maar zal toenemen. Een drone die een oogstrijpe komkommer kan herkennen in de kas, zal dat met aangepaste besturing ook met een appel of peer op een boomgaard kunnen.



Figuur 2 De deelsectoren binnen de plantaardige productie

1.7 Werkwijze

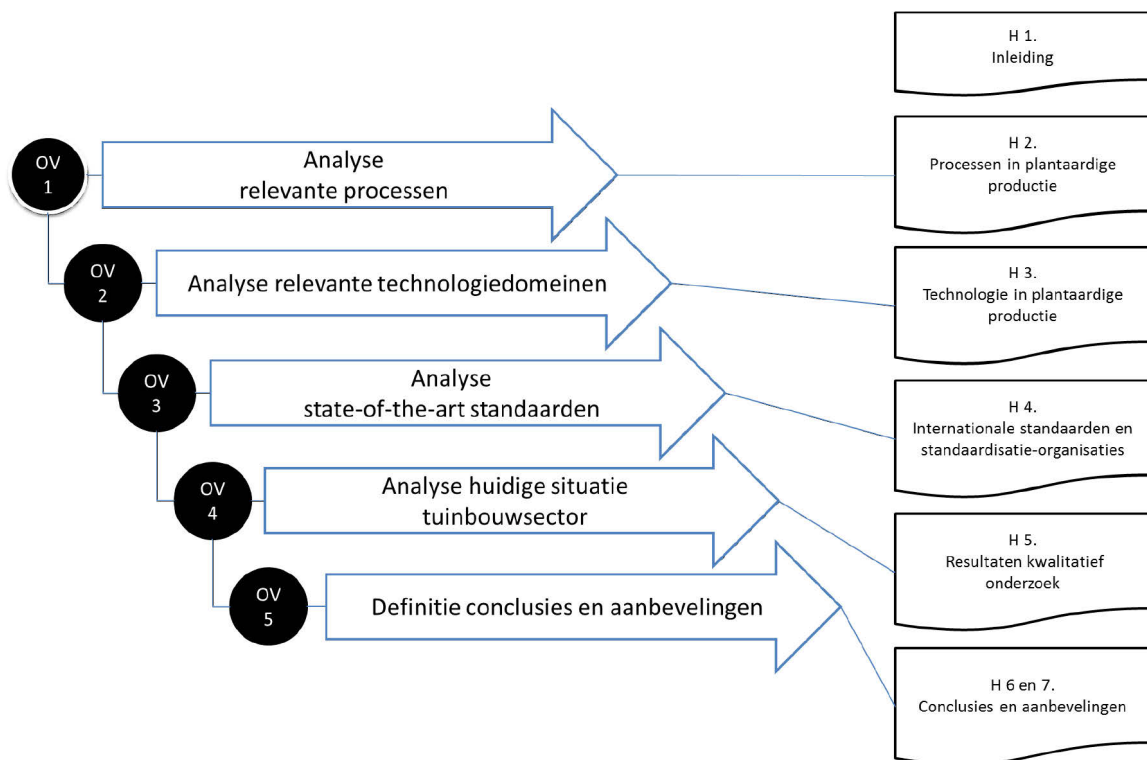
Het rapport is gebaseerd op een literatuurstudie en op interviews met experts, onder andere op de terreinen van standaardisatie, kasautomatisering en kantoorautomatisering in de tuinbouw. Het is uitgevoerd in nauwe samenwerking met het Tuinbouw Digitaal. De fasering van het onderzoek is als volgt:

- Stap 1. Definitie van relevante processen: het beschrijven van de teeltprocessen en de interacties met de andere bedrijfsprocessen van kwekers (op basis van literatuuronderzoek);
- Stap 2. Definitie van relevante technologiedomeinen: het definiëren van de algemene technologieën voor automatisering van teeltprocessen op verschillende besturingslagen (op basis van literatuuronderzoek);
- Stap 3. Analyse van state-of-the-art-standaarden en standaardisatieorganisaties: het in kaart brengen van de belangrijkste interfaces en standaarden en bijbehorende standaardisatieorganisaties (op basis van literatuuronderzoek);
- Stap 4. Eerste, high-level, analyse van de huidige situatie, zowel technisch als organisatorisch, in de tuinbouwsector (op basis van expert interviews). Interviews zijn gehouden met:

- 1 projectdeelnemer en expert uit het Plantform-project in de sierteelt
 - 1 ISOBUS-expert van Wageningen UR
 - 1 expert precisielandbouw van ZLTO
 - 1 expert in de potplantensector van FloraHolland
 - 1 expert robotisering van Wageningen UR
 - 6 kwekers in de AGF en sierteelt
 - 3 bedrijfsmanagementleveranciers in de tuinbouw
 - 4 technologieleveranciers in de tuinbouw (klimaat, arbeid en logistieke systemen)
- Stap 5. Ontwikkeling van een analysekader voor verder onderzoek. Op basis van de analyse van de resultaten uit de literatuur en de expert interviews.

1.8 Leeswijzer

Het rapport is opgebouwd volgens de fasering zoals beschreven in de voorgaande paragraaf (zie Figuur 3).



Figuur 3 Werkwijze en tussenresultaten fase 1

2 Processen in plantaardige productie

2.1 Bedrijfsfuncties van productiebedrijven

Teeltbedrijven produceren levende eindproducten. Dat brengt allerlei specifieke bedrijfseigenschappen en eisen met zich mee, maar de uniekheid van de tuinbouwsector moet niet overschat worden. De bedrijfsfuncties die een rol spelen in de productieprocessen en de administratie eromheen zijn vergelijkbaar met productiebedrijven in andere sectoren. De belangrijkste functies voor productiebedrijven zijn gedefinieerd in de standaard ISA-95, namelijk:

- productie
- inkoop
- financiële administratie
- verzendadministratie
- materiaal- en energiebeheer
- orderverwerking
- voorraadbeheer
- kwaliteitsborging
- onderhoudsbeheer.

Binnen dit onderzoek ligt de nadruk op de productiefunctie omdat de focus ligt op interactie tussen bedrijfsinformatiesystemen en de fysieke apparaten en systemen betrokken bij productieprocessen. Overige bedrijfsfuncties die wel in ISA-95 worden onderkend als relevant voor productiebeheersing zijn hierbij buiten beschouwing gelaten omdat deze zich hoofdzakelijk richten op administratieve en financiële processen.

2.2 De productiefunctie

Productiebesturing gaat over de besturing van de transformatie van inputmateriaal in eindproduct. Om deze processen en dus het eindproduct zo veel mogelijk te standaardiseren, wordt doorgaans gebruik gemaakt van richtlijnen. Belangrijke richtlijnen komen voort uit productiestandaarden, productieschema's en eisen aan inputmateriaal.

In de productiebesturing dient rekening gehouden te worden met de beperkte capaciteit van mensen, materiaal en materieel. Om een optimale inzet van deze beperkte resources te garanderen worden Standard Operating Procedures, recepten en instructies gecreëerd en toegepast. Om toe te zien op het verloop van de productieprocessen en sturing te bieden waar nodig, moet inzicht worden verschaft in hun functioneren. Hierin spelen rapportages een belangrijke rol. Rapportages over productieprestaties, kosten en diagnoses van productie- en controle-uitrusting bieden inzichten om de productiebesturing optimaal te laten verlopen.

Productiebesturing kan worden ingedeeld in ondersteuning van procesengineering, planning van bewerkingen en besturing van bewerkingen. De focus ligt op de interactie met systemen en apparaten in en rond het productieproces. Aangezien de ondersteuning van procesengineering en planning van bewerkingen met name handelen over administratieve processen gerelateerd aan productiebesturing, wordt hier verder ingezoomd op de besturing van bewerkingen.

De besturing van bewerkingen is de verzameling van functies die alle productie binnen een site of ruimte beheren. Belangrijke functies in de besturing van bewerkingen zijn:

- het produceren van het product volgens schema en specificaties
- het rapporteren over de productie, processen en resource informatie

- het monitoren van het materieel, het valideren van de operationele metingen en het bepalen van de noodzaak tot onderhoud
- het voorbereiden van de uitrusting voor onderhoud en het opnieuw aansluiten ervan na onderhoud
- het uitvoeren van diagnoses en eigen controles van productie en besturingsuitrusting
- het afwegen en optimaliseren van de productie binnen de site of ruimte
- het kan ook het arbeidsmanagement en documentbeheer omvatten binnen de lokale site of ruimte.

In de processen die vallen onder bovenstaande functies wordt de volgende belangrijke informatie uitgewisseld:

- de status van productieverzoeken
- geselecteerde productiedata, zoals data om productiekosten te berekenen en productieprestaties
- geselecteerde procesdata, zoals de feedback over uitrustingsprestaties
- de status van resources
- de status van werkorderverzoeken voor onderhoud
- verzoeken voor onderhoud
- diagnose en zelftestresultaten
- proceshistorie
- verzoeken voor procesondersteuning en engineeringsondersteuning
- verzoeken voor materiaalanalyse.

2.3 Productieprocessen teelt

De methodes voor plantenteelt zijn door de jaren heen steeds verder ontwikkeld. Belangrijke drijfveren hiervoor zijn bijvoorbeeld:

- voldoende voedsel voor een steeds groeiende wereldbevolking
- schoon milieu (nutriënten en pesticiden)
- duurzaam beheer productiemiddelen (bodem en eindige grondstoffen)
- kwaliteitsproductie
- economische duurzaamheid

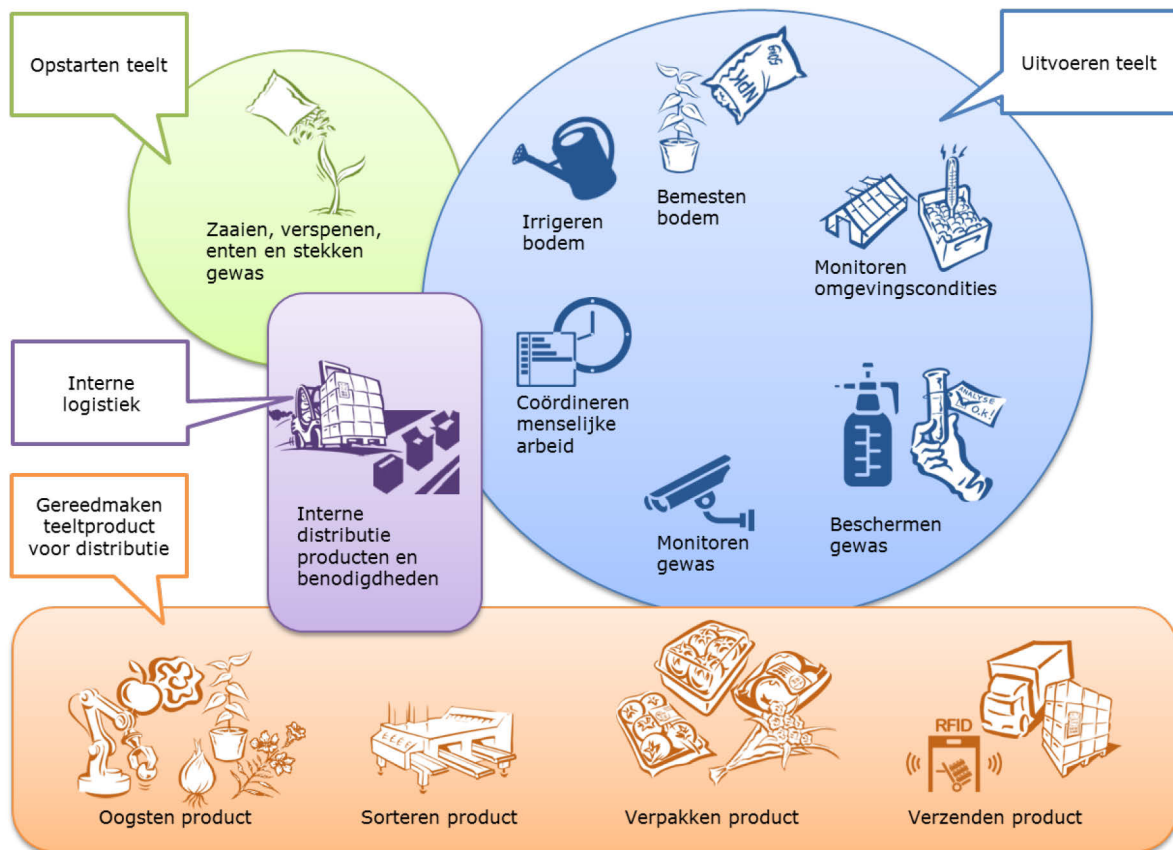
Bij *open teelten* worden gewassen op het open veld geproduceerd. Bovenstaande eisen zijn bij deze methode een uitdaging omdat er veel onzekere factoren in het spel zijn. De teelt vindt namelijk plaats in de open buitenlucht waar de omgevingsfactoren slechts beperkt te beïnvloeden zijn. Geavanceerde technologische ontwikkelingen bieden de teler steeds meer grip op de open teeltprocessen, onder andere door het monitoren van omgevingsomstandigheden, de status van gewassen en het behandelen van gewas en bodem.

De *glastuinbouw* was het antwoord op de vraag naar betere controle van omgevingscondities en gaf mogelijkheden voor het produceren van producten die niet in de open lucht geteeld kunnen worden!.. Met klimaatbeheerssystemen is het mogelijk om de condities in de kas in grote mate te optimaliseren voor het gewas. Ook resources zoals water, bemesting kunnen veel beter beheerst worden dan in de open teelt. Veel processen in de glastuinbouw kunnen tegenwoordig geautomatiseerd worden, inclusief het interne transport. Hydrocultuur is hier een geavanceerd voorbeeld van.

Er zijn methodes ontwikkeld die het teeltproces nog controleerbaarder maken dan de traditionele glastuinbouw, met name *indoor farming*. Deze teeltmethode, die nog in de kinderschoenen staat, maakt het mogelijk producten te telen in dichtbevolkte gebieden. De teeltomgeving wordt 100% beheerst en vindt plaats in ruimtes waar zonlicht niet kan komen, bijvoorbeeld op verschillende verdiepingen van een flatgebouw. Geavanceerde ledtechnologie biedt de plant op geoptimaliseerde wijze de fotonen die het nodig heeft om te kunnen groeien. Hoe geavanceerder de teeltmethode, hoe groter de afhankelijkheid van technologische hulpmiddelen.

In de huidige praktijk zijn de open teelt en glastuinbouw de meest voorkomende teeltmethodes. In het vervolg van dit onderzoek zal daarom met name inzoomen op deze teeltmethodes.

De invulling van de teeltprocessen is specifiek in de verschillende deelsectoren en er zijn veel verschillen tussen bedrijven in deze sectoren. Het zaaiproces op een graanproductiebedrijf bijvoorbeeld, is anders dan het stekken op een potplantproductiebedrijf. Er wordt echter wel een vergelijkbaar doel nagestreefd en er zijn veel overeenkomsten. Op abstract niveau kunnen de processen op bedrijven binnen de verschillende deelsectoren op een gelijke manier worden ingedeeld. Iedere teelt bevat een fase waarin deze wordt opgestart. Vervolgens volgens de processen tijdens de uitvoering die tot doel hebben het optimaliseren van de condities die de groei van het product beïnvloeden. Wanneer het product eenmaal rijp is voor oogst volgen de processen die het product gereedmaken voor distributie. In alle fases en tussen fases speelt interne distributie van producten en benodigdheden een rol. De onderstaande figuur geeft de samenhang van deze teeltprocessen weer.



Figuur 4 Functies en hoofdprocessen op het teeltbedrijf

De volgende paragrafen gaan verder in op de verschillende processen uit Figuur 4.

2.3.1 Opstarten teelt

Het doel van de eerste functie is het opstarten van een teelt. Hieronder kunnen vallen het voorbereiden grond of substraat/substraathouder en vervolgens zaaien, verspenen, enten of stekken van een gewas. De frequentie waarin deze processen plaatsvinden kan sterk verschillen. Een nieuwe rozenstam voor snijrozenproductie wordt misschien wel drie jaar lang gebruikt, terwijl het inzaaien van kruidenplanten voor iedere batch opnieuw moet gebeuren.

Technologieën die het opstarten van de teelt in de kas een rol kunnen zijn bijvoorbeeld vulsystemen die substraathouders zoals potten en trays vullen met substraat, bijvoorbeeld potgrond; zaaimachines gespecialiseerd voor specifieke combinatie zaad en substraathouder; of stekmachines voor jongplant.

De belangrijkste technologieën op het veld omvatten voertuigen en werktuigen die gebruikt worden voor grond- en teeltbewerkingen. Ook hier heeft de automatisering niet stilgestaan. Voor werktuigen

die achter tractoren hangen, zoals pootsystemen, zijn steeds geavanceerdere types ontwikkeld. *Control systems* op het voertuig en werktuig positioneren zichzelf op basis van GPS, en zijn in staat op basis van gedetailleerde kaarten met hoge precisie taken uit te voeren. Zo kunnen tijdens het zaaien de afstand, diepte, snelheid en de plaatsing van zaden in het zaaibed geoptimaliseerd worden.

2.3.2 Uitvoeren teelt

Onder uitvoeren teelt vallen alle processen die tot doel hebben het zo optimaal mogelijk laten verlopen van de teelt tot aan de oogst. Hierin worden de bodem, de omgeving en het gewas zelf bewaakt en waar nodig wordt bijgestuurd. Dat geldt voor zowel teelt binnen de kas uit buiten op het veld. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van sensoren die informatie verzamelen over de huidige status waarna managementinstrumenten helpen om de situatie te optimaliseren. Voor de bodem kan dit irrigatie of bemesting betekenen, voor de omgeving de manipulatie van omgevingsfactoren zoals licht, relatieve luchtvochtigheid en temperatuur, en voor het gewas zelf bijvoorbeeld toediening van gewasbescherming.

In de kas zijn in de teeltuitvoering verschillende technologieën relevant. Klimaat en omgeving kunnen verregaand worden geoptimaliseerd door een systeem van klimaatsensoren, ventilatoren en luchtmengsystemen dat door klimaatcomputers wordt geregeld. Monitoringssystemen voor gewasgroei geven feedback over de plantgroei. Vervolgens kunnen scherm- en belichtingssystemen, gewasbeschermingssystemen en bemestingssystemen worden gebruikt om de conditie van gewas en bodem te optimaliseren.

De kwaliteitscondities op het veld kunnen worden bewaakt door draadloze sensornetwerken. Manipulatie van die condities is op het veld een grotere uitdaging dan in een gecontroleerde omgeving. Beregeningssystemen spelen hierbij een rol om de vochtigheid in de bodem zo optimaal mogelijk te houden. Voertuigen en werktuigen kunnen worden gebruikt om bemesting en gewasbescherming toe te dienen.

2.3.3 Gereedmaken teeltproduct voor distributie

Wanneer het teeltproduct klaar is voor de oogst, volgen de processen die tot doel hebben het product gereed te maken voor distributie zoals oogsten, sorteren, verpakken en verzenden. Voorbeelden van systemen die hierbij een rol kunnen spelen zijn oogstsystemen, sorteersystemen, verpakkingsystemen, stickersystemen en volgsystemen. Herkomst, identificatie en beoordeling van karakteristieken van het product zijn hierbij van belang zodat het juist gecategoriseerd, bestempeld en eventueel opgeslagen kan worden. Uiteraard onder de juiste omgevingscondities.

2.3.4 Interne transport teeltproducten en benodigdheden

Intern transport van teeltproducten en benodigdheden is een functie die door alle processen heen loopt en afzonderlijke processen met elkaar verbindt. De orkestratie van de productieprocessen bepaalt de behoefte aan intern transport. In de kas gaat het dan bijvoorbeeld om de aansturing van transportbandsystemen, teeltbedsystemen, afleversystemen, geleide voertuigen en elektrovoertuigen.

2.4 Besturingsniveaus

Het management van de bedrijfsprocessen vindt plaats op verschillende besturingsniveaus. Voor het doel van het onderzoek wordt onderscheid gemaakt worden tussen vijf niveaus:

1. technische besturing van het fysieke proces door individuele machines en de uitvoering ervan
2. de aansturing van verschillende productiefuncties
3. het procesmanagement
4. bedrijfsmanagement
5. ketennetwerk.

Deze indeling in besturingsniveaus wordt in verschillende referentiemodellen onderkend, waaronder ISA-95. Het biedt een bruikbare kapstok om bedrijfsprocessen op verschillende besturingslagen in de delen en aan elkaar te relateren.

In de volgende paragrafen worden de niveaus van boven naar beneden beschreven.

2.4.1 Niveau 5: ketennetwerk

Op dit niveau spelen keteninformatiesystemen een rol die business-to-business informatie-uitwisseling faciliteren. Zo wisselen producenten informatie uit met bijvoorbeeld toeleveranciers, overheden, regelgevende autoriteiten, en ketenpartijen uit het supply chain netwerk. De tijdshorizon van dit soort informatie-uitwisseling heeft een bereik van maanden, weken en dagen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan kwekers die via een aanbodbank (voorbeeld van een ketensysteem) het verwachte aanbod van producten kenbaar maken voor de komende weken waar handelaren of verwerkende industrie hun planning op kunnen baseren. De kwaliteit van de informatie-uitwisseling op dit niveau is afhankelijk van de bedrijfsinformatie op de bedrijfsmanagementlaag. Belangrijke informatie die vanuit het ketennetwerk met het bedrijfsmanagement van kwekers worden uitgewisseld zijn:

- orderberichten teeltberichten
- transportinformatie
- voorraadgegevens over toeleveranciersproducten (ten bate van inkoop door kweker)
- voorraadgegevens over teeltproducten (ten bate van inkoop door afnemers)
- kwaliteitsevaluatie-informatie van teeltproducten (lab-berichten)
- onderhoudsinformatie (ten bate van maintenance planning leveranciers van apparaten en systemen)
- financiële informatie
- teeltgegevens informatie (onder andere met overheden).

2.4.2 Niveau 4: bedrijfsmanagement

Dit niveau is voor het plannen en bewaken van bedrijfsprocessen. Keteninformatie kan gebruikt worden om deze planningen te optimaliseren (vraaggestuurde planning). Deze activiteiten worden ondersteund door ERP- en FMIS-systemen, ook wel aangeduid als kantoorautomatisering. Zij omvatten bijvoorbeeld de bedrijfsfuncties productieplanning, orderverwerking en in- en verkoop. De gerelateerde tijdshorizon bevindt zich op weken, dagen en uren. Een voorbeeld van een typische bedrijfsmanagementtaak is het plannen en aansturen van de productieprocessen van een bepaald product op een specifiek gebied binnen het bedrijf, zoals een veld of deel van de kas. Het bedrijfsmanagement wisselt werkopdrachten en rapportages uit met het procesmanagementniveau. Generiek kunnen vier informatieberichten worden geïdentificeerd die karakteristiek zijn voor de informatie-uitwisseling tussen bedrijfsmanagement en procesmanagement:

- *werkdefinitie*
het versturen van de definitie van het werk dat moet gebeuren naar het niveau van procesmanagement.
- *procescapaciteit*
het ontvangen van de verwachte beschikbare capaciteit van de productiemiddelen (personeel, ruimte, machines, enzovoort) vanuit procesmanagement
- *werkplanning*
het versturen van de daadwerkelijk planning van de processen zodat de productie strookt met de behoeftes van het bedrijf
- *werkprestatie*
het ontvangen van rapportages ten aanzien van de processen nadat zij zijn uitgevoerd.

2.4.3 Niveau 3: procesmanagement

Procesmanagement heeft tot doel het succesvol uitvoeren van processen volgens de werkopdrachten die hun oorsprong vinden op bedrijfsmanagementniveau. Procesmanagementsystemen zijn bekend onder namen als MES en TaskController. Het werk wordt onderverdeeld in verschillende taken. Een taak die op dit niveau wordt uitgevoerd is bijvoorbeeld het uitvoeren van een taakbestand waarin gedetailleerd beschreven staat hoe het zaaiproces dient te worden uitgevoerd voor een specifiek

gewas op een bepaald deel van het teeltperceel. Tijdens (real-time) en na afloop van het proces wordt taakevaluatiedata gerapporteerd. De tijdshorizon van procesmanagement bestaat uit dagen, uren en minuten. Informatie die met het niveau van productiefuncties wordt uitgewisseld kan generiek als volgt worden ingedeeld:

- apparaat- en processpecifieke productieregels
- operationele commando's
- operationele reacties
- apparaat en processpecifieke data.

