Het ontwerpen van een nieuw duurzaam bewaar- en verwerkingssysteem voor bloembollen

Henk Gude, Martin van Dam, Annette Bulle, Peter Vreeburg, Jeroen Wildschut en Ton Baltissen

Onderzoek uitgevoerd in opdracht van

Productschap Tuinbouw (projectnummer 14877) en

Ministerie van Economische Zaken (Project 77 in deel-PPS Het Nieuwe Doen; onderdeel van Plantgezondheid)

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit PPO nr. 3236165500
December 2014

© 2014 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.
Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit

Address : Postbus 85, 2160 AB Lisse
: Prof. Van Slogterenweg 2, 2161 DW, Lisse
Tel. : +31 252 46 21 21
Fax : +31 252 46 21 00
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING 4

1 INLEIDING 5

2 DE BASIS: EEN NIEUW TYPE DRAGER EN ENERGIEZUINIG DROGEN EN BEWAREN 7

3 SORTEREN EN SELECTIE 12
3.1 Optisch sorteren 13
3.2 Sorteren met behulp van X-ray (synoniem: Röntgenstraling) 15

4 REINIGEN EN ONTSMETTEN 17
4.1 Reinigen, snel (binnen 15 à 30 minuten) 18
4.1.1 Ozon 18
4.1.2 Chloordioxide (ClO_2) 18
4.1.3 Koud plasma 19
4.1.4 Geëlectrolyseerd water, synoniem: ECA-water (electrochemically activated water) toegepast als nevel 19
4.1.5 Waterstofperoxide, H_2O_2, toegepast als fijne nevel 20
4.1.6 Super-kritisch CO_2 20
4.1.7 Ultrasound (alleen in vloeistof) 21
4.2 Reinigen in cellen, langduriger 22
4.2.1 Ozon, langdurig 22
4.2.2 Ionisatie 22
4.2.3 ULO, galmijt 22
4.2.4 Heetstook 22
4.2.5 CATT (controlled atmosphere temperature treatment) 23
4.2.6 Etherische olie 23
4.3 Ontsmetten (aanbrengen van fungiciden) 24
4.3.1 Schuimontsmetten van bollen en knollen 24
4.3.2 Coaten van bollen 25

5 RECHTOP ZETTEN 27

6 DISCUSSIE 28

7 LITERATUUR 32

BIJLAGE 1 33

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving

Samenvatting

De huidige bewaar-, verwerkings- en ontsmettingssystemen voor bloembollen functioneren verre van optimaal: de bewaring wordt gekenmerkt door een hoog energieverbruik, tijdens het verwerken en ontsmetten treedt verspreiding van ziekten op, en stress en verwonding van de bollen dragen bij aan uitval door ziekten en andere vormen van kwaliteitsverlies. Daarnaast staat het ontsmetten onder grote druk door de risico's van blootstelling van medewerkers en emissie van middelen naar het milieu. Het sorteren van bollen voorkomt niet dat in de broeierij grote variatie in groeisnelheid en bloemkwaliteit optreedt en de onmogelijkheid om bollen geautomatiseerd rechtop te planten brengt hoge arbeidskosten met zich mee.

Dit project had tot doel innovatieve technieken voor de verschillende onderdelen van het verwerken (inclusief ontsmetten) en bewaren te inventariseren en die te integreren tot een totaalsysteem waarin energiezuinig bewaard wordt, blootstelling aan en emissie van middelen tot het verleden behoren, en gezondere en kwalitatief betere bollen geproduceerd worden.

Brainstorms en gesprekken met deskundigen binnen en buiten WUR/PPO hebben geresulteerd in het volgende totaalconcept: een systeem dat bestaat uit de volgende onderdelen:
- een nieuwe drager (fust) en een nieuw, energiezuinig transportsysteem (zonder beschadiging en stress)
- een nieuw type bewaarruimte volgens een energiezuinig ontwerp, waarin diffusie van gassen (inclusief waterdamp) zoveel mogelijk de drijvende kracht zal zijn achter de luchtcirculatie in plaats van zware ventilatoren
- afzonderlijke modules voor high-tech vision- en 3D-röntgentechniek voor sortering (indien mogelijk ook op ontwikkelingsstadium) en voor het selecteren van (uitwendig) zieke/afwijkende bollen
- strikt gecompartimenteerde ruimtes voor reiniging en ontsmetting zonder blootstelling en emissie, met opvangen en onschadelijk maken van gassen en vernevelde vloeistoffen
- een module voor het rechtop zetten van de bollen.

Veelbelovende oplossingen voor het energiezuinig drogen en bewaren zijn: het gebruik van een 'reuzengaasbak' met een hoogte van 15 à 30 cm en het bouwen van een bewaarcel die geschikt is voor dat type drager.
Voor het sorteren en selecteren kan veel geleerd worden van innovaties uit de aardappel- en zaadindustrie: mogelijkheden met zichtbaar licht-, nabij-infrarood-, multispectraal- en hyperspectraal imaging zijn veelbelovend. Röntgentechnologie wordt in het vak al met succes toegepast, maar kan met het voortschrijden van de techniek ook aangewend worden voor het sorteren op bijv. spruitlengte in de bol.
Voor het reinigen (uitwendig ontsmetten) van bollen in een afgesloten compartiment zijn al verschillende technieken en middelen in ontwikkeling: ozon, chloordioxide, geëlectrolyseerd water, koud plasma, waterstofperoxide en (mogelijk) superkritisch CO_2.
Het aanbrengen van fungiciden zou moeten plaatsvinden door middel van schuimen (reeds toegepast) of coating (in ontwikkeling, met perspectief).
Voor het geautomatiseerd rechtop zetten van de bollen is het noodzakelijk dat kennis en ervaring van eerdere initiatieven worden gebundeld en aangewend voor een grootschalige aanpak van het probleem.

Als het lukt om alle technieken door te ontwikkelen tot innovaties, dan wordt daarmee een enorme stap gemaakt in het verduurzamen van de hele bewaring en verwerking. Daarnaast wordt het systeem efficiënter (door arbeidsbesparing), neemt de kwaliteit van de bollen toe en neemt de uitval door ziekten in de hele keten af. Voordat het echter zover is zal er nog veel onderzoek uitgevoerd moeten worden om potentiële technieken door te ontwikkelen tot daadwerkelijke innovaties.

1 Inleiding

Bloembollen worden na de oogst gedroogd, geschoond/gepeld, gesorteerd en ontsmet. Tussen en na genoemde stappen worden de bollen voor kortere of langere tijd bewaard. Plantgoedmaten worden hierna opnieuw geplant voor een volgende teeltcyclus, terwijl leverbare bollen hun weg vinden in de afzetketen richting broeierij of droogverkoop.
De huidige bewaar-, verwerkings- en ontsmettingssystemen functioneren verre van optimaal:

- In bestaande verwerkings- en bewaarsystemen van bloembollen treedt uitval op door beschadiging en stress en door verspreiding van ziekten. Ook in volgende schakels van de keten is de uitval nog vaak een gevolg van besmetting tijdens de verwerking. Eén procent uitval vertegenwoordigt een waarde van ca. € 4 miljoen op sectorniveau.
- In de meeste gevallen vindt een ontsmettingsstap plaats in de verwerkingsketen. Tijdens de ontsmetting worden de bollen doorgaans gedompeld, waardoor de kans op verspreiding van andere ziekten dan waartegen ontsmet wordt juist groter wordt. Het ontsmetten van bloembollen staat onder druk vanwege risico's van blootstelling en emissie.
- Het sorteren van bollen vindt plaats door middel van gaten- of spijlensorteerders (op grootte) of door weging. Tijdens de bloemproductiefase blijken er vaak nog grote verschillen in bloeisnelheid binnen één sortering te bestaan, waardoor er meerdere malen geoogst moet worden. Ook het aantal knoppen of de bloemgrootte is vaak nog variabel.
- De huidige droog- en bewaarsystemen kennen een hoog energieverbruik. Er is de afgelopen jaren veel bereikt op het gebied van energiebesparing, maar de grenzen van die besparing komen in zicht vanwege de aard van de bewaarsystemen: systeemwanden met palletkisten en zware ventilatoren.
- De oriëntatie van de bollen in bewaarfust is willekeurig, waardoor plantgoed op het veld nog niet rechtop geplant kan worden en leverbare bollen handmatig rechtop gezet moeten worden bij het planten.

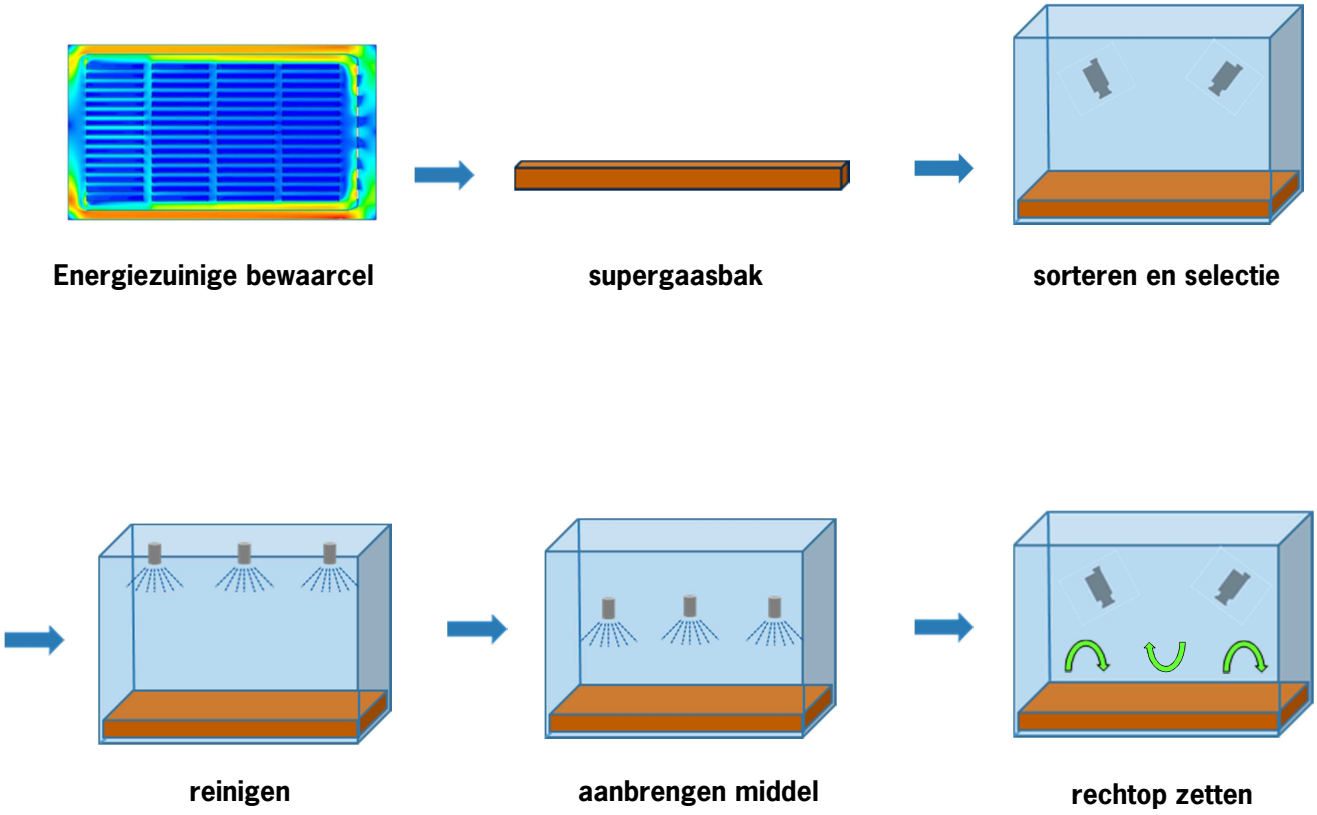
Het in dit rapport beschreven project had tot doel een volledig nieuw, modulair bewaar-, verwerkings- en ontsmettingssysteem voor bloembollen te ontwerpen met minimaal energieverbruik, zonder emissie van en blootstelling aan middelen en met sterk verlaagde risico's op ziekten en plagen, ook in volgende schakels van de keten. Beoogde kenmerken van het systeem zijn verder: minder uitval, een homogenere sortering en de mogelijkheid om de bollen rechtop te zetten.

