

Ei-herkenning voor het autonoom verzamelen van grondeieren

Tom van de Ven

mei 2011



WAGENINGEN UNIVERSITY
WAGENINGEN UR

Ei-herkenning voor het autonoom verzamelen van grondeieren

Naam vak : Bachelorafsluiting Agrotechnologie
Vakcode : FTE-80812
Studiebelasting : 12 credits
Datum : mei 2011

Student : T.A.J. van de Ven
Registratienummer : 90-03-11-666-090
Studieprogramma : BSc Agrotechnologie (BAT)

Begeleider(s) : Bastiaan Vroegindeweyj
Examinator : prof.dr.ir. EJ van Henten
Leerstoelgroep : Farm Technology
Bornse weilanden 9
6708 WG Wageningen
Tel: +31 (317) 48 29 80
Fax: +31 (317) 48 48 19
e-mail: office.fte@wur.nl



Dit verslag is het eindproduct van een bachelorafsluiting van de opleiding Agrotechnologie aan Wageningen Universiteit.

De hoofddoelstelling van het vak is dat studenten laten zien door middel van o.a. dit rapport dat ze de competenties van het bachelorprogramma beheersen.

De student werkt gedurende een beperkte tijd (netto acht weken) aan een eigen opdracht, begeleid door een van de docenten. De beperkte tijd brengt ook beperkingen mee ten aanzien van de uitvoering van het onderzoek.

De aard van het studieonderdeel brengt met zich mee dat het naar buiten brengen van resultaten en verder verspreiden van het rapport alleen kan geschieden in overleg met de verantwoordelijke docent(en).

Wageningen Universiteit is nimmer aansprakelijk voor de gevolgen die voortvloeien uit het gebruiken van de informatie uit dit rapport.

Het is niet toegestaan gegevens of resultaten uit dit onderzoeksverslag te kopiëren, te publiceren of anderszins naar buiten te brengen zonder toestemming van:

Leerstoelgroep Agrarische bedrijfstechnologie

Wageningen Universiteit

Bornsesteeg 59

6708 PD Wageningen

Tel: (0317) 482980

Voorwoord

Om mijn bachelorstudie af te ronden moest mijn bachelorafsluiting worden gemaakt. Hiervoor ben ik op zoek gegaan naar een interessant en uitdagend onderwerp, dit heb ik gevonden in het automatisch oprapen van eieren in de kippenstal. Er bleken binnen dit onderwerp verschillende mogelijkheden voor een onderzoek te zijn. Uiteindelijk heb ik gekozen voor de ei-herkenning voor het autonoom oprapen van grondeieren. Nu ben ik al een tijdje bezig geweest met de detectie van grondeieren, waarin ik van verschillende mensen hulp heb gehad. Deze mensen wil ik hier graag even bedanken.

Als eerste wil ik mijn begeleider Bastiaan Vroegindewey bedanken. Hij heeft mij hulp geboden toen het niet wilde lukken om de scripts in LabVIEW te combineren. Ook is hij mee gegaan om foto's te maken van de eieren. Verder heeft hij ook nog een kritische blik geworpen op mijn verslag. Ik hoop dat ik hem met dit verslag ook een beetje op weg heb geholpen met de detectie voor de autonome raaprobot.

Verder wil ik de twee pluimveehouders Harry Beekmans uit Spoordonk en Johan van de Kolk uit Opheusden bedanken, omdat ik daar terecht kon om de stallen te bekijken en foto's te maken.

Als laatste wil ik Teun van de Ven bedanken die met me mee is gegaan naar de pluimveehouder in Spoordonk om foto's te maken en zijn kennis over de grondeieren met mij wilde delen. Verder wil ik hem bedanken voor de rondleiding op het bedrijf.

Samenvatting

In scharrel- en volière stallen zijn er kippen die hun eieren op de grond leggen in plaats van in de legnesten. Deze grondeieren worden nu tweemaal per dag door de pluimveehouder geraapt. Dit werk is fysiek zwaar en het kost de pluimveehouder veel tijd. In de gewenste situatie is er een autonome robot ontwikkeld die de grondeieren opraapt. Het doel van dit onderzoek is om de mogelijkheden op het gebied van de detectie van grondeieren in de stal te onderzoeken.

Om een ei in de stal te kunnen detecteren is het belangrijk om te weten aan welke eigenschappen een ei te herkennen is. Een voorbeeld hiervan is de kleur van het ei. Over het algemeen zijn er twee kleuren eieren, wit en bruin. Binnen een kleur zijn er verschillen doordat het ene ei wat lichter is dan de ander of dat er spikkels aanwezig zijn op het ei.

Andere eigenschappen waaraan een ei aan te herkennen is, zijn vorm, gewicht en temperatuur.

Om mogelijke problemen te ontdekken die zich voordoen bij de detectie moet er bekend zijn in welke omgeving het ei gevonden moet worden. Belangrijke omgevingsfactoren zijn het strooisel, de kippen en het stalsysteem waarin de kippen worden gehouden. Het strooisel waarin de eieren liggen heeft ongeveer dezelfde kleur als bruine eieren, waardoor het lastiger wordt om op kleur te selecteren.

Als de eieren zijn ingegraven kan dit problemen geven voor de detectie op basis van vorm, omdat deze eieren maar voor de helft zichtbaar zijn. Verder kunnen kippen problemen veroorzaken doordat ze op of voor eieren gaan zitten waardoor ze onvindbaar worden. Ook maken ze de detectie lastig doordat ze vaak dezelfde kleur hebben als de eieren en hun temperatuur is hetzelfde als de eieren wanneer ze net zijn gelegd. Als laatste veroorzaakt het stalsysteem problemen door de belichting die in de stal wordt toegepast.

Om een ei in de stal te kunnen vinden moet hij aan een of meerdere van zijn kenmerken worden herkend. Dit kan met verschillende detectiesystemen gebeuren, zoals kleurdetectie die met een camera de kleurwaarden van een ei bepaald. Verder is er de mogelijkheid om met vormdetectie de kenmerkende vorm van een ei te herkennen. Andere opties zijn spectrometrie, temperatuurherkenning, geurherkenning en gewichtsherkenning.

Nadat de mogelijkheden en problemen bij de detectie van eieren zijn onderzocht is er gekeken of de eieren met een camera gevonden kunnen worden. Om te beginnen zijn er foto's van witte en bruine eieren genomen in twee stallen met een verschillende kleur dieren. Vervolgens worden deze foto's op de computer bewerkt met het programma LabVIEW, waarin een script kan worden geschreven die de eieren herkent. Met een *color plane extraction* kan één van de drie color planes (rood, blauw, groen) uit een foto worden geselecteerd, waardoor er een foto's met grijswaarden overblijft. Vervolgens wordt met een *histogram* de kleur- of grijswaarden van het ei bekeken en aan de hand van die informatie worden, met een *threshold*, alle pixels geselecteerd die boven een bepaalde drempelwaarde liggen.

Na de threshold kunnen de eieren worden geselecteerd op basis van vorm door het gebruik van een *particle filter*. Deze filters maken gebruik van de eigenschappen: oppervlakte, Heywood circularity factor en de ratio of equivalent rectangular sides. Om het vinden van de eieren gemakkelijker te maken zijn er nog een aantal bewerkingen mogelijk. Zo kunnen de waarden van een pixel worden bewerkt met een *operator* die een som, vermenigvuldiging, kwadraat, enz. kan toepassen. Verder kan er met een *erode* kleine ruis worden verwijderd uit een foto. Als laatste kunnen deze scripts ook

nog worden gecombineerd, waardoor het mogelijk is om een foto met twee verschillende scripts te bewerken.