2.4.4 Niveau 2: productiefuncties

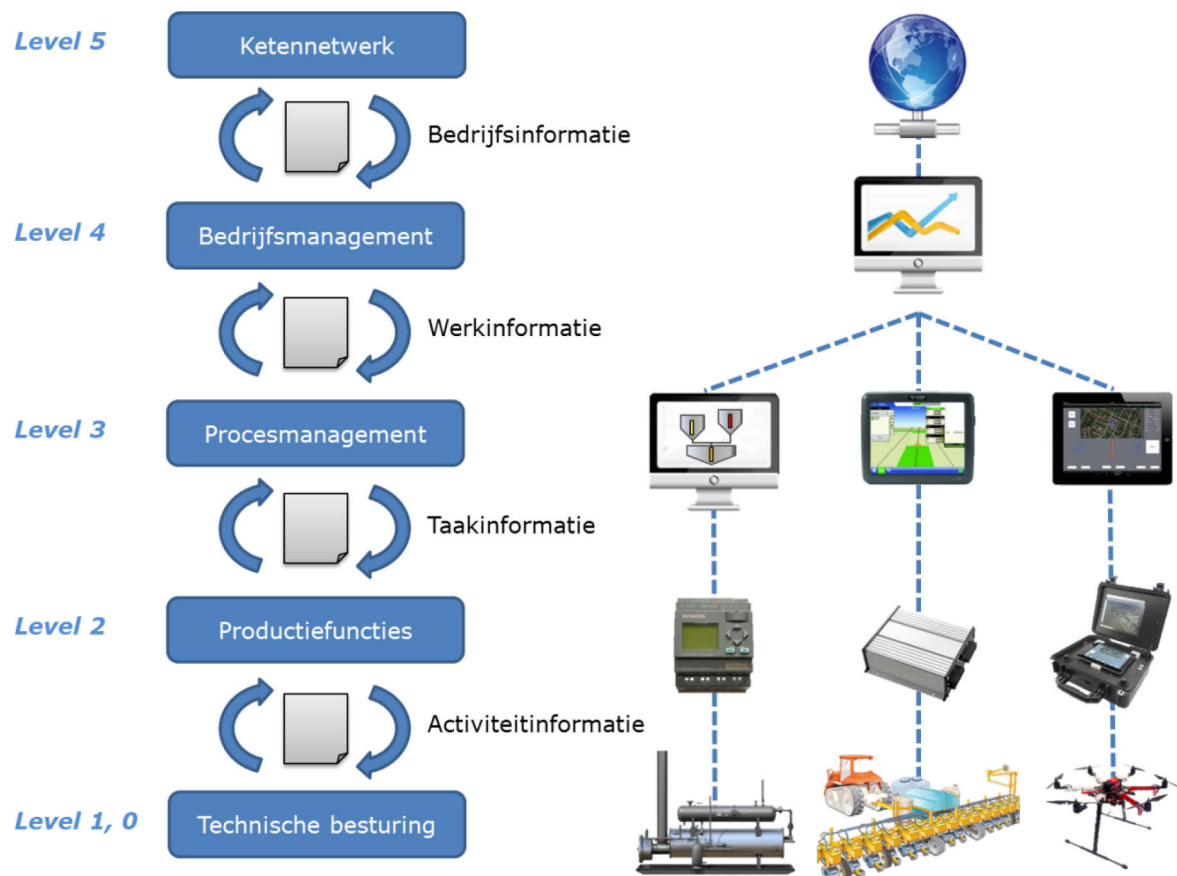
Het niveau van productiefuncties richt zich op de aansturing van de verschillende productieactiviteiten door machines die samen een taak realiseren. De machines worden aangestuurd door bijvoorbeeld PLC- en SCADA-systemen en elektronische besturingseenheden. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de besturing van een potmachine die automatisch potten vult en daarin jonge planten poot. De bijpassende tijdshorizon op dit niveau is beperkt tot uren, minuten en seconden.

2.4.5 Niveau 1 en 0: technische besturing

Niveau 1 draait om de technische besturing en niveau 0 om het daadwerkelijke fysieke proces zelf. Een voorbeeld van technische besturing is het functioneren van een optische sensor in een apparaat dat betrokken is in de karakterisering van de kwaliteit in het sorteren van een specifieke soort fruit. Als we niveau 0 aan hetzelfde voorbeeld relateren staat dat voor het stuk fruit dat bepaalde eigenschappen bezit die worden beoordeeld door de sensor. De tijdshorizon die bij deze niveaus past gaat over termijnen van minuten, seconden en fracties van seconden. Op dit laagste niveau treffen we aan:

- tags voor unieke identificatie (barcodes, RFID, enzovoort)
- sensoren (apparaten die een fysieke grootheid meten en omzetten naar een analoog of digitaal signaal zoals elektriciteitsverbruik, vervuiling, bewegingsdetectie of temperatuur)
- embedded apparaten (een doelmatig gebouwd apparaat dat een specifieke functie heeft, zoals een fabrieksrobotarm, automaat, of slimme netwerkanalyse unit)
- een combinatie van bovenstaande systemen.

De hierboven beschreven besturingsgelaagdheid is een belangrijke eigenschap van de technologie-domeinen die eerder in dit hoofdstuk zijn beschreven. Zowel buiten als binnen de land- en tuinbouwsector spelen zij een rol. Hogere lagen en lager gelegen bestuurslagen zijn afhankelijk van elkaar. Figuur 5 toont de verschillende procesbestuurslagen.



Figuur 5 Besturingsgelaagdheid van informatie op productiebedrijven

In dit hoofdstuk zijn de teeltprocessen beschreven. Het management daarvan is vervolgens uitgewerkt in verschillende besturingsniveaus en de interacties tussen deze niveaus. De besturingsniveaus worden ondersteund door verschillende typen informatiesystemen. Het volgende hoofdstuk geeft daarvan een overzicht.

3 Technologie in plantaardige productie

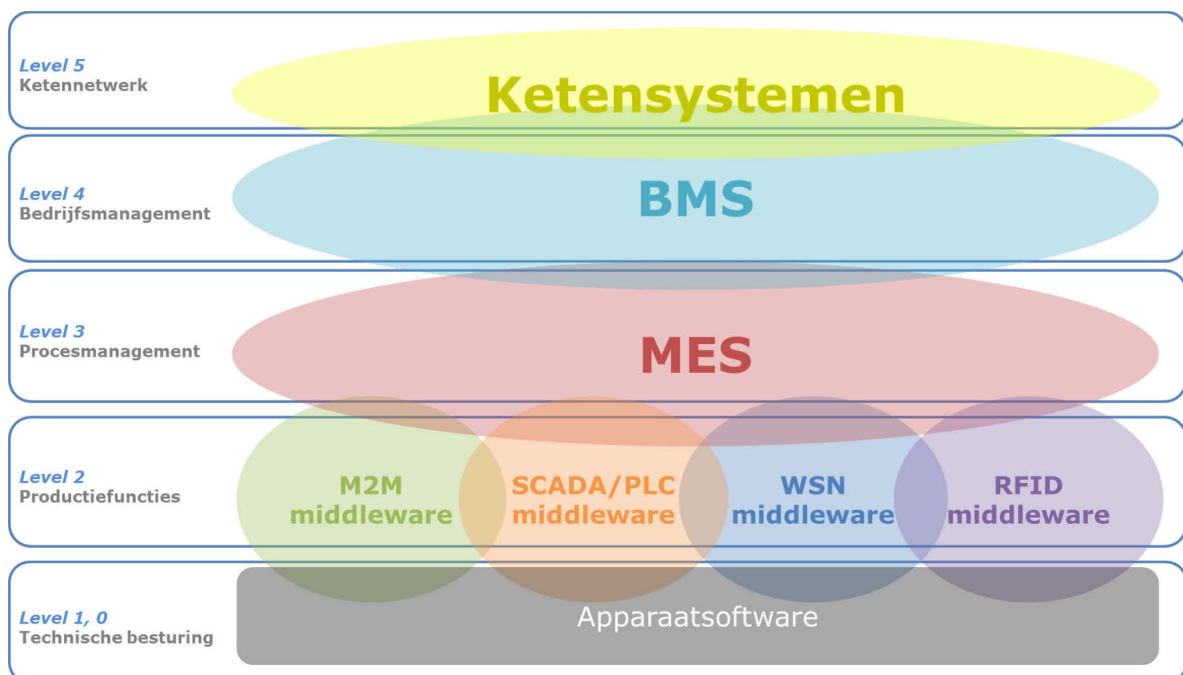
3.1 Inleiding

Van oudsher is informatie-uitwisseling hoofdzakelijk afhankelijk van mensen. Mensen die bijvoorbeeld iets intypen, een opnameknop indrukken, of een barcode scannen. Echter, het probleem van mensen is dat zij beperkte tijd, aandacht en nauwkeurigheid hebben. Met andere woorden: mensen zijn niet zo goed in het vastleggen van data over dingen en gebeurtenissen in de werkelijke, fysieke wereld. Apparaten en sensoren zijn daar veel beter in en dat is een van de hoofdredenen dat informatie-management ondersteund door slimme sensoren en apparaten de afgelopen vijftien jaar een vlucht heeft genomen. Waar het eerder alleen ging om het koppelen van informatie zoals bijvoorbeeld het koppelen van de planningsdatabases van verschillende onderdelen van een fabriek waarvan de brondata door mensen werd gegenereerd, wordt nu toegewerkt naar een netwerk dat digitale informatie geautomatiseerd en real-time relateert aan fysieke objecten uit de echte wereld. Dat netwerk bestaat uit sensor-geïntegreerde objecten, plaatsen, dingen, producten en gebruikers die in hoge mate met elkaar verbonden zijn.

In het vorige hoofdstuk is beschreven hoe de aansturing van apparaten en systemen op een teeltbedrijf uit verschillende besturingsniveaus bestaat; de zogenaamde besturingsgelaagdheid. In dit hoofdstuk ligt de nadruk op de informatiesystemen die deze besturingsniveaus ondersteunen en de informatie die zij met elkaar uitwisselen.

3.2 Informatiesystemen voor de verschillende besturingsniveaus

Figuur 6 geeft een overzicht van de belangrijkste soorten informatiesystemen op de verschillende besturingsniveaus.



Figuur 6 Softwaresystemen passend bij besturingslagen

De technische besturing van het fysieke proces door individuele machines (niveau 1) wordt ondersteund door de apparaatsoftware die op de deze machines zelf staat (zogenaamde embedded software).

Voor de aansturing van productiefuncties (niveau 2) moet de informatie uit verschillende machines worden gecombineerd met behulp van systeemsoftware die de informatie-uitwisseling regelt (middleware systemen). Dit zijn verschillende type systemen, afhankelijk van de soorten apparaten die moeten worden aangestuurd. Er kunnen vier technologiedomeinen worden onderscheiden (zie Figuur 7):

- automatische identificatie-technologie die zich richt op het volgen van objecten zoals producten, ladingdragers en mensen.
- conditiemonitoringstechnologie die zich richt op het meten van producteigenschappen, omgevingscondities en eigenschappen van andere relevante objecten zoals bijvoorbeeld afvalwater;
- technologie die zich richt op het gebruiken van mobiele apparaten die uitgerust zijn met een besturingssysteem en slimme sensoren, zoals:
 - apparaten voor menselijke interactie bijvoorbeeld tablets en smartphones
 - apparaten die (semi-)autonoom werk uit kunnen voeren zoals werktuigen, voertuigen en drones
- technologie die zich richt op industriële procesaansturing van apparaten en machines die een rol spelen in de productie (of teelt).

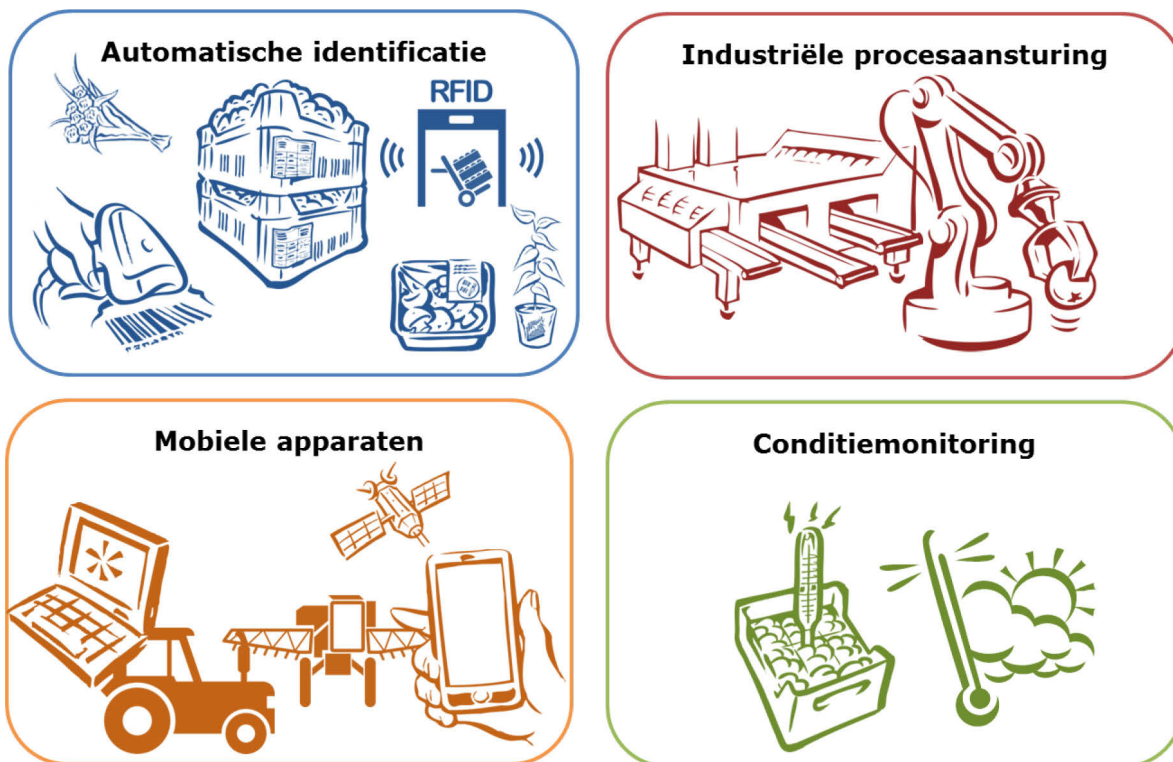
Het procesmanagement van specifieke werkopdrachten (niveau 3) wordt ondersteund met behulp van Manufacturing Execution Systems (MES), een informatiesysteem voor het gedetailleerd plannen van individuele werkopdrachten en het initiëren en bewaken van de uitvoering daarvan.

Het bedrijfsmanagement wordt ondersteund door bedrijfsmanagementsystemen (BMS): kantoor-automatisering voor planning, bewaking en administratieve verwerking van verkoop, inkoop, productie, voorraadbeheer, financieel, enzovoort. Een veelgebruikt type bedrijfsmanagementsysteem is Enterprise Resource Planning (ERP-systeem). Een ERP-systeem is een standaardsoftwarepakket voor de planning en beheersing van meerdere bedrijfsprocessen in één geïntegreerd systeem. Belangrijke functie van een ERP-pakket zijn de productieplanning en het management van de materiaal- en capaciteitsbehoefte die daaruit voortvloeit. De productieplanningsfunctie binnen een ERP-pakket resulteert in een serie werkorders die vervolgens door een MES-systeem verder worden afgehandeld.

De besturing op het ketennetwerkniveau (niveau 5) wordt ondersteund door keteninformatie-systemen, die een snelle, foutloze, efficiënte en veilige uitwisseling van informatie tussen de bedrijfsmanagementsystemen van verschillende ketenactoren mogelijk maken. Voor keteninformatiesystemen worden verschillende basisvormen van integratie toegepast (vaak in combinatie):

- individuele software koppelingen: dit is snel, maar inefficiënt en wordt bij veel koppelingen onbeheersbaar ('spaghetti-infrastructuur');
- centrale informatie-hubs waarin data van de verschillende ketenpartijen centraal wordt vastgelegd en gecommuniceerd (datawarehouse oplossingen);
- virtueel integratieplatform: (web)omgeving voor het koppelen van informatiesystemen op basis van (web)standaarden; zo ontstaat een virtueel netwerk van plug & play software componenten ('apps') die fysiek overal kunnen staan;
- directe communicatie met fysieke objecten in de keten, bijvoorbeeld door producten, karren, vrachtauto's of koelruimten in draadloze netwerken met elkaar en met internet te verbinden via intelligente dataloggers en RFID.

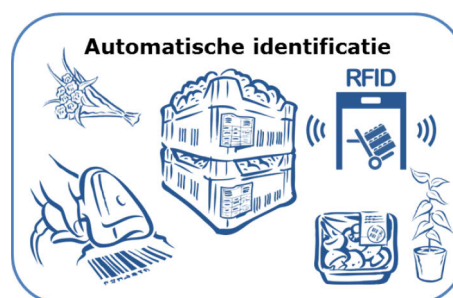
Dit onderzoek richt zich op de koppeling tussen bedrijfsmanagementsystemen en de apparaatsoftware. Hierbij spelen de vier technologiedomeinen op het niveau van de productiefuncties een centrale rol (zie Figuur 7). In de volgende paragrafen worden deze technologiedomeinen daarom verder uitgewerkt.



Figuur 7 Technologiedomeinen

3.3 Domein automatische identificatie

Automatische Identificatie (AutoID, ook wel aangeduid als AIDC, Automatic Identification and Data Capture) betreft de methoden voor het automatisch identificeren van objecten, het verzamelen van gegevens daarover en het invoeren van die gegevens rechtstreeks in de computersystemen (dus zonder menselijke tussenkomst). De bekendste AutoID-technologieën zijn barcodes en Radio Frequency Identification (RFID).



Barcodes zijn visueel gestandaardiseerde etiketten die door scanners kunnen worden uitgelezen. De klassieke barcodes zijn streepjescodes die focussen op de identificatie, oftewel het uitlezen van coderingen. Een recente ontwikkeling is de opkomst van meerdimensionale barcodes, met name de QR-code en de GS1 Data Matrix. Deze intelligente barcodes kunnen aanvullende gegevens bevatten, zoals bijvoorbeeld een houdbaarheidsdatum, een batchnummer, het (variabel) gewicht, een serienummer en nog zo'n honderd andere gegevensvelden. Bovendien kunnen ze veel kleiner worden weergegeven en zijn daarom geschikt voor toepassing op (kleine) producten.

Radio Frequency (radiografische) Identificatie, kortweg RFID genoemd, maakt gebruik van radiogolven om data automatisch via een reader uit te kunnen lezen met als doel het identificeren en volgen van het object. De technologie is gebaseerd op het gebruik van elektronische labels (tags, transponders) met een microchip en een micro-antenne waarin informatie in digitale vorm is opgeslagen (Srivastava, 2004; Scheer, Snels *et al.*, 2011). Deze elektronische informatiedragers worden op het te identificeren object bevestigd en kunnen op afstand radiografisch worden 'gelezen'. In de tuinbouwsector zou dat product kunnen bestaan uit bijvoorbeeld het teeltproduct zelf of, de ladingdrager zoals een krat, doos, pallet of trolleykar, of andere accessoires. Dit domein wordt van oudsher ondersteund door barcodetechnologie en GS1(GTIN, SSCC, GLN) standaarden. Tegenwoordig wordt de rol van RFID

(Radio Frequency Identification) steeds belangrijker en daarmee ook de EPC (Electronic Product Code) standaarden.

Er zijn veel verschillende soorten RFID-transponders. Daarbij is vooral het onderscheid tussen actieve, semi-actieve en passieve tags belangrijk⁵. Actieve RFID-tags hebben een batterij en kunnen worden gelezen en geschreven met een 'remote transceiver' ook wel 'reader' of lezer genoemd die met een antenne radiogolven zendt en ontvangt. Ze kunnen een signaal over een grotere afstand (van zo'n 100 meter tot zelfs een paar kilometer) uitzenden; ze zenden meestal met een interval hun ID uit. Semi-actieve tags hebben ook een batterij maar zenden alleen als antwoord op een ontvangen signaal. Passieve tags hebben geen eigen energiebron: ze benutten het elektromagnetische veld van een lezer om een stroom te induceren in een spoel, waarmee de chip wordt gevoed. Hierdoor kan het antwoordsignaal slechts over een beperkte afstand gaan (bereik van enkele centimeters tot ongeveer vijf meter). RFID-tags onderscheiden zich ook door de gebruikte frequentie. In het algemeen kan gezegd worden dat hoe hoger de frequentie, des te verder het leesbereik. Hogere frequenties hebben echter meer moeite met hinder door omgevingsobstakels vooral wanneer in de vorm van metaal en vocht.

RFID tags worden in toenemende mate geïntegreerd met sensoren voor bijvoorbeeld temperatuur, luchtvochtigheid, licht en ethyleen. Ook zijn er tags met een geïntegreerde GPS-eenheid voor exacte lokalisering van objecten.

3.4 Domein industriële procesaansturing

Problemen in informatie-uitwisseling tussen productiebesturingssystemen en kantoorautomatiseringssystemen zijn niet specifiek voor de land- en tuinbouwsector. De traditionele productie-industrie worstelt al sinds de millenniumwisseling op internationaal niveau met het vraagstuk hoe deze kloof te dichten. Tot die tijd is op grote schaal geïnvesteerd in ERP-systemen teneinde kantoorprocessen te automatiseren en in uitvoerbesturingssystemen (MES) die productieprocessen automatiseren.

Om de baten van deze investeringen te benutten is de koppeling van beide automatiseringslagen essentieel, want ERP-systemen hebben actuele data nodig om te kunnen functioneren. Die data vinden voor een groot gedeelte hun oorsprong in de MES-laag. Andersom is de productiebesturing afhankelijk van planningskeuzes die in ERP-systemen worden gemaakt.



Vaak wordt de aansturing van industriële processen uitgevoerd met behulp van SCADA of en PLC systemen. Een Programmable Logic Controller (PLC) is een elektronisch apparaat met een microprocessor dat individuele machines aanstuurt. Voor de besturing van verschillende machines zijn de PLC's gekoppeld aan een SCADA systeem. SCADA, afkorting van Supervisory Control And Data Acquisition, is het verzamelen, doorsturen, verwerken en visualiseren van meet- en regelsignalen van verschillende machines in grote industriële systemen. Dit zijn autonome systemen gebaseerd op gesloten-loop controletheorie, een smart systeem, of CPS die uitrusting verbinden, bewaken en beheersen via het netwerk in een faciliteit zoals een fabriek of gebouw. Meestal gaat het om bedrade netwerken met een kort bereik zoals field-bussen, soms echter ook draadloze of hybride netwerken.

In de tuinbouw kunnen dergelijke productiefaciliteiten vooral gevonden worden in de in pandige teelt zoals de glastuinbouw. Ook het gebruik van voertuigen en werktuigen in open teelten ligt hier qua functionaliteit heel dichtbij. Echter, het ontstaan van de technologie is verschillend voor voertuigen en werktuigen waarbij draadloze aansturing vanaf het begin het uitgangspunt was. Dit in tegenstelling tot

⁵ Security standards for the RFID market, Phillips, T.; Booz Allen Hamilton, McLean, VA, USA; Karygiannis, T.; Kuhn, R., 12 december 2005

industriële productieaansturing waarbij gebruikelijk met bedrade netwerken werd gewerkt. Om deze reden wordt in dit rapport het aansturen van voertuigen en werktuigen ondergebracht in het domein mobiele apparaten. De standaarden die gebruikt worden in de industriële procesaansturing en binnen voertuigen en werktuigen hebben zich ook apart van elkaar ontwikkeld. De laatste jaren groeien zij wel meer naar elkaar toe en worden beter uitwisselbaar omdat ook in de aansturing van industriële processen steeds meer draadloos gewerkt wordt en de aansturing van gadgets en devices in het domein mobiele apparaten steeds verder gaat. Denk bijvoorbeeld aan autonoom bestuurde voertuigen.

3.5 Domein mobiele apparaten

Het domein mobiele apparaten wordt in de technische literatuur vaak aangeduid met M2M, wat staat voor Machine tot Machine. Het betreft het gebruik van apparaten (zoals een gadget in een voertuig) om gebeurtenissen te registreren (zoals een disfunctionerende motor), door een netwerkverbinding (meestal draadloze netwerken, soms hybride) naar een centrale server (softwareprogramma), die de ontvangen events in betekenisvolle informatie vertaalt (alarmeer de storing ter reparatie). Tuinbouwvoorbeelden hiervan kunnen worden gevonden in de akkerbouw en vollegronds groenteteelt waarbij voertuigen in het geval van motorische storingen de details onmiddellijk en automatisch worden doorgeven aan de servicedienst van de leverancier.



Telematica speelt een centrale rol in dit domein. Telematica speelt zich af op het snijvlak tussen telecommunicatie en informatica. Het is een combinatie tussen draadloze dataverbindingen waaronder mobiele netwerken zoals 3G en 4G, computernetwerken al dan niet draadloos (bijvoorbeeld LAN en WAN) en elektrotechniek. Satellietcommunicatietechnologie wordt doorgaans ook onder dit vakgebied geschaard.