Brainstorms en gesprekken met specialisten binnen PPO/WUR en daarbuiten (o.a TNO, Amsterdam Scientific Instruments, DLV, Van Gent van der Meer Nuyens, toeleverende bedrijven) hebben geresulteerd in het volgende concept: een systeem dat bestaat uit de volgende onderdelen:

- een nieuwe drager (fust) en een nieuw, energiezuinig transportsysteem (zonder beschadiging en stress)
- een nieuw type bewaarruimte volgens een energiezuinig ontwerp, waarin diffusie van gassen (inclusief waterdamp) zoveel mogelijk de drijvende kracht zal zijn achter de luchtcirculatie in plaats van zware ventilatoren
- afzonderlijke modules voor high-tech vision- en 3D-röntgentechniek voor sortering (indien mogelijk ook op ontwikkelingsstadium) en voor het selecteren van (uitwendig) zieke/afwijkende bollen
- strikt gecompartimenteerde ruimtes voor reiniging en ontsmetting zonder blootstelling en emissie
- een module voor het rechtop zetten van de bollen

Per onderdeel zijn de eisen op een rijtje gezet en wordt bediscussieerd wat op korte termijn mogelijk is (1 à 3 jaar), wat op langere termijn (10 jaar) mogelijk wordt en welke ontwikkelingen daarvoor noodzakelijk zijn. De bevindingen in dit project zijn in 2 bijeenkomsten getoetst bij vertegenwoordigers van het bollenvak: bestuurders, telers, toeleveranciers en adviseurs. In 4 hoofdstukken worden de verschillende onderdelen van de bewaar-, verwerkings- en ontsmettingsketen gepresenteerd. In de discussie wordt een totaalconcept van een toekomstige systeem besproken.

Figuur 1. Schematische opbouw van het voorgestelde innovatieve bewaar-, verwerkings- en ontsmettingssysteem. De verschillende onderdelen worden in de volgende hoofdstukken toegelicht.

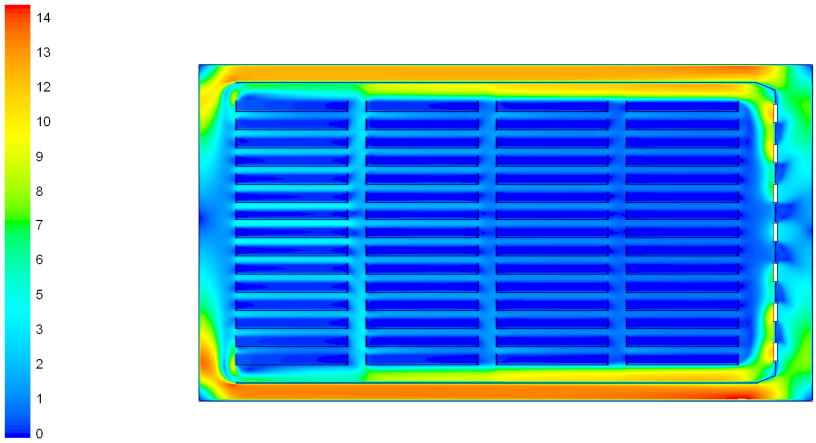


2 De basis: een nieuw type drager en energiezuinig drogen en bewaren

De huidige bewaarcellen met systeemwanden en kuubkisten verbruiken veel energie. De afgelopen jaren is veel bereikt op het gebied van energiebesparing, maar om verdere stappen te maken in het verlagen van de carbon footprint is het nodig om een 'systeemsprong' te maken, d.w.z. een geheel nieuw concept voor energiezuinig drogen en bewaren van bollen, waarin diffusie van gassen (inclusief waterdamp) zoveel mogelijk de drijvende kracht zal zijn achter de luchtcirculatie in plaats van zware ventilatoren. Op basis van genoemde eisen en van de laatste inzichten op het gebied van energiezuinig drogen en bewaren wordt het volgende concept voorgesteld:

De nieuwe bewaarcel en verwerkingslijn
In dit hoofdstuk wordt een geheel nieuw concept voor het drogen en bewaren en het verwerken van bloembollen besproken. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een nieuw type drager (fust) en een andere wijze van intern transport dan nu gebruikelijk. Doel is de bollen zodanig te verwerken en bewaren dat het energieverbruik minimaal is, de minste beschadiging optreedt en de in- en uitwendige bolkwaliteit optimaal blijft voor zowel droogverkoop als broeierij. Door compartimentering van ontsmettingsbehandelingen zal vrijwel geen blootstelling aan en emissie van gewasbeschermingsmiddelen plaatsvinden en is het systeem voor alle gewassen bruikbaar.
Bij de huidige werkwijze wordt de kuubkist (palletkist) algemeen en massaal toegepast. Deze kist is er in diverse maten en wordt gebruikt bij rooien, drogen, verwerken, bewaren, ontsmetten en planten. Deze kisten zijn logistiek goed toepasbaar maar hebben ook enkele grote nadelen. Groot nadeel is de beschadiging door de grote hoogte van vallen, ondanks gebruik van valbrekers en kistenkantelaars en door de grote druk van het hele pakket bollen op de bollen onderin de kist. Ook zijn de plaats in de kist en de plaats van de kist voor de systeemwand bepalend voor de snelheid van drogen en uitwisseling van gassen zoals CO_2 en ethyleen. De mate van uitdrogen is variabel en vaak te groot als gevolg van het droog- en bewaarsysteem. Verdere verbetering van het huidige systeem met kuubkisten leidt hooguit tot kleine verbeteringen t.a.v. energiegebruik en kwaliteit, maar niet tot een echte doorbraak ('een systeemsprong') en wordt daarom niet in dit concept opgenomen.

Uit het rapport "Ontwikkeling van een nieuw Droog- en Bewaarsysteem" (Jeroen Wildschut, Athanasios Sapounas en Guus Braam) bleek dat er uit het oogpunt van energiegebruik en gelijkmatigheid zeer goede mogelijkheden zijn voor een zgn. supergaasbak (afmeting bijv. 3 x 1,5 x 0,15m). Een laagdikte van 30 cm was minder efficiënt.



Figuur 2. CFD-Illustratie van de luchtsnelheden in een nieuw ontwerp bewaarcel, gevuld met 'reuzengaasbakken'. Opvallend is de gelijke luchtsnelheid in alle bakken, ongeacht de plaats in de cel (Wildschut et al 2011).

Het doorrekenen van laagdiktes tussen 15 en 30 cm om tot een optimale laagdikte te komen heeft nog niet

plaatsgevonden. Dit is met behulp van zgn. CFD-berekeningen (Computational Fluid Dynamics, een computermodel voor het voorspellen van luchtstromen door bolstapelingen) vast te stellen. Figuur 2 geeft de resultaten weer van CFD-berekeningen van de ethyleenconcentratie in een cel gevuld met supergaasbakken.
In dit nieuwe celontwerp worden supergaasbakken met 5% (!) zure tulpenbollen 5 diep x 17 hoog gestapeld en door 7 kleine zuigende ventilatoren wordt de lucht gecirculeerd. Opvallend is de grote uniformiteit in luchtstroom en overeenkomstige gelijkmatige ethyleenverdeling over de cel. In dit concept is een belangrijke rol weggelegd voor de drijvende kracht van diffusie van gassen (inclusief waterdamp) om ophoping van die gassen tussen de bollen te voorkomen. Ervaringen in de praktijk leren echter dat diffusie tijdens het drogen niet toereikend is en dat in die fase van de verwerking d.m.v. ventilatoren lucht verplaatst zal moeten worden. Voor de veel langere bewaarfase is de bewaring in dunnere lagen met behulp van diffusie en veel lichtere ventilatoren wél mogelijk.

In het vervolg van dit hoofdstuk wordt ingegaan op de gevolgen van de keuze voor een supergaasbak op het totale verwerkingssysteem.

De **supergaasbak** is vergelijkbaar met een gewone gaasbak, echter met een geperforeerde bodem die minder beschadigingen veroorzaakt dan de huidige gaasbak, waarin met name ook het gaas op de middenplank voor ernstige beschadigingen zorgt. Materiaal zal zodanig gekozen moeten worden dat het sterk is, weinig beschadiging veroorzaakt en dat er weinig bollenvuil aan blijft plakken. De bak moet goed reinigbaar zijn en transporthandelingen goed kunnen doorstaan.
Het verband tussen bakeigenschappen zoals grootte, hoogte, aantal gaten en afmetingen van de gaten en de mate van diffusie zal nog nader onderzocht moeten worden. Het is denkbaar dat voor verschillende bolmaten bakken met verschillende gaatjesgroottes nodig zullen zijn. Ook de keuze van de positie van de poten van de bak: onder of boven de bak is nog open.
Door het gehele proces in delen op te splitsen en behandelingen in compartimenten uit te voeren kan de werkwijze aangepast worden aan het gewas. Omdat in de nabije toekomst het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen verder onder druk komt te staan moet elke vorm van blootstelling aan gewasbeschermingsmiddelen worden voorkomen. Hiervoor worden andere wijzen van bestrijding ontwikkeld waarbij wordt voorkomen dat bewaarfust wordt ontsmet zodat hierdoor geen blootstelling en emissie plaatsvindt.

Werkwijze (zie figuur 3):
Rooien in een kiepkar of supergaasbak. De afstand van veld tot schuur is hiervoor mede bepalend. Afhankelijk van het gewas zouden deze bakken op of nabij het veld of schuur enige tijd buiten opgestapeld kunnen worden om de bollen te laten drogen. De droging is dan vergelijkbaar met de huidige bewaring van gaasbakken op het veld zoals soms bij hyacinten al gebeurt (droging bij de laagst mogelijke temperatuur om agressief snot te voorkomen). Bij rooien in supergaasbakken wordt de valhoogte geminimaliseerd door een slim vulsysteem achter of naast de rooimachine.

Transport naar schuur
Transport van bollen met kiepkar of transport geschikt voor supergaasbakken.

Droging en bewaring
Droging vindt plaats met een sneldroogsysteem, bij gespoelde bollen bijvoorbeeld m.b.v. luchtmessen voor een eerste droging van aanhangend water. Bij drogen van supergaasbakken kunnen stapels aan de zijkanten afgesloten worden waarna geforceerd lucht door de stapel wordt geblazen of gezogen. Het nadrogen en bewaren vindt daarna plaats in een droog/bewaarruimte waarbij optimaal gebruikt wordt gemaakt van een zwakke luchtstroom die langs een dunne laag bollen stroomt en waarbij vocht, warmte, CO_2 en ethyleen mede door diffusie op een energiezuinige wijze worden afgevoerd. Door een hoge mate van gelijkmatigheid (zie eerdere toelichting) blijft de bolkwaliteit uniform.

Transport in schuur
Transport in de schuur tussen de droog-, verwerkings- en opslagruimten vindt plaats d.m.v. doorlopend

gekoppelde rollenband/transportsystemen, waarbij de gaasbakken automatisch gestuurd worden. Het op- en afstapelen verloopt via een verplaatsbare automaat/lift.
Afhankelijk van het gewas en type product is het transport van de gelabelde supergaasbakken op elk moment te sturen te sturen van A naar B. Heftrucks rijden niet of veel minder rond op het bedrijf. Heftrucks zijn voornamelijk nog nodig bij het aflevertraject.

Bewaring
De supergaasbakken staan bij de bewaring in de cel zodanig automatisch gestapeld dat de meest energiezuinige bewaring kan worden toegepast. Elke supergaasbak is gelabeld en is te allen tijden direct oproepbaar (tracking en tracing).

Verwerking
Bij het overstorten bij de verschillende verwerkingsonderdelen wordt beschadiging tot een minimum beperkt.
Bij het vullen van de supergaasbakken worden de bollen met een lopende band met minimale valhoogte in de bak gelost door bakken langzaam te verrollen. De gaasbakken hebben geen scherpe harde delen in de bodem.
Bij het lossen van de bollen uit de supergaasbak wordt bijvoorbeeld gewerkt met een flexibele afdekplaat (of gaas/tray) waarna de bak automatisch omgekeerd wordt en geleegd wordt op een lopende band op weg naar sorteer-, selectie- en/of telunit, waarbij de afdekplaat wordt weg gerold en voor een volgende supergaasbak wordt gebruikt. Het tijdstip van verwerking wordt bepaald door het gewas, de maten en de bestemming en afleverdatum.
De bollen worden met minimale beschadiging uit de supergaasbakken op een band verenkeld voor sorteren en selectie. Het sorteren en de selectie vindt plaats via visiontechnieken en/ of gewichtssortering waarbij minimale beschadiging optreedt en de kwaliteit optimaal blijft. De traditionele schoksorteerder, die zeer veel beschadiging en versmering van ziekten veroorzaakt, wordt vervangen door deze minder beschadigende systemen.
Leverbaar wordt verpakt en afgeleverd in fust volgens specificaties van de koper. Hierbij zijn mogelijk nog wel pallets en een heftruck nodig.
Plantgoed gaat terug de supergaasbak in en wordt na eventueel extra droging getransporteerd naar de bewaarruimte.

Bestrijding ziekten en plagen
Voor het bestrijden van plagen en ontsmetten worden aparte afsluitbare compartimenten ontwikkeld waar de behandeling zodanig geschiedt dat blootstelling en emissie van gewasbeschermingsmiddelen niet kan plaats vinden (volgende hoofdstukken). Afhankelijk van de gekozen ontsmettingswijze zullen de bollen in de supergaasbak worden behandeld of moeten de bollen worden omgestort in een speciaal fust of in een fustloos systeem ontsmet worden. Mogelijkheden om de warmwaterbehandeling tegen stengelaaltjes te vervangen door een warmtebehandeling in een cel (TT, temperature treatment), eventueel aangevuld met een specifieke gasbehandeling (CA, Controlled Atmosphere; de combinatie wordt CATT genoemd) worden onderzocht. Deze behandeling biedt zeker mogelijkheden voor de bestrijding van insecten en mijten.