Uiteindelijk zijn er met deze bewerkingen verschillende scripts geschreven. Er zijn scripts geschreven voor de situatie zonder belichting, met belichting door een flits, met belichting door een zaklamp en als laatste een script met een erode. Voor al deze situaties is een script geschreven voor witte eieren en een script voor bruine eieren. Alle scripts beginnen met een color plane extraction, waarna bij enkele scripts een operator wordt toegepast. Dan word er een threshold toegepast, gevolg door de particle filters die selecteren op oppervlakte, Heywood circularity factor en de ratio op equivalent rectangular sides. In de situatie met flits volgt na de threshold eerst een erode die de vorm van de eieren verbeterd. In het script erode wordt er voor en na de particle filters een erode toegepast en selecteren de particle filters niet meer op oppervlakte.

Uit de resultaten in tabel 0.1 blijkt dat het mogelijk is om met een camera eieren te herkennen uit de stal.

Tabel 0.1: In de onderstaande tabel zijn de door de scripts behaalde resultaten te zien.

	Gedetecteerde eieren (%)	Foute detecties per foto	Afstand tot verst gedetecteerde ei (m)	Rekentijd (s)
Wit ei met zaklamp	75	0.18	1.2	0.165
Bruin ei met zaklamp	75	0	2.1	0.154
Wit ei met flits	71	0	1.2	0.228
Bruin ei met flits	95	0.16	0.83	0.257
Bruin ei sluitertijd	90	0.57	1.1	1.643
Wit ei sluitertijd	70	0.75	1.25	2.964
Erode	32	0.27	0.80	0.445

Het blijkt dat de scripts met zaklamp en met flits de meest belovende resultaten hebben, omdat deze ongeveer 75 % van de eieren kunnen vinden met maar een klein aantal foute detecties. De scripts sluitertijd hebben een lange rekentijd die beperkend kan worden voor de rijsnelheid van de raaprobot. Met snellere apparatuur zou het misschien mogelijk zijn om het script sluitertijd te gebruiken. Het script erode is niet bruikbaar voor de detectie, omdat het percentage gedetecteerde eieren te laag is.

Inhoudsopgave

Voorwoord	iii
Samenvatting	v
1. Inleiding.....	1
2. Literatuurstudie	3
2.1 Kenmerken van eieren	3
2.2 Situaties waarin een ei moet worden herkend	7
2.3 Systemen waarmee een ei herkend kan worden	9
3. Materiaal & methode.....	13
3.1 Foto's	13
3.2 Beeldverwerking.....	13
4. Resultaten	17
4.1 Belichting	17
4.2 Geen belichting.....	18
4.3 Erode.....	20
5. Discussie.....	23
6. Conclusie & aanbevelingen.....	25
Referenties.....	26

1. Inleiding

In 2012 worden legbatterijen in de pluimveehouderij verboden en daarom gaan veel pluimveehouders over op een vrijloopsysteem. Hierdoor komt een oud probleem met grondeieren weer opzetten. De kippen leggen hun eieren buiten de nesten, wat betekent dat de pluimveehouders regelmatig door de stal moeten lopen om de grondeieren op te rapen. Dit kost veel tijd en de arbeidsbelasting van dit werk is groot. Ondanks het gebruik van een grijper die de arbeidsbelasting aanzienlijk verminderd, wordt het rapen nog gezien als een halfzware handeling (Emous et al., 2001). Verder is het belangrijk dat de eieren vaak worden opgeraapt, omdat kippen graag hun eieren naast een ander ei leggen. Zeker de eerste weken van de legperiode hebben kippen deze neiging (Emous et al., 2003). Dit betekent dat wanneer de eieren snel nadat ze gelegd zijn verzameld worden, er ook minder eieren op de grond worden gelegd.

In de gewenste situatie worden de eieren autonoom opgeraapt, zodat de pluimveehouder niet meer door de stallen hoeft te lopen om de grondeieren op te rapen. Het autonoom verzamelen levert een grote tijds winst op voor de pluimveehouder en de arbeidsbelasting wordt kleiner. Ook wordt de tijd tussen het leggen en het oprapen van de grondeieren verminderd, waardoor er een reductie is in het aantal grondeieren. Het probleem is dat grondeieren nog niet herkend kunnen worden door een autonoom raapsysteem. Daarom wordt in dit onderzoek de mogelijkheden op het gebied van ei-herkenning bekeken. Verder wordt er onderzocht of het mogelijk is om een standaard ei te herkennen uit een foto. Hiervoor zijn de volgende deelvragen opgesteld:

- Waar kunnen eieren aan worden herkend?
- In welke situaties moeten de eieren worden herkend?
- Welke systemen voor de ei-herkenning zijn er?
- Kan een standaard ei uit een foto worden herkend door middel van beeldverwerking?

De eerste drie onderzoeksvragen worden beantwoord met een literatuurstudie en bij de tweede deelvraag is een gedeelte praktijkonderzoek uitgevoerd. De laatste onderzoeksvraag wordt beantwoord met een praktijkonderzoek waaruit blijkt of het mogelijk is om eieren te herkennen uit een foto. De eieren die herkend moeten worden, blijven beperkt tot witte en bruine eieren in het strooisel zonder vervormingen of bevuiling op het ei.

2. Literatuurstudie

In deze literatuurstudie worden de mogelijkheden en problemen bekeken voor herkenning van een ei. Eerst worden er eigenschappen van eieren besproken die kunnen worden gebruikt om eieren te herkennen. In de tweede paragraaf wordt de omgeving besproken in welke een ei zich bevindt. Als laatste wordt er gekeken naar bestaande systemen waarmee eieren kunnen worden herkend.

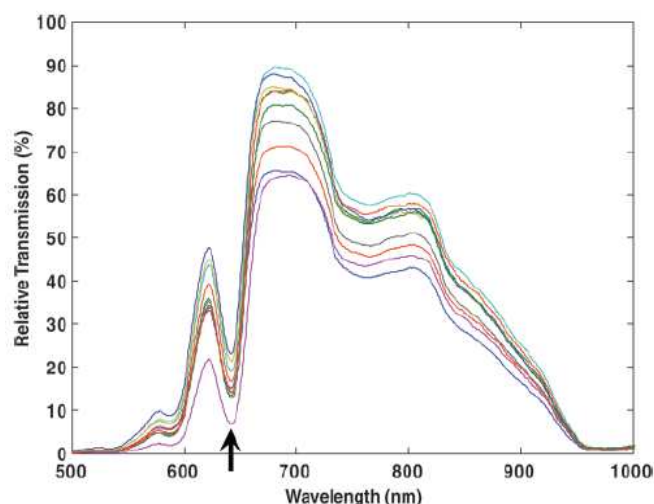
2.1 Kenmerken van eieren

Om een ei te kunnen herkennen moeten eerst de verschillende kenmerken van een ei bekend zijn. Twee voor de hand liggende kenmerken zijn natuurlijk de kleur en de vorm van een ei, maar ook aan de temperatuur en het gewicht zou men een ei kunnen herkennen. In deze paragraaf worden de kenmerken verder toegelicht.

Kleur

In de pluimveehouderij worden verschillende kleuren eieren geproduceerd, vooral wit en bruin, maar het kan variëren van witte tot donkerbruine eieren met tinten beige of rood, met of zonder spikkels. Ook zijn er kippen die blauwe, groene of roze eieren leggen. De eischaal krijgt zijn kleur in de laatste fase van de vorming van het ei. Tijdens de opbouw van de schaal wordt een pigment afgegeven. Dit pigment bevindt zich aan de binnenkant van de schaal. De hoeveelheid pigment die wordt afgegeven is niet constant, hierdoor ontstaan in de loop van het legseizoen kleurverschillen (Ester Verhoef, 2001).