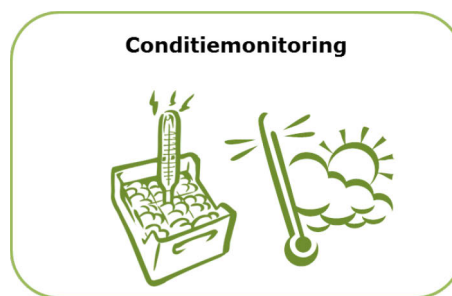
De M2M-gebruikersmarkt groeit snel zoals blijkt uit de volgende voorbeelden. Onlangs ging de Duitse technologieus Bosch een samenwerking aan met ServicePower met als doel het uitbouwen van de basis van technische software die ondersteunt in het alarmeren voor onderhoud, reparatie, herbevoorraden, of benodigde inspecties aan technici die in het veld actief zijn en diensten verlenen aan industriële gebruikers van Bosch producten.⁶ Net als ServicePower is Numerex een bedrijf dat actief is in verschillende M2M-domeinen. Een ervan is transport en logistiek waar zij diensten aanbieden vanaf de eerste M2M-apparaten die voertuigen volgen tot de laatste geavanceerde laadbelastingsmeters en rijgedrag monitoringssystemen. Laatst deed Numerex een overname van USD 37,5 mln. Van fleet-managementspecialist Omnilink Systems om haar productportfolio uit te breiden.⁷ De internationale telematica-industrie wordt ook zwaar ondersteund door Vodafone die een M2M-platform ontwikkelde dat momenteel gebruikt wordt voor diensten variërend van elektronische tolwegsystemen, naar koelkastmonitoring, tot veiligheidsdiensten en elektriciteit-meetsystemen. Dankzij Vodafone kan de internationale telematica-industrie nu wereldwijd verbinden met meer dan 580 mobiele netwerken. Exploitanten van mobiele netwerken zoals Vodafone, maar ook anderen zoals AT&T, China Mobile, Telefonica of Orange, bieden steeds vaker diensten aan specifiek voor M2M-toepassingen, naast hun algemene mobiele data-infrastructuur.

⁶ ServicePower enters into strategic relationship with Bosch Software Innovations, Jenniffer L. Breitenstein, 24 april 2014

⁷ Numerex Announces Definitive Agreement to Acquire Omnilink, press.numerex.com, 29 april 2014

3.6 Domein monitoren van fysieke en omgevingscondities

Het monitoren van fysieke en omgevingscondities betreft het meten van parameters zoals temperatuur, luchtvochtigheid, licht of plantconditie, en de communicatie en opslag van deze informatie. Er zijn steeds meer geavanceerdere sensoren beschikbaar gekomen om teeltprocessen te kunnen monitoren. Voorbeelden zijn PAR-sensoren (meten het licht dat voor fotosynthese wordt gebruikt), vocht- en nutriënten sensoren, fotosynthesemeters, stengeldiktemeters, sapstroomsensoren, gewascamera's, bladtemperatuurmeters, enzovoort.



Veel van deze sensoren zijn via kabels verbonden aan het netwerk van de kwekerij. In toenemende mate kunnen sensoren ook draadloos worden uitgelezen. De belangrijkste technologieën hiervoor zijn RFID-enabled sensoren en draadloze sensornetwerken (WSN, Wireless Sensor Network).

Bij RFID-enabled sensoren is de sensor geïntegreerd met de RFID-chip. Bij het uitlezen van de chip (bijvoorbeeld wanneer een RFID-poort wordt gepasseerd) wordt dan naast de identificatie ook de sensorinformatie uitgewisseld.

Bij een WSN zijn de sensoren gekoppeld aan een draadloos netwerk (via een gateway). Een WSN bestaat dan uit verschillende gedistribueerde sensoren, die gezamenlijk een goed beeld geven van de ontwikkelingen in de gemeten condities. Meestal wisselen zij hun data uit met een gateway via kort-bereik draadloze mesh-netwerken naar een centrale locatie. Vooral vanwege de grote hoeveelheden data, wordt vaak gebruik gemaakt van specifieke integratiesoftware (WSN middleware). Vaak is deze software geïmplementeerd op de sensoren zelf. Alle middleware die gebruikt wordt om de data van de gateway door te voeren naar hoger gelegen lagen is vergelijkbaar of gelijk aan die van SCADA, M2M of RFID, welke dezelfde drielagenarchitectuur delen.

Toepassingen in dit vakgebied nemen snel toe. Ook middleware op het gebied van WSN wordt steeds volwassen met steeds meer mogelijkheden om WSN data te verzamelen en distribueren.

Standaardarchitecturen zijn op dit domein echter nog minder volwassen en verschillende oplossingen leven naast elkaar, waarvan veel nog in een onderzoeksfase zijn en de commerciële waarde ervan nog beperkt. Ondanks dat, wordt er door verschillende bedrijven fors geïnvesteerd in de ontwikkeling van draadloze sensornetwerken.

Dit hoofdstuk heeft de technologieën in kaart gebracht voor automatisering van teeltprocessen op verschillende besturingslagen. Daarbij lag de nadruk op vier technologiedomeinen die betrekking hebben op de koppeling tussen bedrijfsmanagementsystemen en de apparaatsoftware. Hoewel deze technologiedomeinen steeds meer naar elkaar toegroeien, hebben de standaarden zich apart van elkaar ontwikkeld. Het volgende hoofdstuk geeft een overzicht van de belangrijkste standaarden en standaardisatieorganisaties op dit gebied.

4 Internationale standaarden en standaardisatieorganisaties

Voor de technologische domeinen die in het vorige hoofdstuk werden geïntroduceerd, wordt in dit hoofdstuk een samenvatting gegeven van de meest relevante standaarden en raamwerken. Hiervoor is toegespitst op de meest gebruikte standaarden en raamwerken binnen de domeinen met een focus op de industriële sector. Als basis voor de analyse van data-uitwisseling kan het ISO/OSI-model gebruikt, die is weergegeven in Figuur 8. Dit conceptuele model karakteriseert en standaardiseert de interne communicatiefuncties van een communicatiesysteem door het op te delen in abstractielagen. Het ISO/OSI-model definieert zeven lagen relevant bij data-uitwisseling. De officiële naam van het model is ISO/IEC 7498-1.

OSI model			
Data eenheid		Laag	Functie
Host lagen	Data	7. Applicatie	Netwerkproces naar toepassing
		6. Presentatie	Datarepresentatie, encryptie en decryptie, conversie machineafhankelijke data naar machineonafhankelijke data
		5. Sessie	Interhost communicatie, sessiebeheer tussen toepassingen
	Segmenten	4. Transport	Betrouwbare levering van pakketten tussen punten in een netwerk
Media lagen	Pakket/Datagram	3. Netwerk	Adresseren, routen en (niet per se betrouwbare) levering van datagrammen tussen punten in een netwerk
	BIT/Frame	2. Data link	Een betrouwbare, directe punt-tot-puntdataverbinding
	BIT	1. Fysieke	Een (niet per se betrouwbare) directe punt-tot-puntdataverbinding

Figuur 8 ISO/OSI-model⁸

In de zomer van 2014 schreef Martijn Maurits een interessant artikel in *De Correspondent* over het begrip van technologie. Hierin gaf hij een korte beschrijving van het OSI model:

'Allereerst bestaat een netwerk uit een fysieke infrastructuur. Onder deze fysieke laag vallen kabels, routers en alle andere apparaten die elektriciteit vervoeren door het netwerk. In een draadloos computernetwerk vervangt de lucht de kabel als het fysieke onderdeel van het netwerk.

Daarboven bevindt zich de datalink-laag; die delen van het netwerk die verantwoordelijk zijn voor het transport van de data-bits van apparaat naar apparaat. Dan gaat het bijvoorbeeld over de verbinding tussen een computer en een router (de signalen, niet de kabel). Daarvoor is het wel nodig dat ieder apparaat een eigen, unieke naam draagt. Die naam is het MAC-adres (Media Access Control), een fysiek adres dat er bijvoorbeeld zo uit ziet: 00:b9:a5:12:00:17 en dat de communicatie tussen de apparaten mogelijk maakt. Met de command-line kunnen we ons eigen MAC-adres achterhalen evenals het MAC-adres van de router.

De volgende laag is de netwerk-laag, die de pakketjes data door het netwerk laat stromen. Het is een soort adressysteem dat ervoor zorgt dat het verkeer in een netwerk

⁸ <http://www.ecma-international.org/activities/Communications/TG11/s020269e.pdf>, 15 juni 1996

op de juiste plekken terechtkomt. Het adressysteem dat hiervoor gebruikt wordt is het zogenoemde Internet Protocol, en de adressen zijn IP-adressen.

Een netwerk bestaat in totaal uit zeven lagen, waarvan de Critical Engineers er nog twee uitlichten: de transportlaag, die het ervoor zorgt dat het datatransport probleemloos verloopt naar de applicatielaag, die het dichtst bij de gebruiker van het netwerk staat. De webbrowser bevindt zich bijvoorbeeld in deze laag.⁹

4.1 Domein automatische identificatie

Er zijn drie soorten standaarden voor automatische identificatie, namelijk:

- *coderingsstandaarden*
digitale 'nummerborden' van onder andere producten, ladingdragers, fust en locaties die als informatiesleutels gebruikt worden in toepassingen in de hele keten, waaronder het scannen van barcodes en het uitlezen van RFID-chips
- *labelstandaarden*: afspraken over de weergave van coderingen zodat deze eenduidig kunnen worden uitgelezen, met name barcode en RFID-standaarden
- standaarden voor het uitwisselen van auto-ID-informatie.

Barcodetechnologie en vergelijkbare coderingsstandaarden zijn van oudsher de belangrijkste verschijningsvormen binnen het domein automatische identificatie. Tegenwoordig wordt de rol van RFID (Radio Frequency Identification) steeds belangrijker en daarmee nemen ook de EPC (Electronic Product Code) standaarden in belang toe. Het EPC-global raamwerk van GS1 is verreweg het best doorontwikkelde en meest volwassen raamwerk voor RFID toepassingen. GS1, bekend geworden door bovengenoemde barcode, beheert een uitgebreid raamwerk dat ontwikkeld is voor het identificeren, volgen en uitwisselen van EPC-informatie door de toeleveranciersketen. Een concrete behoefte uit de business stond aan de oorsprong van deze ontwikkeling. Dit leidde tot een samenwerking tussen GS1, Walmart, Hewlett-Packard en anderen. Het initiatief ontwikkelde zich tot een wereldwijd EPC-raamwerk en inmiddels zijn RFID-standaarden en diensten ondergebracht met als doel het verhogen van kwaliteit van informatiestromen tussen bedrijven en hun kern-handelspartners.

4.1.1 Unieke identificatie van objecten

Er kan onderscheid worden gemaakt tussen de codering van producten en van logistieke eenheden op diverse niveaus zoals ladingdragers (stapelwagens), fust (kratten, bakken, dozen), locaties (loodsen, docks, kwekerijen), zendingen (partijen, orders, truckladingen) en bedrijven/adressen. GS1 is internationaal de meest toonaangevende organisatie voor coderingsstandaarden is. De belangrijkste GS1-standaardcoderingen zijn:

- GTIN – Global Trade Item Number (generiek) voor codering van artikelen en handelseenheden; voor tracking & tracing is een combinatie met een unieke partijcode (serial number) nodig: SGTIN;
- SSCC – Serial Shipping Container Code: verzendcode voor logistieke eenheden;
- GLN – Global Location Number: standaard voor het coderen van locaties;
- GRAI – Global Returnable Asset Identifier; standaard voor het coderen van meermalig fust en containers.

4.1.2 Barcode en RFID-labelstandaarden

Ook voor de standaardisering van labels heeft GS1 een leidende rol. Wat betreft de barcode-standaarden gaat het daarbij om traditionele barcodes voor artikelcodering, met name EAN13 daarnaast EAN8 en ITF14 (voor ruw karton). Het belangrijkste onderdeel van de artikelcodes is het GTIN-artikelnummer. Daarnaast wordt de meer geavanceerde GS1-128-barcode vaak gebruikt. Dit is een flexibele barcode waarin grote en diverse hoeveelheid informatie, zoals houdbaarheidsdatum, kan

⁹ De Correspondent, Martijn Maurits, 10 juli 2014

worden opgenomen door gebruik van zogenaamde Application Identifiers. GS1-128 kan gebruikt worden voor het scannen van logistieke eenheden, zoals zendingen door opname van bijvoorbeeld een Serial Shipping Container Code (SSCC) of locaties (door gebruik van bijvoorbeeld de Global Location Number, GLN).

Een recente ontwikkeling is de opkomst van de GS1 Databar en van meerdimensionale barcodes, met name de QR-code en de GS1 Data Matrix. Deze intelligente barcodes kunnen aanvullende gegevens bevatten, zoals bijvoorbeeld een houdbaarheidsdatum, een batchnummer, het (variabel) gewicht, een serienummer en nog zo'n honderd andere gegevensvelden. Bovendien kunnen ze veel kleiner worden weergegeven dan bijvoorbeeld de GS1-128 en zijn daarom geschikt voor toepassing op (kleine) producten.

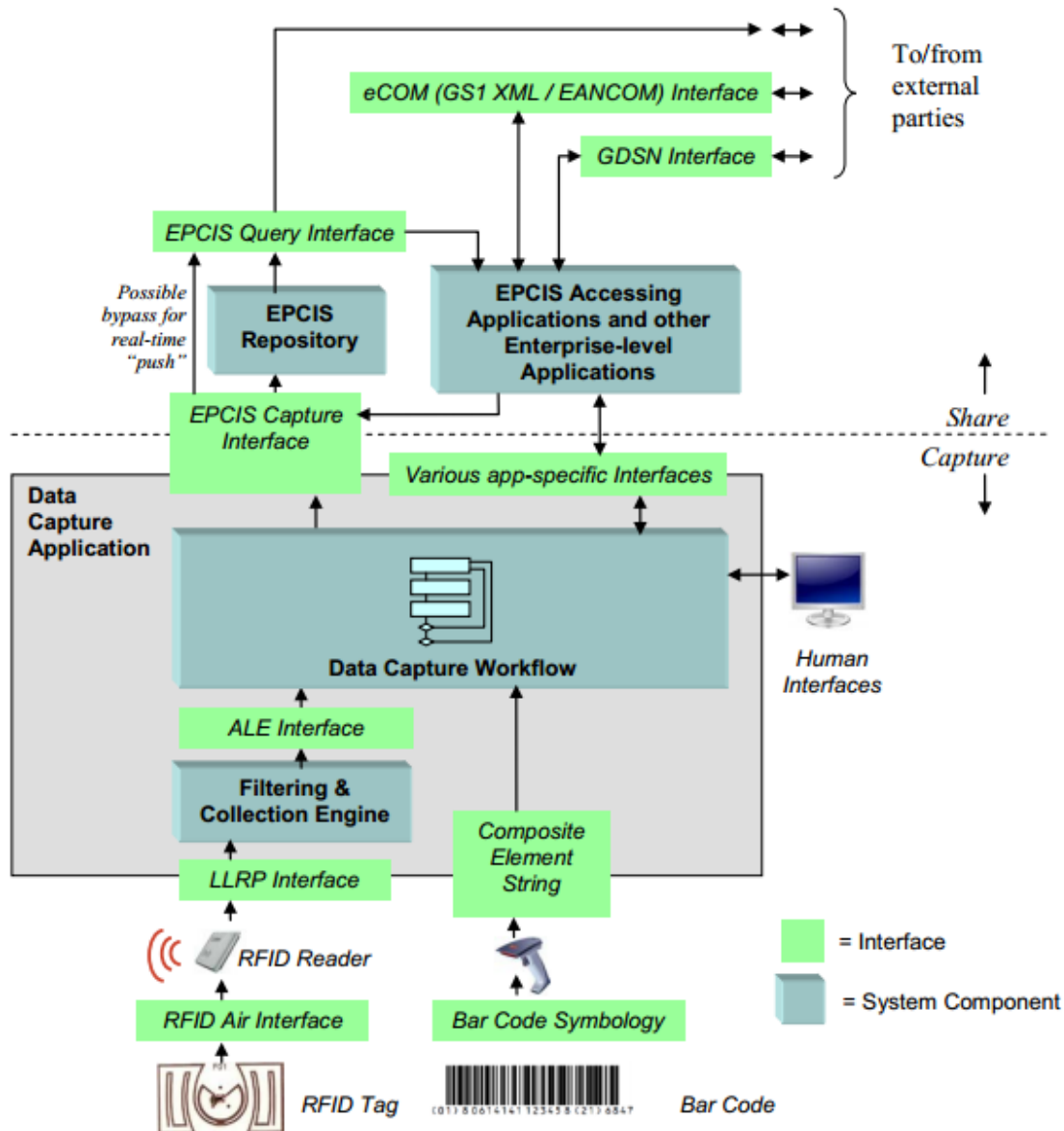
De leidende labelstandaard voor RFID is de Electronic Product Code (EPC). EPC is de elektronische weergave van een uniek nummer dat gebruikt wordt om een specifiek object in de supply chain te identificeren. EPC maakt daarvoor gebruik van de identificatiestandaarden van GS1, met name GRAI, SSCC en SGTIN (GTIN in combinatie met een uniek serienummer).

De EPC is opgeslagen in de chip op een RFID tag. Door een antenne kan de chip het opgeslagen nummer naar een reader versturen. Wanneer de tag binnen het bereik van een passende reader komt, wordt de tag opgeladen door het magnetische veld van de reader en verstuurt het zijn ID en attributen naar de reader. Door de code te linken aan een beveiligde database, kan data gelinkt aan het product worden geassocieerd met de code.

4.1.3 Gestandaardiseerd uitwisselen AutoID-informatie

Dankzij de standaarden voor objectcodes kunnen bedrijven informatie over objecten met elkaar uitwisselen terwijl beide partijen weten dat zij over hetzelfde object spreken. Bijvoorbeeld of een product op de plaats van bestemming is aangekomen. De EPC-informatieservice-aanpak (EPCIS) definieert standaard-interfaces en diensten die het mogelijk te maken om EPC-gerelateerde data op te vangen en te doorzoeken. Het gaat in dit geval dus om een set van standaarden en handelingen die in een raamwerk zijn ondergebracht. Daarbij aansluitend zijn beveiligingsmechanismen ontwikkeld die voldoen aan de specifieke behoeften van gebruikersorganisaties. In veel gevallen worden een of meerdere online databases met EPC-gerelateerde data betrokken. Het is echter ook mogelijk om elementen van de aanpak te gebruiken voor directe applicatie-tot-applicatie datadeling, zonder dergelijke databases. Kortom, de gebruiker of gebruikersgroep kan het raamwerk gebruiken om tot diverse gebruiker- of ketenspecifieke implementaties van het raamwerk te komen.

De standaarden voor interfaces in het EPCIS-raamwerk zoals in groen weergegeven in Figuur 9, richten zich op de applicatielaag van het ISO/OSI-model. In het model is een onderscheid gemaakt tussen de standaarden in het raamwerk die het delen van EPC-informatie ondersteunen (boven de stippellijn) en standaarden die het verzamelen van EPC-informatie ondersteunen (onder de stippellijn).



Figuur 9 EPCIS-raamwerk¹⁰

4.2 Domein mobiele apparaten

Het doel van het domein mobiele apparaten is het realiseren van een infrastructuur tussen verschillende apparaten. Steeds meer apparaten beschikken over manieren om data uit te wisselen. Het M2M-vakgebied biedt oplossingen (infrastructuur) om een wereldwijde netwerken te creëren van *connected* apparaten. De drie leidende M2M-architecturen (van 3GPP, IEEE en ETSI) identificeren drie hoofddomeinen, namelijk:

- Het applicatiedomein, waarin zich de middleware-laag bevindt waar data door verschillende applicatiediensten gaat en gebruikt wordt door specifieke business-process-engines. Een software-agent of proces waardoor de data geanalyseerd en gerapporteerd kan worden, zodat actie kan worden ondernomen op geïdentificeerde events.
- Het netwerkdomein, waarbinnen zich het communicatienetwerk bevindt dat M2M gateways verbindt met M2M-applicaties. Valt verder onder te verdelen in toegang, transport en kern netwerken, zoals mobiele dataverbindingen, W-LAN, WiMAX en andere.

¹⁰ EPC Information Services (EPCIS) Version 1.1 Specification, GS1 Standard, Version 1.1, mei 2014

- M2M-apparaatdomein. Welke bestaat uit M2M gateways, lokale netwerken, en apparaten.
 - Apparaten zijn in staat om te reageren op verzoeken om data of in staat om data autonoom door te geven aan het netwerk. Daardoor kunnen zij reageren op data door het uitvoeren van taken en over deze taken rapporteren.
 - Het lokale netwerk biedt een verbinding tussen apparaten en gateways. Dit kunnen verschillende type netwerken zijn zoals bijvoorbeeld WLAN, Bluetooth WPAN en LR-WPAN. De tabel hieronder geeft een vergelijking van hun eigenschappen.
 - De gateways zorgen vervolgens voor de link tussen het lokale netwerk en het communicatie-netwerk.

4.2.1 WLAN versus Bluetooth based WPAN versus Low-rate WPAN¹¹

	WLAN (802.11)	Bluetooth-based WPAN (802.15.1)	Low-rate WPAN (802.15.4)
<i>Bereik</i>	~100 m	~10 m - ~100 m	~10 m
<i>Dataverwerkings-capaciteit</i>	~2 – 11 Mbs	~1 Mbs	~0,25 Mbs
<i>Stroomverbruik</i>	Medium	Laag	Ultra laag
<i>Grootte</i>	Groter	Kleiner	Kleinst
<i>Kosten/complexiteit</i>	>6	1	0,2

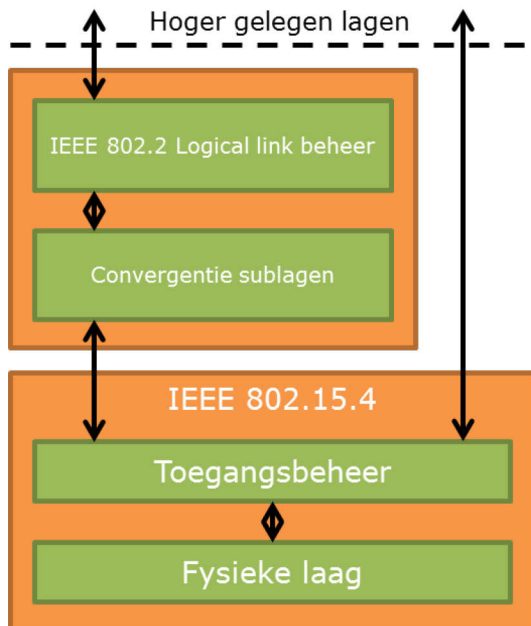
4.3 Domein monitoren van fysieke en omgevingscondities

Voor dit domein is een grote diversiteit aan standaarden beschikbaar. Dit in tegenstelling tot automatische identificatie, waarbij de GS1-standaarden leidend zijn. De belangrijkste standaarden voor industriële toepassingen zijn IEEE 802.15.4, ISA100.11a en WirelessHART. In feite zijn deze referentiearchitecturen specifieke invullingen die passen binnen M2M. Toch wordt dit domein apart benaderd, omdat het belangrijk is voor industriële toepassingen en de middleware hele specifieke eigenschappen heeft.

4.3.1 IEEE 802.15.4

IEEE 802.15.4 is een standaard die de fysieke laag en het toegangsbeheer (voor positie in ISO/OSI model zie Figuur 10) specificeert voor Low-rate Personal Area Networks (LR-WPANs). Deze standaard is ligt aan de (technische) basis van allerlei (al dan niet commerciële) standaarden die LR-WPAN implementeren zoals ZigBee en MiWi in consumentenomgevingen en ISA100.11a en WirelessHART in industriële omgevingen. Figuur 10 visualiseert hoe IEEE 802.15.4 zich verhoudt tot hogere lagen. De IEEE 802.02-laag in de figuur is een voorbeeld dat ook geïmplementeerd kan worden door andere standaarden. Dit hangt af van de implementatie.

¹¹ A Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi, Jin-Shyan Lee, Yu-Wei Su, and Chung-Chou Shen, Information & Communications Research Labs Industrial Technology Research Institute (ITRI) Hsinchu, The 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON) Nov. 5-8, 2007, Taipei, Taiwan

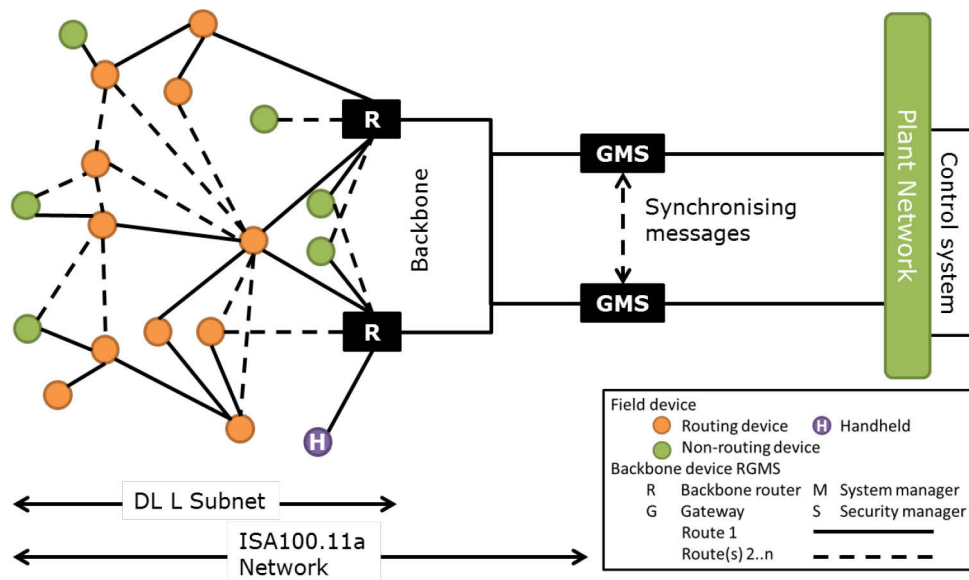


Figuur 10 IEEE 802.15.4

IEEE 802.15.4 betreft de fysieke laag en het toegangsbeheer van een WSN. ISA100.11a en WirelessHart zijn leidende industriële raamwerken van WSN-standaarden op alle niveaus van WSN's voor procesautomatisering.