Planten
De bollen komen uit de bewaring en worden kort voor planten eventueel nog geselecteerd/gesorteerd en ontsmet. Voor het ontsmetten en planten wordt apart fust gebruikt dat zodanig wordt gebruikt en opgeslagen dat er geen blootstelling en emissie kan optreden. In hoofdstuk 4.4 worden de mogelijkheden van geautomatiseerd rechtop zetten besproken.

Gewasvariatie
Elk gewas heeft een aangepast traject. Spoelen en pellen zal vooral bij tulp aan de orde zijn, bij narcis moet worden gebroken voor sorteren en bij hyacint ligt het moment van sorteren van plantgoed veel later in de tijd (na de heetstook) dan van leverbaar. Ook per partij en per maat geldt vaak een ander verwerkingstraject. Voor elk gewas en partij is het transporttraject in te stellen.

Perspectief, termijn van mogelijke realisatie:

Supergaasbak modelmatig en in de praktijk testen: modelmatig (CDF-berekeningen) en praktisch testen; perforatie, materiaal, laagdikte, bakgrootte, pootpositie 1 - 3 jaar

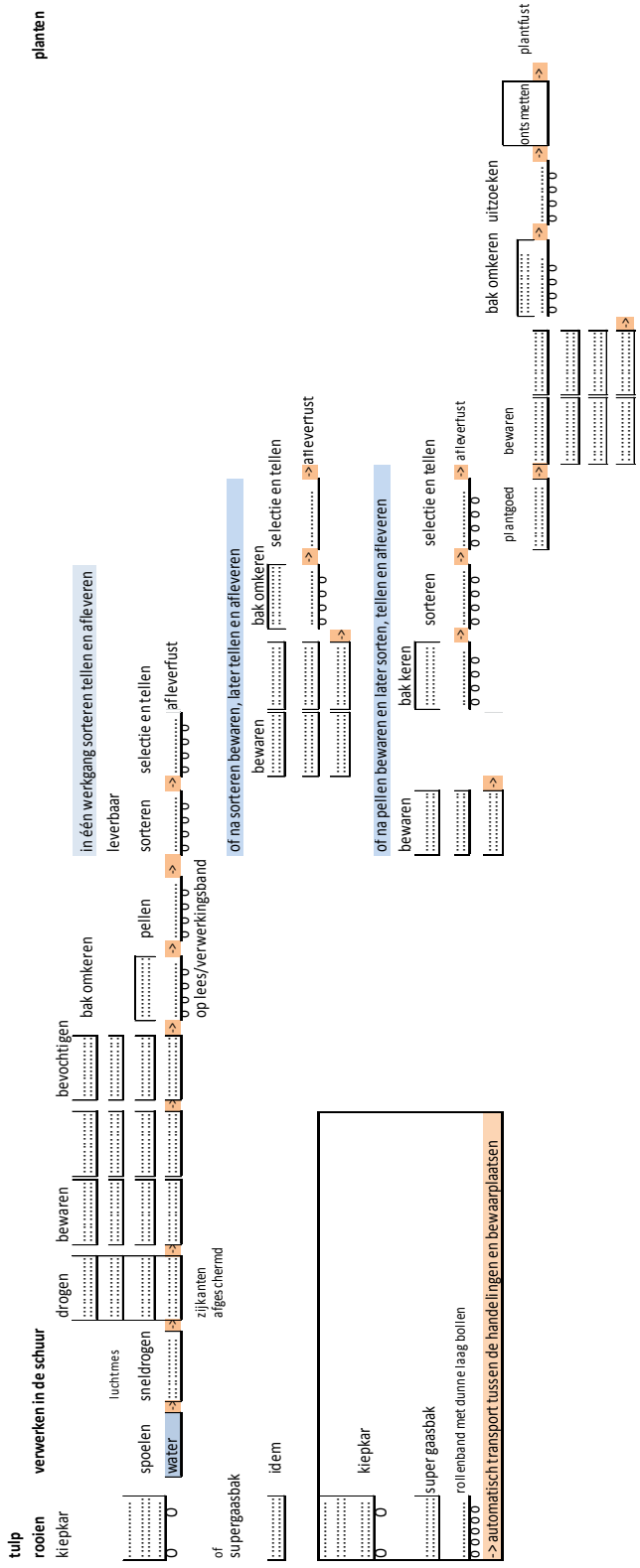
Intern transportsysteem supergaasbak: aanpassen bestaande transpostsystemen met (ont)stapelaars, computergestuurd met labeling; kan na vaststelling van concept supergaasbak 1- 2 jaar

Extern transportsysteem supergaasbak: transport van veld naar schuur 1 - 2 jaar

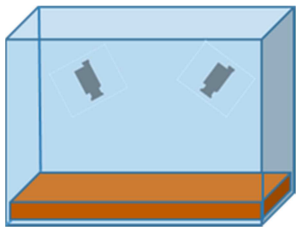
Aanpassingen bij verwerken met supergaasbak: omkeren, vullen en legen 1 - 3 jaar

Droog- en bewaarsysteem voor supergaasbak: deels gelijktijdig met ontwikkeling en testen supergaasbak 3 - 5 jaar

Figuur3. Schematische voorstelling van alle handelingen tussen rooien en planten bij gebruik van de nieuwe (conceptuele) reuzengaasbak.



3 Sorteren en selectie



Huidige situatie
Vroeg in het verwerkingsseizoen worden de bollen gesorteerd. Dit proces is al vele jaren geautomatiseerd. Op sorteerlijnen worden de bollen automatisch gesorteerd op ziftmaat (gaten- of spijlensorteerders), op gewicht of op een combinatie van beide. Hoewel de sortering in de loop der jaren nauwkeuriger is geworden, laat de homogeniteit binnen grootteklasses in de broei en tijdens de teelt nog te wensen over. Door toenemende problemen met het verspreiden van plantenziekten is het sorteerproces zwaar ter discussie komen te staan. Ziekten als zuur in tulp, bacterieziekten in hyacint en virus in lelie worden tijdens het verwerken in hoge mate verspreid. Ook de stress en verwonding van het product als gevolg van te grote valhoogtes en andere mechanische krachten tijdens pellen en sorteren dragen bij tot een forse toename in het percentage aantasting in een partij.
Na het (pellen en) sorteren worden de bollen over een leesband getransporteerd waar ervaren medewerkers vooral visueel (soms ook met de neus en door te voelen met de vingers) de zieke en afwijkende bollen signaleren en verwijderen. Dit is een arbeidsintensief proces en het is voor ondernemers steeds moeilijker om hiervoor gekwalificeerd personeel te vinden. Zure bollen in tulp worden soms geselecteerd door ze op basis van hun lagere soortelijk gewicht dan dat van gezonde bollen te scheiden, droog op een luchtstroom of nat d.m.v. de zinker/drijvermethode.

Toekomst
Om oplossingen te vinden voor de hierboven vermelde tekortkomingen in de huidige manier van verwerken wordt in dit project gezocht naar geautomatiseerde systemen voor het sorteren en selecteren van bollen, die passen in het totaalconcept zoals geschetst in hoofdstuk 1, en die gekenmerkt worden door de volgende eigenschappen:
- Sortering op:
    - Vorm
    - Grootte
    - Gewicht
    - Ontwikkelingsstadium (indien mogelijk; zie paragraaf x-ray)
- Selectie/verwijderen van zieke en afwijkende bollen
- Geen schade en stress door vallen en andere mechanische krachten
- Voldoende capaciteit, snelheid
- Goed reinigbaar

Het beoogde resultaat van een dergelijk innovatief systeem is efficiencyverbetering (sneller en goedkoper) en kwaliteitsverbetering. Door het vroegtijdig opsporen van zieke bollen wordt de verspreiding van ziekten verminderd. Op termijn zal hierdoor de ziektedruk op de bedrijven afnemen en zal ook de uitval door ziekten verderop in de keten verminderen. Een homogener product leidt tot efficiencyverbetering in de volgende schakels van de keten.

Reeds bestaande systemen
Er zijn al systemen ontwikkeld die passen in het nieuwe concept en die reeds worden toegepast. Zo is er de BulbStar van Havatec die met behulp van röntgentechniek zure bollen snel en effectief selecteert en verwijdert en is er een gladiolenteler die met röntgentechniek van Best Sorting (Tomra) zieke en afwijkende knollen opspoort. Genoemde röntgentechniek bepaalt in één gang ook vorm en inhoud van de bollen, op basis waarvan dus direct ook gesorteerd kan worden. De fabrikanten blijven doorontwikkelen en voegen steeds nieuwe kwaliteits- en ziekteaspecten aan hun selectiecriteria toe. De achtergronden hiervan vallen uiteraard onder het bedrijfsgeheim. Er ligt dus nog een uitdaging in het ontwikkelen van snelle sorteer- en selectiesystemen voor alle bolgewassen. In dit project wordt ingezoomd op 2 principes van selectie, nl. het optisch sorteren en sorteren m.b.v. de reeds genoemde röntgen(x-ray)techniek.

3.1 Optisch sorteren

Met optisch sorteren wordt bedoeld: het herkennen van kleur, grootte, vorm, structurele eigenschappen en chemische samenstelling van voorwerpen en vervolgens het van elkaar scheiden van die voorwerpen op basis van selectiecriteria (http://en.wikipedia.org/wiki/Optical_sorting). Optisch sorteren wordt al op grote schaal toegepast in de voedingsindustrie. Die systemen kunnen model staan voor de ontwikkelingen in bloembollen. Er zijn verschillende vormen van optisch sorteren afhankelijk van het type sensor (camera), het golflengtegebied van het elektromagnetisch spectrum dat waargenomen wordt, het aantal combinaties van golflengtegebieden en de gebruikte beeldverwerkingssoftware:

- Zichtbaar licht 'imaging'
  Met digitale camera's die zichtbaar licht waarnemen (vergelijkbaar met het menselijk oog) en beeldverwerkingssoftware is het al mogelijk (in aardappel en zaden) om veel kwaliteits- en ziekteaspecten te onderscheiden: vorm, grootte, inhoud (met meerdere sensoren) en kleur (vaak een indicatie voor aantasting door een ziekte of plaag). Bij zichtbaar lichtcamera's wordt per beeldpunt (pixel) de reflectie van Rood, Groen en Blauw licht opgeslagen. De verhouding tussen die 3 lichtkleuren bepaalt de kleur van het beeldpunt.
- NIR (Near Infra-Red, nabij infrarood: 800 tot 2500 nm) spectroscopie
  Bij deze techniek wordt de weerkaatsing (of fluorescentie) van licht in het nabij Infrarode gebied door het object (de bol) gemeten met specifieke sensoren. Dit wordt gedaan voor iedere beeldpixel van het object, die de camera vastlegt. Zo kunnen eigenschappen van de bol waargenomen worden, die niet door het menselijk oog gezien worden. Verandering in het nabij infrarode beeld van het object kunnen informatie geven over de chemische samenstelling van de (buitenkant van de) bol of over de aantasting door schimmels of insecten.
- Terahertz (THz) imaging
  Vergelijkbaar met NIR, met dat verschil dat de elektromagnetische straling in het golflengtegebied tussen Infrarood en magnetrongolven gebruikt wordt (zowel in de stralingsbron, waarmee de bollen 'beschenen' worden, als in de camera). THz straling dringt (iets) dieper door in weefsels, waardoor mogelijk meer informatie over de chemische samenstelling en de aanwezigheid van pathogenen verkregen wordt.
- Multispectrale imaging
  Bij multispectrale imaging wordt voor alle beeldpunten van de opname van de bol de reflectie of fluorescentie in een aantal golflengtegebieden vastgelegd. Vaak zegt de verhouding tussen de lichtweerkaatsing in 2 specifieke golflengtegebieden iets over de samenstelling of aantasting.
- Hyperspectrale imaging
  De meest geavanceerde vorm van multispectrale imaging waarbij het hele golflengtegebied van UV, zichtbaar licht t/m nabij infrarood vastgelegd wordt voor iedere pixel van het beeld. Een voorbeeld van deze techniek is de zgn. VideometerLab (www.videometer.com), een handzaam apparaat dat met LEDs over het hele golflengtebereik van UV, zichtbaar licht t/m nabij infrarood de objecten beschijnt (zaden, bollen) en per beeldpixel van het object het hele spectrum meet. In een oriënterend experiment is door de onderzoekers J. Kodde en S.P.C. Groot van WUR/PRI een multispectraal beeld van tulpenbollen gemaakt (Fig. 4). Op de foto's in Fig. 4 wordt duidelijk dat het multispectrale beeld andere dingen op de tulpenbollen waarneemt dan het menselijk oog (zie toelichting in bijschrift).



Figuur 4. Oriënterend experiment met tulpenbollen en VideometerLab (PRI, J. Kodde en S.P.C. Groot). Links het apparaat. Op de middelste foto (opname met zichtbaar licht) is te zien dat de bol gedeeltelijk bedekt is door een bolhuid en zijn enkele plekken met schimmelaantasting te zien. Op de rechter foto, in een golflengtegebied dat niet door het menselijk oog waarneembaar is, zijn de schimmelaantastingen veel duidelijker (blauw) en valt op dat plekken met en zonder bolhuid niet sterk van elkaar verschillen.