In een onderzoek (Mertens et al., 2010) wordt de lichtdoorlaatbaarheid van eieren onderzocht bij verschillende golflengtes. Uit dit onderzoek blijkt dat het pigment PPIX (protoporphyrin IX) zorgt voor een afname in doorlaatbaarheid bij een golflengte van 643 nm. Dit is te zien in figuur 2.1. PPIX is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor de kleur van bruine eieren (Lang en Wells, 1987).



Figuur 2.1: Het transmissiespectrum van een bruin ei. Te zien is dat het licht dat door het ei heen valt minder licht bevat met een golflengte van 643 nm. Dit licht wordt opgenomen door het pigment PPIX wat zich in de schaal van de ei bevindt (Mertens et al., 2010).

Enkele andere factoren die invloed hebben op de kleur van het ei zijn het gewicht van het ei, de gezondheid van de kip, leeftijd van de kip en de genen van de kip.

De kleur van de eieren wordt lichter naarmate het ei zwaarder wordt. Dit komt omdat de hoeveelheid pigment in de eierschaal hetzelfde blijft, terwijl de oppervlakte waarover dit moet worden verdeeld groter wordt. Dit resulteert uiteindelijk in minder pigment per oppervlak, waardoor het ei lichter van kleur is. Ook stress en gezondheid lijken een rol te spelen in de kleur van het ei. Door een toenemende hoeveelheid stress of een afnemende gezondheid wordt het ei lichter van kleur en vertoont het pigmentvlekjes (Mertens et al, 2010).

Vorm

De vorm is een herkenbare eigenschap van een ei. In het algemeen heeft het ei een ovale vorm, maar toch zijn er veel verschillen tussen de eieren. Deze verschillen zijn te wijten aan de eigenschappen van een ei, maar ook aan de manier waarop men naar het ei kijkt. Als men van de zijkant op een ei kijkt, ziet men de ovale vorm van een ei, maar wanneer men precies van boven of van onderen kijkt ziet men een ronde vorm. Andere aspecten die invloed hebben op de vorm van het ei zijn: de massa van het ei, het ras van de kip, leeftijd van de kip en eventuele vervormingen in het ei.

Tabel 2.1: Lengte, breedte, diameter, gewicht en vormindex van verschillende gewichtsklasse van een ei. Te zien is dat de lengte, breedte en diameter van het ei groter worden wanneer het gewicht groter wordt. De vormindex blijft nagenoeg hetzelfde (Altuntas en Sekeroglu, 2010).

Physical properties	Medium	Large	Extra large	Jumbo
Length (mm)	52.90 ± 1.04	54.79 ± 1.25	57.01 ± 1.27	58.63 ± 1.31
Width (mm)	41.87 ± 0.93	43.05 ± 0.55	44.65 ± 0.57	46.61 ± 0.83
Geometric mean diameter (mm)	45.09 ± 0.64	46.47 ± 0.40	48.25 ± 0.38	50.11 ± 0.62
Unit mass (g)	52.23 ± 1.64	57.38 ± 1.588	64.07 ± 1.278	71.58 ± 2.849
Shape index	0.792 ± 0.26	0.786 ± 0.24	0.784 ± 0.24	0.796 ± 0.25

In tabel 2.1 worden enkele waarden voor vormeigenschappen weergegeven. Deze eigenschappen zijn opgedeeld in de verschillende gewichtsklassen, namelijk medium, large, extra large en jumbo. De lengte, breedte en diameter van het ei zijn afhankelijk van het gewicht van het ei. De vormindex is de verhouding tussen de breedte en de lengte van het ei en is niet afhankelijk van het gewicht. De vormindex wordt met de onderstaande formule berekend:

$$\text{Vormindex} = \frac{\text{breedte}_{ei}}{\text{lengte}_{ei}}$$

De vormindex van een consumptie-ei ligt ongeveer op 0.79, wat betekent dat het een rond ei is. Een broedei heeft meestal een grotere luchtkamer, waardoor de eieren een spitsere vorm krijgen. De vormindex wordt hierdoor lager en komt rond de 0.74 te liggen.

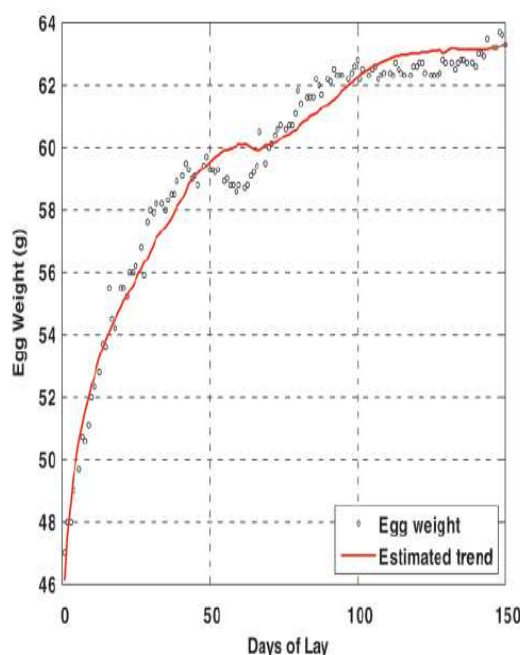
Ook de leeftijd van de kippen heeft invloed op de vorm van het ei. In het algemeen zullen jonge kippen spitse eieren leggen en de oudere kippen leggen wat rondere eieren (de Jong, 2009).

Verder kan het zijn dat door fouten tijdens de productie de eieren vervormen. Het kan zijn dat er twee dooiers (dubbeldooier) tegelijk in een ei terecht komen. Het ei wordt hierdoor groter als een normaal kippenei. Een andere misvorming van het ei is het zogenaamde windei. Dit ei heeft wel een vlies, maar geen schaal. Door het missen van de stevigheid van de schaal wordt het ei een soort slap

zakje. Ook kan het zijn dat er een zogenaamd hanenei wordt gelegd. Door een stukje eiwit dat zich los heeft gemaakt ontstaat een ei dat de grootte heeft van een duivenei. Verder zijn er eieren die een platte zijde hebben en eieren die gerimpeld zijn.

Gewicht

Het gewicht van een ei is een eigenschap waaraan het ei kan worden herkend. Ook hier is er enige variabiliteit in het gewicht tussen verschillende eieren. Deze verschillen zijn onder andere toe te schrijven aan het ras en leeftijd van de kip en de vorm van het ei. Figuur 2.2 geeft de relatie aan tussen het aantal dagen dat de kippen aan de leg zijn en het gewicht van de eieren. Hieruit blijkt dat hoe verder de kip in de legperiode zit hoe zwaarder de eieren zijn die worden gelegd. Ook in de tweede legperiode zullen de eieren zwaarder wegen dan de eieren uit de eerste legperiode (Mertens et al., 2010).



Figuur 2.2: Het gewicht van een ei is uitgezet tegen het tijdstip in de legperiode. Het gewicht zal tot dag 100 in de legperiode stijgen, daarna blijft het gewicht enigszins gelijk (Mertens et al., 2010).

De vorm van het ei heeft een grote invloed op het gewicht van het ei. De lengte en de breedte van het ei hebben een sterk positief effect, hoe groter de lengte en breedte hoe groter het gewicht van het ei zal zijn. De vormindex van het ei heeft een klein negatief effect op het gewicht, wat wil zeggen dat de vormindex kleiner wordt wanneer de massa van het ei groter wordt. Dat betekent dat het effect van de breedte van het ei groter is dan het effect van de lengte op het gewicht.