4.3.2 ISA100.11a

Zoals in Figuur 11 te zien is bestaat ISA100.11a uit een WSN met een net-topologie die met de backbone wordt verbonden door meerdere backbone routers. Deze routers transporteren de data naar de gateway waarop ook de management van het systeem en de beveiliging is aangesloten. Via de gateway wordt het netwerk aangesloten op het fabrieksnetwerk dat de link naar het control-systeem realiseert. Handhelds kunnen via routers toegang krijgen tot het netwerk, bijvoorbeeld om data uit te wisselen met devices om die te configureren binnen een bepaald industrieel netwerk. Het draadloze sensornetwerk zelf bestaat uit twee typen verschillende nodes, namelijk nodes die informatie van de ene buurman aan de andere kunnen doorgeven (routing device) en nodes die alleen hun eigen informatie kunnen doorgeven (non-routing device). Verschillende gateways kunnen hun informatie met elkaar synchroniseren door middel van synchronisatieberichten om te garanderen dat geen redundantie optreedt doordat dezelfde informatie via verschillende routes door het netwerk naar de backbone reist.

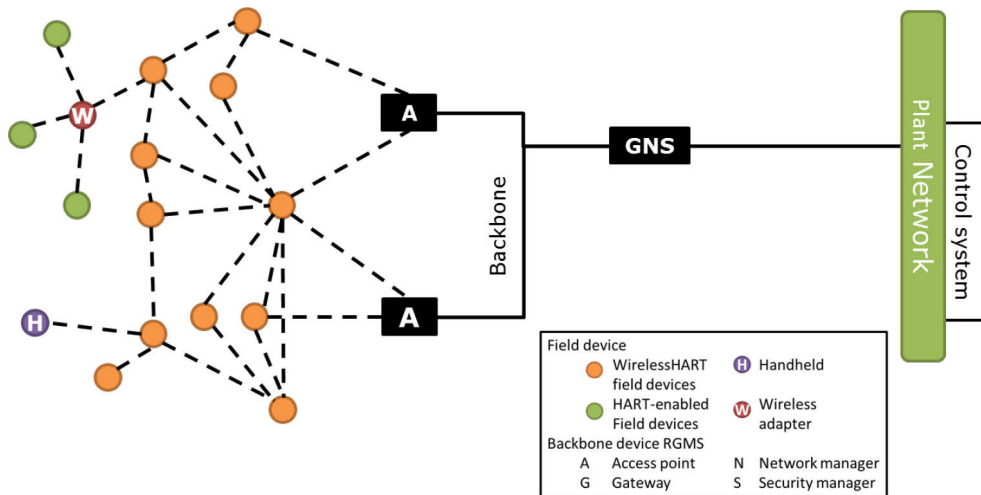


Figuur 11 Onderdelen van de ISA 100.11a standaard¹²

4.3.3 WirelessHART

WirelessHART is een standaard die vergelijkbaar is met ISA100.11a. In Figuur 12 is de WirelessHART-architectuur weergegeven. WirelessHART is net als ISA100.11a een standaard, of, specifieker, een draadloos netwerkcommunicatieprotocol voor procesautomatiseringstoepassingen. De Gateway biedt toegang tot het host netwerk waarop WirelessHART is aangesloten en realiseert ook de netwerkmanager en veiligheidsmanager. Netwerkmanagement is nodig om het MESH-netwerk te bouwen en onderhouden. Hier worden de optimale netwerkpaden geïdentificeerd en worden de tijdslots beheerd voor metingen. Veiligheidsmanagement beheert en distribueert de veiligheidsencryptiesleutels. Ook wordt door de veiligheidsmanager een lijst onderhouden van geautoriseerde apparaten die aan het netwerk kunnen worden toegevoegd. In tegenstelling tot ISA100.11a hebben in een WirelessHART-netwerk alle instrumenten routingcapaciteiten. Wanneer een instrument zelf geen proces meet, maar alleen data doorgeeft, wordt het een repeater genoemd. De adapter is een apparaat dat met een van de HART-instrumenten verbinding maakt zodat het data vanuit het netwerk kan doorgeven aan de host backbone. Ook zijn er twee typen handhelds. Een voor routinetaken zoals onderhoud- en calibratie-controles. De handheld kan gemakkelijk contact maken met het netwerk via een van de instrumenten. Het tweede type handheld maakt contact via de gateway en kan gebruikt worden voor geavanceerde diagnoses.

¹² Industrial ethernet book the special edition, The journal of industrial network connectivity, Advantech, mei 2013



Figuur 12 Onderdelen van de WirelessHART standaard¹³

Dit type WSN's is erg populair in industriële omgevingen vanwege de lage kosten, het lage stroomverbruik en eenvoudige plaatsing. In onderstaande tabel zijn een aantal eigenschappen van L-R WPAN's vergeleken met Bluetooth en WiFi.

4.3.4 Samenvatting van WSN eigenschappen

Er zijn op het gebied van WSN's dus verschillende concurrerende systemen. De belangrijkste componenten van een Wireless Sensor Network middlewareoplossing zijn op algemeen niveau:

- Abstracties in programmeren: deze definiëren de interface van de middleware richting de programmeur
- Systeemdiensten: deze bieden implementaties die de abstracties kunnen realiseren
- Runtime ondersteuning: dit werkt als een verlengstuk van het besturingssysteem om middleware diensten te realiseren
- Quality of service (QoS) mechanismes: deze definiëren de beperkingen van het systeem

4.4 Domein industriële procesaansturing

De belangrijkste standaarden voor de aansturing van industriële processen zijn ondergebracht in de ISA-95 en ISA-88 raamwerken en gerelateerde standaarden zoals BatchML en B2MML. In deze paragraaf wordt geschetst hoe de internationale productie-industrie koppelvlakken tussen kantoor-automatisering en productieautomatisering standaardiseert met behulp van deze raamwerken en standaarden.

4.4.1 Ontstaan en draagvlak van ISA en ISA-95

The International Society of Automation (ISA) is een organisatie die zich al sinds 1945 bezighoudt met standaardisatiewerkzaamheden in de automatiseringsindustrie. Het was daarom een logische keuze om een technische standaard die de koppelvlakken tussen MES en ERP beschrijft bij deze standaardisatieorganisatie onder te brengen. Dat proces startte op 9 januari 2002 met het online gaan van de website www.s95.nl. Hiermee startte de kennisontwikkeling en marketing van ISA-95. Eerst in Nederland, later in Europa en inmiddels in de hele wereld. ISA-95 is uitgegroeid tot dé standaard voor de integratie van Enterprise en productiesystemen. Het ISA-95 consortium omvat onder andere vooroplopende eindgebruikers, systeemintegratie experts en toeleveranciers. In de internationale

¹³ HART Communications Foundation, http://en.hartcomm.org/hcp/tech/aboutprotocol/aboutprotocol_how.html, november 2015

productie-industrie worden bedrijfsfuncties op dit niveau geschaard onder Bedrijfsplanning en Logistiek conform niveau 4 in het ISA-95 model.

4.4.2 Samenvatting van de ISA-95 standaard

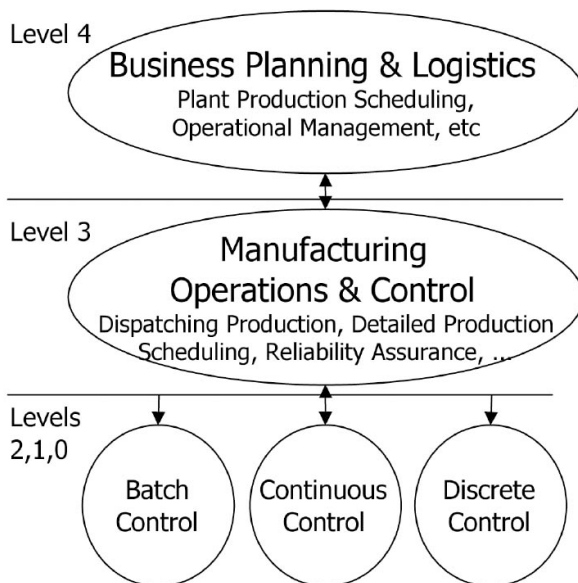
Aangezien dit rapport zich toelegt op de koppeling tussen productie-automatiseringssystemen en BMS-systemen, is de ISA-95 de meest relevante standaard om op in te zoomen, omdat deze standaard zich daar op richt. ISA-95 bestaat uit vijf delen waarvan vier delen zijn afgerond en een nog in ontwikkeling is. Hier volgt een korte samenvatting van de standaard.

De ISA-95-standaard bestaat uit een beschrijving van de functionaliteiten op level 4 (Business Planning & Logistics) en op level 3 (Manufacturing Operations & Control) en voorziet in een universele terminologie om de integratie tussen de softwaresystemen op beide niveaus te standaardiseren. Hiervoor biedt ISA-95 modellen en beschrijvingen van de relevante informatiestromen tussen processen op niveau 3 en 4, en werkt deze uit in de vorm van objectmodellen en definities van attributen.

4.4.3 Deel 1: Models and terminology

Deel 1 bestaat uit een aantal modellen die samen een raamwerk opbouwen voor het analyseren van relevante processen en informatiestromen. Het biedt een gemeenschappelijk referentiekader. In dit deel wordt onderscheid gemaakt tussen hiërarchische en functionele modellen.

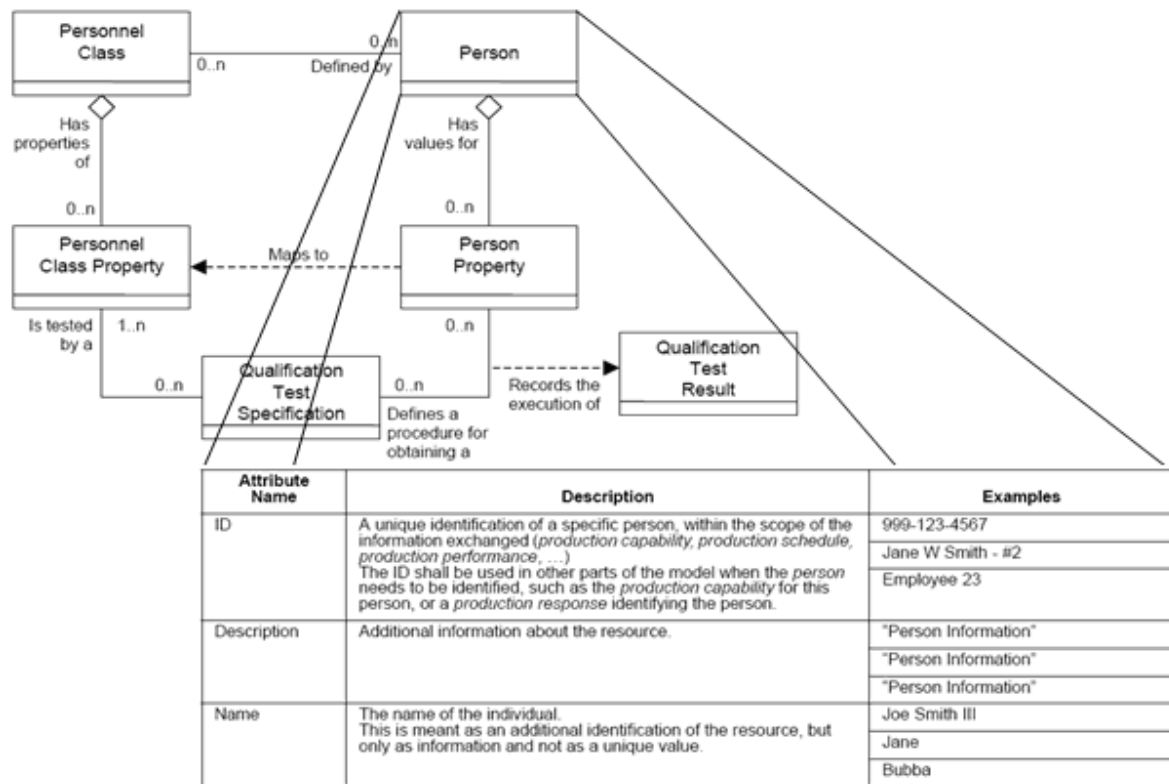
Onderstaande figuur is een voorbeeld van zo'n hiërarchisch model. Het model biedt een kapstok die gebruikt kan worden om processen en softwarefunctionaliteit in te delen op hun hiërarchische niveau. Onderstaande figuur geeft een overzicht van de besturingsniveaus die onderdeel zijn van ISA-95. Paragraaf 2.4 is op dit model gebaseerd. ISA-95 richt zich op de interactie tussen level 3 en 4. ISA-88 heeft de niveaus daaronder als focus.



Figuur 13 De vier besturingsniveaus van ISA-95¹⁴

¹⁴ The Road to Integration: A Guide to Applying the ISA-95 Standard in Manufacturing, Bianca Scholten, 2007

Een voorbeeld is het personeel model uit Figuur 15. Het model bestaat uit zes tabellen waar de informatie in beschreven wordt. Hieronder wordt het personeel model toegelicht. Hierin is te zien welke attributen een persoon kan bevatten.



Figuur 15 Het personeel model uit deel 2 van ISA-95 waarin de attributen van person zijn uitgelicht¹⁶

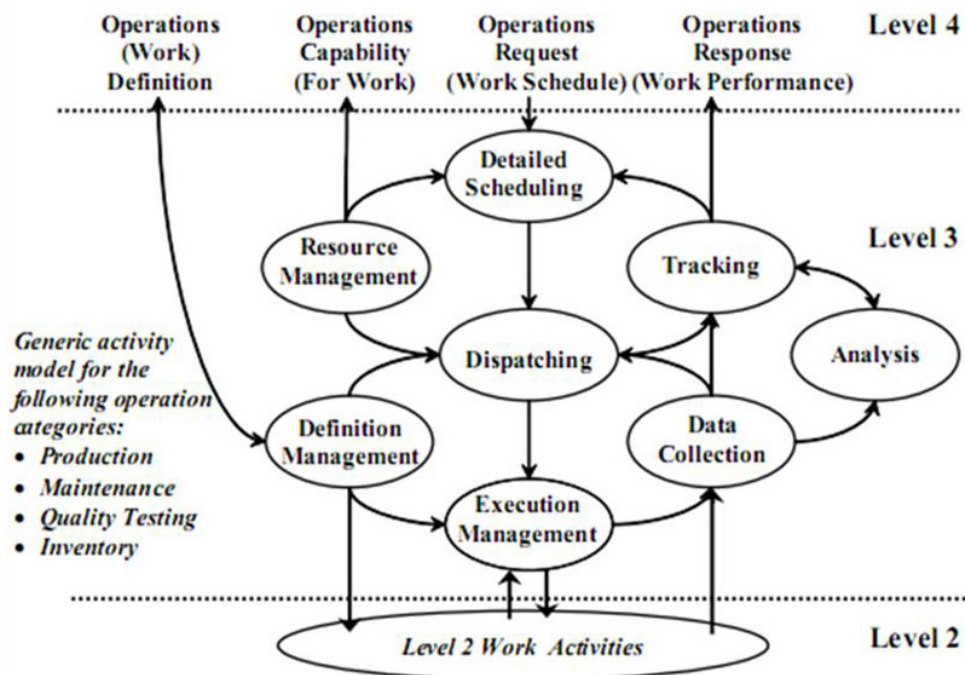
4.4.5 Deel 3: Activity Models of Manufacturing Operations

In deel 3 definieert ISA-95 voor iedere werkcategorie algemene activiteitsmodellen waarin de belangrijkste berichten en processen binnen niveau 3 worden weergegeven. De basisopbouw van deze modellen is generiek en dus voor de verschillende modellen binnen deel 3 gelijk. De informatie-stromen kunnen worden ingedeeld in vier categorieën van werk waarvan voor iedere categorie een apart model is opgesteld, namelijk:

- productiewerkzaamheden
- onderhoudswerkzaamheden
- kwaliteitstestwerkzaamheden
- voorraadwerkzaamheden.

Figuur 16 geeft een weergave van het generieke model dat de basis vormt voor de vier modellen van de categorieën.

¹⁶ Part 2 of ISA-95: 'Object Model Attributes' (ANSI/ISA-95.00.02-2010 (IEC 62264-2 Mod))



Figuur 16 Processen binnen niveau 3¹⁷

4.4.6 Deel 4: Object Models and Attributes of Manufacturing Operations Management

Deel vier van ISA-95 is nog in ontwikkeling. Het onderwerp van deel vier is de informatie-uitwisseling tussen de vier hierboven geïdentificeerde categorieën van werk. Net als in deel twee, zullen in dit deel UML-modellen en attribuutdefinities worden gegeven, maar dan voor de activiteitsmodellen uit deel drie, zodat ook alle interfaces die binnen niveau drie vallen gestandaardiseerd kunnen worden geïmplementeerd.

4.4.7 Deel 5: Business to manufacturing transactions

Deze ISA-95 deel 5 standaard definieert transacties in termen van informatie-uitwisseling tussen applicaties die business en fabrieksactiviteiten uitvoeren die horen bij level 3 en 4. De uitwisselingen zijn bedoeld om informatieverzameling, querying, uitwisseling en opslag van informatie mogelijk te maken. Op deze manier wordt systeemintegratie ondersteund van enterprisebeheersingssystemen. Deel vijf sluit aan op de modellen en terminologie uit delen 1 en 2 van de standaard. In deze standaard worden de transacties gedefinieerd die specificeren hoe objecten die in deel 1 en 2 gedefinieerd zijn kunnen worden uitgewisseld.

4.4.8 Het implementeren van ISA-95 berichten

ISA-95 karakteriseert de informatie-uitwisseling binnen productiebedrijven en geeft uitgebreide modellen en definities op basis waarvan informatie-uitwisseling kan worden ingericht. Om tot daadwerkelijke berichten te komen die door machines begrepen kunnen worden, bieden WBF en UN/CEFACT verdere ondersteuning.

¹⁷ Part 2 of ISA-95: 'Object Model Attributes' (ANSI/ISA-95.00.02-2010 (IEC 62264-2 Mod))

4.4.9 MESA International en B2MML

Waar ISA-95 stopt met de definitie van de interfaces op koppervlakken gaat B2MML verder. B2MML staat voor Business to Manufacturing Markup Language. De in ISA-95 beschreven UML-modellen worden door B2MML geïmplementeerd in de door computers leesbare vorm XML. B2MML bestaat uit een reeks XML-schema's opgesteld in de XML Schemataal (XSD). De volledige ISA-95-standaard is in B2MML beschreven en vrijgesteld voor gebruik. De B2MML-standaard is ondergebracht bij WBF.

WBF is de organisatie voor productietechnologie en richt zich op het ondersteunen van proces-automatisering en de operatiebehoeftes van technische en besturende beroepen in de procesindustrie. Kort geleden is WBF met haar standaarden B2MML en BatchML ondergebracht bij MESA International. B2MML implementeert de ISA-95-berichten en BatchML- de ISA-88-berichten. Leden bestaan uit professionals die zich bezig houden met geautomatiseerde verwerking in onder andere de chemische, farmaceutische, papier-, voedsel- en drankenindustrie. Commerciële activiteiten worden tot een minimum beperkt om een onafhankelijk, educatief perspectief te waarborgen.

Naast de ISA-95 standaard put B2MML uit de Core Components Technical Specification van UN/CEFACT.

4.4.10 UN/CEFACT en Core Components Technical Specification

De United Nations Centre for Trade Facilitation and Electronic Business (UN/CEFACT) is onderdeel van van het UNECE Comité voor het bevorderen van de internationale de handel. Het functioneert als een orgaan dat de brug slaat tussen verschillende overheden en bedrijfsleven. Het centrum richt zich op het ontwikkelen van een werkprogramma met wereldwijde relevantie. Dit programma heeft als doel het verbeteren van wereldwijde coördinatie en samenwerking op het gebied van handel en elektronisch zakendoen met behulp van internationaal vastgestelde standaarden. Het beschrijven van de Core Component Technical Specification (CCTS) is een van de activiteiten van UN/CEFACT van dit het programma.

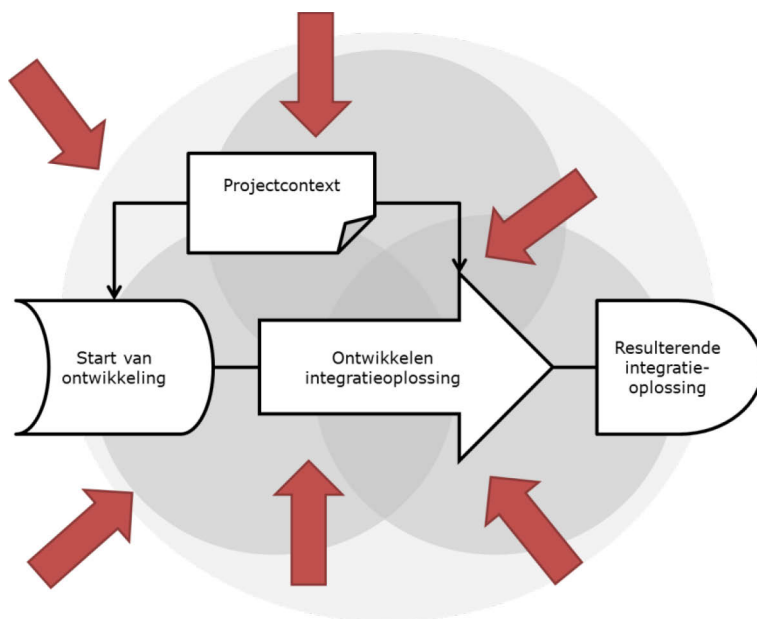
De CCTS beschrijft een aanpak voor het ontwikkelen van een generieke reeks semantische bouwblokken die een representatie zijn van algemene types bedrijfsdata, zoals ze vandaag de dag gebruikt worden. Deze aanpak voorziet in de creatie van nieuwe vocabulaires voor bedrijven, alsmede de herstructurering van bestaande vocabulaires. Het doel hiervan is het bereiken van semantische interoperabiliteit van data.

5 Resultaten kwalitatief onderzoek

Het kwalitatieve onderzoek is uitgevoerd door middel van interviews met experts uit de business. Zie de methodeparagraaf voor meer informatie over de selectie van respondenten.

5.1 Introductie

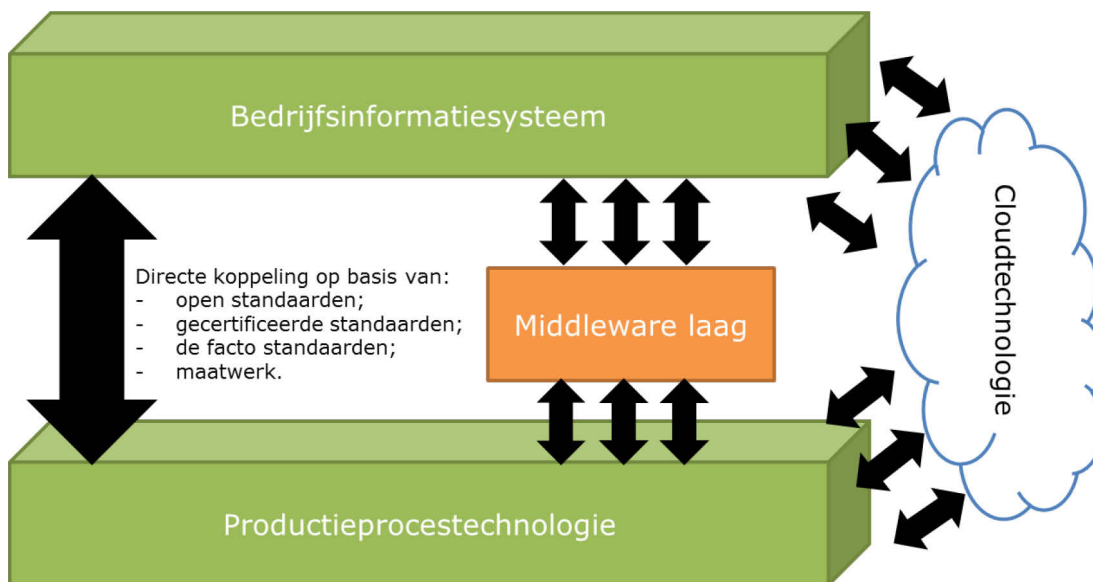
Verschillende factoren beïnvloeden de ontwikkeling van integratieoplossingen. Hoe de verschillende onderdelen van het ontwikkelingsproces worden ingevuld hangt af van het type integratieoplossing dat ontwikkeld wordt.



