

# Beeldverwerkings

**Om in de glastuinbouw een succesvol camerasysteem te realiseren, zijn er bekende, maar ook minder bekende technieken toe te passen. In dit artikel laten we een aantal relevante technieken de revue passeren om helder aan te geven wat deze technieken inhouden en op welke wijze ze toegepast kunnen worden. Dit artikel is geschreven door Erik Pekkeriet en Rick van de Zedde, beide werkzaam bij Wageningen UR.**

## ZWART WIT

Binnen de glastuinbouw worden voor het sorteren van planten, bloemen en vruchten meestal zwart-wit- of kleurencamera's toegepast. Simpel gezegd bestaat een zwart-witcamera uit een tweedimensionale chip met sensoren (pixels) die voor het hele zichtbare golflengtegebied gevoelig zijn. Iedere pixel wordt vertaald in grijswaarde. Met deze relatief goedkope techniek zijn kenmerken waar geen kleurinformatie voor nodig is, zoals oppervlakte, hoogte, breedte en bepaalde vormafwijkingen, goed waar te nemen.

## ROOD, GROEN, BLAUW

Bij een kleurencamera wordt het gereflecteerde licht via een prisma gesplitst of gefilterd in de drie golflengtegebieden rood, groen en blauw (RGB). De intensiteit van alle drie kanalen wordt apart gemeten. Vandaar dat deze camera's ook wel RGB-camera's worden genoemd. Door het combineren van deze kleuren kunnen de zichtbare kleuren die

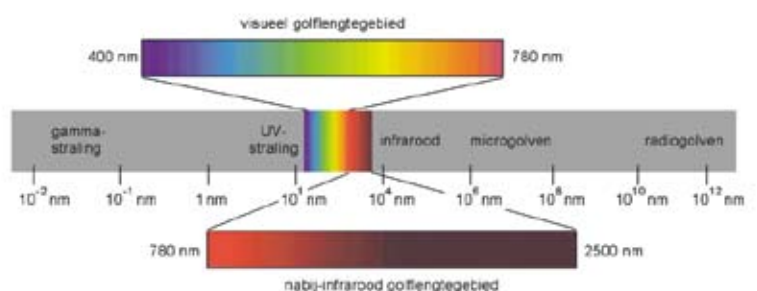
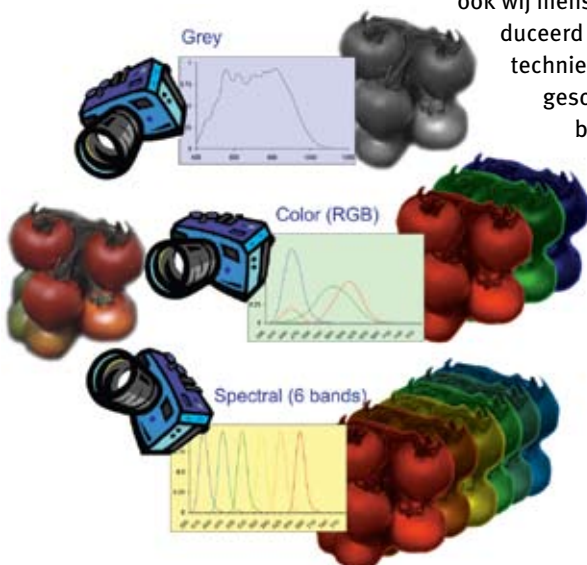
ook wij mensen zien gereproduceerd worden. Met deze techniek kunnen bloemen gescheiden worden van bladeren en kan een

kleurcodering aan een bepaald product gehangen worden. Ook kan een beter onderscheid gemaakt worden tussen bladeren, stengels en vruchten wanneer er kleurverschillen zijn. De kwaliteit van de herkenning is vaak eenvoudig te verbeteren door het toepassen van filters en de juiste belichting.

## ALLE KLEUREN

Naast de drie banden rood, groen en blauw zijn er nog veel meer golflengtes binnen het elektromagnetische spectrum die buiten het zichtbare gebied (ultraviolet of infrarood) liggen. In plaats van het gereflecteerde licht in drie heel brede banden te bekijken kan het licht ook bekeken worden in meerdere smalle banden. Deze techniek wordt multispectrale beeldanalyse genoemd.

Elke verbinding in een vrucht, bloem, blad of zaadje heeft zijn eigen eigenschappen voor wat betreft absorptie van licht binnen een bepaalde golflengte en juist hiervan kan gebruik gemaakt worden wanneer we inhoudsstoffen willen vaststellen. Maar ook ziekte en rijpheid verandert de samenstelling van een product. De techniek kan zowel worden toegepast in transmissie (lichtbron aan de ene kant van het product, sensor aan de andere kant) als in reflectie (lichtbron en sensor aan dezelfde kant). Tien jaar geleden was de techniek alleen beschikbaar aan de hand van een puntmeting, maar tegenwoordig kunnen volledige producten in beeld worden gebracht en worden ook kleine defecten en kenmerken op een vrucht of plant herkend. Door deze techniek is inmiddels steeds meer bekend over de nutriëntenhuishouding van onze planten. Maar ook leidt het toepassen van andere bandbreedtes dan het gebruikelijke RGB tot een snel onderscheid van vruchten en planten, zie foto's hieronder. Dit heeft Wageningen UR bijvoorbeeld toegepast bij het identificeren van rijpe komkommers tussen planten.