Tabel 2.2: Het gewicht, lengte, breedte en vormindex van een ei uitgezet tegen de leeftijd van kippen. Te zien is dat de massa, lengte en breedte van het ei toenemen, terwijl de vormindex afneemt (Abanikannda et al., 2007).

Age group (weeks)	Egg weight (g)	Egg length (mm)	Egg width (mm)	Shape index (%)
A (22-32)	49.94±0.20 ^c	53.86±0.09 ^d	40.91±0.06 ^d	76.02±0.12 ^a
B (33-43)	56.35±0.18 ^b	56.16±0.08 ^c	42.53±0.05 ^c	75.79±0.12 ^{ab}
C (44-54)	57.01±0.28 ^b	56.65±0.11 ^b	42.77±0.07 ^{bc}	75.58±0.13 ^{ab}
D (55-65)	58.63±0.23 ^a	57.27±0.10 ^a	43.15±0.11 ^a	75.47±0.16 ^b
E (66-76)	58.05±0.19 ^a	57.43±0.11 ^a	42.90±0.05 ^b	74.81±0.13 ^c
Combined	55.99±0.11	56.27±0.05	42.45±0.03	75.53±0.06

Een andere factor die invloed heeft op het gewicht van het ei is het ras van de kippen. Uit een onderzoek blijkt dat kippenrassen die bruine eieren leggen zwaardere eieren leggen dan rassen die witte eieren leggen. Witte eieren hebben een gemiddeld gewicht van 58,8 gram en bruine eieren een gemiddeld gewicht van 61.1 gram. Verder zijn er ook nog verschillen in het gewicht tussen eieren van leghennen en eieren van moederdieren (Jones et al., 2010).

De voeding die de kip krijgt speelt ook een rol in het gewicht van de eieren. Een dieet met een hoog proteïnegehalte (lysine) zorgt voor een toename in het gewicht. Een lysinegehalte van 800 mg/hen/dag verhoogt het gewicht met 7 gram per ei ten opzichte van een lysinegehalte van 540 mg/hen/dag (Bonekamp et al., 2010).

Misvormingen van eieren kunnen effect hebben op het gewicht. Misvormingen als de dubbeldooier zorgt voor een aanzienlijke toename in het gewicht en het hanenei zorgt voor een aanzienlijke afname in het gewicht.

Temperatuur

De temperatuur is geen vaste eigenschap van het ei, maar zal veranderen in de tijd. Als het ei net gelegd is zal het ei een temperatuur hebben die gelijk is aan de lichaamstemperatuur (41° C) van de kip. Na het leggen zal deze temperatuur langzaam afkoelen naar de temperatuur van de stal, welke constant wordt gehouden op ongeveer 24° C.

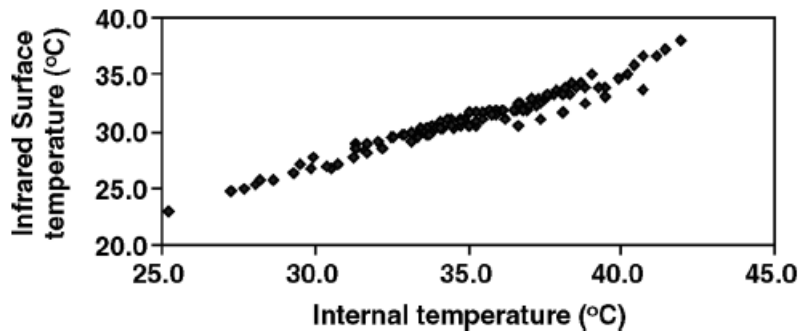
In tabel 2.3 is het resultaat gegeven van een proef naar de tijd die een ei nodig heeft om tot 3/4 af te koelen naar de temperatuur van de stal. Dit wordt aangegeven met Time to 3/4 cool. Verder is er in de tabel te zien dat er een verschil van 15 minuten zit tussen de Time to 3/4 cool in de winter en in de zomer. Het verschil tussen zomer en winter komt vooral door het verschil in de staltemperatuur. In de zomer is de stal 3.3° C warmer dan in de winter. Ook de ventilatie speelt een rol in dit verschil. In de zomer wordt er meer geventileerd dan in de winter, waardoor de koude luchtstroom langs het ei groter zal worden. Hierdoor zal het ei sneller afkoelen.

Tabel 2.3: De verandering van temperatuur is afhankelijk van de temperatuur in de stal. Ook neemt de temperatuur sneller af in de zomer als in de winter. T at 3/4 cool weergeeft de temperatuur van een ei wanneer hij voor ¾ deel is afgekoeld (Patterson et al., 2008).

Item	Hen house ambient T (°C)	Egg T at 3/4 cool (°C)	T change to 3/4 cool (°C)	Time to 3/4 cool (min)	T change (°C/min) to 3/4 cool
Overall	24.8	28.3	10.7	56.0	0.19
Summer	26.5	29.6	9.4	48.4	0.20
Winter	23.2	27.2	11.8	63.6	0.19

Binnen het ei zijn er verschillen in temperatuur. De schaal van het ei zal het eerst afkoelen en heeft daarom de laagste temperatuur. Het centrum van het ei heeft de hoogste temperatuur.

De schaaltemperatuur zal ook variëren tussen zomer en winter. In de zomer heeft het ei een gemiddelde schaaltemperatuur van 27.3° C en in de winter 23.8° C (Patterson et al., 2008).



Figuur 2.3: De temperatuur van het centrum van het ei is uitgezet tegen de temperatuur van de schaal. De schaaltemperatuur is gemeten met een thermometer die werkt met infrarood (Patterson et al., 2008).

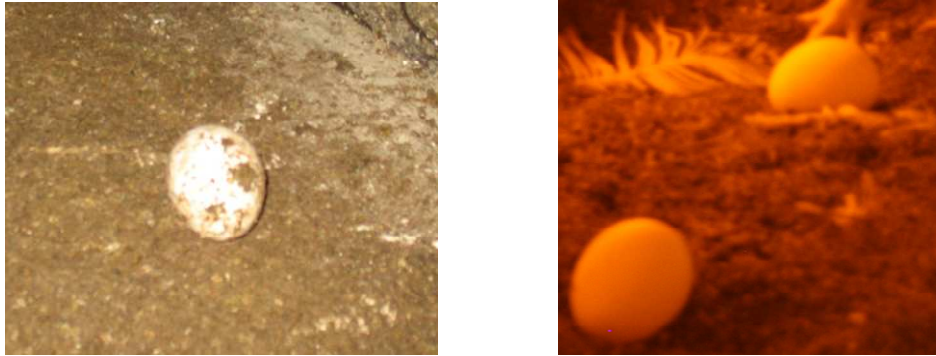
2.2 Situaties waarin een ei moet worden herkend

Het zal niet altijd even gemakkelijk zijn om eieren in de stal te herkennen. In sommige situaties zullen de eigenschappen van de eieren niet goed herkenbaar zijn, waardoor eieren over het hoofd worden gezien. Er zullen situaties in de stal zijn waarbij er niet genoeg licht is om de kleur en vorm van een ei te herkennen. Ook kunnen eieren achter of onder kippen liggen, waardoor het ei niet of voor een gedeelte zichtbaar is. Verder zijn er nog bevuilde eieren waardoor eigenschappen zoals de vorm, gewicht en kleur kunnen veranderen. Met alle situaties die afbreuk doen op de herkenbaarheid van de eieren moet rekening worden gehouden.