Figuur 17 Het ontwikkelingsproces van een integratieoplossing waarbij de rode pijlen factoren voorstellen die het proces beïnvloeden

5.2 Integratieoplossingen

Hoe factoren de ontwikkeling van integratieoplossingen beïnvloeden is ten dele afhankelijk van het type integratieoplossing. Het gaat om oplossingen voor de integratie van bedrijfsmanagement-systemen met productieautomatiseringssystemen, specifiek in de tuinbouwsector. Hiervoor zijn verschillende typen integratieoplossingen voorhanden waarvan de types die in de interviews naar voren gekomen zijn in de opvolgende paragrafen worden uiteengezet. Het selecteren van het type oplossing is een van de eerste stappen in het ontwikkelen van een integratieoplossing. Het eindresultaat waar naar toe wordt gewerkt, heeft grote invloed op het ontwikkelingsproces in termen van betrokken actoren, technologieën en doorlooptijden. De voorbeelden die in de interviews met kwekers en leveranciers naar voren zijn gekomen zijn in onderstaande figuur gevisualiseerd en worden in de volgende paragrafen gedefinieerd.



Figuur 18 Integratieoplossingen voor interoperabele systemen en grenzeloze informatiestromen

5.2.1 Directe koppeling op basis van open standaarden

Directe koppelingen op basis van open standaarden zijn koppelingen tussen bedrijfsmanagement-software en apparaten en systemen in de productieprocessen waarbij gebruik gemaakt wordt van standaarden die open toegankelijk en te gebruiken zijn. Er zijn geen licentiekosten aan verbonden en de specificaties zijn beschikbaar. Dit type standaarden voor koppelingen is met name, maar niet uitsluitend, te vinden in server- en netwerkomgevingen. Bekende voorbeelden zijn de standaarden XML en web-services.

'In de ketelbesturing zijn zulke koppelingen wel ontworpen in de vereniging digitale computers voor de tuinbouw (DICOTU), maar dit initiatief is redelijk aan het verwateren.'

5.2.2 Directe koppeling op basis van gecertificeerde standaarden

Het ontwikkelen, beheren en onderhouden van standaarden kan een bewerkelijk proces zijn. Dit is een van de redenen dat niet alle standaarden open zijn. Licenties worden opgezet om de tijd en kosten van de standaardisatieactiviteiten te kunnen bekostigen. Vaak wordt dan tevens een certificerende instantie aangesteld. ISA-95 is een voorbeeld van zo'n standaard en is voortgekomen uit een behoefte.

Niet alle leveranciers hebben vertrouwen in het opstellen van gecertificeerde standaarden voor koppelingen tussen BMS en productieautomatiseringssystemen in de tuinbouw. Onderstaand citaat geeft de mening van een van de productieprocesstechnologieleveranciers weer.

'Georganiseerde standaardisatie, specifiek voor deze sector, is niet rendabel omdat er simpelweg te weinig leveranciers zijn om zich bij het initiatief aan te sluiten.'

Een van de andere leveranciers van productieprocesstechnologie gaf aan dat bestaande gecertificeerde standaarden ter inspiratie kunnen dienen tijdens de ontwikkeling van software.

'De grootste meerwaarde die ISA biedt is de structuur. Bij het bouwen van software moet je gestructureerd te werk gaan. ISA biedt daarbij een denkkader.'

5.2.3 Directe koppeling op basis van de facto standaarden

Standaarden kunnen een dominante positie verwerven zonder dat zij door een officiële standaardisatieorganisatie beheerd worden. Een internationaal bekend voorbeeld hiervan zijn de Microsoft standaarden die in feite best practices zijn afkomstig van een commerciële partij, maar wel door grote groepen actoren zijn geadopteerd. In de tuinbouwsector zijn verschillende leveranciers die de ambitie hebben om een dergelijke situatie te bereiken met hun koppelingen, zo blijkt uit onderstaande citaten.]

‘Wij hanteren een zelf-gecertificeerde interface. Dit is geen officiële standaard, maar de interface is wel goed gedocumenteerd. Andere partijen zoals leveranciers van bedrijfsmanagement-systemen kunnen de documentatie ontvangen zodat zij onze systemen kunnen koppelen met andere systemen.’

‘We proberen andere partijen aan onze technology-stack te committeren.’

5.2.4 Directe koppeling op basis van maatwerk

Een veelvoorkomende manier om systemen aan elkaar te koppelen is via directe interfaces die worden ingericht zonder gebruik te maken van standaarden. Het voordeel van dit soort koppelingen is de flexibiliteit waarmee zij kunnen worden ingericht. Zeer specifiek voor de wensen van een bepaalde klant. De kosten voor hun realisatie en beheer kunnen wel hoger zijn omdat er sprake is van maatwerk. Vooral leveranciers waarvoor het speelveld waarin zij opereren overzichtelijk is richten hun koppelingen vaak op deze manier in.

‘Alle koppelingen tussen het klimaatsysteem en de systemen die verantwoordelijk zijn voor verwerking in de schuur zijn maatwerkkoppelingen. Datzelfde geldt voor koppelingen tussen arbeidsregistratiesystemen en systemen van uitzendbureaus.’

Echter, er zijn ook leveranciers die een andere strategie kiezen zoals blijkt uit onderstaand citaat van een van de geïnterviewde BMS-leveranciers.

‘Alle add-ons die worden ontwikkeld worden automatisch in ons softwarepakket opgenomen, op internationaal niveau. Dat is uniek in de sector.’

5.2.5 Implementatie van een aparte middleware-laag

Het inrichten van een aparte middleware-laag om de complexiteit van koppelingen tussen bedrijfsmanagementsystemen en productieautomatiseringssystemen te behandelen is een zeer gangbare methode in de internationale productie-industrie. In feite is de hele ISA-95-standaard op dit concept gestoeld. In de tuinbouw is het echter nog geen gemeengoed. Slechts een van de geïnterviewde sierteeltkwekers had zijn IT-architectuur met een volwassen MES-laag ingericht.

‘Wij zijn gestart met het inrichten van een aparte middleware-laag omdat de directe koppelingen tussen ERP en kassystemen onbeheersbaar werden. Wij zijn de enige in de sector die op dit moment een volledige middleware laag implementeert.’

Ook andere voorlopers in de sierteeltketen exploreren momenteel deze optie, zoals in dit citaat te lezen is.

‘Op dit moment zijn we bezig met een verkenning met een bepaald softwarebedrijf omdat zij aangeven alle machinebouwsystemen en bedrijfssoftware aan elkaar te kunnen knopen en er managementinformatie uit kunnen destilleren.’

5.2.6 Implementatie van cloud-technologieën die integratie faciliteren

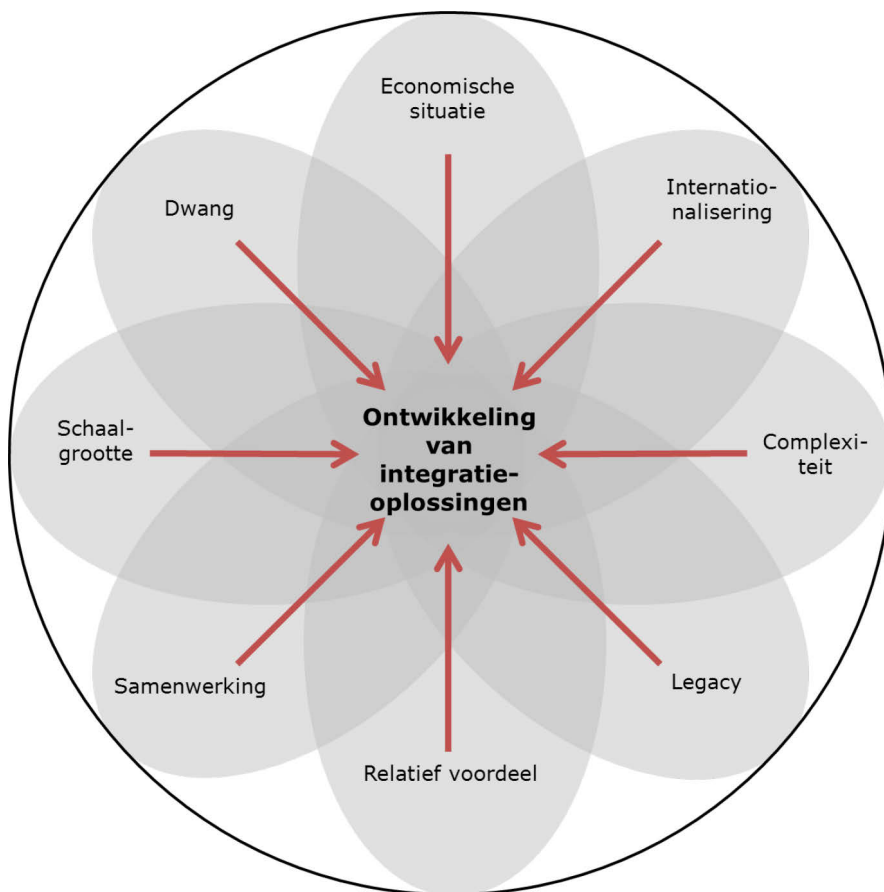
Een technologische stap die nog verder gaat dan het inrichten van een middleware-laag is het gebruiken van cloudtechnologie om systemen aan elkaar te knopen. De grootste voordelen hiervan ten opzichte van een klassieke middleware-laag gebaseerd op lokale databases bevinden zich op het gebied van betere schaalbaarheid en makkelijkere toegang voor beheer door de leverancier. Initiatieven in de tuinbouw op dit gebied bevinden zich momenteel nog in de onderzoeksfase, zoals bijvoorbeeld in de ontwikkeling van het Finspace-platform. Een van de productietechnologieleveranciers gaf aan zich wel in cloudtechnologie verdiept te hebben als oplossing voor het beheren van koppelingen, maar de markt bleek er nog niet klaar voor.

‘Wij hebben geen cloud-database ontwikkeld. We hebben het wel in overweging genomen, maar uiteindelijk toch maar lokale databases bij klanten gebouwd. De trend van meer cloud is er wel, maar vaak regeert de angst nog in de tuinbouwsector. We hebben besloten om voorlopig van de ontwikkeling af te zien, omdat cloud-technologie op dit moment geen reason-to-buy is voor onze klanten.’

5.3 Factoren die de ontwikkeling van integratieoplossingen beïnvloeden

Na de verschillende types integratieoplossingen geïntroduceerd te hebben volgen in de volgende paragrafen de factoren die de start en ontwikkeling ervan kunnen beïnvloeden. De belangrijkste factoren die in de interviews naar voren gekomen zijn, zijn weergegeven in onderstaande figuur. Het zijn acht hoofdfactoren die de ontwikkeling van integratieoplossingen beïnvloeden, namelijk:

- complexiteit
- internationalisering
- relatief voordeel
- economische situatie
- legacy
- schaalgrootte
- samenwerking
- dwang



Figuur 19 De acht belangrijkste factoren die de ontwikkeling van integratieoplossingen in de tuinbouwsector beïnvloeden

5.4 Factor: Economische situatie

De economische situatie is een factor die hoofdzakelijk wordt gedicteerd door de huidige conjunctuur. Het is daardoor een factor die lastig direct te beïnvloeden is door de actoren uit dit onderzoek. In bijna alle interviews wordt door de respondenten de economische situatie aangehaald als belangrijke verklarende factor voor de lage mate van innovatie in de sector en het vijandige concurrentieklimaat. Wanneer we de gegevens uit het Bedrijfsinformatienet erop naslaan zijn de volgende trends in de glastuinbouw te identificeren:

- Het inkomen uit tuinbouwbedrijven stijgt, echter de inkomensspreiding is groot.
- De bedrijfskosten (2014) zijn nagenoeg gelijk aan vorig jaar (2013).
- Er zijn heersende liquiditeitsproblemen voor een kleine 40% van de glastuinbouwbedrijven.
- De opbrengsten van glastuinbouwbedrijven zijn met 2% toegenomen.
- Glasgroententeelt kende in 2014 een goed productiejaar.
- De rentabiliteit in de glastuinbouw is nagenoeg onveranderd.

Hoewel de economische situatie dus lijkt te verbeteren ten opzichte van vorig jaar, heeft bijna de helft van de bedrijven moeite om haar betalingsverplichtingen te voldoen. De spreiding in resultaten tussen bedrijven onderling is groot wat betekent dat er voorlopers en achterblijvers zijn. Echter, het aantal achterblijvers met bedrijfsproblemen is aanzienlijk. Het vertrouwen van ondernemers in de economische situatie blijft laag.

5.4.1 Consequenties van de heersende economische situatie

De economische schommelingen zijn groter in de AGF dan in de sierteelt. Dat heeft consequenties voor de manier waarop kwekers uit beide groepen investeren. In de sierteelt kan dat planmatiger omdat de marges voorspelbaarder zijn. De investeringsruimte van een teler in AGF kan het ene jaar veel groter zijn dan het andere waardoor zijn investeringsbeleid grilliger is en impulsiever van karakter.

De heersende economische situatie heeft invloed op zowel kwekers als leveranciers. Bij de kwekers die nog niet economisch gezond zijn, leidt dit tot een vermindering in investeringsruimte. Tevens verandert de sfeer in een krapper wordende markt. De marges op glasteeltproducten zijn doorgaans klein waardoor de concurrentie toeneemt en de investeringsruimte beperkt blijft. In zo'n vijandige markt zijn veel kwekers minder geneigd om informatie te delen en samen te werken. Dat wordt onderstreept door onderstaand citaat.

'De piekproductie wordt steeds extremer en de marges worden kleiner wat ervoor zorgt dat er een vechtmart ontstaat die samenwerking in de sector bemoeilijkt.'

Het gevolg van de hierboven beschreven economische situatie is dat sommige bedrijven in staat zijn om te groeien ten koste van het aantal kleinere bedrijven. Het aantal klanten van leveranciers loopt daardoor terug. Dat geldt ook voor het aantal opdrachten van verschillende leveranciers doordat minder nieuwbouw plaatsvindt, want wanneer het lastiger wordt het hoofd boven water te houden verschuift de focus van kwekers van investeringen naar kostenreductie. Om gezond te blijven zoeken leveranciers naar nieuwe markten, bijvoorbeeld door internationaler te opereren. Dat leidt tot meer aandacht voor de minder geavanceerde oplossingen en minder voor de complexe, innovatieve oplossingen voor de Nederlandse markt, omdat men hier in het buitenland vaak minder behoefte aan heeft. Dit fenomeen wordt verder belicht in de paragraaf 'Internationalisering'.

Hoewel de negatieve gevolgen van de laagconjunctuur klaarblijkelijk nog niet zijn verdwenen, wordt wel door verschillende kwekers en leveranciers aangegeven dat de markt weer gezonder begint te worden, zoals ondersteund wordt door dit citaat van een leverancier van een BMS voor sierteeltbedrijven.

'Bloemen en planten hebben de grootste dip gehad en de markt begint weer aan te trekken.'

5.5 Factor: Internationalisering

Het aantal leveranciers van technologieën en bedrijfssoftware in de Nederlandse tuinbouwsector is beperkt. Dit is een van de redenen dat sommige leveranciers overkoepelende standaardisatie onnodig vinden en onderlinge maatwerkafspraken makkelijker vinden om te realiseren.

‘Het uitwisselen van tracking en tracing informatie tussen onze systemen en die van andere leveranciers, gebeurt hoofdzakelijk via maatwerkkoppelingen. Gezien het beperkte aantal leveranciers waarmee wij in implementatietrajecten te maken hebben, is de implementatie en het beheer van dergelijke koppelingen te overzien.’

Echter, het speelveld verandert. Dat geldt in het bijzonder voor sommige van de leveranciers die zich oorspronkelijk uitsluitend op de Nederlandse markt richtten. Internationalisering van de sector speelt een belangrijke rol in de ontwikkeling van integratieoplossingen. Doordat de Nederlandse tuinbouwsector langzaam de grenzen van haar ontwikkeling bereikt, zoeken steeds meer leveranciers naar nieuwe markten, veelal in het buitenland. De hoeveelheid nieuwbouw in Nederland is beperkt, maar buiten de landsgrenzen worden nog volop nieuwe kassen neergezet. Veel Nederlandse leveranciers van kasttechnologieën richten zich daardoor op buitenlandse business. Daar komen zij vervolgens in aanraking met tuinbouwsectoren die anders georganiseerd zijn dan in Nederland en om andersoortige oplossingen vragen. Een van de internationaal opererende leveranciers van teelttechnologie geeft aan dat de internationale focus een andere aanpak vereist wanneer het gaat om samenwerkingen en afspraken met andere leveranciers.

‘Veel leveranciers uit het Westland beheren hun koppelingen door even met de andere partij om de tafel te zitten om afspraken te maken. Zij vinden het speelveld overzichtelijk en het beheer van niet-standaardkoppelingen haalbaar. Dat is typisch een Westlandse mentaliteit van ‘ons kent ons’. Echter, de wereld is veel groter dan Nederland alleen en verschillende werelddelen hebben eigen benaderingen als het gaat om standaardisatie.’

Even om de tafel zitten om koppelingen te definiëren en vervolgens te beheren is voor de grootschalig internationaal opererende bedrijven dus geen optie. De eisen die klanten uit de andere landen stellen kunnen namelijk sterk verschillen. De eisen die bijvoorbeeld klanten uit de Verenigde Staten stellen, zijn meestal totaal anders dan die van de Nederlandse en weer helemaal anders dan die van Chinese klanten. Dit hangt samen met de lokale gebruiken en bedrijfscultuur. Leveranciers geven aan dat zij onvoldoende invloed op deze klanten en hun overige leveranciers hebben om standaarden omtrent informatie-uitwisseling af te dwingen en initiatieven op dit vlak daarom niet tot voordelen leiden op internationaal niveau.

In het buitenland hebben de medewerkers vaak meer ondersteuning nodig, omdat daar anders wordt gewerkt. In Nederland wordt voor een kas van 5 ha een bedrijfsleider aangesteld die met zelfstandig functionerende medewerkers de productie realiseert. In het buitenland wordt vaak met groepjes medewerkers met een voorman gewerkt, waarbij de voorman verantwoordelijk is voor de kwaliteit en productie van zijn groep. Daarom is daar meer interesse voor inzicht in prestatie op het niveau van teamleiders.

Ook is de mate van volwassenheid van de tuinbouwsector in andere delen van de wereld vaak lager dan in Nederland en ook kunnen lokale omstandigheden drastisch verschillen. Dat heeft invloed op de eisen die klanten stellen aan de systemen die voor hun ontwikkeld worden.

‘Door de internationalisering van ons klantenbestand worden eenvoudiger systemen steeds belangrijker, want de high-end van ons assortiment is voor veel buitenlandse partijen te geavanceerd.’

Leveranciers die opereren in een internationaal speelveld hebben veelal behoefte om flexibel te kunnen zijn als het gaat om hun interacties met andere apparatuur en software. In de ideale situatie zou dit een argument zijn vóór standaardkoppelvlakken. Echter, over het algemeen hebben leveranciers weinig vertrouwen in de haalbaarheid van standaardisatie-initiatieven die 'de hele wereld' betrekken. Bovendien verwachten zij dat lokale leveranciers zich niet aan standaarden zullen conformeren.

'Standaarden zijn op dit moment lastig op te stellen doordat onze systemen verkocht worden aan klanten over de hele wereld. Deze klanten hebben verschillende ERP leveranciers, ERP systemen en implementaties van de systemen waardoor een standaardisatie-initiatief waarin alles vertegenwoordigd is niet haalbaar is.'

De Nederlandse kwekers zijn geavanceerd en verregaand geautomatiseerd. De geïnterviewde leveranciers geven aan dat zij op de internationale markt beter uit de voeten kunnen met hun minder geavanceerde productsegment. Kortom het land waarin de kweker zich bevindt beïnvloed de complexiteit van de bedrijfsvoering. Wanneer het gaat om de ontwikkeling van high-endsystemen is de internationale markt op dit moment nog geen grote aanjager, maar dat betekent niet dat daardoor de innovatie perse minder is.

'Kassen zijn in het buitenland vaak het eigendom van investeringsmaatschappijen. Die zijn innovatiever dan kwekers. De Nederlandse leveranciers in het buitenland kiezen vaak voor bewezen technologieën. Daardoor blijven zij bij conservatieve oplossingen hangen die niet perse nog van deze tijd zijn.'

5.6 Factor: Complexiteit

Complexiteit is in dit onderzoek gedefinieerd als de mate waarin integratieoplossingen door leveranciers en kwekers gezien worden als relatief moeilijk te begrijpen en gebruiken. In het geval van integratieoplossingen moet rekening worden gehouden met het feit dat er verschillende aspecten van de integratieoplossing een rol spelen in de evaluatie van haar complexiteit. Deze kunnen toe te schrijven zijn aan de oplossing zelf of het realisatieproces van de oplossing, zoals bijvoorbeeld implementatie, onderhoud, beheer en samenwerking met oplossingen van andere leveranciers.

Deze factor hangt samen met het type integratieoplossing waarvoor gekozen wordt en de factor legacy die in de volgende paragraaf besproken wordt. Dat de complexiteit van een integratieoplossing van meer afhangt dan alleen de complexiteit van het gebruik ervan wordt bevestigd door onderstaand citaat van een van de technologieleveranciers.

'Het tekortschieten van de integratie van systemen of standaardisatie van koppelvlakken is niet alleen de verantwoordelijkheid van individuele installatieleveranciers of softwareleveranciers. Standaardisatie-initiatieven streven naar een plug-&-play-situatie waarin de integratie van systemen vanzelf gaat zodra ze aan het systeemlandschap worden toegevoegd. Het realiseren van deze situatie gaat niet over een stekker standaardiseren, maar over het ontwerp van de complete achterliggende technische architectuur.'

Bij het streven naar bovengeschetste plug-&-play-situatie spelen veel verschillende standaarden een rol op diverse besturingsniveaus. Van het real-time besturen van operationele processen tot het genereren van managementinformatie. De voortschrijdende technologie kan hierbij helpen. Zo worden steeds meer intelligente apparaten ontwikkeld die in staat zijn zichzelf te diagnosticeren en die data beschikbaar te stellen aan het netwerk.

'Door intelligentere koppelingen zouden we diagnostische informatie beschikbaar kunnen maken. Er is een kentering komende in actuatoren zoals ventilatoren, kleppen en bepaalde machines zoals warmtepompen. Er zit al intelligentie op de apparaten voor zelfdiagnose, maar die kan dan ontkoppeld worden richting het managementsysteem.'

Echter, de achterliggende infrastructuur moet dit wel ondersteunen om communicatie tussen apparaten en managementsystemen daadwerkelijk te ondersteunen. Er wordt nog altijd veel gebruik gemaakt van analoge signaaloverdracht in de tuinbouwsector. Op het SCADA/PLC-niveau blijkt dat de bustechnologie (ModBus-koppeling) die momenteel gemeengoed is in de tuinbouwsector anders wordt ingevuld door verschillende fabrikanten, wat het voor de leveranciers extra lastig maakt. Ook vragen leveranciers zich af of het de meest moderne oplossing is, maar momenteel is het nou eenmaal de standaard waarmee gewerkt wordt. Van de alternatieven die voorhanden zijn is overgang tot het gebruik ervan voor bedrijven te risicovol, omdat het nog geen de facto standaarden zijn. De kans dat deze alternatieven uiteindelijk door de realiteit worden ingehaald is te groot. Daarom kiezen leveranciers liever een misschien suboptimale, maar wel wijd gebruikte standaard.

Over het algemeen is het vertrouwen van kwekers en leveranciers in standaardisatie-initiatieven laag. Onderstaand citaat van een van de technologieleveranciers onderschrijft dat.

'Een systeem met optimale flexibiliteit voor kwekers dat modulair is opgebouwd, dat is iets waarvan iedereen zegt 'daar moeten we naartoe'. Of iedereen dat ook meent is de vraag, want de praktijk is weerbarstiger gebleken. Na negen jaar PlantForm is eigenlijk alleen de orderkoppeling uitgewerkt.'

5.7 Factor: Legacy en vendor lock-in

De implementatie van hardware en software leidt altijd tot legacy. Legacy betekent letterlijk nalatenschap. In de IT wordt dit woord gebruikt om de geïmplementeerde hardware en software aan te duiden die door haar samenstelling beperkingen voor aanpassingen en uitbreidingen met zich meebrengt. Het tegenovergestelde van legacy is een greenfield-situatie. Deze term wordt gebruikt wanneer implementatie niet beperkt wordt door reeds aanwezige hardware en software, bijvoorbeeld in het geval van nieuwbouw.