# technieken

## FLUORESCENTIE

Een ander verschijnsel dat steeds meer wordt toegepast in sorteertoepassingen is fluorescentie. Hierbij wordt een lichtbron van een bepaalde golflengte op het te meten object gericht. Onder bepaalde omstandigheden gaan stoffen/materialen fluoresceren en geven een andere golflengte terug dan waarmee deze is aangestraald (denk aan wit katoen onder black lights in de disco), fluorescentie kan optreden zowel binnen als buiten het zichtbare gebied. Met behulp van een aantal extra trucjes is met deze techniek bijvoorbeeld de assimilatiecapaciteit van planten te meten, maar ook de rijpheid van bijvoorbeeld Gerbera's.

## RÖNTGEN

Een extreme golflengte die steeds meer wordt toegepast is röntgen. Binnen de glastuinbouw komen we deze laagfrequente elektromagnetische bron tegen bij het sorteren van bloembollen en zaden. Ook worden momenteel de eerste bloemenverwerkingslijnen ontwikkeld. Daarnaast is röntgen al jaren een instrument om interessante mutanten te maken voor veredeling. Röntgen gaat zeker binnen de glastuinbouw een bredere toepassing tegemoet. Röntgen geeft de mogelijkheid om door producten heen te kijken. Kenmerken die achter bladeren verborgen zitten kunnen met röntgen toch waargenomen worden. Daarnaast is röntgen vooral een dichtheidsmeting en is daardoor een veel betere basis om bijvoorbeeld steeldikte en bladmassa vast te stellen. Nadelig voor de toepassing van röntgen zijn de hoge veiligheidseisen voor het gebruik van deze schadelijke straling. Apparatuur moet volledig gesloten zijn en alleen speciaal geschoold personeel mag met deze apparatuur werken.

## STEREOVISION

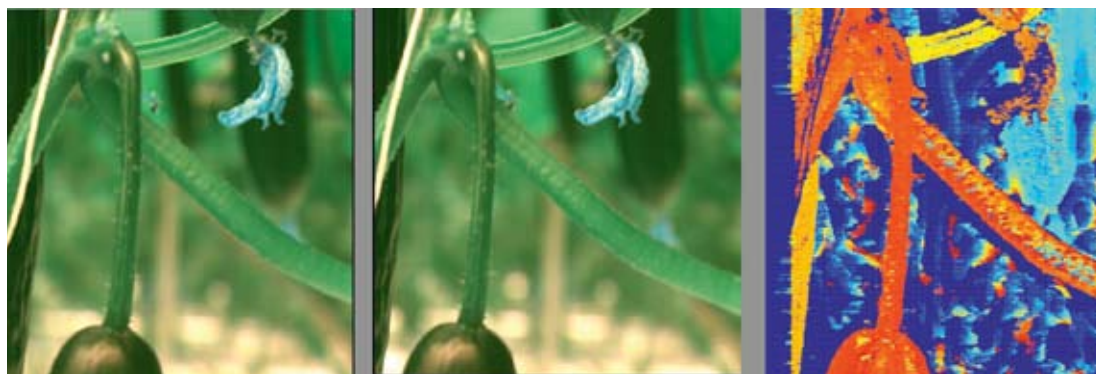
Stel, je wilt een camerasysteem dat in staat is om de grootste bloemen in het gewas aan te wijzen. Als de

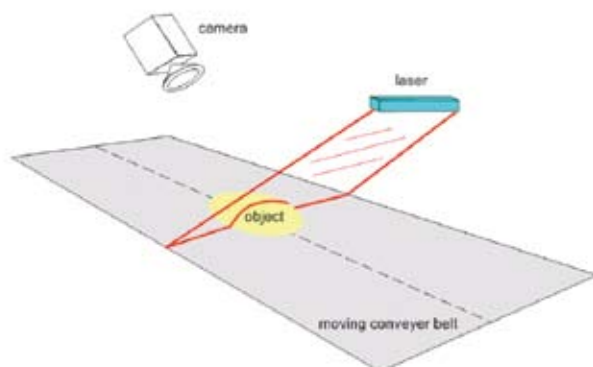
bloemen zich op een vaste afstand van de camera bevinden zal één camera voldoende zijn om de grootste bloem ten opzichte van de andere bloemen te kunnen bepalen. Echter als de bloemen zich op verschillende hoogtes bevinden in het gewas, dan lijken de hogere bloemen groter dan de bloemen die verder van de camera af staan. Mensen zijn wel in staat om de grootste bloemen aan te wijzen omdat ze zijn uitgerust met twee ogen waardoor ze diepte kunnen waarnemen en het werkelijke oppervlakte automatisch hieruit herleiden. Exact hetzelfde resultaat kan worden verkregen door een camerasysteem uit te rusten met twee camera's. Deze techniek wordt vooral toegepast in robotica-applicaties waarbij bijvoorbeeld een robotarm alleen die ene vrucht of bloem moet pakken die aan bepaalde oppervlakgerelateerde kenmerken voldoet.