Strooisel

De grondeieren die kippen leggen worden in het strooisel gelegd. Hierin moeten de eieren worden gevonden. Witte eieren verschillen qua kleur veel van het strooisel, waardoor deze makkelijk te vinden zijn met kleurdetectie. Dit in tegenstelling tot bruine eieren, want deze verschillen niet zo veel van kleur met het strooisel, waardoor ze moeilijker detecteerbaar worden. Door al het vuil dat in het strooisel aanwezig is worden de grondeieren ook bevuild. Dit vuil blijft op de eieren zitten, waardoor de kleur van de schaal verandert. Het vuil kan verschillende oorzaken hebben, waardoor de kleur bevuiling ook verschillend is. Bevuiling door feces geeft zwart/bruine vlekken, vlekken door urinezuur zijn wit, vlekken van een lekkende eidooier zijn geel en bloedvlekken zijn bruin/rood (Mertens et al., 2005). Door deze kleurveranderingen wordt het ei moeilijker detecteerbaar voor een camera.

De bevuiling op de eieren kan ook effect hebben op de vorm en gewicht van het ei. Als de eieren in nat strooisel worden gelegd kan het zijn dat er strooisel aan het ei blijft plakken (figuur 2.4). Deze klonten aan het ei zorgen er voor dat een gedeelte van het ei niet zichtbaar is, waardoor de vorm van het ei verandert. Het gewicht van het ei wordt ook beïnvloed door deze klonten. Als er strooiselklonten aan het ei plakken tijdens het meten van het gewicht zal dit zorgen voor een toename in het gewicht van het ei. Verder kunnen veren die in het strooisel liggen ook voor problemen zorgen. Deze veren hebben vaak ongeveer dezelfde kleur als de eieren en wanneer ze tegen de eieren aan liggen kunnen ze niet van elkaar worden onderscheiden door kleur. Deze twee objecten worden samen één object met een andere vorm.



Figuur 2.4: De detectie van eieren wordt lastiger door strooisel dat op eieren blijft plakken en door veren die achter eieren liggen.

Verder kunnen veren en klonten in het strooisel zorgen voor 'valse eieren'. Een veer met dezelfde kleur of een klont met dezelfde vorm als een ei kan zorgen voor een valse identificatie.

Kippen

In de kippenstallen zitten ongeveer negen kippen per vierkante meter leefoppervlakte, afhankelijk van het houderijsysteem. Door deze druk bevolkte stallen kunnen er problemen ontstaan met de detectie van eieren. Kippen zullen op de eieren zitten of voor de eieren gaan staan, waardoor de eieren maar half of helemaal niet zichtbaar meer zijn. Verder hebben de kippen vaak dezelfde kleur als de eieren die ze leggen, waardoor het moeilijker wordt om ze van elkaar te onderscheiden. Er zijn afwijkende combinaties, zoals de amberlink, waarbij de kleur veren verschilt van de kleur eieren die ze leggen.



Figuur 2.5: Ook eieren die achter de kippen liggen moeten worden gevonden.

Bij detectie door middel van de temperatuur zal ook een probleem ontstaan. De kippen hebben dezelfde temperatuur als de eieren wanneer ze net zijn gelegd. Als het ei achter of onder een kip ligt is het op dat tijdstip dus onvindbaar met temperatuurdetectie. Het ei zal alleen vindbaar zijn wanneer de temperatuurverschil tussen kip en ei en tussen ei en stal voldoende verschilt.

Houderijsysteem

Kippen die hun eieren niet in de legnesten leggen, gaan een andere plek zoeken om hun ei te leggen. Vaak zoekt een kip een beschut plekje om, in hoeken of langs de kanten van het hok. De eieren worden zowel in donkere als in lichte plekken gelegd (Appleby, 1984). Doordat kippen beschutte plekken opzoeken worden de eieren moeilijker detecteerbaar.

Schaduw in de stal kunnen voor problemen zorgen. Eieren die in de schaduw liggen zullen donkerder zijn dan eieren die vol in het licht liggen. Eieren in het licht zullen het licht weerkaatsen,

waardoor er een witte glinstering op het ei ontstaat. Dit zal bij bruine eieren een groter probleem geven dan bij witte eieren.

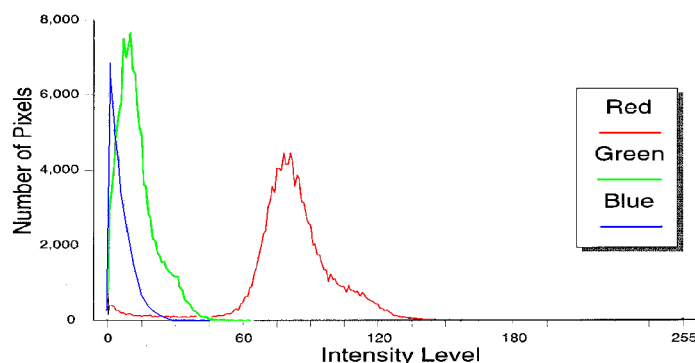
Verder ontstaat er een probleem met de detectie wanneer het licht in de stallen uit gaat. De camera kan door het gebrek aan licht geen kleuren en vormen meer van elkaar onderscheiden. Hierdoor is het niet mogelijk om 's nachts grondeieren te rapen wanneer er gebruik wordt gemaakt van een camera die werkt met zichtbaar licht.

2.3 Systemen waarmee een ei herkend kan worden

Om een ei in de stal te kunnen vinden moet het aan een of meerdere van zijn kenmerken worden herkend. Er zijn systemen ontwikkeld die objecten kunnen herkennen aan een van deze kenmerken. In deze paragraaf worden een aantal van deze systemen besproken.

Kleurherkenning

Bij kleurherkenning wordt het zichtbare licht opgesplitst in een aantal componenten. Vaak zijn dat de drie componenten: rood, groen en blauw licht. Van deze drie kleuren wordt een histogram gemaakt door het aantal pixels te tellen voor iedere intensiteit. Om bepaalde objecten te herkennen uit een foto wordt het histogram van het object vergeleken met een histogram uit een database. Als de histogrammen overeenkomen kan het object positief worden geïdentificeerd. Een andere optie is om te werken met een grenswaarde. Als het aantal pixels van een bepaalde intensiteit boven de grenswaarde komt wordt het object positief geïdentificeerd (Patel et al., 1998).



Figuur 2.6: In dit histogram wordt de intensiteit van de kleuren rood, groen en blauw uitgezet tegen het aantal pixels in een foto. Door dit histogram te vergelijken kan een ei worden geïdentificeerd (Patel et al., 1998).

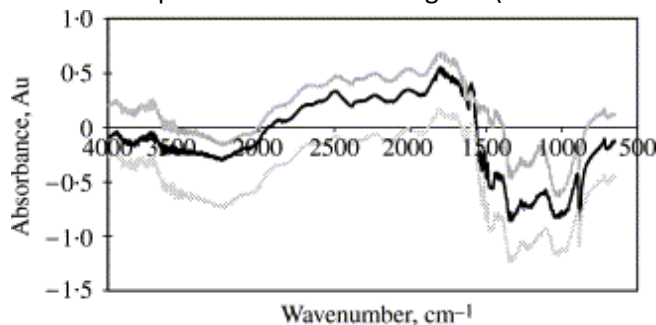
In een onderzoek over een robot voor het detecteren en sorteren van eieren wordt gebruik gemaakt van kleurherkenning. In plaats van een histogram van de kleuren rood, groen en blauw wordt er hier gebruik gemaakt van een histogram met grijswaarden. Vanaf een foto worden het aantal pixels geteld die een bepaalde intensiteit van de grijswaarden hebben. Doordat er witte eieren liggen op een zwarte achtergrond zijn er in het histogram twee pieken te zien. Een piek representeert het ei en de andere de achtergrond. Door dit verschil kunnen eieren worden herkend uit de achtergrond. Deze grijswaarden zijn wel erg gevoelig voor invloeden van licht, daarom is het nodig om de ruis er uit te filteren (Li et al., 2010).