Toepassingen in andere sectoren

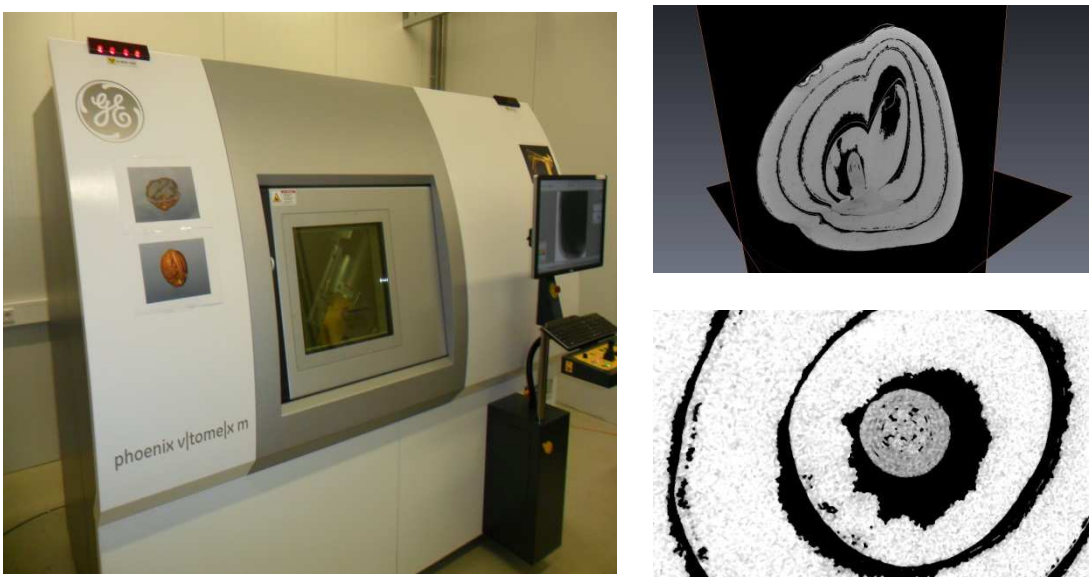
De bloembollenindustrie kan veel leren van toepassingen in andere sectoren. In de aardappelindustrie zijn tal van voorbeelden van sorteermachines op basis van zichtbaar licht (bijv. http://www.hzpc.nl/nieuws/projecten/project-optisch-orteren.htm?stelID=4&itmlD=2174) maar ook het sorteren m.b.v. hyperspectrale imaging is al ontwikkeld (bijv. http://conceptengineers.nl/home_nl). In de aardappelen zijn al grote vorderingen gemaakt met het onderscheiden van ziekten zoals 'schurft' of Rhizoctonia. Voor het selecteren van zure tulpenbollen is door Havatec jaren geleden gekozen voor de zeer geavanceerde röntgentechniek (met succes), maar voor het 'gewone' sorteren (op maat en vorm) zouden moderne optische aardappelsorteerders heel goed model kunnen staan.
Ook in de zaadwereld zijn tal van voorbeelden van het selecteren van zaden met kwaliteits- en ziekteproblemen. In een overzichtsartikel bespreken Pasikatan en Dowell (2001) hoe het met multispectraal imaging mogelijk is om aantasting door verschillende schimmels en insecten aan te tonen. De reeds genoemde VideometerLab is in staat tarwekorrels met en zonder fusariumaantasting van elkaar te onderscheiden.

3.2 Sorteren met behulp van X-ray (synoniem: Röntgenstraling)

Het 'doorlichten' van mensen met röntgenstraling voor medische doeleinden is algemeen bekend. Het meest bekend is de foto (tegenwoordig digitaal) in het platte vlak, de 2 dimensionale opname. Met moderne röntgentechniek, zoals '3D Computed Tomography' ('de CT-scan'), is het tegenwoordig mogelijk om 3-dimensionale beelden van de buitenkant en de binnenkant van mensen of voorwerpen te produceren door honderden of duizenden 2D scans onder verschillende hoeken te maken en met 'computed tomografie' het 3D beeld te berekenen. Bij medische CT-scans draaien de röntgenbron en de detector (de 'camera') om de patiënt heen. Bij industriële 3D röntgenapparatuur, zoals de XRT-techniek (Wageningen UR/FBR), draait het voorwerp rondom de röntgenbron en de detector. Door onderzoekinstituten zoals WUR/FBR en TNO zijn de laatste jaren grote vorderingen gemaakt met het onderzoeken van de inwendige structuur van voedingsproducten zoals kaas (grootte van de gaten, TNO) brood (structuur, WUR/FBR), maar ook van land- en tuinbouwproducten zoals paprika en tomaat (zie ook bijv. http://4nsi.com/markets/food). Grote zaadbedrijven en het zaadtechnologiebedrijf Incotec beschikken over zeer snelle röntgensortering voor het vaststellen van de kwaliteit van embryo's in zaden.

Op basis van de gedetailleerde opnames van de inwendige structuur van producten als zaden, paprika en tomaat is in het voorliggende project de mogelijkheid bestudeerd om met behulp van 3D röntgenanalyse het ontwikkelingsstadium van de bloem in aanleg in tulpen- en andere bollen te bepalen. Als dit mogelijk zou zijn zouden de bollen op ontwikkelingsstadium gesorteerd kunnen worden, wat mogelijk tot meer gelijkvormigheid in de broeierij zou leiden.

Onderzoekers Martin van DAM (PPO) en Marcel Meinders (WUR/FBR) hebben bij FBR m.b.v. de zeer geavanceerde XRT apparatuur in een oriënterend experiment opnames gemaakt van tulpenbollen waarin reeds een spruit van 1 à 2 cm aanwezig was (Fig. 5).



Figuur 5. 3D- röntgen opnames van de bloem in aanleg in de tulpenbol. Links: het XRT-apparaat. Rechtsboven: het inwendige van de tulpenbol in 3 vlakken (kijkrichtingen). De spruit is donkerder grijs dan de bolrokken. Rechtsonder: een 'dwarsdoorsnede' door de bolrokken met in het midden de bloem (blad, meeldraden en stempel) omringd door bladeren.

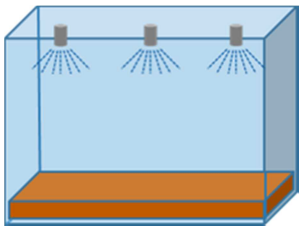
De meettijd in het XRT apparaat bedraagt minder dan 15 minuten en de resolutie bedraagt, afhankelijk van de gebruikte röntgenbron (hoge flux reflectie of lage flux transmissie) 0.8 µm. Op de foto's is de spruit duidelijk te zien. Met behulp van de 3D analysesoftware bepaalt het XRT apparaat moeiteloos de oriëntatie

en de lengte van de spruit. Verder zijn duidelijk de bloemonderdelen te zien, maar het is twijfelachtig of het apparaat in staat zal zijn het belangrijke stadium G in tulpenbollen te bepalen (Stadium G: het moment waarop de aanleg van de stempel van de stamper is voltooid). Dit stadium is cruciaal in het plannen van het bloeitijdstip met behulp van koude preparatie. Op het moment dat stadium G bereikt is heeft de stempel een afmeting van hooguit enkele tienden van mm's. Met een resolutie van 0. 8 µm zouden de details van de stempel zichtbaar gemaakt moeten kunnen worden, maar met een meettijd van 15 minuten is een snelle analyse (zoals die van zure bollen met de BulbStar van Havatec) nog ver weg. Bij een kortere meettijd zou het met het voortschrijden van de 3D röntgenanalysetechniek waarschijnlijk wel mogelijk worden om snel de spruitlengte in de tulpenbol te bepalen. Of sorteren op basis van spruitlengte zal leiden tot een grotere homogeniteit in de broei zal dan nog eerst nader onderzocht moeten worden.

Andere toepassingen van de 3D röntgenanalysetechniek met langere meettijden zijn mogelijk:
- Het automatiseren van het routinematig vaststellen van stadium G in tulpenpartijen.
- Het automatiseren van het vernietigen van de spruit in aanleg met goed gerichte thermische of geluidsgolven ten behoeve van het uitlopen van okselmeristemen in bolgewassen als hyacint en narcis voor vermeerdering 'zonder snijden'. Hiertoe is het noodzakelijk om eerst de exacte ligging van het hoofdgroeipunt vast te stellen.

Volgens deskundigen (o.a. H.R. Poolman van Amsterdam Scientific Instruments) is het mogelijk de resolutie van de 3D röntgenanalysetechniek te verbeteren, bijv. met behulp van fase-contrasttoepassing.

4 Reinigen en ontsmetten



Een belangrijk onderdeel van het in dit rapport gepresenteerde concept is het reinigen van bollen en het meegeven van fungiciden zonder blootstelling en emissie. Dit kan alleen gerealiseerd worden als alle reinigings- en ontsmettingsmiddelen die vrijkomen bij de toediening opgevangen worden en onschadelijk gemaakt worden, m.a.w. alleen in strikt gecompartimenteerde ruimtes waarin lekvloeistoffen opgevangen en onschadelijk gemaakt worden en gassen afgevangen worden in een katalysator en eveneens onschadelijk gemaakt worden.
In de bollenpraktijk wordt met 'ontsmetten' bedoeld: het dompelen in een bad met een cocktail van fungiciden. In bolgewassen waarin naast schimmelziekten ook bacterie- en aaltjesziekten voorkomen werd aan het fungicidebad vaak formaline toegevoegd om verspreiding van die pathogenen in het bad te voorkomen. Sinds het verbod op het gebruik van formaline zijn er producten op de markt gekomen die de bollen uitwendig reinigen (desinfecteren) en daarmee de verspreiding van pathogenen in het daaropvolgende dompelbad, waarin de bollen hun fungicidecocktail meekrijgen, voorkómen. De term 'ontsmetten' is dus verwarrend. We stellen voor om in dit rapport de term 'reinigen' te hanteren voor het uitwendig ontsmetten, desinfecteren van bollen en 'ontsmetten' voor het aanbrengen van de fungicidecocktail. 'Reinigen' laat geen residu achter; de term biocide wordt vaak gebruikt voor stoffen met een reinigende werking; de middelen vallen uiteen in onschadelijke stoffen. Bij 'ontsmetten' is de residuwerking juist het doel van het aanbrengen van de middelen om de bollen te beschermen in teelt en broei.
Een belangrijke eis bij het ontwikkelen van gecompartimenteerde reiniging en ontsmetting van bollen is dat de techniek voldoende capaciteit heeft en kostenefficiënt is. Voor het reinigen van bollen wordt gestreefd naar zo droog mogelijke methodes, omdat nat maken kan leiden tot verspreiding en kieming van sporen. Perspectiefvolle vloeibare reinigingsmiddelen kunnen mogelijk als fijne nevel toegediend worden, waardoor ze wel snel hun werk kunnen doen, maar waarbij de hoeveelheid vloeistof zo gering is dat de bollen niet lang nat worden.

In 3 opeenvolgende paragrafen worden achtereenvolgens besproken:
- Technieken, middelen voor het snel uitwendig reinigen van bollen, d.w.z. binnen 15 à 30 minuten zodat de techniek/het compartiment in een verwerkingslijn opgenomen kan worden
- Technieken voor het langzamer reinigen van bollen, d.w.z. binnen enkele dagen of gedurende een langere periode tijdens de bewaring
- Technieken voor het aanbrengen van fungiciden.

Technieken voor het onschadelijk maken van stoffen in de lekvloeistof of in de afgevangen lucht en technieken voor het overbrengen van de bollen naar een enkele laag bollen worden hier voorlopig buiten beschouwing gelaten. Voor de meeste stoffen en technieken zijn nog geen toelatingen aanwezig. Het zal op zijn minst 5 à 10 jaar duren voordat een systeem zoals we hier voorstellen gerealiseerd zal zijn. Die tijd zal ook benut moeten worden voor het aanvragen van toelatingen. Gezien de eis dat toepassing blootstellingsvrij en emissieloos zal zijn wordt verwacht dat de toelatingen niet al teveel problemen zullen opleveren.

4.1 Reinigen, snel (binnen 15 à 30 minuten)

4.1.1 Ozon

Ozon in lucht
Ozon (het zeer reactieve O_3, een zuurstofmolecuul met 3 atomen in plaats van 2, O_2) wordt tijdens de bewaring van bloembollen gebruikt voor het onderdrukken van schimmelgroei en sporulatie. Bij de maximaal toelaatbare concentratie in bewaarruimtes waarin ook personeel in- en uitloopt (zgn. mac-waarde, 0.06 ppm) wordt wel de groei van schimmeldraden (mycelium) geremd, maar worden géén sporen en mijten gedood. De reden waarom ozon hier genoemd wordt onder de middelen waarmee snel gereinigd wordt is dat dit gas bij hogere concentraties wél effectief is in het snel doden van sporen. In dat concentratiebereik ligt echter ook het fytotoxische effect op de loer (bolschade; bijv. de wortelkrans van tulp is zeer kwetsbaar). Hogere ozonconcentraties passen wel binnen het concept van reinigen in compartimenten waarin de afgevangen lucht onschadelijk wordt gemaakt. Het verdient dus aanbeveling om de werking van korte toedieningen van hogere ozonconcentraties op bollen nader te onderzoeken.