‘De huidige architectuur van onze systemen is anders opgebouwd dan de laatste state-of-the-art vereist. Er is sprake van legacy en van die installed-base kan niet zomaar afstand worden genomen. Dat is de wet van de remmende voorsprong. Er wordt gewerkt aan opschoning, maar dat is een lange termijn activiteit. Het is te betwijfelen of een standaard een dergelijk probleem kan oplossen of helpen voorkomen. De meeste standaarden gaan minder lang mee dan onze infrastructuur.’

Vendor-lock-in is het fenomeen waarbij een kweker door de status van zijn infrastructuur, waarbij zowel software als hardware een rol spelen, niet meer gemakkelijk kan wisselen van leverancier voor aanvullende functionaliteiten, omdat deze niet goed samenwerken met zijn ‘installed-base’. Het is een situatie die ontstaat wanneer verschillende leveranciers of groepen leveranciers standaarden hanteren die niet met elkaar kunnen samenwerken. Dit kan een bewuste keuze zijn van leveranciers, maar vaak is het een situatie die historisch zo is gegroeid.

‘Vendor lock in is voor ons niet perse vervelend wanneer klanten daardoor aan ons trouw blijven. Echter, de toepasbaarheid van onze producten wordt groter als we wel standaarden implementeren.’

De staat van de techniek kan een rol bij spelen bij het ontstaan van een vendor lock-in situatie. Dit onderschrijft eens te meer het belang van een goed selectieproces alvorens tot implementatie van technologie over te gaan.

‘Sommige keuzes die in het verleden gemaakt zijn, waren niet handig omdat zij teveel gebaseerd waren op oude technologie.’

Lock-in is een fenomeen dat in de tuinbouwsector een grote rol speelt. De hardware investeringen zijn namelijk erg groot terwijl de marges op de productie gering zijn. Het is daardoor bijna onmogelijk te wisselen van teelt en/of technologie. Onderstaand citaat bevestigt het bestaan van het fenomeen in de sierteeltsector.

‘Lock-in treedt eigenlijk al op bij het opstarten van een tuinbouwbedrijf. In het begin worden keuzes gemaakt voor product en potmaat. Als die vaststaan kan je daar heel moeilijk in veranderen.’

Dat is niet anders in de AGF-sector, waarin de teler actief is van onderstaand citaat.

‘Wij bezitten voor 1,5 miljoen aan oud ijzer. Dat kan je niet zo makkelijk inwisselen. Het is onmogelijk om met weinig kosten van type teelt te wisselen. Als zodanig zit iedere teler in een lock-in situatie. *Datzelfde* geldt voor het wisselen van leveranciers van software en operationele systemen.’

Tegelijkertijd geeft dit mogelijkheden voor kwekers die tot nu toe geen voorloperspositie hebben bekleedt. Daardoor zijn zij in staat met veel minder beperkingen hun voordeel te doen met nieuwe technologieën, zoals in de situatie waarin de kweker van onderstaand citaat verkeert.

‘Er is op dit moment niets gekoppeld, dus is vendor lock-in niet aan de orde.’

Hier volgt een versimpeld voorbeeld van een lock-in situatie uit de praktijk. Oudere lampen zijn aangesloten op het stroomnetwerk, terwijl moderne slimme lampen al veel intelligentie in zich hebben. Daardoor wordt het mogelijk om de lamp via specifieke berichtstandaarden op afstand uit te lezen en bijvoorbeeld te achterhalen hoeveel verwachte branduren hij nog heeft. Software die gebruik maakt van deze functionaliteiten functioneert alleen wanneer de juiste lampen geïnstalleerd zijn. Andersom hebben deze lampen pas zin wanneer de software dit aankan.

‘Het is een trend in de industrie om steeds meer intelligentie op het niveau van apparaten neer te leggen en meer en meer decentraal aan te sturen. In de tuinbouwsector is dat echter nog geen gemeengoed.’

De reden dat het tijd kost voordat dergelijke technologie gemeengoed wordt heeft te maken met de aanpassingen die nodig zijn aan de achterliggende infrastructuur.

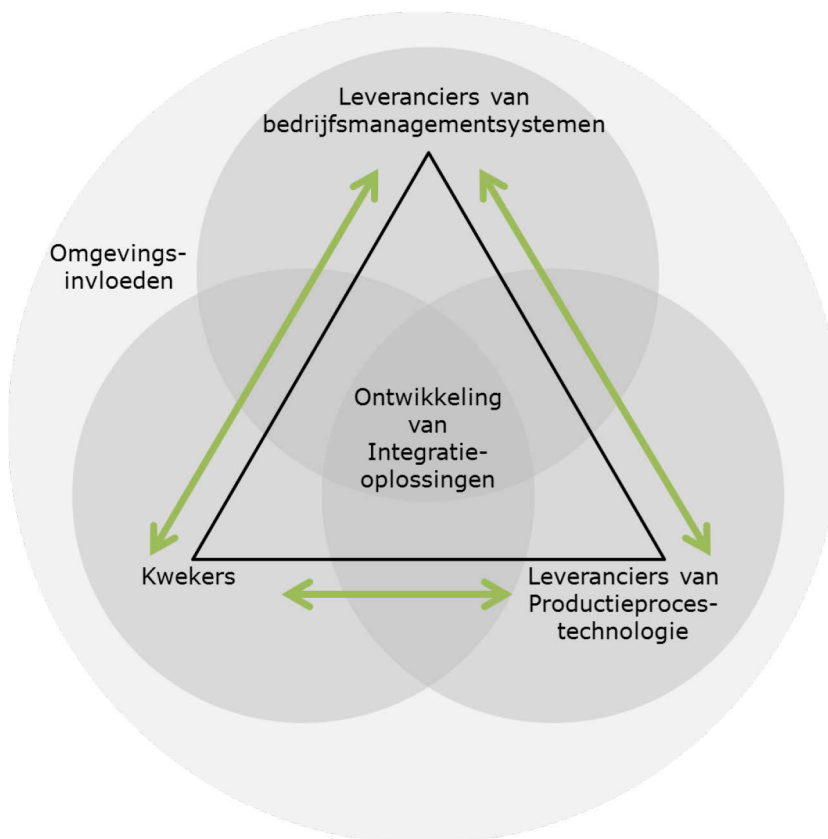
‘Er wordt meestal gebruik gemaakt van koppelingen via analoge signalen voor de communicatie tussen sensoren, actuatoren en het SCADA-systeem. Dat is nou eenmaal standaard en daar kom je niet zo snel meer af.’

5.8 Factor: Samenwerking

Samenwerking kan op verschillende manieren worden gedefinieerd, maar in dit onderzoek is gekozen voor een toegepaste definitie die past bij de context van dit onderzoek, namelijk: Bijdragen aan de ontwikkeling van een gezamenlijke integratieoplossing door een optimale afstemming tussen de eigen kwaliteiten en belangen (waarin onderscheid gemaakt wordt tussen die van kwekers, leveranciers van bedrijfsmanagementsystemen en leveranciers van productieautomatiseringstechnologie) en de kwaliteiten en belangen van de andere actoren binnen de groep en van de groep als geheel.

5.8.1 De interactiedriehoek van ontwikkeling van integratieoplossingen

Zoals in de definitie wordt onderkend, vindt de ontwikkeling van integratieoplossingen plaats in een samenspel tussen leveranciers van bedrijfsmanagementsystemen, leveranciers van productieprocestechnologie en kwekers. Daarbij stelt de omgeving randvoorwaarden zoals bijvoorbeeld de heersende economische situatie waarbinnen interacties tussen de betrokkenen plaatsvinden en oplossingen worden ontwikkeld. Vanuit die omgeving kunnen tevens andere partijen zoals sectororganisaties of overheden de ontwikkeling van de oplossingen beïnvloeden.

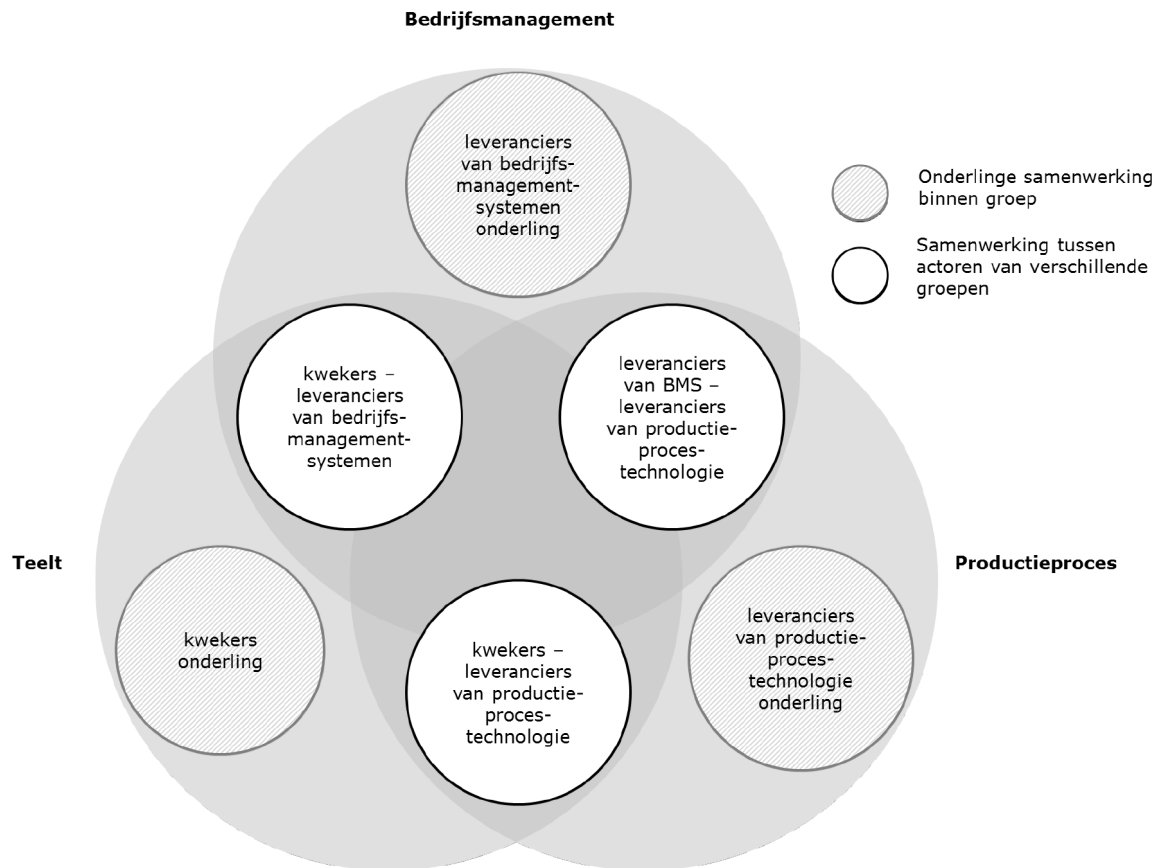


Figuur 20 De interactiedriehoek van de ontwikkeling van integratieoplossingen

5.8.2 Integratieoplossingen vereisen samenwerking

In bovenstaande figuur blijkt dat de ontwikkeling van een integratieoplossing een sociaal proces is waarin samenwerking tussen actoren in de cirkels centraal staat. Allerlei factoren bepalen of een integratieoplossing ontwikkeld wordt en hoe deze eruit ziet, maar zonder samenwerking tussen kwekers en verschillende leveranciers is de kans op succes van een integratieoplossing klein. De samenwerking wordt in grote mate beïnvloed door de actoren zelf en hun omgeving. De economische situatie en het heersende concurrentieklimaat kunnen samenwerking of de bereidheid van actoren daartoe inperken. De bereidwilligheid tot samenwerken is daardoor een belangrijke factor die tijdens de interviews nadrukkelijk naar voren is gekomen. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden tussen

verschillende samenwerkingsinteracties die zijn weergegeven in onderstaande figuur, namelijk de samenwerking van actoren uit een specifieke groep onderling (cirkels met gearceerde achtergrond) en samenwerking tussen actoren uit verschillende groepen (ongevulde cirkels).



Figuur 21 Verschillende samenwerkingsinteracties

5.8.3 Samenwerking binnen een actorgroep

Samenwerking tussen actoren uit een bepaalde groep onderling kan bemoeilijkt worden door de concurrentiesituatie waarin deze actoren zich bevinden. De bereidheid tot het delen van informatie neemt af naarmate zij meer bij elkaar in het vaarwater zitten. Hoe dichter de markten die bediend worden bij elkaar liggen, hoe lastiger het zal zijn. Zo bekritiseerde een leverancier van bedrijfsmanagementsystemen de concurrentie, omdat hij vindt dat veel van de huidige leveranciers van bedrijfsmanagementsystemen stilstaan en zich onvoldoende ontwikkelen.

‘Dit is de reden dat wij niet samen met de concurrentie aan sector-overstijgende vraagstukken werken.’

Leveranciers van klimaatsystemen kampen volgens een andere BMS leverancier ook met een concurrentiesituatie die samenwerking bemoeilijkt, die door onderstaand citaat wordt gekarakteriseerd.

‘Als de verschillende leveranciers van klimaatsystemen aan een tafel plaatsnemen, dan zit er tussen elke twee partijen een lege stoel.’

Wanneer de kernactiviteiten van leveranciers verder uit elkaar liggen, dan is samenwerken eenvoudiger. Een leverancier van sorteermachines gaf aan dat zijn wel degelijk afspraken met andere machinebouwers maken. Echter, door de mate van specialisatie van deze machinebouwers is de

schaal waarop zij leveren vaak beperkt. Het gevolg werd door de sorteermachineleverancier kort en bondig samengevat.

‘Daar rolt geen standaard uit.’

Kwekers onderling lopen regelmatig tegen vergelijkbare concurrentieconflicten aan. In de AGF-sector spelen de telersverenigingen een belangrijke rol, vooral op het gebied van bedrijfsmanagement-software. In een dergelijk samenwerkingsverband, zijn het de telers uit de vereniging die samen de ontwikkelingen sturen. Voor individuele kwekers is het echter soms lastig om hun invloed in zo’n samenwerkingsverband te laten gelden, zoals een fruitteler onder de aandacht bracht.

‘Ik heb nu wel invloed op wat er gebeurt op het gebied van IT bij mijn telersvereniging, maar dat heeft lang geduurd.’

Vaak worden leverancier-specifieke gebruikersgroepen ingezet als methode van kwekers om gezamenlijk invloed uit te oefenen op systeemontwikkeling. Hun effectiviteit op het gebied van systeemintegratie wordt door verschillende geïnterviewde bedrijven in twijfel getrokken. Zo becommentarieerde een kweker die aan een gebruikersgroep deelnam het volgende.

‘Als het gaat om IT ontwikkelingen en daarbinnen de koppelingen tussen ERP en operationele systemen moet je als kweker zelf de kar trekken.’

Een leverancier van een bedrijfsmanagementpakket verklaarde als volgt waarom de effectiviteit van gebruikersgroepen tegenvalt.

‘Gebruikersgroepen van telers werken niet. Heb je weleens tien telers bij elkaar aan tafel gezet? Je hebt degenen die alles meten in hun bedrijf en op basis daarvan willen sturen. Dan heb je degenen die van de kostprijs zijn. De derde groep bestaat uit de commerciële jongens. Deze drie groepen telers hanteren verschillende strategieën die onverenigbaar zijn.’

Een andere samenwerkingsvorm die groepen kwekers kan verenigen is die van de coöperatieve veiling. De invloed van de veiling op het IT landschap van kwekers kan groot zijn, zoals bijvoorbeeld FloraHolland in de sierteeltsector. In het verleden ging het dan meestal over standaardisatie van berichten tussen aanvoerders en afnemers en de veiling. Een leverancier van bedrijfsmanagementsystemen reflecteert.

‘In de sierteelt dwingt de veiling heel vaak standaarden af, zoals bij de elektronische aanvoerbrief. Dat is een groot succes geworden. Die macht zouden ze vaker moeten inzetten.’

Echter, door enkele andere leveranciers werd juist benadrukt dat de macht van de veiling om standaarden verplicht te stellen is afgenomen.

‘In de sierteelt heeft FloraHolland wel degelijk een belangrijke stempel gedrukt, bijvoorbeeld met het EAB en de Floricode-standaarden. Echter, de invloed van de veilingen neemt af.’

5.8.4 Samenwerking tussen actorgroepen

Wanneer samengewerkt wordt tussen actorgroepen speelt concurrentie een minder grote rol en wordt het eenvoudiger om naar win-win situaties te zoeken. Een leverancier van klimaatssystemen betoogde dat samenwerking met bedrijfsmanagementsystemen kan leiden tot kostenbesparingen. Onderstaand citaat representeert de motivatie om actief dergelijke samenwerking aan te gaan.

‘Wij zoeken actief naar leveranciers van bedrijfsmanagementsystemen om meer samen op te trekken. Wij maken vaak rechtstreeks afspraken met partijen.’

Toch wordt de samenwerking tussen leveranciers van klimaatsystemen en die van bedrijfsmanagementsystemen niet door alle partijen als soepel ervaren. Een BMS-leverancier lichtte dat toe met een voorbeeld.

‘De planten bewegen door de kas. We zouden graag klimaatgegevens hebben over het traject dat iedere individuele plant door de kas heeft afgelegd. Wij weten namelijk precies waar de planten op welk moment waren. De klimaatsysteemleveranciers kent per locatie het klimaat. Als we die informatie samenvoegen kunnen we de conditietrajecten per plant reconstrueren om beter te kunnen sturen. Helaas willen de klimaatsysteemleveranciers die data niet delen.’

Volgens een andere klimaatsysteemleverancier zijn de initiatieven om managementinformatie uit klimaatgegevens te destilleren, te versnipperd.

‘Over het algemeen geldt dat waar gegevens uit klimaat gekoppeld worden met managementinformatie, iedereen weer zijn eigen koppelingen heeft gebouwd. Voorbeelden hiervan zijn initiatieven zoals Let’s Grow en GreenChoice. Het is heel lastig om de gegevens van de een met de ander te vergelijken.’

Bij samenwerking tussen groepen actoren speelt het probleem van onderlinge concurrentie niet. Echter, dat blijkt niet automatisch tot een optimale samenwerking te leiden. De verschillen tussen bedrijven uit aparte groepen en de verschillende ideeën over ondernemerschap die zij hanteren kunnen samenwerking bemoeilijken. Zo uitte een kweker zijn frustratie over de samenwerking met een van zijn machinebouwers als volgt.

‘Ze ontslaan daar liever mensen om het tij te keren dan dat ze een keer gaan nadenken over innovatie.’

Wanneer het gaat om de samenwerking tussen kwekers en de leveranciers van bedrijfsmanagementsystemen, dan blijken het toch vooral de eerder besproken user-groups te zijn waarin de kwekers in staat zijn invloed uit te oefenen op de ontwikkelingsinspanningen van de leveranciers. Zo stelt een van de geïnterviewde BMS-leveranciers dat de user-groups een van hun belangrijkste bronnen van feedback op hun functionaliteit zijn.

‘Nieuwe ontwikkelingen (in onze bedrijfsmanagementsystemen red.) komen onder andere voort uit user-groups waarin bepaalde klanten hun krachten bundelen om de software te verbeteren.’

5.9 Factor: Relatief voordeel

De mate waarin een innovatie beschouwd wordt als beter dan het idee dat het opvolgt. Het onderliggende principe is dat hoe groter het vermeende relatieve voordeel van een innovatie, hoe groter de adoptiesnelheid.

De behoefte aan flexibel koppelbare systemen en daarmee aan integratie-initiatieven op het gebied van koppervlakken tussen BMS en productie-hardware, verschilt tussen de geïnterviewde kwekers en ook van leverancier tot leverancier. Uit de interviews volgt een divers beeld. Er zijn kwekers die voorlopen op de massa en integratie van hun bedrijfssystemen hoog in het vaandel hebben, maar ook zij erkennen dat dit niet standaard is onder hun collega's. Een van de sierteeltkwekers die zich wel om standaardisatie bekommert, liet zich kritisch uit over de professionaliteit van automatisering bij andere kwekers.

'Door veel kwekers wordt het belang van IT onderschat.'

Het is de vraag of een aantal van de geïnterviewde kwekers uit de AGF het belang van IT ook onderschatten, of dat voor hun het belang geringer is. Zij geven namelijk aan geen behoefte te hebben aan meer geavanceerde koppelingen, omdat zij in hun huidige werkwijze voldoende overzicht en efficiëntie weten te behalen. Onderstaand citaat komt van een groenteteler en is representatief voor alle geïnterviewde glasgroentetelers.

'Mijn persoonlijke behoefte aan meer en betere koppelingen tussen de systemen die ik op dit moment gebruik is gering. Ik heb het bedrijf goed onder controle zoals het nu gaat.'

Daarbij moet worden aangetekend dat veel bedrijfsmanagementfunctionaliteit voor deze glasgroentetelers door de telersvereniging via een web-applicatie aan de telers wordt aangeboden. Tevens waren dit productiebedrijven die slechts een beperkt assortiment aan teeltproducten produceerden. Een van de leveranciers van teelttechnologie kon zich bovenstaande reactie wel voorstellen, omdat volgens hem koppelingen pas een rol gaan spelen wanneer bedrijven diverse teelten combineren.

'Koppelingen tussen procesautomatisering en managementsoftware worden pas echt interessant bij diverse teelten met verschillende eigenschappen vanwege de complexiteit van de planning. In de potplantensector is men dat meer gewend. In de AGF snapt men nog niet dat maatwerk extra geld kost.'

Bij een van de geïnterviewde fruittelers was de telersvereniging bezig met de ontwikkeling van functionaliteit, vergelijkbaar met de glasgroente telersverenigingen, maar die was nog niet live. Deze fruitteler onderschreef wel degelijk het belang van IT en realiseerde zich dat zijn huidige situatie suboptimaal is.

'Het is zeer onwenselijk om zoals nu vijf systemen naast elkaar te hebben. Voor negentig procent van de bedrijfsactiviteiten hebben we geen inzicht in wat het kost en wat er precies gebeurt.'

Echter, bovenstaande kweker is naar eigen zeggen een uitzondering op dit vlak. Een van de leveranciers van productieprocesstechnologie onderstreepte dit met onderstaande opmerking.

'Opdrachtgevers (kwekers) zien het belang van standaarden niet. Platform heeft het in de sierteelt behoorlijk opgepakt, maar over het algemeen zijn telers helemaal niet met standaardisatie bezig.'

Een andere leverancier gaf als hoofdreden voor het gebrek aan integratie van systemen van telers, de focus op lage kosten als primair criterium in de selectie van nieuwe en aanvullende functionaliteiten.

'Als het gaat om IT, zie je vaak dat kwekers per onderdeelje functionaliteit aanschaffen en dan voor de beste aanbieding gaan. Met andere woorden: de goedkoopste. Integratie van systemen is voor kwekers niet van doorslaggevend belang. Het gevolg is dat kwekers met een applicatielandschap opereren dat suboptimaal functioneert als je naar het grote geheel kijkt.'

Een verklaring voor dit fenomeen kan worden gezocht in de typering van de gemiddelde teeltprofessional. Enkele leveranciers van tuinbouwtechnologieën verbazen zich over de paradox tussen professionaliteit van de bedrijfsautomatisering en pragmatisme van het bedrijfsmanagement.

'Het karakter van de tuinbouwsector komt voort uit een vreemde mix van professionaliteit en een gebrek eraan. De bedrijven zijn high-end productiefaciliteiten met een hoog gehalte aan automatisering, maar de bedrijfsvoering, vooral in het leiden van nieuwbouwprojecten, is vaak erg ongestructureerd. Er is sprake van een self-made professionaliteit van doorgegroeiende ondernemers.'