Spectrometrie

Een spectrometer is een instrument dat wordt gebruikt om materialen te identificeren door middel van het lichtspectrum. Dit instrument meet de hoeveelheid licht van een bepaalde golflengte.

Veel materialen hebben de eigenschap dat ze licht van een bepaalde golflengte van het spectrum absorberen. Door het transmissiespectra te meten kan men het type materiaal bepalen.

In een onderzoek van Narushin wordt bekeken of de kwaliteit van een ei gemeten kan worden met behulp van spectrometer. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van Mid-infrarode spectra ($400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$). Om de absorptie van licht door een ei te meten laten ze licht op een ei vallen. Dit licht dringt de buitenste laag van de eischaal binnen, waarna het weer wordt gereflecteerd. Daarna wordt het weer opgevangen door een sensor. Hieronder is de figuur te zien die de absorptie van het licht weergeeft (Narushin et al., 2004).



Figuur 2.7: In dit figuur is het mid-infrarode spectrum van 3 eieren te zien. Absorptie is uitgedrukt in de logaritmische eenheid Au (absorption units). Het wavenumber weergeeft het aantal golven per cm (Narushin et al., 2004).

In een onderzoek over het autonoom plukken van komkommers wordt er gebruik gemaakt van spectrometrie. Dit is de beste manier voor de detectie, omdat groene komkommers moeten worden herkend tussen de groene planten. Om het fruit te detecteren wordt er gebruik gemaakt van twee camera's, een camera met een 850 nm filter en de andere met een 970 nm filter. Door het verschil in reflectie tussen de twee golflengtes kunnen de komkommers worden herkend. Om de invloed van zonlicht te verminderen wordt er gebruik gemaakt van een flits met een hoge lichtintensiteit (van Henten et al, 2002).

Vormherkenning

Om objecten te herkennen door middel van hun vorm moeten er eerst een aantal kenmerken van hun vorm bekend zijn. Lengte van de as, oppervlakte, rondheid van het object en de ratio tussen lengte en breedte van het object zijn enkele van deze kenmerken. De kenmerken van het object welke het minst overeenkomen met de omgeving kunnen het best worden gebruikt bij de herkenning. Een object uit een foto wordt positief herkend als zijn kenmerken overeenkomen met de hiervoor gestelde eisen.

Voor het verbeteren van de verkeersveiligheid is er een systeem ontwikkeld dat verkeersborden kan herkennen op basis van hun vorm. Het kan driehoeken, rechthoeken en zeshoeken langs de kant van de weg herkennen. Dit systeem gebruikt de symmetrie samen met het hoekenpatroon van de borden om deze uit het beeld te kunnen detecteren. Aan de hand van het aantal hoeken herkent hij de vorm van de borden (Loy en Barnes, 2004).

Bij het detecteren van eieren op basis van vorm ontstaat er een probleem wanneer de eieren maar gedeeltelijk zichtbaar zijn. Het gevolg hiervan is dat er eieren zijn die niet worden gedetecteerd en in de stal blijven liggen. Er zijn methodes ontwikkeld om objecten te detecteren die niet geheel

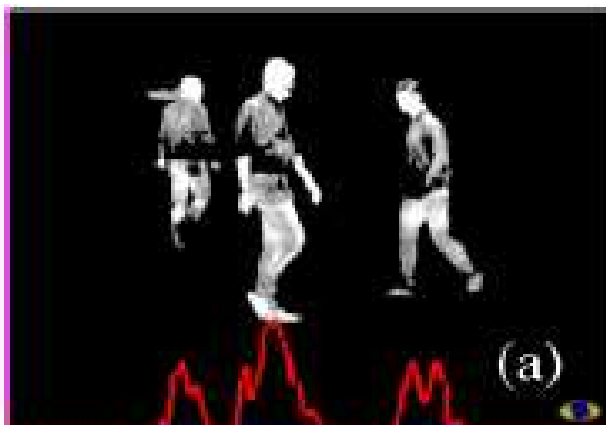
zichtbaar zijn. Zo kan er bijvoorbeeld worden gewerkt met twee verschillende cameraposities. Door deze verschillende beelden te combineren zullen meer verborgen objecten kunnen worden ontdekt. Ook zijn er een aantal methodes waarbij de vorm van een gedeeltelijk verborgen object wordt vergeleken met een geheel zichtbaar object. Als de contouren overeenkomen met een geheel zichtbaar object kan het object worden gedetecteerd. Voor de fruitteelt zijn er methodes ontworpen welke 85% van het fruit kunnen detecteren wanneer ze voor minder dan 20% zichtbaar zijn (Wollerich, 2009).

Geurherkenning

Om objecten te herkennen door geur wordt er gebruik gemaakt van een elektrische neus. Deze neus kan geuren in de lucht detecteren en kan hem onderscheiden van andere geuren. De neus werkt doordat sensoren zijn behandeld met biologisch of chemisch materiaal die gevoelig zijn voor geuren. Wanneer een bepaalde geur in contact komt met de sensor reageert hij op een voor deze geur specifieke manier. Door de reactie kan worden bepaald om welke geur het gaat. Omdat veel objecten een specifiek geurpatroon hebben kan het object met dit geurpatroon worden geïdentificeerd (Peris en Escuder-Gilabert, 2009). In een onderzoek (Labreche et al., 2005) wordt de elektrische neus gebruikt om te bepalen hoe lang melk kan worden bewaard. Een ander onderzoek gebruikt de elektrische neus om brand of gaslekken te detecteren (Arnold et al., 2002).

Temperatuurherkenning

Voor de herkenning van temperatuur wordt een infrarood camera gebruikt. Deze camera vormt een beeld van het infrarode licht. Alle objecten zenden een bepaalde hoeveelheid infrarode straling uit als functie van de temperatuur. Hoe hoger de temperatuur hoe meer infrarode straling wordt uitgezonden. De camera vangt de infrarode straling op en zet dit om in zichtbaar licht. Plekken waar het infrarood licht een hoge intensiteit infrarood licht heeft wordt omgezet in een felle kleur en plekken met een lage intensiteit wordt omgezet in een zwakkere kleur. Deze warmtecamera wordt ook ingezet door militairen om mensen te kunnen herkennen in het donker. Om met een voertuig mensen te kunnen ontwijken is er een alarmsysteem ontwikkeld dat door middel van de warmtecamera aangeeft of er mensen aanwezig zijn. Het systeem selecteert de pixels met een waarde die hoger is als een referentiewaarde. Hierdoor blijven alleen pixels over die staan voor een hoge temperatuur. Hierna wordt het beeld opgedeeld in verticale vlakken. De waarden van de overgebleven pixels in dit vlak worden opgeteld, waardoor er een histogram kan worden gemaakt als in figuur 2.8. Uit het histogram kunnen mensen worden herkend.



Figuur 2.8: In deze figuur is het warmtebeeld van drie personen te zien met daaronder een histogram dat uit dit warmtebeeld is gemaakt (Bertozzi et al., 2007).

Pixels met een hoge temperatuur welke niet naast andere pixels liggen met een hoge temperatuur worden ook uitgeselecteerd om ruis uit het beeld te halen. Deze methode zal alleen werken wanneer het lichaam warmer is dan zijn omgeving en er niet te veel warme objecten in het beeld aanwezig zijn. Om deze problemen te omzeilen is een methode ontwikkeld die de mensen selecteert op hun hoge aanwezigheid van verticale hoeken. Omdat gebouwen en auto's vaak ook over deze eigenschap beschikken worden de verticale hoeken langer dan een bepaalde lengte niet meegenomen. Dit zorgt ervoor dat gebouwen en auto's niet gedetecteerd worden (Bertozzi et al., 2007).