Ozon en galmijt
De werking van ozon tegen tulpengalmijt is onderzocht (Proeftuin Zwaagdijk). Bij zeer hoge doseringen (100 ppm) is ozon effectief tegen galmijt. Er bleek daarbij echter ook een nadelige invloed op de kwaliteit van de bloemen. Lagere doseringen waren niet schadelijk voor het gewas, maar ook minder effectief tegen galmijt. Een langdurig lage dosering (0,06 ppm) was niet effectief. In een tweede proefjaar werd na 5 behandelingen van 75 ppm wél effect gezien van ozon op tulpengalmijt. Doseringen van ozon bij deze waarden kunnen vanwege de ARBO-wet alleen in afgesloten cellen of compartimenten worden toegepast.
Ozon kan in de toekomst een alternatief zijn, maar er is meer onderzoek nodig naar behandelwijze en concentraties. Het inzetten van ozon met het doel om mijten te doden is NIET toegelaten.

Ozon in water
In de aardappelindustrie worden materialen en knollen ontsmet met geozoniseerd water (water waardoor ozongas is geleid). In het concept van gecompartimenteerde reiniging en ontsmetting zou ook een verneveling van geozoniseerd water kunnen worden toegepast. Vanwege de wens om zo droog mogelijk te reinigen ligt een behandeling met ozongas echter meer voor de hand.

4.1.2 Chloordioxide (ClO_2)
Chloordioxide is een gas met een chloorachtige prikkelende geur. Het wordt gebruikt als bleekmiddel, maar het is ook een krachtig ontsmettingsmiddel. In water verdund is het een vrij radicaal. Het gas is onstabiel en valt uiteen in chloorgas, Cl_2 (elementair chloor), en zuurstof.

Desinfectietoepassingen
De behandeling van drinkwater is de belangrijkste desinfectiemethode met chloordioxide (In Nederland niet meer sinds 2005). Dankzij de goede biocide eigenschappen van chloordioxide wordt het tegenwoordig ook gebruikt in andere bedrijfstakken zoals bij de desinfectie in de afvalwaterbehandeling, de industriële proceswaterbehandeling, de desinfectie van koeltorenwater, industriële luchtbehandeling, mosselcontrole, de productie en behandeling van levensmiddelen, de desinfectie van voedselbereidingsmiddelen, de oxidatie van industrieel afval en de gassterilisatie van medische apparaten.

Werking
Chloordioxide werkt als desinfectiemiddel selectiever dan Chloor. Het is minder reactief dan ozon en chloor, maar doordat het in leidingen alleen reageert met zwavelverbindingen, amines en andere reactieve organische verbindingen , is er bij een lagere concentratie al een goed effect. Het kan beter dan ozon en chloor worden toegepast in zwaar organisch vervuilde situaties.

De celonderdelen van bacteriën behoren tot de organische verbindingen waar chloordioxide mee reageert. Verschillende processen in de cellen van bacteriën worden onderbroken. Chloordioxide reageert direct met aminozuren en het RNA in de cel. De productie van eiwitten wordt verhinderd. Chloordioxide tast het celmembraan aan en belemmert daarmee de ademhaling.
Bij het uitschakelen van bacteriën wordt de wand van de cellen door chloordioxide gepenetreerd. Virussen worden op een andere manier aangepakt. Chloordioxide doodt virussen doordat het de aanmaak van eiwitten tegengaat. Chloordioxide is effectiever tegen virussen dan ozon of chloor.
Gasvormig ClO_2 werd getest door een aantal op petrischalen aanwezige plantenschimmels (Alternaria, Botrytis cinerea, Fusarium oxysporum f.sp. narcissi, Penicillium) en de bacterie Rhodococcus na blootstelling aan verschillende concentraties gas, te incuberen. Deze laboratoriumtest liet gunstige resultaten zien van begassing met ClO_2 gedurende 1 uur bij 20 en 25°C (Chastagner 2002).
ClO_2 gas kan het best ter plekke worden geproduceerd, omdat het als gas niet goed vervoerd kan worden (instabiel en explosief). De productie ervan is goedkoper dan van ozon.
Veiligheid: Acute blootstelling van de huid aan chloordioxide veroorzaakt irritaties en brandwonden als gevolg van de blootstelling aan chloor dat ontstaat bij de afbraak van chloordioxide. Blootstelling van de ogen aan chloordioxide veroorzaakt irritaties, tranende ogen en het zien van kringen rondom licht. Chloordioxidegas kan door de huid worden opgenomen, waar het schade veroorzaakt aan weefsel en bloedcellen. Bij inademing van chloordioxide krijgt men last van hoesten en een pijnlijke keel, ernstige hoofdpijn, longoedeem en bronchiospasma. De symptomen kunnen vertraagd na blootstelling optreden en kunnen langdurig zijn. Langdurige blootstelling aan chloordioxide kan bronchitis veroorzaken.

Chloordioxide is een zeer goede kandidaat voor ontsmetting in een compartiment, tegen lage kosten en bij normale temperaturen, mits het vrijkomende gas effectief weggevangen en onschadelijk gemaakt wordt.

4.1.3 Koud plasma

Koud Plasma, een hoog energetisch geïoniseerd gas, dat gemaakt wordt met gewone lucht of stikstof in een sterk elektrisch veld, is een effectief desinfectans (reiniger in de terminologie in dit project) van oppervlakken. In het plasma bevinden zich vrije radicalen, elektronen, ionen, atomen en fotonen, waaraan het zijn reinigende werking ontleent. De afgelopen jaren is bij TNO en bij WUR/FBR veel ervaring opgedaan met het desinfecteren van glaswerk en apparatuur met koud plasma (zie o.a. https://www.tno.nl/downloads/Plasmadesinfectie.pdf). Zeer recent (2014) is aangetoond dat met koud plasma in een lopende band-situatie schimmels en bacteriën op peren gedood kunnen worden. Deze situatie sluit goed aan bij het doel van dit project. Het is de vraag of het plasma voldoende onder de bolhuid (tulpen, narcis, iris, hyacint) of tussen bollen, klisters en schubben komt om daar enige ontsmettende werking te hebben. Hier is gericht onderzoek met bollen voor nodig.

4.1.4 Geëlectrolyseerd water, synoniem: ECA-water (electrochemically activated water) toegepast als nevel

In de voedingsindustrie en land- en tuinbouw wordt de afgelopen 5 à 10 jaar steeds meer gebruik gemaakt van geëlectrolyseerd water als reinigingsmiddel (Aquanox, Aquaox, Bright Spark, Nontox en tal van andere fabrikaten). Geëlectrolyseerd water wordt geproduceerd door de electrolyse van water waaraan keukenzout toegevoegd is. Bij de positieve electrode ontstaat naast zuurstof chloorgas. Dit chloorgas lost op in het water waarbij onderchlorig zuur ('bleekwater') ontstaat dat een ontsmettende werking heeft. Naast dit onderchlorig zuur ontstaan sterk oxiderende (en ontsmettende) stoffen zoals zuurstofradicalen, ozon, chloordioxide. waterstofperoxide en zuurstofradicalen. Er zijn 2 typen electrolyseapparatuur: één mét een membraan dat de ionen bij de plus- en minpool van elkaar scheidt en één zonder zo'n membraan (Hofland et al. 2011). Bij het apparaat met membraan heeft het water bij de pluspool een sterke ontsmettende werking, die niet alleen voor rekening komt van het onderchlorig zuur, maar ook van de zeer lage pH (2 à 3), de zeer hoge (negatieve) redoxpotentiaal (-1100 tot -1300 mV) en de aanwezigheid van zuurstofradicalen enz..
Nadeel van dit water is dat het zeer corrosief is, waardoor gebruikte machines snel weg'roesten'. Water uit het apparaat zonder membraan heeft een iets minder sterke ontsmettende werking, maar heeft als

voordeel dat het veel neutraler is qua pH en daardoor veel minder corrosief. Bovendien is dit type apparaten veel goedkoper in aanschaf en onderhoud (o.a. Bright Spark, www.brightspark.nl).
De voordelen van geëlectrolyseerd water als reinigingsmiddel zijn o.a. dat het makkelijk te produceren is en dat het effectief is in de doding van microörganismen (Huang et al 2008). Nadelen zijn dat de oxiderende (dodende) werking snel vermindert in aanwezigheid van vuil en (vooral) eiwitten uit plantaardig materiaal en de corrosie van apparatuur. Het vrijkomende chloorgas is schadelijk voor personeel dat met de techniek werkt en moet dus volledig afgevangen worden. Voor het 'reinigen' (ontsmetten) van relatief schone producten heeft het water zijn nut bewezen. Bij het bestrijden van ziekten en plagen in 'vuile' systemen zoals dompelbaden van bloembollen moet rekening gehouden worden met een snelle afname van het ontsmettend effect.
Het verdient aanbeveling om het uitwendig ontsmetten van bloembollen met **verneveld** geëlectrolyseerd water (waarna de bollen snel weer droog zijn) in afgesloten compartimenten te onderzoeken. Bij effectieve doding van ziekteverwekkers op bollen én bij het wegvangen van vrijkomende chloordampen is de techniek een goede kandidaat voor het reinigen van bollen in een afgesloten compartiment.

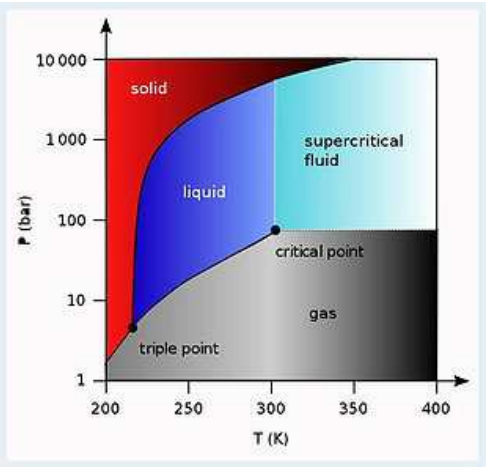
4.1.5 Waterstofperoxide, H_2O_2, toegepast als fijne nevel

Waterstofperoxide is een stof die opgelost in water eveneens een oxidatieve, ontsmettende werking heeft. Ook deze stof wordt de laatste jaren niet alleen toegepast in het reinigen van leidingen, fust en materialen (biocide), maar ook in het desinfecteren van groente en fruit. In dompelbaden voor bollen is H_2O_2 o.a. toegelaten in de formulering Jet 5. Vanwege de instabiliteit van H_2O_2 wordt perazijnzuur toegevoegd aan formuleringen om de stof langer intact te houden. Na reactie met organische verbindingen valt H_2O_2 uiteen in zuurstof en water, volkomen onschadelijke bijproducten. Het vernevelen van oplossingen met H_2O_2 is een goede kandidaat voor het reinigen in afgesloten compartimenten.

4.1.6 Super-kritisch CO_2

Superkritisch CO_2 is CO_2-gas dat onder hoge druk en bij hogere temperatuur de eigenschappen van een vloeistof krijgt. Het 'vloeibare gas' wordt gebruikt om cafeïne uit koffiebonen te extraheren, waarbij het gas als het ware door de koffiebonen heen gaat en de cafeïne mee naar buiten neemt. Andere toepassingen zijn: het verven van textiel (aanbrengen van pigment zonder water) en het drogen van groente- en fruitproducten als alternatief voor vriesdrogen. In de land- en tuinbouw wordt superkritisch CO_2 al toegepast voor het ontsmetten van zaden. Een voordeel van superkritisch CO_2 is dat vluchtige ontsmettende gassen (bijv. ethanol) aan de CO_2 toegevoegd kunnen worden, die met de CO_2-wolk weer uit de bollen verdwijnen. De gassen zijn vervolgens herbruikbaar. Een nadeel is dat superkritisch CO_2 onder hoge druk en temperatuur gemaakt wordt en ook toegediend moet worden. Bij toepassing in een reinigings- of ontsmettingscompartiment voor bloembollen moeten deze omstandigheden dus voortdurend in batch gecreëerd worden. De grootste vraag op dit moment is echter of bloembollen bestand zijn tegen de druk en temperaturen waarbij superkritisch CO_2 werkzaam is.

Feyecon in Weesp is het bedrijf dat toepassingen met superkritisch CO_2 ontwikkelt.