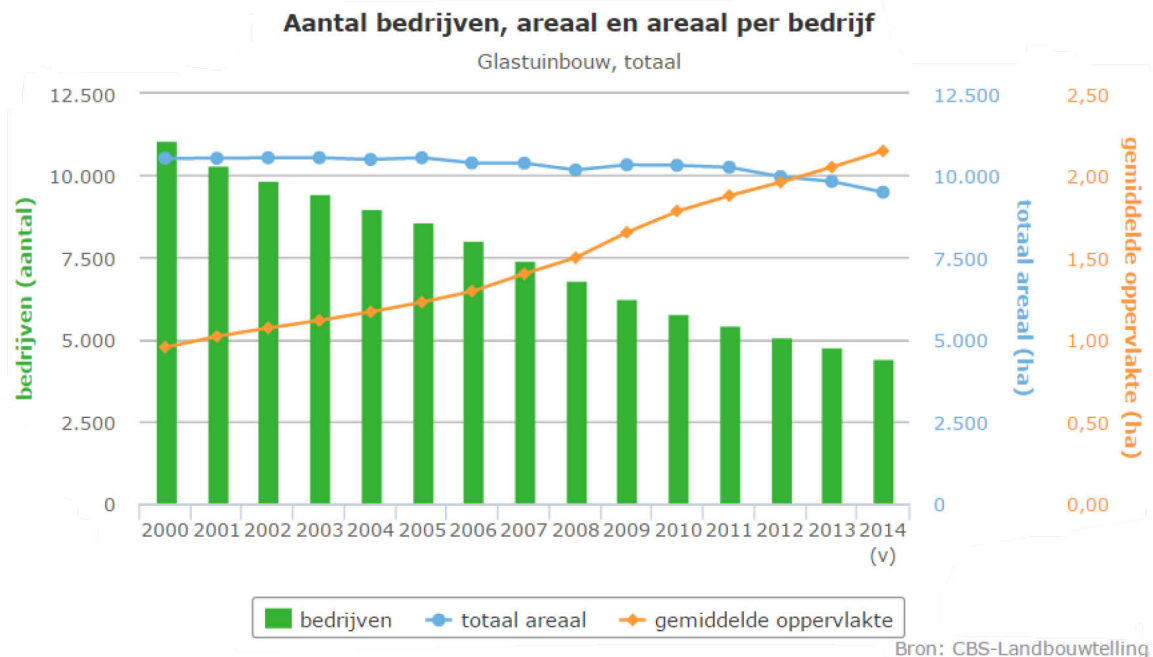
Bovenstaande citaten accentueren met name de geringe behoefte van kwekers aan systeemintegratie. Of dat nu terecht is of niet, daarover zijn de meningen verdeeld. Een direct gevolg hiervan is dat de business case voor het ontwikkelen van integratieoplossingen voor de meeste leveranciers ongunstig uitpakt omdat deze direct gerelateerd is aan de behoefte van de kwekers. De meeste leveranciers nemen daarom een afwachtende houding in, met een stokkende ontwikkeling van innovaties op dit vlak tot gevolg.

'Als het niet direct voor onze klanten van toegevoegde waarde is, dan beginnen we er niet aan.'

5.10 Factor: Schaalgrootte

Het totaal aan glastuinbouwareaal neemt langzaam af, maar de schaalgrootte van Nederlandse tuinbouwbedrijven groeit. De CBS-Landbouwtelling laat zien dat:

'in de periode 2000-2014 de gemiddelde bedrijfsomvang meer dan verdubbelde; van circa 1 ha naar ruim 2 ha. Het aantal bedrijven is in dezelfde periode meer dan gehalveerd; van meer dan 11.000 naar ruim 4.400. Het areaal daalde in 2014 met name bij de snijbloemen maar ook bij de glasgroenten is er een afname van de betaalde oppervlakte.'



In de interviews kwam naar voren dat de grotere bedrijven vaak, in absolute zin, meer investeringsruimte hebben als het gaat om bedrijfsmanagement en productieautomatisering. Meer investeringsruimte betekent dat zij interessanter worden voor leveranciers en daardoor kunnen de kwekers ook meer invloed uitoefenen op die leveranciers.

Het overzicht houden over het bedrijf neemt in complexiteit toe met het groeien van de bedrijfsgrootte. Informatietechnologie is een instrument dat dan kan worden ingezet om overzicht en inzicht in de gang van zaken te behouden. Wanneer daarvoor gekozen wordt, leidt dat vervolgens tot een toename in de complexiteit van het applicatielandschap waardoor het belangrijker wordt om softwareoplossingen goed met elkaar te integreren.

'Integratie tussen de verschillende systemen is voor ons eigenlijk niet zo interessant. Als de schaalvergroting doorzet zoals de laatste 10 jaar dan kan alles niet meer op een papiertje worden bijgehouden zoals we dat nu doen. Boven de 50 ha raak je het overzicht kwijt. Op dat moment gaat integratie een hele belangrijke rol spelen, maar zover is het nu nog niet.'

Factor:

Tijdens de interviews bleek er een groot verschil in de complexiteit van de bedrijfsvoering tussen sierteelt- en AGF-bedrijven. Het grootste verschil is de manier waarop de verkoop van producten geregeld is. AGF-bedrijven verhandelen hun waar vooral via telersverenigingen. Bij de geïnterviewde AGF-glastuinbouwbedrijven werd het grootste gedeelte van de bedrijfsmanagementfunctionaliteit door de telersvereniging aangeboden via een web-applicatie.

'Het grootste gedeelte van de bedrijfsadministratie wordt vastgelegd in de web-applicatie van de telersvereniging.'

De sierteeltbedrijven zijn zelf verantwoordelijk voor de verkoop van hun producten inclusief facturering. De geïnterviewde sierteeltbedrijven hebben daardoor geavanceerdere bedrijfsmanagementsystemen in huis waarin tevens de verkoopmodules zijn opgenomen. Een belangrijk onderdeel hiervan is de 'Florecom module' die verantwoordelijk is voor de afhandeling van het gedigitaliseerde orderproces tussen koper en verkoper. De bevestigde orders worden vervolgens klantspecifiek gesorteerd en klaargemaakt voor verzending. In de zogenaamde orderkoppeling die verantwoordelijk is voor het doorsturen van de sorteerinformatie uit de order richting de gemechaniseerde sorteerapparaten, is in de sierteeltsector al veel moeite gestoken. De sierteeltkwekers realiseren veel aanvullende klantspecifieke handelingen zoals GS1 labeling, prijsstickers en verpakkingen. Hier komt veel planning en additionele logistieke handling bij kijken.

'In de sierteelt wordt vaker van ERP gebruik gemaakt omdat daar de kas gezien wordt als een voorraad/magazijn. Een kwekerij in de AGF is meer een fabriek die levert aan het distributiecentrum.'

De AGF-kwekers oogsten hun producten wanneer zij rijp zijn. Vervolgens worden de geoogste producten gesorteerd. Dit proces wordt meestal handmatig aangestuurd en niet via een directe koppeling tussen software van de telersvereniging en de sorteermachine. De AGF-kwekers sorteren en verpakken hun producten volgens de bestellingen van de telersvereniging die in feite de enige directe klant is. Onder andere door deze verschillen is het applicatielandschap van de siertelers complexer dan die van de AGF-telers. De behoefte aan geïntegreerde koppelingen ligt in dit geval naar verwachting dus vooral bij de telersvereniging.

'Specifiek voor de tuinbouw zie je dat in de sierteelt standaardisatie veel beter geregeld is dan in de AGF. Daar zie je meer diversiteit ontstaan.'

Het gevolg is dat er een verschil bestaat tussen AGF en sierteelt wanneer het gaat om de behoefte aan koppelvlakken tussen BMS en apparaten en systemen in de kas. Dit uit zich onder andere in het aantal initiatieven waarin kwekers zich verenigen om hun leveranciers te beïnvloeden meer te doen aan de standaardisatie van dergelijke koppelvlakken. In de AGF zijn de onderzoekers dergelijke initiatieven niet tegengekomen. Hoewel het in de sierteelt slechts de voorlopers zijn die zich met deze problematiek bezighouden, is Plantform wel een voorbeeld in deze sector die al met succes een standaard voor de orderkoppeling heeft weten te realiseren. Een ander verschil tussen beide sub-sectoren is dat de diversiteit in productaanbod doorgaans groter is voor siertelers dan voor AGF-telers. Dit vergroot het verschil in complexiteit van de bedrijfsvoering nog verder.

'Een 5% besparing kan door veel kwekers al gerealiseerd worden op personeel alleen, simpelweg door goed van een BMS gebruik te maken.'

5.11 Factor: Dwang

Adoptie van standaarden komt niet altijd uitsluitend voort uit intrinsieke motivatie, maar kan ook afgedwongen worden door overheden of andere partijen uit de keten die daar belang bij hebben en voldoende invloed voor kunnen uitoefenen. Voorbeelden vanuit de overheid zijn de Codex Alimentarius standaarden (FAO/WHO), De Algemene Voedselwet (Europese Unie (EU) 2002/178) en de EU-BSE voorschriften. Voorbeelden vanuit de retail zijn certificeringssystemen zoals het British Retail Consortium, de European Retail Good Agricultural Practices (EUREP-GAP) en Safe Quality Food.¹⁸ Op het gebied van standaarden die met koppelvlakken van doen hebben zijn er geen partijen die op dit moment richting de geïnterviewde kwekers dwang uitoefenen. Echter, een van de leveranciers geeft aan dat dit in andere delen van de wereld zoals de Verenigde Staten wel gebeurt.

‘In de VS ziet het speelveld er heel anders uit dan in Nederland. Daar worden standaarden op het teeltbedrijf door de retail afgedwongen. De machtsverdeling is daar heel helder. Wat door de afzet geëist wordt, dat gebeurt. In Nederland zijn er wel telersverenigingen, maar het speelveld is gefragmenteerd.’

Een andere leverancier van bedrijfsinformatiesystemen ziet de situatie in Groot-Brittannië als een voorbeeld van hoe retail invloed kan uitoefenen op primaire productie. De aan- of afwezigheid van dergelijke beïnvloeding is voor deze leverancier een drijfveer om wel of niet in een bepaalde standaard te investeren.

Bij deze voorbeelden gaat het niet om dwang met betrekking tot de koppelvlakken waar we het in dit rapport over hebben; het gaat om keteninformatie die vanuit de ERP kan worden geleverd. Deze vergelijking gaat dus niet op voor bedrijfsinterne informatie-uitwisseling. Het is onrealistisch om te verwachten dat in het huidige systeem dergelijke dwang gerealiseerd gaat worden.

‘Retailers kunnen veel afdwingen. Kijk naar de Engelse retail en naar wat zij hebben gedaan met de CO2-footprint. Als de retail een bepaalde standaard vereist dan wordt het voor ons als leverancier interessant om in die standaard te investeren.’

Tevens wordt door veel leveranciers de situatie in de sierteeltsector aangehaald en rol die FloraHolland heeft gespeeld bij het vestigen van de elektronische aanvoerbrief, zoals in onderstaand citaat van een leverancier van bedrijfsinformatiesystemen.

‘In de sierteelt dwingt heel vaak de veiling standaarden af, zoals bij de elektronische aanvoerbrief. Dat is een groot succes geworden. Die macht zouden ze vaker moeten inzetten.’

Een van de geïnterviewde experts zet vraagtekens bij bovenstaande opmerking. Volgens hem is de macht van de veiling beperkt bij onderwerpen die niet direct raken aan haar intermediaire en/of logistieke functie.

‘In de melksector is bijvoorbeeld Campina een hele grote coöperatie die direct de afzet richting de afzetkanalen voor haar rekening neemt. In de akkerbouw zie je iets vergelijkbaars terug bij coöperaties als SuikerUnie en Nedato. De coöperaties bedienen hier de markt. In de sierteelt werkt dat anders. De markten worden hier bediend door exporteurs. De coöperatie FloraHolland vervult een intermediaire functie en is daardoor niet in staat om veel invloed uit te oefenen op de afzetkanalen. Op logistiek gebied is haar invloed wel groot. Standaarden als elektronische kloktransities en EAB: eigenlijk iedereen gebruikt ze.’

¹⁸ International Journal of Production Economics
Volume 113, Issue 1, May 2008, Pages 107–122

6 Conclusies

In dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven van de antwoorden op de onderzoeksvragen die in de inleiding van het rapport geïntroduceerd zijn.

6.1 Processen

De uniekheid van verschillende tuinbouwbedrijven moet niet overschat worden. Op generiek niveau zijn er veel overeenkomsten tussen processen van verschillende tuinbouwbedrijven en ook tussen hun processen en die van andersoortige productiebedrijven. Dat geldt voor processen op verschillende besturingsniveaus en voor informatie-uitwisseling tussen die besturingsniveaus. Referentieprocesmodellen uit andere en vergelijkbare industrieën kunnen daarom inspirerend en richtinggevend werken. Het is niet nodig om op dit niveau iedere keer opnieuw het wiel uit te vinden. Met behulp van het besturingsgelaagdheidsmodel kan inzicht worden gegeven in hoe processen door bedrijfsmanagement worden aangestuurd en hoe technologie betrokken wordt in de uitvoering ervan.

6.2 Technoliedomeinen

Betrokken technologieën kunnen worden ingedeeld in vier domeinen:

- automatische identificatie
- industriële procesaansturing
- mobiele apparaten
- conditiemonitoring

Hoewel de technologieën in deze domeinen steeds meer naar elkaar toegroeien, zijn het historisch gescheiden domeinen waarbinnen domein-specifieke technologie is ontwikkeld.

6.2.1 Automatische identificatie

Automatische Identificatie (AutoID, ook wel aangeduid als AIDC, Automatic Identification and Data Capture) betreft de methoden voor het automatisch identificeren van objecten, het verzamelen van gegevens daarover en het invoeren van die gegevens rechtstreeks in de computersystemen (dus zonder menselijke tussenkomst). De bekendste AutoID technologieën zijn barcodes en Radio Frequency Identification (RFID). Deze technologieën zijn ontwikkeld en breed toegepast binnen het logistieke domein en hebben een zekere mate van volwassenheid.

6.2.2 Industriële procesaansturing

Industriële procesaansturing betreft het verzamelen, doorsturen, verwerken en visualiseren van meet- en regelsignalen van verschillende machines in grote industriële systemen. Meestal wordt industriële procesaansturing uitgevoerd door SCADA of PLC systemen. Dit zijn volwassen technologieën die internationaal breed zijn toegepast in allerlei verschillende productie-industrieën. ISO-Bus is ook een standaard die zich richt op procesaansturing, maar hierin spelen autonome voertuigen en werktuigen een belangrijke rol. Het is daarom een combinatie van procesaansturing en M2M (mobiele apparaten). De architectuur van de procesaansturing in ISO-Bus is niet gestoeld op de specificaties van ISA-95 en ISA-88.

6.2.3 Mobiele apparaten

Het domein mobiele apparaten betreft het gebruik van apparaten (zoals een gadget in een voertuig) om gebeurtenissen te registreren (zoals een disfunctionerende motor), door een netwerkverbinding (meestal draadloze netwerken, soms hybride) naar een centrale server (softwareprogramma), die de ontvangen events in betekenisvolle informatie vertaalt (alarmeer de storing ter reparatie).

Tuinbouwvoorbeelden hiervan kunnen bijvoorbeeld worden gevonden in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt waarbij in het geval van motorische storingen van voertuigen de details onmiddellijk en automatisch worden doorgegeven aan de servicedienst van de leverancier.

6.2.4 Conditiemonitoring

Het monitoren van fysieke en omgevingscondities betreft het meten van parameters zoals temperatuur, luchtvochtigheid, licht of plantconditie, en de communicatie en opslag van deze informatie. Steeds vaker is betrokken software geïmplementeerd op de sensoren zelf. Alle middleware die gebruikt wordt om de data van de gateway door te voeren naar hoger gelegen lagen is vergelijkbaar of gelijk aan die van SCADA, M2M of RFID, welke dezelfde drie-lagen architectuur delen. In kassen worden sensoren momenteel meestal nog gekoppeld via bedrade netwerken.

6.3 Standaarden

Met de ontwikkeling van technologieën in de hiervoor gedefinieerde domeinen zijn ook verschillende raamwerken en standaarden ontstaan.

6.3.1 Automatische identificatie

Het EPC-global raamwerk van GS1 is verreweg het best doorontwikkelde en meest volwassen raamwerk voor automatische identificatie. Het raamwerk biedt een structuur en standaarden voor:

- *Coderingsstandaarden*
digitale 'nummerborden' van onder andere producten, ladingdragers, fust en locaties die als informatiesleutels gebruikt worden in toepassingen in de hele keten, waaronder het scannen van barcodes en het uitlezen van RFID-chips;
- *Labelstandaarden*
afspraken over de weergave van coderingen zodat deze eenduidig kunnen worden uitgelezen, met name barcode en RFID-standaarden
- standaarden voor het uitwisselen van *auto-ID-informatie*.

6.3.2 Industriële procesaansturing

De belangrijkste standaarden voor de aansturing van industriële processen zijn ondergebracht in de ISA-95 en ISA-88 raamwerken en gerelateerde standaarden zoals BatchML en B2MML. De raamwerken bestaan uit beschrijvingen van de functionaliteiten en voorziet in een universele terminologie om de integratie tussen de softwaresystemen op beide niveaus te standaardiseren. Hiervoor worden modellen en beschrijvingen van de relevante informatiestromen tussen processen op verschillende besturingsniveaus uitwerkt in de vorm van objectmodellen en definities van attributen. B2MML en BatchML definiëren op basis hiervan standaard XML-berichten.

6.3.3 Mobiele apparaten

Het doel van het domein mobiele apparaten is het realiseren van een infrastructuur tussen verschillende apparaten. Steeds meer apparaten beschikken over manieren om data uit te wisselen. Het M2M vakgebied biedt oplossingen (infrastructuur) om een wereldwijde netwerken te creëren van *connected* apparaten. De drie leidende M2M architecturen (van 3GPP, IEEE en ETSI) identificeren drie hoofddomeinen, namelijk:

- Het *applicatiedomein*, waarin zich de middleware-laag bevindt waar data door verschillende applicatiediensten gaat en gebruikt wordt door specifieke business-process-engines. Een software-

agent of proces waardoor de data geanalyseerd en gerapporteerd kan worden, zodat actie kan worden ondernomen op geïdentificeerde events;

- Het *netwerkdomein*, waarbinnen zich het communicatienetwerk bevindt dat M2M-gateways verbindt met M2M-applicaties. Valt verder onder te verdelen in toegang, transport en kern netwerken, zoals mobiele dataverbindingen, W-LAN, WiMAX en andere;
- M2M *apparaatdomein*. Welke bestaat uit M2M gateways, lokale netwerken, en apparaten.

6.3.4 Conditie monitoring

Voor dit domein is een grote diversiteit aan standaarden beschikbaar. De belangrijkste standaarden voor industriële toepassingen zijn IEEE 802.15.4, ISA100.11a en WirelessHART. In feite zijn deze referentiearchitecturen specifieke invullingen die passen binnen M2M. Toch wordt dit domein apart benaderd, omdat het belangrijk is voor industriële toepassingen en de middleware hele specifieke eigenschappen heeft.

6.4 Barrières leiden tot beperkte ontwikkeling van integratie-oplossingen door leveranciers

In deze paragraaf wordt gefocust op de belangrijkste barrières in het tuinbouwinnovatiesysteem voor de ontwikkeling van integratieoplossingen. Op basis van de interviews zijn onderstaande barrières onderscheiden die leiden tot de huidige, beperkte ontwikkeling van integratie-oplossingen door leveranciers.

6.4.1 Economische situatie

De economische situatie is een (nu actuele, maar tijdelijke) barrière voor de ontwikkeling van integratieoplossingen. De kleine marges voor tuinbouwproducten leiden tot een vechtmarkt voor tuinbouwbedrijven waarin samenwerking tussen partijen moeizamer wordt. Er nog altijd veel kwekers zijn met liquiditeitsproblemen en waardoor de investeringscapaciteit bij deze kwekers laag blijft. De vijver met Nederlandse kwekers wordt kleiner waardoor leveranciers meer en meer uitwijken naar buitenlandse markten. De markt echter wel begint aan te trekken in Nederland waardoor de investeringsruimte bij de economisch gezonde Nederlandse kwekers voorzichtig toeneemt.

De economische situatie van tuinders in Nederland en de internationalisering van de afzetmarkt van hardware- en softwareleveranciers in de tuinbouw is lastig te beïnvloeden. Stimuleringsmaatregelen zullen zich daarom vooral op het wegnemen van andere barrières moeten richten.

6.4.2 Relatief kleine schaalgrootte van kwekers

Een barrière die de beperkte investeringsbereidheid van kwekers verder versterkt is hun veelal beperkte schaalgrootte. Doordat de tuinbouwsector in Nederland is opgebouwd uit een aantal grote bedrijven, maar een merendeel aan kleine ondernemingen, zijn de absolute investeringen per bedrijf gemiddeld genomen gering. Zeker wanneer het gaat om innovatieve, high-tech oplossingen.

6.4.3 Hoge mate van internationalisering van leveranciers

Door de toenemende internationalisering van de afzetmarkt van leveranciers wordt het speelveld voor hen onoverzichtelijker. Klanten van leveranciers komen steeds vaker uit verschillende landen waardoor het moeilijker wordt voor leveranciers om standaarden te ontwikkelen die bij de eisen van alle verschillende partijen aansluiten. Bovendien zorgen culturele verschillen voor variëteit in de manieren van werken bij kwekers van verschillende culturele achtergronden. Daarnaast is de behoefte aan high-end integratieoplossingen in andere landen doorgaans lager dan in Nederland. Leveranciers moeten goed aansluiten bij lokale gebruiken, waardoor harmoniseren en standaardiseren lastiger wordt.

6.4.4 Hoge complexiteit van ontwikkeling en implementatie IT

De implementatie van integratieoplossingen wordt als complex ervaren. Vooral leveranciers verwachten dat het diep ingrijpt op de architectuur waarbinnen hun oplossingen in het verleden ontwikkeld zijn. Veel fabrikanten en toeleveranciers van inputtechnologie gebruiken eigen standaarden of baseren zich op verouderde standaarden die niet alle mogelijkheden bieden van moderne technologie. Bovendien is de verwachting dat het lastig is om de achterliggende technische infrastructuur bij kwekers aan te passen.

6.4.5 Rem op innovatie door afhankelijkheid bestaande systemen en leveranciers

Deze barrière is nauw verweven met de voorgaande barrière. De installed-base van bestaande systemen (legacy) bemoeilijkt de implementatie van geïntegreerde systemen. Aan de andere kant biedt het opzetten van een nieuwe vestiging of andere nieuwbouw kansen om integratie van kwekerij- en bedrijfsmanagementsystemen vanaf het begin goed op te pakken.

6.4.6 Beperkte bereidheid tot samenwerken

Bij het ontwikkelen van integratieoplossingen zijn veel verschillende partijen betrokken, vaak met een eigen agenda. Geïnterviewden geven aan dat in gezamenlijke initiatieven wantrouwen kan ontstaan tussen partijen onderling. Dit wordt versterkt door de economische situatie. Over het algemeen wordt de samenwerking als suboptimaal ervaren, zowel binnen de groep (van kwekers, leveranciers van productie-automatiseringssystemen, of leveranciers van bedrijfsinformatiesystemen) als tussen groepen onderling. De verschillende partijen blijken onvoldoende in staat om tot een samenwerkingsmodel te komen waarin de diverse belangen van de partijen optimaal verenigd worden.

6.4.7 Negatieve perceptie van relatief voordeel van integratie-oplossingen

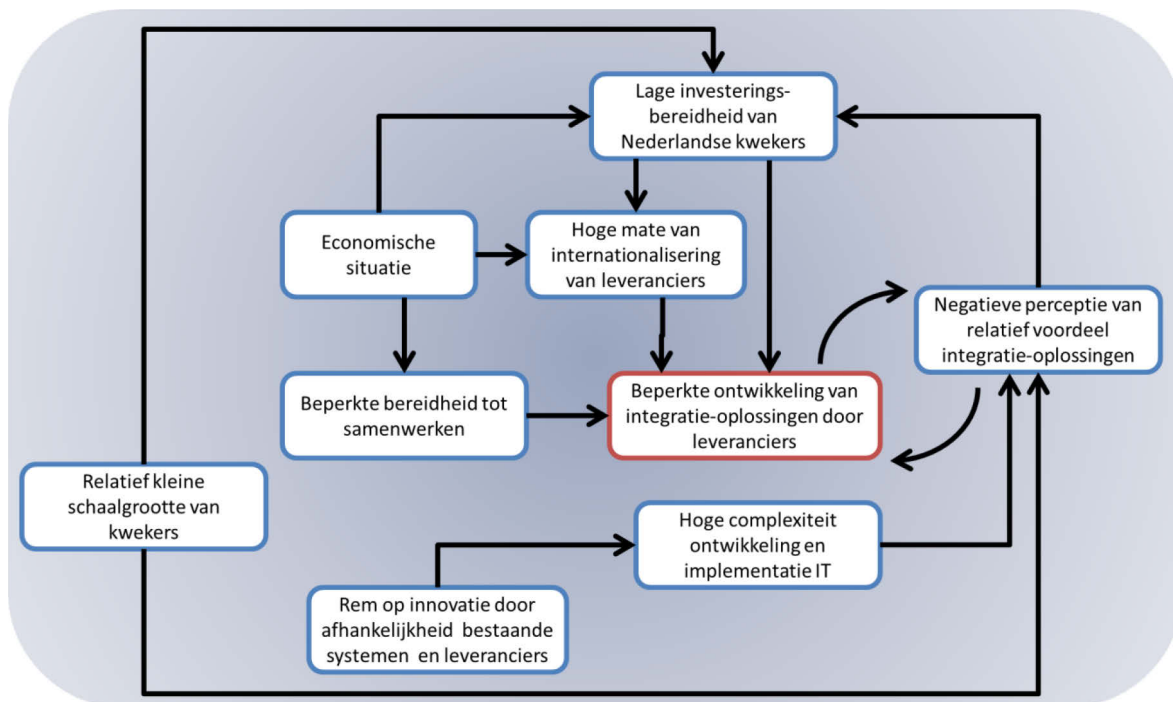
Uit de interviews bleek dat kwekers de voordelen van integratie tussen kwekerij- en bedrijfsmanagementsystemen inzien als het zich richt op concrete koppelingen. Daarbij werden de volgende interfaces genoemd:

- Order-picking-systemen
- Sorteert- en verpakkingslijnen
- Arbeidsregistratiesystemen
- Klimatecosystemen (met teeltplanning)

Echter, de inschatting van de voordelen ten opzichte van de nadelen en de kosten van realisatie (relatief voordeel) is bij het merendeel van de kwekers nog relatief laag.