Gewichtsherkenning

Het bepalen van het gewicht van een ei kan op meerdere manieren gebeuren. Het ei kan simpelweg worden gewogen om het gewicht te bepalen. Om dit toe te passen moet het ei eerst worden opgeraapt voordat het kan worden gewogen.

Een andere manier om het gewicht te bepalen is op basis van een wiskundig model.

Een onderzoek is uitgevoerd naar de mogelijkheid om het gewicht te schatten van een koolvis vanuit een foto. Eerst wordt er onderscheid gemaakt tussen de vis en de achtergrond, daarna worden het aantal pixels van de vis en van een referentieoppervlakte geteld. Omdat de oppervlakte van het referentieoppervlak bekend is kan door een vergelijking de oppervlakte worden bepaald (Balaban et al., 2010). In een onderzoek wordt het gewicht van een ei bepaald zonder gebruik te maken van een referentieoppervlak. Uit een foto of beeld van een ei worden verschillende diameters van het ei gemeten. Door deze diameters is de vorm van het ei bekend. Met een regressiemodel tussen vorm en gewicht wordt het gewicht van het ei geschat met een precisie van 3 gram (Cen et al., 2006).

3. Materiaal & methode

Om foto's te maken van de verschillende situaties waarin een ei gevonden moet worden is er gebruik gemaakt van een canon powershot A 640 van 10.0 megapixels. Deze camera is voorzien van een flitser. De computer die gebruikt is voor het analyseren van de foto's is een pentium 4 Fujitsu Siemens met Microsoft Windows XP. Verder is er gebruik gemaakt van het programma National Instruments LabVIEW 8.5.1 en National Instruments Vision Assistant 8.5.

3.1 Foto's

Om een goed beeld van eieren in de stal te krijgen zijn verschillende situaties gefotografeerd.

Er zijn foto's gemaakt van:

- Witte/bruine eieren
- Ei in lichte/ donkere plekken
- Ronde en ovale kant van het ei
- Bevuiling op eieren
- Bevuiling in het strooisel
- Gedeeltelijk zichtbare eieren
- Kippen

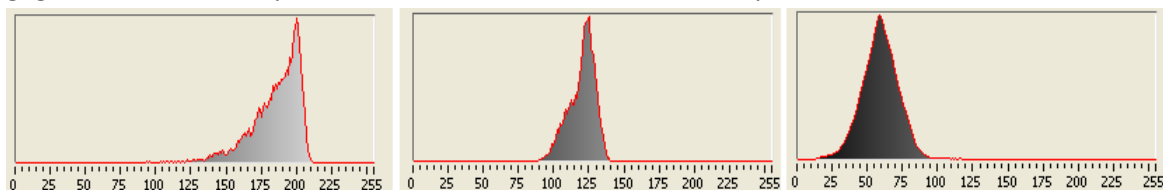
Een tweetal bedrijven zijn bezocht, om de effecten van een andere stal en een andere dierkleur te bekijken. Verder zijn, omdat belichting een grote rol speelt in de beeldherkenning, drie verschillende belichtingstypen gebruikt. Er is gebruik gemaakt van een flits, zaklamp en geen belichting. In de situatie zonder belichting is een lange sluitertijd gebruikt.

3.2 Beeldverwerking

Om eieren uit een foto te herkennen zijn er foto's genomen in een kippenstal. Deze foto's worden op verschillende manieren bewerkt. Wanneer de bewerkingen op een foto worden uitgevoerd moeten uiteindelijk alleen eieren overblijven in het plaatje. Van deze gevonden eieren kan de plaats worden bepaald. Enkele van de bewerkingen zullen hieronder worden besproken.

Histogram

Een histogram telt alle pixels binnen een bepaalde kleur- of grijswaarde op en maakt hiervan een grafiek. Dit kan worden toegepast op de gehele foto of op een geselecteerd gebied in de foto, waardoor het mogelijk is om de kleur- of grijswaardes van een bepaald object te bepalen. Met deze gegevens kan de drempelwaarde voor de threshold worden bepaald.



Figuur 3.1: Van links naar rechts is hier het karakteristiek histogram van de grijswaarden te zien van een ei, kip en strooisel

Threshold

Een threshold kan een foto omzetten naar een binair plaatje en kan worden toegepast op een kleurenfoto en op een foto met grijswaarden. Met deze threshold kan een drempelwaarde worden ingesteld voor de kleurwaarde van een pixel. Alle pixels boven of alle pixels onder deze drempelwaarde worden geselecteerd. De geselecteerde pixels krijgen de binaire waarde 1, de andere pixels krijgen de waarde 0.

Color plane extraction.

Met een Color plane extraction wordt één van de drie color planes (rood, blauw, groen) uit een foto geselecteerd, waardoor er een foto's met grijswaarden overblijft. Door één van deze planes te selecteren kun je het contrast tussen eieren en de omgeving vergroten. Hierdoor kan het ei makkelijker worden gevonden. Ook kunnen er planes zoals intensiteit, verzadiging, lichtwaarde en belichting geselecteerd worden.

Operators

Met een operator kunnen waardes van pixels worden aangepast door een constante op te tellen, af te trekken, te vermenigvuldigen, enz. In plaats van een constante kunnen ook de pixelwaardes van een andere foto worden gebruikt om de bewerkingen uit te voeren. Deze functies zorgen voor een groter contrast tussen ei en zijn omgeving.

Erode

Een erode wordt gebruikt om ruis uit een foto te verwijderen. Dit gebeurt doordat de erode functie pixels aan de rand van de objecten verwijdert. Hierdoor verdwijnen de buitenste gedeeltes van grote objecten en kleine objecten worden hierdoor geheel verwijderd. Met een dilate kunnen de randen van objecten later weer gedeeltelijk worden hersteld.

Particle Filters

Om eieren uit binaire plaatjes te selecteren kan men een particle filter toepassen. Deze filtert objecten uit een plaatje door te kijken naar de waardes van verschillende eigenschappen van de objecten. Door een interval te stellen aan deze waardes kunnen objecten uit het plaatje worden gefilterd of juist worden behouden.

Om een ei te selecteren uit een binair plaatje moet er worden gekeken welke eigenschappen kenmerkend zijn voor eieren. Dit blijken de Heywood circularity factor, de *ratio of equivalent rectangular sides* en de *oppervlakte* te zijn. De *Heywood circularity* factor berekent de rondheid van een object. Dit gebeurt door de omtrek van het object te delen door de omtrek van een cirkel met dezelfde oppervlakte als het object. Hoe ronder het object is hoe dichter de *Heywood circularity factor* bij 1 komt te liggen. Met de *ratio of equivalent rectangular sides* wordt de lange zijde van het object gedeeld door de korte zijde. Deze ratio is te vergelijken met de vormindex van een ei, waar de lengte van het ei wordt gedeeld door de breedte. Als laatste kan er gefilterd worden op *oppervlakte* om ruis en grote objecten uit een foto te verwijderen.

Voor de waardes van deze eigenschappen wordt een interval gesteld waarbinnen de eieren vallen. Omdat niet alle eieren hetzelfde zijn en daardoor niet allemaal dezelfde waardes hebben moet er een ruim interval worden aangehouden, zodat er geen eieren weg worden gefilterd. Door dit ruime interval zijn er ook andere objecten die hierbinnen zullen vallen en voor een ei worden aangezien. Dit is op te lossen door een combinatie van particle filters te maken.

Scripts combineren

In het programma LabVIEW kunnen twee of meerdere scripts met elkaar worden gecombineerd. Het combineren gebeurt met een operator. Met een operator kunnen twee plaatjes of een plaatje en een constante bij elkaar worden opgeteld, afgetrokken, vermenigvuldigd, enz.