Figuur 6. Superkritisch CO_2
Deze grafiek laat zien dat CO_2 warmer dan 30,1 graden Celsius (300 Kelvin) en samengedrukt tot 73,8 bar (meer dan 70 keer de atmosferische druk) in een superkritische toestand raakt. Het gas krijgt dan de eigenschappen van een vloeistof, waarin je allerlei stoffen kunt oplossen.
Bron: Wikimedia Commons

4.1.7 Ultrasound (alleen in vloeistof)

Ultrasound is een techniek die veel wordt toegepast om oppervlakken te reinigen. Een zender produceert daarbij een geluid de frequentie te hoog is om gehoord te worden door het menselijk oor. Het ultrasone geluidsgebied begint vanaf ongeveer 20 kilohertz en loopt tot 800 megahertz (MHz). De trillingen van de geluidsgolf veroorzaken drukverschillen die elkaar in golven snel opvolgen. Bij de lage druk ontstaan luchtbelletjes die bij de hoge druk in elkaar klappen (cavitatie). De vrijkomende energie veroorzaakt plaatselijk een beschadiging aan oppervlaktes, vuil, celwanden, etc.
Met de ultrasound techniek worden 2 effecten bereikt:

- De trillingen maken vuil op voorwerpen los en dit maakt daarmee het vuil (of sporen) afspoelbaar. Dit kan een deel van het effect in bollenspoelinstallaties in de praktijk verklaren.
- De kracht van de geproduceerde drukgolven kan de buitenkant van sporen beschadigen, waardoor er óf direct doding optreedt, óf de sporen worden gemakkelijker toegankelijk voor reinigingsmiddelen of UV (een 2-staps techniek).

Gebruik makend van het eerste effect worden in de industrie met succes leidingen en oppervlakken gereinigd en vrij gehouden van biofilms. Ultrasound verlaagt de besmettingsgraad en kan daarmee bijdragen aan het verminderen van infectiekansen.
Het tweede effect is in onderzoek onvoldoende aantoonbaar gebleken. Allereerst is directe doding in processen met sterke organische vervuiling vaak sterk onvoldoende.
Doding van ziekteverwekkers door een combinatie van Ultrasound en een chemische (reinigingsmiddelen) of fysische (bijv. UV) gaat al beter, maar is soms bij sterke vervuiling nog steeds onvoldoende.
Een aanbevelingen voor verbetering van het effect is:

- Pas ultrasound toe in een optimale situatie. De zender en de dimensies van de ontsmettank moeten op elkaar afgestemd zijn om maximaal effect van de drukgolven te krijgen.
- Voer tests uit per ziekteverwekker om de juiste combinatie van frequentie en vermogen te vinden.
- Stem het voorgaande weer af met de te volgen 2^{e} stap (chemische of fysische reiniging).

Doordat Ultrasound alleen in water effectief is leent de techniek zich minder voor reiniging in het voorgestelde verwerkings- en ontsmettingssysteem.

4.2 Reinigen in cellen, langduriger

In het vorige hoofdstuk zijn technieken en stoffen opgesomd die mogelijk geschikt zijn voor snelle uitwendige desinfectie van bollen in een afgesloten compartiment. In dit hoofdstuk wordt kort ingegaan op technieken een langduriger behandeling vereisen voor een ontsmettende werking (enkele dagen of langer). Deze behandeling pas op zich niet in het concept van een nieuw ontwerp snelle verwerkingslijn, maar vormt daar mogelijk een aanvulling op voor ziekten en plagen die een langduriger behandeling nodig hebben om bestreden te worden.

4.2.1 Ozon, langdurig

Zoals eerder genoemd hebben ozonconcentraties onder de mac-waarde van 0.06 ppm een schimmelgroei-onderdrukkende, maar geen sporendodende werking. Om actieve groei van schimmels óp bollen (niet erin) te onderdrukken kunnen ozongeneratoren ingezet worden. Het is echter niet zo dat bollen die enige tijd onder ozon zijn bewaard daarna geen schimmelgroei meer vertonen in cellen zonder ozon. De sporen zijn dan immers niet gedood.
Ozon is een oxidator en draagt daardoor bij aan de afbraak van ethyleen dat door sommige producten wordt verspreid. Ozon breekt de ethyleen af in CO_2 en H_2O. Bij tulpenbollen met veel zuur (Fusarium) wordt echter zoveel ethyleen geproduceerd, dat de ethyleenafbraak door ozon in een concentratie onder de mac-waarde niet altijd tot een gegarandeerd voldoende laag ethyleenniveau leidt. Dit hangt af van de capaciteit van de ozongenerator, het percentage zuur en de ventilatie van de ruimte (naast ethyleen wordt ook ozon weggeventileerd).

4.2.2 Ionisatie

Een van de luchtionisatieproducten die in de praktijk worden aangeboden is de AiroCide®. AiroCide® is een luchtreinigingsysteem op basis van zogenaamde fotokatalytische oxidatie. Het apparaat combineert een titanium dioxide katalysator met UV-licht. De fabrikant claimt dat (door middel van oxidatie) bacteriën, virussen en schimmels in de lucht worden gedood en dat vluchtige organische stoffen (o.a. ethyleen) worden afgebroken. Bij deze techniek worden geen chemische stoffen gebruikt en ontstaat er geen ozon. Om die reden lijkt deze techniek interessant als toepassing in bewaarcellen.

4.2.3 ULO, galmijt

Ultra low oxygen, het creëren van extreem lage zuurstofconcentraties in cellen door de zuurstof te verdrijven met stikstof is een bewezen methode om galmijt in tulp te doden. In sommige producten zoals lelie wordt de kwaliteit van bol (de uiteindelijke bloemkwaliteit) bij lage zuurstofniveau's beter behouden dan in gewone lucht. De bewaartemperatuur van het bolgewas en de daarbij horende ademhalingsactiviteit bepalen in hoge mate welk zuurstofniveau een bol als extreem laag ervaart. Voor lelie bij lage temperaturen ligt dat niveau rond 1%. Voor tulp, die bij 20 °C een veel hogere ademhalingsactiviteit heeft, is 3 tot 5% zuurstof al extreem laag (zuurstofniveau in gewone lucht 20.9%). Voor het bestrijden van plagen in ULO-cellen worden soms sterk naast lage zuurstofconcentraties verhoogde CO_2-niveau's toegepast.

4.2.4 Heetstook

Met hoge temperaturen worden ziekten in bollen bestreden. Dit vindt plaats in een zgn. warm waterbehandeling of in opgewarmde cellucht, de heetstookbehandeling. De warm waterbehandeling valt buiten het bestek van deze studie. Het bekendste voorbeeld van een heetstookbehandeling in bollen is die van de geelziekbestrijding in hyacint (enkele dagen bij temperaturen van 43 à 44°C). In lelieplantgoed kunnen wortellesie-aaltjes, bollenmijten en bladaaltjes bestreden worden zonder verlies aan opbrengst, door middel van een warme luchtbehandeling van 24 uur bij 43°C in combinatie met 2 dagen voor- en nawarmte (Kok en van Aanholt 2010). In Zantedeschia kunnen mijten bestreden worden m.b.v. warme cellucht. Ook bij heetstookbehandelingen is de voorwarmte (temperatuur en duur) van groot belang, zowel wat betreft de doding van de ziekteverwekker als wat betreft de kans op schade.

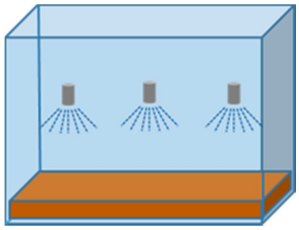
4.2.5 CATT (controlled atmosphere temperature treatment)

Sinds de succesvolle bestrijding van mijten in aardbeienplanten door een behandeling met hoge temperaturen (TT) aangevuld met een controlled atmosphere (CA-) behandeling (van Kruistum et al 2010) is er veel belangstelling voor deze methode, ook voor het bestrijden van insecten en aaltjes in vaste planten en bollen. Proeven in 2013 en 2014 met vaste planten waren inderdaad perspectiefvol, maar het is nog niet helemaal duidelijk of het toevoegen van CA aan de temperatuurbehandeling iets toevoegde aan de hoge temperatuurbehandeling, m.a.w. of een heetstook- of warm waterbehandeling met de goede voortemperatuur niet toereikend is in de bestrijding van aaltjes.

4.2.6 Etherische olie

Uit wetenschappelijk onderzoek is bekend dat etherische oliën uit planten in dampvorm een goede bestrijdende werking hebben tegen schimmels, mijten, aaltjes en zelfs tegen bacteriën. De stoffen hebben vaak een sterke, karakteristieke geur: kaneelolie, thijmolie, karwijolie, lavendelolie enz.. Het toevoegen van etherische oliën aan een CA-cel heeft soms een versterkend effect op de doding van plaagorganismen. Het feit dat de stoffen uit planten afkomstig zijn wil niet zeggen dat ze onschadelijk zijn. Bij te hoge concentraties kunnen ze ook schade aan bollen veroorzaken. Omdat er nauwelijks toelatingen zijn voor het gebruik van deze stoffen, en fabrikanten ook niet bereid zijn deze aan te vragen, wordt op deze categorie van stoffen niet verder ingegaan.

4.3 Ontsmetten (aanbrengen van fungiciden)



Met het strenger worden van de regels rondom het dompelen van bloembollen in fungicidencocktails is er de afgelopen jaren al veel nagedacht over en geëxperimenteerd met alternatieve methodes voor het aanbrengen van fungiciden op bollen. Een belangrijke brainstormgroep op dit gebied was een groep van deskundige onderzoekers, voorlichters, telers, veredelaars en middelenfabrikanten en –leveranciers, die onder leiding van Van Gent van der Meer Nuyens een aantal malen over deze problematiek rond de tafel hebben gezeten. Op basis van de resultaten van die brainstormgroep en diverse brainstorms binnen WUR/PPO komen 2 technieken naar voren die goed passen in het hier gepresenteerde concept van 'zo droog mogelijk' reinigen en ontsmetten in afgesloten compartimenten: schuimen en coaten. Het douchen met dompelbadvloeistof zou ook al een verbetering t.o.v. het traditionele dompelen zijn wanneer dit in een afgesloten compartiment plaatsvindt en alle lekvloeistof opgevangen en gerecirculeerd wordt. Een nadeel van douchen is echter dat de bollen daardoor natter worden dan door schuimen of coaten en er nog steeds ziekteverwekkers verspreid worden.

4.3.1 Schuimontsmetten van bollen en knollen

Schuimen werd in 1984 geïntroduceerd als nieuwe methode van bolontsmetting. In die tijd wilde men overgaan tot ontsmetten op de plantmachine om zodoende middelenrestanten te verkleinen. Plantgoed bespuiten op de planter met ontsmettingsvloeistof bleek minder effectief dan dompelen of douchen. Door middelen met behulp van schuim op de bollen aan te brengen werd dit bezwaar deels opgeheven. Het schuimen op de plantmachine heeft geen doorgang gevonden vanwege een aantal praktische bezwaren en omdat op een gegeven moment enkele gevallen van schade werd geconstateerd als gevolg van het gebruikte schuimmiddel.
De schuimmethode werd daarna en nu nog steeds wel gebruikt voor het ontsmetten van bollen in kisten vóór het planten. Het bezwaar van de schade aan het groeipunt werd vrij snel na het ontdekken ervan opgeheven door aanpassing van de samenstelling van het schuimmiddel. Om redenen van aansprakelijkheid is het advies nu nog steeds om alleen vroeg te ontsmetten, tot 1 oktober (tulpen en irissen).

Methode en gebruik
Op een palletkist wordt een deksel aangebracht, waarop de schuimapparatuur staat. Een mengsel van water, middelen en schuimmiddel wordt in een schuimkop (nozzle) met lucht samengebracht waardoor schuim wordt gevormd. Dit schuim wordt dan van boven naar beneden door de bollen geperst. De behandeling stopt als het schuim aan de onderkant van de kist verschijnt. In 3 tot 4 minuten is de hele kist gevuld met schuim. Bij kleine plantmaten en halve kisten duurt het proces langer. Daarna worden de bollen direct naar het veld vervoerd en geplant óf worden ze eerst gedroogd om later te worden geplant. De droogtijd bedraagt dan 4 à 5 uur.
Bij deze ontsmettingsmethode blijft er nauwelijks een restant van de ontsmettingsvloeistof over. Bij het schuimen nemen de bollen minder ontsmettingsvloeistof op dan bij de standaard ontsmettingsmethode (15 minuten dompelen in vloeistof). De hoeveelheid middel die moet worden meegegeven is gelijk aan de standaard dompelmethode waarbij 1% middel bij het dompelen gelijk is aan 600 gr of ml middel per 1000 kg plantgoed.
Het schuimen wordt voornamelijk toegepast bij tulp, krokus en iris. Bij lelie en broeibollen wordt schuimen afgeraden vanwege de kans op schade aan het groeipunt. Mogelijk komt dit omdat in deze gevallen de spruit al verder is ontwikkeld en daardoor gevoeliger is voor schade. Bij het toepassen van schuim in pootaardappelen spruiten de aardappelen niet meer.

Ervaringen
Aan enkele bedrijven die schuimen is gevraagd naar hun ervaringen. Voordelen als schone kisten en weinig restanten worden algemeen genoemd. Er is in het verleden wel eens schade aan tulpen gezien, maar zoals men nu werkt (met de huidige middelen) komt dit niet meer voor. Men schuimt tulpen tot het einde van het plantseizoen (november tot begin december) zonder problemen.