6.4.8 Lage investeringsbereidheid van Nederlandse kwekers

Door een combinatie van een negatieve perceptie van het relatieve voordeel, de relatieve kleine schaalgrootte en de economische situatie is de bereidheid van Nederlandse kwekers om te investeren in integratie-oplossingen vaak laag. In selectietrajecten krijgt de prijs van IT-oplossingen doorgaans een hogere prioriteit dan hun integratiemogelijkheden. De leveranciers geven aan dat voor hen de business-case voor het ontwikkelen van integratieoplossingen daardoor ongunstig is.



Figuur 22 Barrières voor de ontwikkeling van integratie-oplossingen en hun relaties

7 Aanbevelingen

7.1 Focus niet op standaardisatie op zich, maar benadruk het belang van integratie voor een moderne bedrijfsvoering

Standaardisatie is geen doel op zich, maar een middel voor een betere bedrijfsvoering. Juist aan die bedrijfsvoering worden steeds hogere eisen aan gesteld, zoals initiatieven als Smart Industry laten zien. Hierdoor zal de noodzaak van een volledig Connected Kwekerij naar verwachting toenemen. Aanbeveling is om vervolgvactiteiten in deze bredere context in te bedden en te verbinden met initiatieven zoals Smart Industry.

7.2 Stimuleer de bewustwording van de voordelen in concrete cases en demonstraties

Een van de belangrijkste barrières voor de ontwikkeling van integratieoplossingen is de relatief lage prioriteit die kwekers geven aan integratie van hun automatiseringsarchitectuur. Het gevolg is dat de business case voor leveranciers vervolgens gering is. Om het verwachte relatieve voordeel van een verregaand geïntegreerde automatiseringsarchitecturen te verhogen onder kwekers zullen de voordelen succesvol aangetoond moeten worden. Het is hierbij aan te bevelen concrete cases en demonstraties te initiëren over veelbelovende koppelingen, zoals die met order-picking-systemen, sorteer- en verpakkinglijnen, arbeidsregistratiesystemen en klimaatsystemen (met teeltplanning). De leveranciers zouden in het stimuleren van de bewustwording een belangrijke rol moeten hebben, omdat ze hiermee proactief hun eigen business case kunnen versterken.

7.3 Stimuleer de samenwerking tussen kwekers, tussen leveranciers en tussen kwekers en leveranciers

Gebruik enerzijds de cases om deze samenwerking te stimuleren en probeer anderzijds brancheorganisatie van leveranciers en kwekers te activeren op dit thema.

7.4 Verlaag de perceptie van complexiteit door praktische hulpmiddelen en toepasbare kennis beschikbaar te stellen

De complexiteit van integratie kan worden verlaagd door praktische hulpmiddelen en toepasbare kennis beschikbaar te stellen in een tuinbouw-specifieke toolbox om de integratie tussen teelt- en bedrijfsmanagementsystemen in de tuinbouw te verbeteren. Daarin zou speciale aandacht moeten zijn voor bestaande (industrie)standaarden, met name toepassing van de ISA-95 standaard.

7.5 Neem internationaal het voortouw in de benodigde standaardisatie

De markt voor tuinbouwtechnologie is internationaal. Het is dan ook cruciaal dat de benodigde standaarden internationaal gedragen worden. Vanuit haar leidende positie zouden de Nederlandse tuinbouwleveranciers, in samenwerking met sectororganisaties zoals Tuinbouw Digitaal, dan ook vanaf het begin internationaal de regie moeten oppakken in het toepassen van internationale standaarden op de tuinbouwsector.

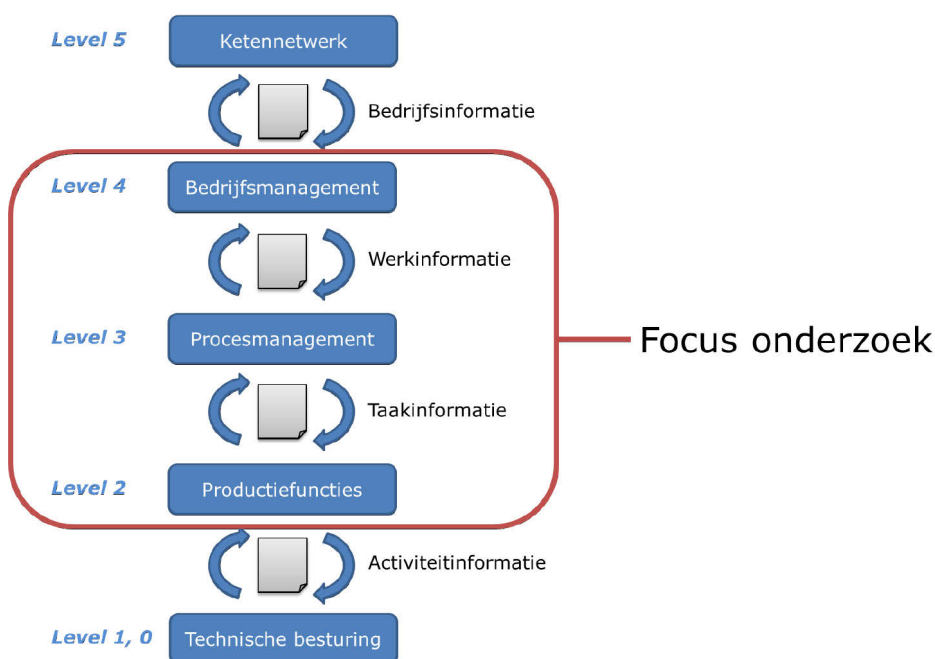
Bijlage 1 Raamwerk voor een integratie-toolbox

Op basis van de analyse uit dit rapport is een raamwerk ontwikkeld, dat zou kunnen dienen als de basis voor een toolbox voor de integratie van kwekerij- en bedrijfsmanagementsystemen. Het doel is om op basis van deze kaders de huidige situatie in de tuinbouwsector in detail in kaart te brengen. Dit bestaat uit twee onderdelen, namelijk:

- een analyse naar de details van de technische context van de standaardisatie
- en een analyse naar de organisatie van het sociale systeem waarbinnen de standaardisatie plaats zou moeten vinden.

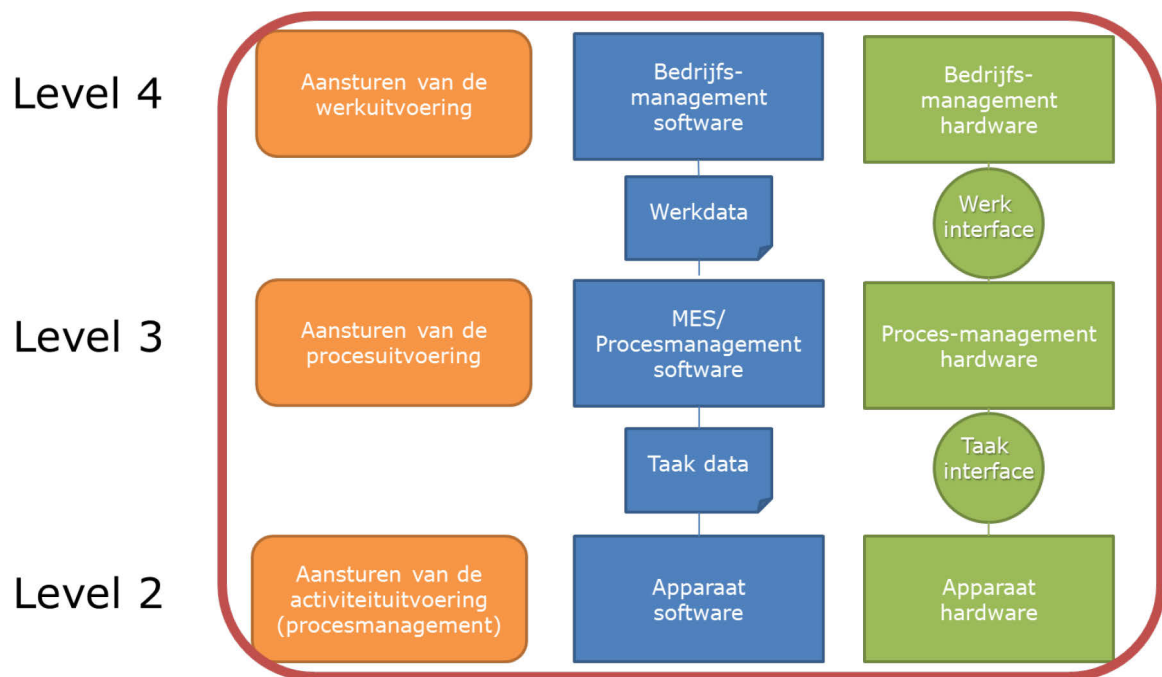
In de volgende paragrafen wordt op basis van beide analyses een kader gepresenteerd die gebaseerd is op het literatuuronderzoek en de expertinterviews.

In de productiebesturing werken hardware en software samen om de uitvoer van bedrijfsfuncties te ondersteunen. Tevens wordt data uitgewisseld met boven en onder gelegen productiebesturingsniveaus. De focus van dit onderzoek ligt op de interactie tussen apparaten en systemen en het bedrijfsmanagementsysteem. Als we die focus visualiseren in de figuur over besturingsniveaus zoals geïntroduceerd in hoofdstuk 2, dan geeft dat onderstaand resultaat.



Figuur 23 Focus onderzoek

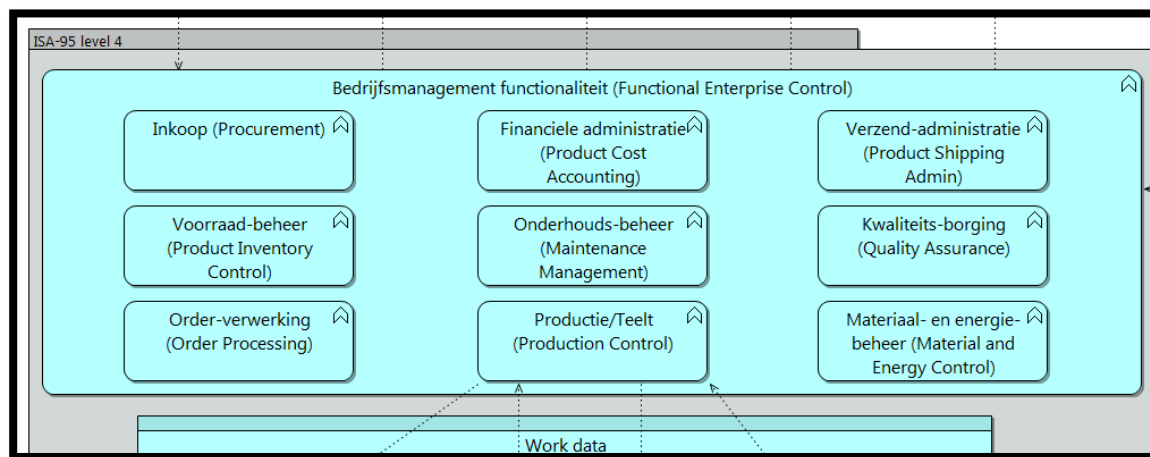
Wanneer we deze lagen in meer detail bekijken kunnen verschillende relevante componenten worden geïdentificeerd, zie Figuur 14. Iedere laag bestaat uit bij het niveau passende processen (geel), software (blauw) en hardware (groen). Tussen lagen wordt informatie uitgewisseld. Hierin speelt data een rol en de technische interface die verantwoordelijk is voor de data-uitwisseling.



Figuur 24 Componenten ter analyse

In het vervolgonderzoek staat de analyse van processen, software- en hardware-oplossingen in de verschillende deelsectoren centraal. De analyse wordt uitgevoerd door een oppervlakkige analyse per besturingslaag en een analyse van de informatie uitwisseling en manier waarop de data wordt uitgewisseld. Om de belangrijkste processen data-elementen tussen de besturingslagen op iedere laag te identificeren zijn er 5 views op dit analyse kader gedefinieerd. Voor het ontwikkelen van deze views zijn de ISA-95 en ISA-88 raamwerken als referentie gebruikt. De verschillende views op dit technische analyse kader worden in de volgende paragrafen toegelicht.

B1.1 Level 4



Figuur 25

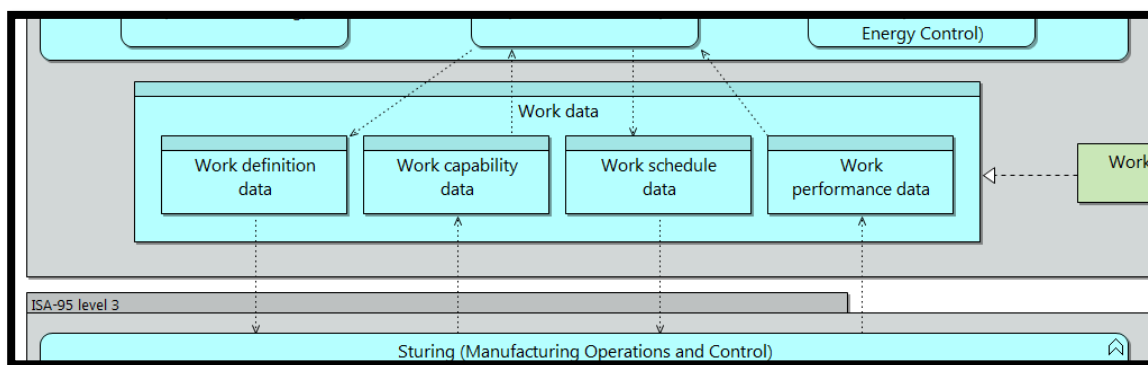
De belangrijkste processen die op level 4 door ISA-95 erkend worden zijn:

- Inkoop
- Voorraadbeheer
- Orderverwerking

- Financiële administratie
- Onderhoudsbeheer
- Verzendadministratie
- Kwaliteitsborging
- Materiaal- en energiebeheer
- Productie/teelt.

Zoals eerder aangegeven ligt de focus van dit onderzoek op de laatstgenoemde processen binnen productie. Echter, het raamwerk onderkent tevens de relevante informatiestromen tussen de verschillende procesgroepen. In de analyse zullen hiervan degene die het meest relevant zijn voor de productieprocessen die een rol spelen in de geanalyseerde bedrijven geïdentificeerd worden. Ook zal er een quick-scan worden gemaakt van de processen en de mate waarin zij door software ondersteund worden. Tevens wordt geïdentificeerd welke hardware gebruikt wordt om de software te realiseren.

B1.2 Data-uitwisseling tussen level 3 en 4

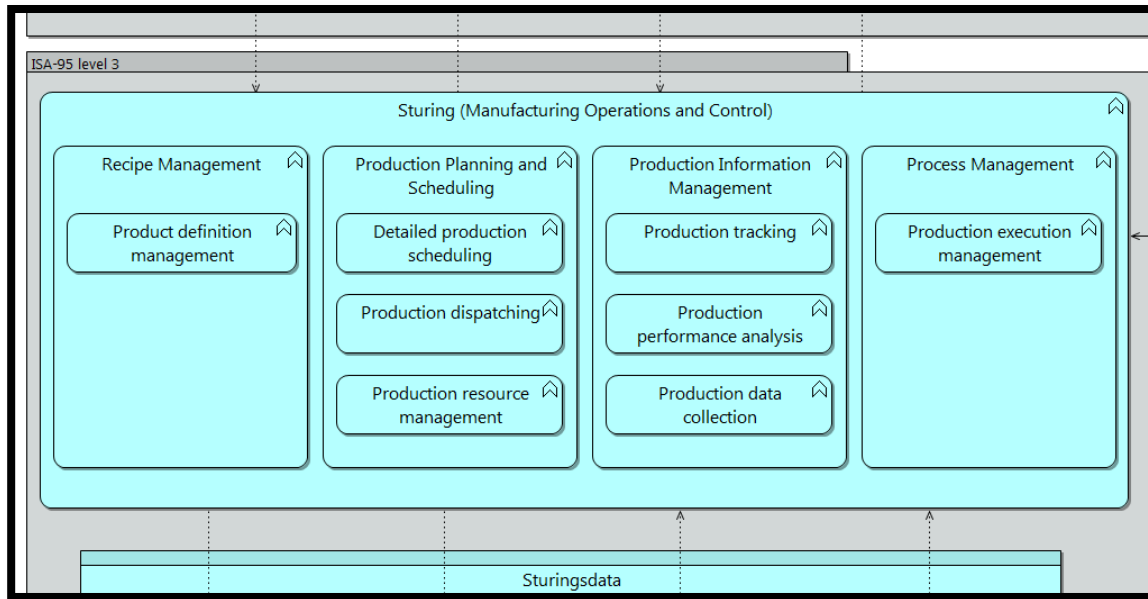


Figuur 26 Objecten van data-uitwisseling tussen niveau 3 en 4

Vervolgens wordt de data geanalyseerd die wordt uitgewisseld tussen de in level vier relevante productieprocessen en de onderliggende productie-besturingslaag. Het gaat om informatie die wordt uitgewisseld om werk gedaan te krijgen. Deze werkinformatie kan in vier groepen worden ingedeeld, namelijk:

- *Werkdefinitie*
definitie van wat moet er precies gedaan worden en welke materiële en humane resources kost het om het werk gedaan te krijgen
- *Werkcapaciteit*
reactie van de besturingslaag over beschikbare capaciteit om het werk uit te voeren
- *Werkplanning*
verzoek om het werk uit te voeren volgens beschikbare capaciteit op bepaald moment in de tijd
- *Werkprestatie*
rapportage-informatie aangaande het uitgevoerde werk

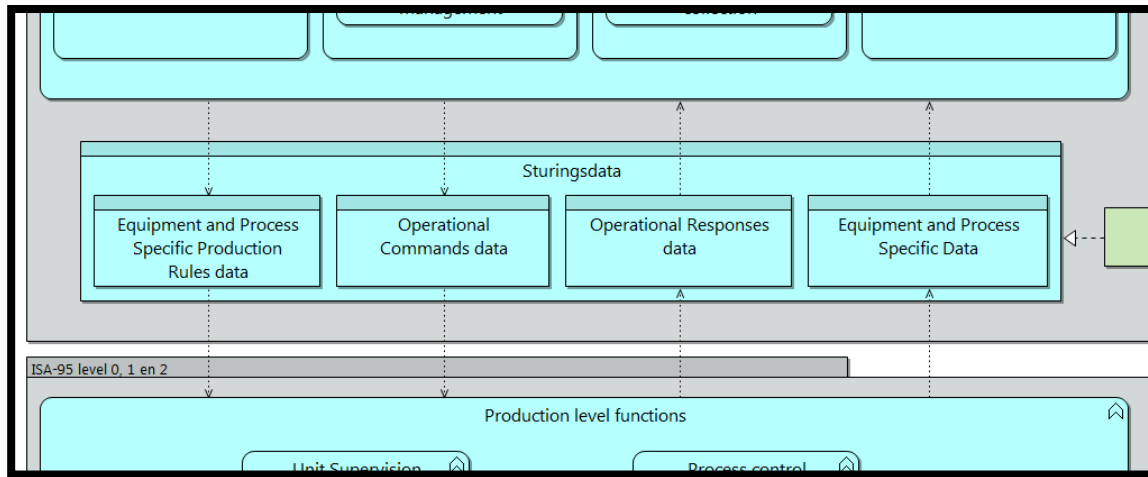
B1.3 Level 3



Op dit besturingsniveau wordt de informatie die hierboven genoemd staat ontvangen en verstuurd om de productie volgens werkopdracht te kunnen aansturen en erover te kunnen rapporteren. De softwarefunctionaliteit op dit niveau ondersteunt het omzetten van de aansturing op werkniveau naar taakniveau. Dat betekent dat wanneer het om de aansturing gaat de uitgewisselde data specifiekere wordt en de tijdshorizon van die aansturing dichterbij. Andersom betekent het dat de gerapporteerde data uit de onderliggende systemen geaggregeerd wordt tot bruikbare informatie voor de bovenliggende besturingslaag. Processen die hierbij een rol spelen zijn:

- Recipe management
 - Product definition management
- Production planning and scheduling
 - Detailed production scheduling
 - Production dispatching
 - Production resource management
- Production information management
 - Production tracking
 - Production performance analysis
 - Production data collection
- Process management
 - Production execution management

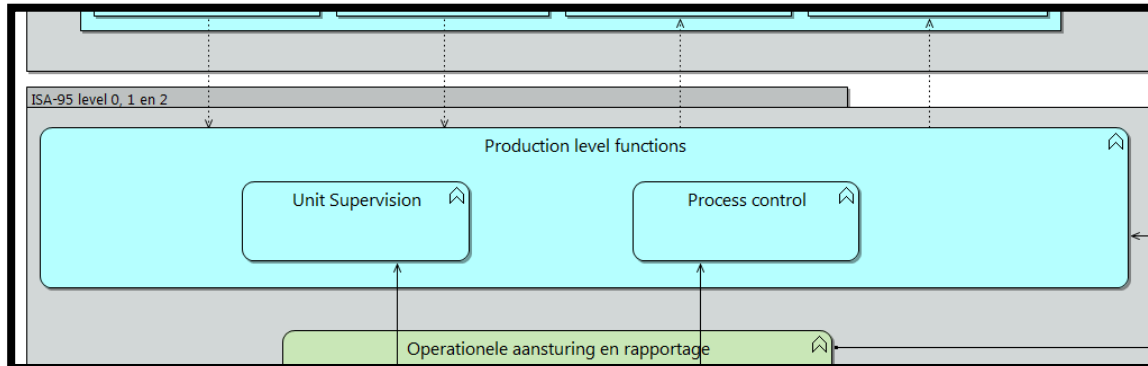
B1.4 Data-uitwisseling tussen level 2 en 3



Net als tussen niveau 3 en 4 wordt data uitgewisseld tussen niveau 2 en 3. Echter de data is gedetailleerder en heeft een kortere tijdshorizon. Taakinformatie bestaat uit:

- Productieregels
- Operationele commando's
- Operationele respons
- Andere machine-specifieke data

B1.5 Level 2



De daadwerkelijke aansturing van apparaten vindt plaats op dit niveau. Op basis van de taakinformatie ontvangen van niveau 3 zorgt softwarefunctionaliteit op dit niveau ervoor dat de taak daadwerkelijk wordt uitgevoerd. De belangrijkste functies zijn unit toezicht en procesbesturing.

Op basis van het hierboven gepresenteerde raamwerk wordt een analyse gemaakt van de huidige situatie bij kwekers in de verschillende deelsectoren: Van welke apparaten en systemen maken zij gebruik, welke bedrijfsprocessen worden er precies ondersteund, welke interfaces tussen systemen zijn relevant en van welke leveranciers zijn de systemen afkomstig? Daarnaast zal het raamwerk worden gebruikt om producten van leveranciers in te delen en aan elkaar te relateren. Vervolgens wordt naast deze technische analyse een analyse uitgevoerd die dieper ingaat op de organisatorische aspecten van het tuinbouwinnovatiesysteem.

LEI Wageningen UR
Postbus 29703
2502 LS Den Haag
T 070 335 83 30
E publicatie.lei@wur.nl
www.wageningenUR.nl/lei

Nota
LEI 2015-053



LEI Wageningen UR is een onafhankelijk, internationaal toonaangevend, sociaaleconomisch onderzoeksinstituut. De unieke data, modellen en kennis van het LEI bieden opdrachtgevers op vernieuwende wijze inzichten en integrale adviezen bij beleid en besluitvorming, en dragen uiteindelijk bij aan een duurzamere wereld. Het LEI maakt deel uit van Wageningen UR (University & Research centre). Daarbinnen vormt het samen met het Departement Maatschappijwetenschappen van Wageningen University en het Wageningen UR Centre for Development Innovation de Social Sciences Group.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



LEI Wageningen UR
Postbus 29703
2502 LS Den Haag
E publicatie.lei@wur.nl
www.wageningenUR.nl/lei

NOTA
LEI 2015-053

LEI Wageningen UR is een onafhankelijk, internationaal toonaangevend, sociaaleconomisch onderzoeksinstituut. De unieke data, modellen en kennis van het LEI bieden opdrachtgevers op vernieuwende wijze inzichten en integrale adviezen bij beleid en besluitvorming, en dragen uiteindelijk bij aan een duurzamere wereld. Het LEI maakt deel uit van Wageningen UR (University & Research centre). Daarbinnen vormt het samen met het Departement Maatschappijwetenschappen van Wageningen University en het Wageningen UR Centre for Development Innovation van de Social Sciences Group.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.