## VOLUMETRISCHE DOORSNEDES

Voor sommige applicaties is het noodzakelijk om een uiterst gedetailleerde 3D-informatie te hebben van een plant of bloem. Hiervoor kan heel goed een techniek als volumetrische doorsnedes - meestal genaamd: 'volumetric intersection' - toegepast worden. Het idee achter deze techniek is dat een 3D-representatie van het object wordt opgebouwd door vanuit verschillende aanzichten het object te bekijken. Dit kan door of het product te draaien voor één zwart-wit of RGB-camera of door meerdere camera's van verschillende kanten op het product te richten. De methode lijkt ergens op beeldhouwen; elke camera 'snijdt' alle informatie waarvan deze camera zeker is dat het geen onderdeel is het te meten object weg van een denkbeeldig 3D blok, zie figuur linksonder. Als alle camera's dit wegsnijden netjes uitvoeren resulteert dit in een 3D representatie van het product waarin de gewenste kenmerken gemeten kunnen worden. Deze techniek komt vooral tot zijn recht bij producten waarbij niet vanuit één camera positie de gewenste kenmerken gemeten

*Knippuntbepaling bij een oogstrobot voor komkommers. Twee opnamen met een horizontale verplaatsing van 5 cm. Resultaat: diepte-informatie, rood is dichtbij, blauw is ver weg.*





kunnen worden, bijvoorbeeld bij complexe samengestelde bloemen- of bloemknoppen of bij een exacte vormanalyse van de plant- of bloemopbouw.

#### LASERTRIANGULATIE

Een andere techniek om 3D-aspecten van een product te kunnen meten is 'lasertriangulatie'. Deze techniek maakt gebruik van een laser die een lijn over het product legt, een camera bekijkt deze lijn en kan hieruit de hoogte van het product berekenen, zie de schematische weergave in het linkerfiguur hieronder. Over de toepassing van deze techniek om de exacte vormen te bepalen bij paprika's is uitgebreid geschreven in het april 2007 nummer van GTT.

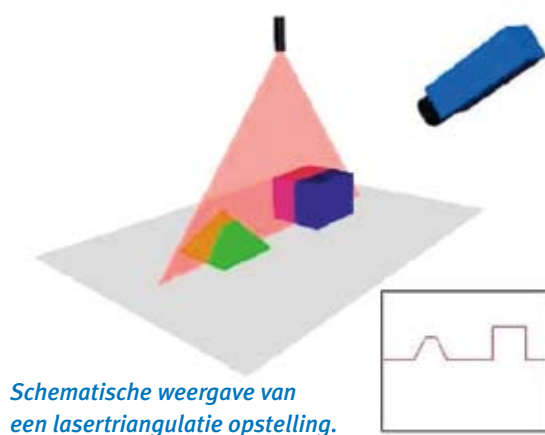
#### BESLUIT

De glastuinbouw maakt volop gebruik van beeldverwerkende technieken op basis van kleurencamera's en 2D. Een nieuwe wereld komt er aan, dat is die van 3D en het toepassen van meer en andere spectrale banden. Denk hierbij bijvoorbeeld ook aan oogstrobots en andere actieve robotica-toepassingen waarbij 3D-aspecten en 'verborgen' gebreken



moeten worden vastgepakt/ geknipt of bespoten moeten worden. Ook de softwareontwikkeling om beelden te analyseren is sterk in ontwikkeling en komt steeds beter beschikbaar. Wielen hoeven daarvoor niet steeds weer opnieuw uitgevonden. Binnen Wageningen UR lopen meerdere projecten waarin deze technieken in samenwerking met verschillende machinebouwers toegepast worden om een praktijktoepassing te realiseren binnen de glastuinbouw. Voor meer informatie over reeds afgeronde projecten en onze werkwijze kunt u ook kijken op de website van GreenVision, het expertisecentrum voor beeldverwerking in de Agro- & Foodsector ([www.greenvision.wur.nl](http://www.greenvision.wur.nl)) en op de website van Wageningen UR – glastuinbouw ([www.glastuinbouw.wur.nl](http://www.glastuinbouw.wur.nl)). De komst van nieuwe technologie vraagt om een goede analyse van de beste oplossing die behoorlijke gespecialiseerde maar ook brede optische kennis vereist waarbij zowel de hardwarekeuze als het softwareontwerp een cruciale rol speelt in het ontwerpproces.

*Rick van der Zedde en Erik Pekkeriet*



*Schematische weergave van een lasertriangulatie opstelling.*

*3D model van een geanalyseerde paprika*