Voordelen:
- Weinig tot geen restant ontsmettingsvloeistof
- Capaciteit: tot 10 kisten per uur ontsmetten. Dit is voldoende hoog om 'nat' planten bij te houden.
- De buitenkant van de kisten blijft schoon.
- Mogelijkheid tot aanpassen receptuur en concentratie ontsmettingsmiddelen per kist, zonder verlies
- Minder kans op verliezen op het erf door nalekken ontsmetvloeistof.

Nadelen:
- Niet alle gewassen op een bedrijf kunnen met dezelfde methode worden ontsmet. Met de apparatuur kan geen warmwaterbehandeling worden gegeven. Er is naast schuimen soms ook nog douche- of dompelapparatuur nodig.
- Aanschafprijs van de apparatuur is hoog
- Lage efficiëntie van de (eigen) apparatuur door de korte gebruiksduur per seizoen
- Bij huur van apparatuur is de strakke planning ervan wel eens een probleem, bijvoorbeeld bij storingen.

Perspectief van het schuimen
Er zijn nog steeds goede mogelijkheden voor schuimen als ontsmettingsmethode, met name voor grote bedrijven met tulpen. Op bedrijven met gemengde (bollen)teelt of met gewassen die een warmwater-behandeling nodig hebben zal eerder voor een douche- of dompelinstallatie worden gekozen. De schuimmethode is reeds ontwikkeld en beproefd en behoeft geen verdere aanpassingen. De methode past prima in het concept van reinigen en ontsmetten in afgesloten compartimenten.

4.3.2 Coaten van bollen
Het meegeven van fungiciden aan bollen in een coating is een veelbelovend alternatief voor het aanbrengen van fungiciden d.m.v. dompeling. In het hier gepresenteerde concept worden de bollen eerst uitwendig ontsmet (gereinigd). Na het coaten zijn de bollen beschermd tegen schimmelziekten, eventueel vanaf het begin van de bewaring, maar in elk geval na het planten te velde. De voordelen in vergelijking met het traditionele dompelen zijn:
- De bollen worden nauwelijks nat waardoor minder kans op infectie optreedt. Er is daardoor ook minder kans op verspreiding van sporen tussen bollen onderling.
- Gecoate bollen drogen minder snel uit (in acht nemende dat de coating een zeker mate van zuurstofdoorlaat behoudt, waardoor ongewenste suikerverbranding, het zgn. Pasteureffect, niet optreedt).
- Er is minder kans op emissie van middelen naar het milieu, niet alleen tijdens het aanbrengen van de middelen in een compartiment, maar ook tijdens transport en bewaring daarna (opgedroogde fungiciden 'waaien' makkelijk van de bol af in de krachtige luchtstromen op bollenbedrijven en komen zo in de lucht terecht, waarna ze ingeademd kunnen worden)
- Er is minder risico van blootstelling van het bedrijfspersoneel aan middelen (om dezelfde redenen);
- Doordat de coating de middelen langer op de bol 'vasthoudt' zou de combinatie van coating en middel als een 'slow release' systeem kunnen werken waardoor:
    - De bollen mogelijk langer beschermd zijn
    - De middelen mogelijk in een lagere dosering toegediend kunnen worden, wat de totale emissie verlaagt
- Er is minder kans op verspreiding van ziekten en plagen dan in het dompelbad en dus minder uitval van bollen tijdens de bewaring

- Door alle bovengenoemde voordelen krijgt het bollenvak een beter imago

Coaten is bekend in de zaadwereld, maar wordt nog weinig toegepast bij bollen. Er bestaan inmiddels coatings voor het behoud van kwaliteit van lelies tijdens de bewaring (Liquidseal). De positieve werking van de leliecoating berust op het verlagen van de beschikbaarheid van zuurstof van de bol, waardoor deze minder zetmeel en suikers verbrandt en langer zijn kwaliteit behoudt (vergelijk met ULO). Dit type coating is veel minder geschikt voor bijvoorbeeld tulpen omdat ze de bol teveel afsluiten voor zuurstof. Hierdoor ontstaat een proces waarbij de bollen versneld suikers afbreken en veel energie verliezen (het 'Pasteureffect').

Sinds 2013 wordt door PPO, Proeftuin Zwaagdijk, Incotec en de telers van Noord-Holland samengewerkt in een consortium, met subsidie van TKI Uitgangsmaterialen, aan het 'proof of principle' van het aanbrengen van middelen op tulpenbollen door middel van coating. De resultaten zijn veelbelovend.

5 Rechtop zetten

In de vorige hoofdstukken zijn innovatieve technieken voor het bewaren, verwerken en ontsmetten van bollen gepresenteerd, die vooral tot doel hadden om energie te besparen, blootstelling en emissie te voorkomen en gezondere bollen over te houden na dat hele traject. Het ontwerpen van een volledig nieuw systeem biedt echter ook de mogelijkheid om nieuwe aspecten aan het systeem toe te voegen, zoals het rechtop zetten van bollen. Met het ontwikkelen van technieken om de bollen na de laatste stappen in de verwerking rechtop te zetten zijn naast milieuvoordelen ook enorme efficiencywinsten te behalen. We moeten hierbij onderscheid maken tussen het planten voor de broei en het planten op het veld:

Het handmatig rechtop zetten tijdens het planten voor de broei is zeer arbeidsintensief. Technieken om de bollen automatisch rechtop te zetten en te planten zouden zeer veel arbeidskosten besparen. Er zijn de afgelopen 10 à 15 jaar verschillende initiatieven ontplooid om bollen (lelie, tulp) automatisch rechtop te zetten. Vanwege commerciële belangen zijn de resultaten van deze initiatieven nooit openbaar geworden en dus kan daar in dit rapport verder niet over uitgeweid worden. Een uitzondering hierop vormt het door het PT gefinancierde project 'verantwoord Innoveren' (Persoon en Van Adrichem 2012, Demokwekerij en InnoAgro). In dit project zijn met een groep leliebroeiers en technische bedrijven de mogelijkheden verkend om het planten van leliebollen in de broeierij te automatiseren. In het proces van lelieplanten zijn de essentiële stappen voor automatisering onderscheiden zoals het verenkelen, het oriënteren van de bol (bepalen onder- en bovenkant), het oppakken van de bol en het planten in de juiste oriëntatie. Voor zover bekend heeft ook dit traject nog niet tot commerciële toepassing geleid. Uit gesprekken met deskundigen op het gebied van bollen en automatisering kan opgemaakt worden dat het bepalen van de boven- en onderkant van de bol met behulp van visiontechnieken niet het grootste probleem is (zie ook hoofdstuk over optisch sorteren), maar eerder het richten van de bol. De leliebol heeft daarbij nog het voordeel dat hij aan de wortelpruik opgetild kan worden, maar bij de tulp is dat lastiger.

Rechtopzetten van plantgoed voor de teelt heeft vooral teelttechnische en milieuvoordelen.
Het rechtop zetten van plantgoed voor het planten is een vereiste voor het ontwikkelen van methodes voor precisielandbouw. Een bol die op zijn zij of op zijn kop geplant is komt op een iets ander plaats boven dan recht boven de bol. Bij precisielandbouw is exact bekend waar de bol staat en kunnen water, meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen bespaard worden door deze gericht bij de bol aan de brengen in plaats van volvelds en kan mechanisch schoffelen met precisie-GPS mogelijk worden (reductie herbiciden). Rechtopzetten geeft een iets hogere opbrengst doordat de plant minder energie hoeft te steken in het bovenkomen. Voor narcis en hyacint is dat lang geleden in onderzoek vastgesteld. Voor tulp is het algemeen bekend bij telers, maar niet gedocumenteerd. Daarnaast is het plantverband van invloed op de opbrengst en de maatverdeling: als bollen op regelmatige afstanden (tussen regels en binnen een regel) rechtop geplant worden hebben de daaruit opkomende planten per plant de optimale lichtonderschepping en de minste competitie met andere planten om water en voedingsstoffen. Onderschepping van groeilicht en beïnvloeding van het lichtspectrum door buurplanten hebben invloed op lengtegroei en vertakking van planten en mogelijk ook op de maatverdeling van de nieuwe bollen. De aard en omvang van genoemde effecten verschillen per bolgewas. Door precisieplanting (rechtop en op de gewenste plek) kunnen afhankelijk van de gewenste groei en maatverdeling van een partij bollen de plantafstand en het plantverband beïnvloed worden.

6 Discussie

In dit rapport zijn potentiële innovatieve technieken voor het bewaren, verwerken, ontsmetten en rechtop zetten van bollen besproken, die tot doel hebben om energie te besparen, blootstelling en emissie te voorkomen en gezondere en betere bollen te produceren. Als het lukt om alle technieken door te ontwikkelen tot innovaties, dan wordt daarmee een enorme stap gemaakt in het verduurzamen van de hele bewaring en verwerking. Daarnaast wordt het systeem efficiënter (door arbeidsbesparing), neemt de kwaliteit van de bollen toe en neemt de uitval door ziekten in de hele keten af. Voordat het echter zover is zal er nog veel onderzoek uitgevoerd moeten worden om potentiële technieken door te ontwikkelen in daadwerkelijke innovaties. Hieronder wordt per onderdeel besproken op welke termijn het mogelijk is om tot innovaties te komen (naar de inzichten van de auteurs), op korte termijn (1 à 3 jaar) of op langere termijn (5 à 10 jaar) en welke ontwikkelingen daarvoor noodzakelijk zijn (zie ook tabel 1). Vanzelfsprekend hangt die termijn sterk af van de investeringen in tijd en geld die hiervoor gedaan worden, door bedrijfsleven en overheid.

E-zuinige bewaarcel en supergaasbak
Voordat overgegaan kan worden tot het produceren van een supergaasbak en het bouwen van de energiezuinige bewaarcel op praktijkschaal is aanvullend onderzoek nodig voor het bepalen van de optimale laagdikte van het bollenpakket in de bak. Het produceren van de bak en het bouwen van de cel op zich kennen geen technische belemmeringen, maar gezien het feit dat het hier om een systeemsprong gaat kan de verandering niet geleidelijk doorgevoerd worden. Om die reden zal het naar verwachting 5 à 10 jaar duren voordat hier sprake van een systeeminnovatie.

Optisch sorteren en selectie
Voor het optische sorteren zijn enkele imagingtechnieken beschreven, die verschillen in het type elektromagnetische straling en het aantal golflengtegebieden dat gebruikt wordt voor het bepalen van kwaliteits- en ziekteaspecten.
Systemen voor het optisch sorteren met zichtbaar licht zijn al ontwikkeld voor aardappelen. Veel aspecten van die systemen zijn bruikbaar voor het sorteren en selecteren van bollen. Naar verwachting moet het mogelijk zijn om binnen 3 jaar dergelijke systemen aan te passen voor bollen.
Met nabij infrarood-, Terahertz-, multispectraal- en hyperspectraal imaging is het in zaden en gedeeltelijk ook in aardappel al mogelijk gebleken om bepaalde ziekten op te sporen. Het is een uitdaging om ook in bollen met een huid ziekten op te sporen. Bij Terahertz imaging dringt de straling dieper in weefsels door en wordt dit probleem mogelijk opgelost. Met de techniek 'VideometerLab' zijn veelbelovende resultaten geboekt. Voordat dit in bollen mogelijk is, is er nog veel onderzoek nodig en zal de imaging software aangepast en doorontwikkeld moeten worden. Verwachte innovatie daarom niet binnen 5 jaar.

Sorteren en selectie met x-ray
In de praktijk zijn systemen voor het selecteren op zuur en andere kwaliteitsaspecten al operationeel en succesvol. Naar verwachting zal het mogelijk zijn om binnen enkele jaren in snelle sorteer- en selectiesystemen ook de lengte en de ligging van de spruit te bepalen. Ook moet het mogelijk zijn om op die termijn de groottesortering van bollen met dezelfde techniek te realiseren. Informatie over deze ontwikkelingen is niet openbaar. Het is nog niet mogelijk om met bestaande 3D-röntgentechniek snel stadium G in tulp te bepalen. Mogelijk is dit in de toekomst, met het doorontwikkelen van snelheid en resolutie (bijv. door fase-contrast x-ray) wel realiseerbaar (5 à 10 jaar?). Het traditionele bepalen van stadium G voor de broeierijplanning van tulp zou misschien wel binnen enkele jaren mogelijk zijn. Hier is echter nog nooit een economische haalbaarheid voor bepaald.

Reinigen, snel (15 à 30 min.)
Voor het uitwendig reinigen (desinfecteren van bollen in afgesloten compartimenten om blootstelling en emissie te voorkomen) zijn verschillende technieken en middelen kandidaat. Sommige daarvan worden reeds op beperkte schaal in de praktijk toegepast, maar daarbij zijn de deugdelijkheid of veiligheid soms

nog niet optimaal.

Voor alle besproken opties geldt dat naast onderzoek naar de deugdelijkheid van de middelen aandacht besteed zal moeten worden aan het opvangen en onschadelijk maken van gassen en vloeistoffen (bij verneveling) na elke 'batch'. Deze kennis is ook onmisbaar voor het aanvragen van toelating voor de betreffende middelen en toedieningstechnieken.

De ontsmettende werking van ozongas in concentraties onder de mac-waarde is beperkt. Voor het ontwikkelen van een techniek in een afgesloten compartiment met hogere concentraties om alle sporen te doden zal nog veel onderzoek gedaan moeten worden, met speciale aandacht voor de fytotoxiciteit van die concentraties. Naar verwachting is de techniek binnen 3 jaar realiseerbaar.

Het gasvormige chloordioxide blijkt zeer veelbelovend en kan vermoedelijk eveneens binnen 3 jaar ontwikkeld zijn (mits veilig afgevangen en toegelaten).

Ook koud plasma blijkt veelbelovend en zou binnen 3 jaar uitontwikkeld moeten kunnen zijn. In de peren draait immers in 2014 reeds een systeem met koud plasma-ontsmetting op de lopende band. Koud plasma heeft als voordeel dat de werkzame componenten in de gaswolk zo snel uitgewerkt zijn dat hier geen gas afgevangen hoeft te worden.

Er wordt op dit moment (2014) reeds een aantal typen geëlektrolyseerd water ('ECA-water') in de praktijk toegepast als reinigingsmiddel. Het zal daarom vermoedelijk binnen enkele jaren mogelijk zijn om de ontsmettende vloeistof in een compartiment met bollen te vernevelen, waarbij het vrijkomende chloorgas afgevangen wordt en de vloeistof opgevangen en onschadelijk gemaakt wordt.

Het vernevelen van verdunde waterstofperoxide wordt ook reeds in andere sectoren toegepast en zal daarom waarschijnlijk binnen enkele jaren in een compartiment toegepast kunnen worden.

De termijn waarop een innovatie van ontsmetting gebaseerd op superkritisch CO_2 ontwikkeld zou kunnen zijn is onduidelijk, omdat hier nog geen enkele (gepubliceerde) ervaring mee is (behalve in zaden). Daar is nog veel onderzoek nodig, om te beginnen met een 'proof of principle'.

Reinigen in cellen (langdurig)

In hoofdstuk 4.2 wordt kort ingegaan op enkele middelen/technieken die aangewend (kunnen) worden voor het onderdrukken van ziekten en plagen tijdens de bewaring van bollen. Deze manieren van reinigen/ontsmetten worden heel kort besproken omdat ze eigenlijk niet passen in de concept-verwerkingslijn, maar wel een aanvulling kunnen vormen op die verwerkingslijn voor plagen of ziekten die meer tijd nodig hebben om bestreden te worden. Reeds toegepast worden ozon en ionisatie tegen schimmels en ULO tegen galmijt en heetstook tegen bacteriën, aaltjes en mijten. De CATT-behandeling is nog in ontwikkeling en het gebruik van etherische oliën is wel perspectiefvol, maar niet toegelaten. Als de noodzaak van ontsmetting tijdens de bewaring aanwezig blijft kunnen en moeten alle 5 genoemde technieken verder geoptimaliseerd worden.

Aanbrengen van fungiciden

Voor het aanbrengen van fungiciden wordt in de praktijk al gebruik gemaakt van het zgn. schuimen. Deze techniek leent zich goed voor het ontsmetten in een afgesloten compartiment en zou binnen 3 jaar breed toepasbaar moeten kunnen zijn als daar nog aanvullend onderzoek uitgevoerd wordt. Het meegeven van fungiciden in een coating heeft vele voordelen, maar is nog in ontwikkeling en zal naar verwachting over 5 à 10 jaar uitontwikkeld zijn.

Rechtopzetten

Op het gebied van het rechtop zetten van bollen is al veel geëxperimenteerd door broeiers en technische bedrijven, maar altijd in kleiner verband. Door alle ervaringen en kennis op dit gebied te bundelen en met inzet van bedrijfsleven, overheid en onderzoek moet het mogelijk zijn om binnen 5 à 10 jaar het rechtop zetten te automatiseren.

Op volgende bladzijde

Tabel 1. Perspectief voor ontwikkelen van technieken en middelen die passen in het nieuwe concept systeem voor bewaring, verwerking en ontsmetten: korte termijn (1 à 3 jaar) en lange termijn (5 à 10 jaar), perspectief en noodzakelijke ontwikkelingen. Technieken voor langduriger reiniging in cellen (paragraaf 4.2) zijn in de tabel buiten beschouwing gelaten.

Techniek	Perspectief 1 à 3 jaar	Perspectief 5 à 10 jaar	Mogelijkheden, noodzakelijke ontwikkelingen (zie ook tekst)
E-zuinige bewaring			
Bewaarcel		x	Uitvoerbaar, geen technische beperkingen. Onderzoek op praktijkschaal nodig. Probleem: geleidelijke overgang niet mogelijk
Reuzengaasbak	x		Is gekoppeld aan de nieuwe bewaarcel. Ontwikkelen drager op zich kan veel sneller
Optisch sorteren en Selectie			
Zichtbaar licht imaging	x		Principes kopiëren uit aardappelen- en zaadwereld Ontwikkelen imaging-software nodig. Veel perspectief
Nabij infrarood ,,		x	Idem. Bolhuid probleem?
Terahertz ,,		x	Idem. Dringt dieper in weefsels door
Multispectraal ,,		x	Idem. Bolhuid probleem?
Hyperspectraal ,,		x	Idem. VideometerLab veelbelovend
X-ray, sorteren op			
Grootte, vorm en inhoud	x		Reeds mogelijk (Havatec, Best Sorting/Tomra)
Lengte spruit	x		Fase van ontwikkeling onduidelijk (bedrijfsgeheim)
Oriëntatie spruit	x		idem
Vroeg bloemstadium (bijv. G in tulp), snel		x	Verhogen snelheid en verbeteren resolutie noodzakelijk (toekomstmuziek?)
Stadium G in tulp, traditioneel (langzaam)	x		Mogelijkheden voor automatiseren van traditioneel stadiumonderzoek? Kosten/baten nog onduidelijk
Reinigen, snel			
Ozon (gas)	x		Reeds mogelijk, doding sporen beperkt. In afgesloten compartiment hogere conc. mogelijk? Aandacht voor toelating
Chloordioxide (gas)	x		Reeds mogelijk. Perspectiefvol. Aandacht voor toelating
Koud plasma	x		Reeds ontwikkeld voor peer. Perspectiefvol, maar nog veel onderzoek nodig
ECA-water (nevel)	x		Veel producten reeds op de markt. Toepassing in afgesloten compartiment noodzakelijk
Waterstofperoxide (nevel)	x		Reeds mogelijk. Aandacht voor toelating
Superkritisch CO_2		x (?)	Oriënterende proef voor 'proof of principle' dringend gewenst
			Algemeen: naast techniek zelf ook aandacht nodig voor opvangen en onschadelijk maken van gassen en lekvloeistoffen in compartiment
Aanbrengen middel			
Schuimen	x		Reeds ontwikkeld, perspectiefvol
Coating		x	Perspectiefvol, in ontwikkeling. Meer voordelen dan schuimen
Rechtop zetten		x	Perspectiefvol. Bundeling van kennis en ervaring noodzakelijk voor succes

De in dit rapport besproken technieken zijn mogelijk ook interessant voor het verwerken en ontsmetten in andere sectoren. De onderdelen ‘sorteren en selecteren’, ‘reinigen’ en ‘ontsmetten’ kunnen ontworpen worden als losse modules (compartimenten) die verplaatsbaar zijn. Dit betekent dat bollenbedrijven ervoor ervoor kunnen kiezen om 1 of meer modules in het systeem weg laten. Het betekent echter ook dat onderdelen van het systeem bruikbaar zijn in andere sectoren. Als daar behoefte aan is op andere momenten dan het verwerkingstijdstip van bollen biedt dit mogelijkheden in die andere sectoren en verlaagt het de terugverdientijd van de aanschaf van dergelijke onderdelen.

7 Literatuur

Chastagner, G. A. and Riley, K. L. 2002. Potential use of chlorine dioxide to prevent the spread of Fusarium basal rot during the hot water treatment of daffodil bulbs. Proceedings 8th international symposium on flowerbulbs. Acta Hort. 570, ISHS 2002, p267- 273.

Dam, M.F.N. van, de Boer, M., de Werd, H.A.E., Breeuwsma, S.J. en van Haaster, A.J.M. 2006. 'Epidemiologie en beheersing van Fusarium in tulp. Experimenten, onderzoek en literatuurstudie naar aspecten van verspreiding en beheersing van zuur in tulp'. PT-rapport.

Hofland-Zijlstra, J.D., de Vries, R.S.M. en Bruning, H. 2011. Kennisinventarisatie naar de achtergronden en toepassingen van electrochemisch geactiveerd water in de agrarische sector. PT-rapport.

Hofland-Zijlstra, J.D., Grosman, A., Hamelink, R., de Groot, E. en Reinders, J. 2010.Toepassing van Aquanox in de glastuinbouw. PT-rapport.

Huang, Y-R., Hung, Y-C., Hsu, S-T, Huang, Y-W. and Hwang, D-F. 2008. Application of electrolyzed water in the food industry. Food Control 19 329–345.

Kok, H. en van Aanholt, H. 2010. Warme luchtbehandeling van leliebollen tegen plaagorganismen. PT-rapport.

Kruistum, G. van, Hoek, H., Verschoor, J. and Molendijk, L. 2012. Controlled atmosphere temperature treatment as sustainable alternative to control strawberry tarsonemid mites and plant parasitic nematodes in strawberry plants. Acta Hort. (ISHS) 926:601-60

Pasikatan, M.C. and Dowell, F.E. 2001. Sorting systems based on optical methods for detecting and removing seeds infested internally by insects or fungi: A review. Applied Spectroscopy Reviews. 36, 399-416

Persoon, S. en van Adrichem, P. 2012. Verantwoord innoveren; pilot project lelie. PT-project

Wildschut, J., Sapounas, A. en Braam, G. 2011. Ontwikkeling van een nieuw Droog- en Bewaarsysteem; De ontwerpfase. Project gefinancierd binnen MJA-e (PT en Min.v. EZ).

NB: alle PT-rapporten zijn te downloaden op www.groenkennisnet.nl

Bijlage 1

Poster, gepresenteerd tijdens bijeenkomst Greenport Duin & Bollenstreek 29 november 2013

PRAKTIJKONDERZOEK
PLANT & OMGEVING
WAGENINGEN UR

Het Nieuwe Bewaren, Verwerken, Ontsmetten en Rechtopzetten van Bloembollen

Ton Baltissen (ton.baltissen@wur.nl, 0252 462121), Henk Gude (henk.gude@wur.nl)

Systeemontwerp

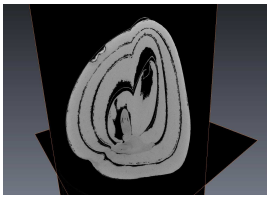
PPO ontwerpt in samenwerking met telers en technische bedrijven een geheel nieuw en duurzaam systeem voor het bewaren, verwerken, ontsmetten en rechtopzetten van bloembollen.

De voordelen:
minder uitval, verbetering van efficiency, geen blootstelling van medewerkers, emissieloos, energiezuinig, behoud van kwaliteit; door rechtopzetten grote voordelen in teelt en broei: hogere opbrengsten, uniformer product, precisielandbouw wordt mogelijk.



Emissieloos ontsmetten door schuimen i.p.v. dompelen

High-tech vision en Röntgentechniek voor sorteren op kwaliteit en ontwikkelingsstadium



Röntgenopname van een tulpenbol. Links van het midden de bloem in aanleg
Opname: WUR/FBR, Marcel Meinders

Röntgenopnames > het ontwikkelingsstadium van de bloem vaststellen > sorteercriterium > efficiëntievoordelen in de broeierij: uniformere bloemen, in één keer oogsten.

Rechtopzetten de basis voor:
- **Precisielandbouw**
- **Automatisering broei**

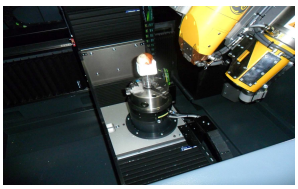


Rechtop geplante bollen geven een hogere opbrengst en betere kwaliteit dan willekeurig gestrooide bollen

Voordelen precisielandbouw:

- Rechtopzetten, hogere opbrengst, uniformere oogst, betere kwaliteit
- Reductie van gebruik middelen en meststoffen door gericht aanbrengen in plantrij
- Ziekzoeken makkelijker, enz.

Enthousiaste partners gezocht



Bent u geïnteresseerd? Wilt u meedenken, meedoen, samenwerken op onderdelen? PPO zoekt enthousiaste telers en technische bedrijven om in een consortium het bewaar- en verwerkingssysteem van de toekomst te ontwikkelen.

PPO Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit
Postbus 85, 2160 AB Lisse
Contact: ton.baltissen @wur.nl; henk.gude@wur.nl
T + 31 (0)252 462121 M +31 (0)6 51732120

Ministerie van Economische Zaken

Dit project wordt gefinancierd door het Ministerie van EZ en het Productschap Tuinbouw

Productschap Tuinbouw