4. Resultaten

Om de eieren uit de foto's te herkennen zijn er voor verschillende situaties scripts geschreven. Er zijn per situatie twee verschillende scripts geschreven, één voor witte en één voor bruine eieren. Verder zijn er ook verschillende scripts geschreven voor de zaklampverlichting en de verlichting door een flits en is er gekeken of er een erode kan worden gebruikt om ruis weg te filteren.

4.1 Belichting

Voor de foto's met belichting zijn twee soorten belichting gebruikt, belichting met een zaklamp en belichting door middel van een flits. Voor beide soorten is een apart script geschreven voor de detectie van witte eieren en bruine eieren.



Figuur 4.1: Te zien is een foto van witte eieren met flits en daarnaast het resultaat na de bewerkingen.

Script

Elk script begint met het laden van de foto's. Daarna wordt om in de foto een groot contrast te krijgen tussen een ei en de omgeving een color plane extract gebruikt. Welk color plane moet worden geselecteerd verschilt per situatie.

In het geval van belichting met flits wordt er bij bruine eieren een operator gebruikt om het contrast nog verder te vergroten. Deze operator kwadrateert de waarde van alle pixels.

Tabel 4.1: Deze tabel geeft de instellingen weer voor de scripts met belichting.

	Zaklampverlichting		Flits	
	Wit ei	Bruin ei	Wit ei	Bruin ei
Color plane	Green plane	Red plane	Red plane	Red plane
Operator	-	-	-	kwadraat
Drempelwaarde threshold	> 125	> 120	> 150	> 110
Erode	-	-	Size 3x3 4 iteraties	Size 3x3 4 iteraties
Area filter	2500-100000	2500-100000	2500-100000	2500-100000
Heywood circularity filter	0-4	0-4	0-4	0-4
Ratio of equivalent rect sides filter	0-3	0-3	0-3	0-3

Vervolgens wordt er een threshold toegepast om de foto binair te maken. Door het histogram te bekijken van een ei, kip en het strooisel is te bepalen op welke waarde de threshold moet worden

ingesteld. De drempelwaarde wordt zo ingesteld dat het gehele ei boven de drempelwaarde ligt, omdat op deze manier de vorm van het ei wordt behouden. Ook deze waarde verschilt per situatie. Hierna wordt in het geval van belichting met flits nog een erode toegepast. Deze wordt toegepast om de ruis dicht tegen de eieren, door strooisel of veren, te verwijderen. Hierdoor krijgen de eieren weer een rondere vorm. Hierna worden voor de selectie van de eieren particle filters toegepast. Deze particle filters worden toegepast op kenmerkende eigenschappen van het ei. Als eerste wordt er een *Area filter* toegepast om de ruis in het plaatje te verwijderen, zonder de andere objecten in het plaatje te vervormen. Deze particle filter is ingesteld om objecten tussen 2500 en 100000 pixels te behouden. Hierna is een particle analysis gebruikt om de gegevens van de objecten te verzamelen. Aan de hand van deze gegevens zijn de belangrijkste kenmerken van de eieren geselecteerd. Op deze kenmerken, *Heywood circularity factor* en *ratio of equivalent rectangular sides*, is een particle filter toegepast. De filter voor de *heywood circularity factor* is ingesteld om objecten met een waarde tussen 0 en 4 te behouden. De filter voor de *ratio of equivalent rectangular sides* is ingesteld om objecten met een waarde tussen 0 en 3 te behouden. De particle filters zijn voor alle scripts op dezelfde waardes ingesteld.

Resultaten

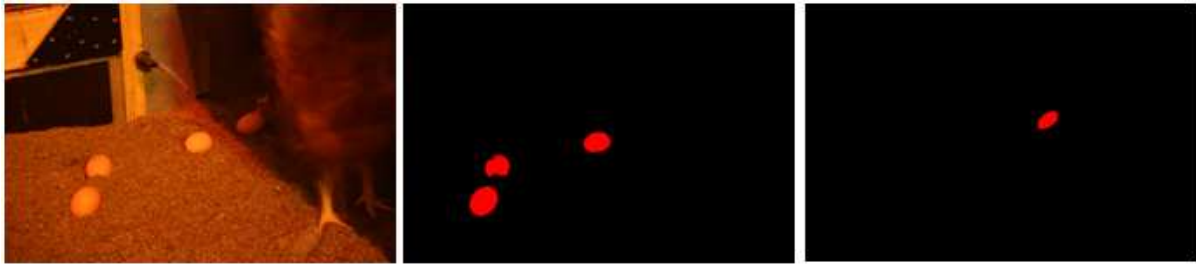
Door de scripts met belichting worden goede resultaten behaald. Het aantal gedetecteerde eieren is ongeveer 75% van alle eieren die te zien zijn op de foto's. Een afwijking is te zien bij het script bruin ei met flits, deze detecteert 95% van alle eieren. Verder is het aantal foute detecties (gedetecteerde objecten anders dan een ei) per foto gemiddeld 0.08. In tabel 4.2 is ook de afstand tot het verst gedetecteerde ei te zien en de rekentijd die het script nodig had om een foto te bewerken.

Tabel 4.2: In deze tabel staan de resultaten die met de verschillende scripts zijn behaald.

	Totaal aantal eieren	Gedetecteerde Eieren (%)	Foute detecties per foto	Afstand tot verst gedetecteerde ei (m)	Rekentijd (s)
Wit ei met zaklamp	28	75	0.18	1,2	0.165
Bruin ei met zaklamp	36	75	0	2.1	0.154
Wit ei met flits	31	71	0	1.2	0.228
Bruin ei met flits	40	95	0.16	0.83	0.257

4.2 Geen belichting

De scripts bruin ei sluitertijd en wit ei sluitertijd zijn geschreven voor de herkenning van eieren zonder extra belichting, hierdoor zullen er eieren in de schaduw en in het licht liggen. In beide situaties zullen de eieren lichter zijn dan hun omgeving, maar de eieren in de schaduw zullen donkerder zijn dan de omgeving van de eieren in het licht. Hierdoor kunnen de eieren niet met hetzelfde script worden gevonden. Een oplossing hiervoor is om één script te schrijven voor de eieren in de schaduw en één script voor de eieren in het licht. Ook hier zijn scripts geschreven voor bruine en witte eieren.



Figuur 4.2: Te zien is de originele foto van de eieren met daarnaast de uitkomst van de twee scripts.

Script

Op de foto's te kunnen bewerken begint elk script met het laden van de foto. Hierna wordt een Extract gebruikt om een plane uit de foto te selecteren. Per situatie verschilt het welk plane geselecteerd moet worden. In het geval van bruine eieren in het licht wordt een operator toegepast. Deze vermenigvuldigt de waardes van de pixels met 3. Hierdoor ontstaat er een groter contrast tussen een ei en de omgeving. Vervolgens wordt in alle situaties een threshold toegepast. Ook de drempelwaarde van de threshold verschilt per situatie.

Tabel 4.3: Deze tabel geeft de instellingen weer van de scripts zonder belichting.

	Bruine eieren		Witte eieren	
	Licht	Schaduw	Licht	Schaduw
Color plane	Red plane	Red plane	Green plane	Intensity plane
Operator	Vermenigvuldigen met 3	-	-	-
Drempelwaarde threshold	> 194	> 130	> 130	> 85
Area filter	2500-100000	2500-100000	2500-100000	2500-100000
Heywood circularity filter	0-4	0-4	0-4	0-4
Ratio of equivalent rect sides filter	0-3	0-3	0-3	0-3

Na de threshold worden in alle gevallen drie filters toegepast. Er wordt een Area filter toegepast om objecten tussen 2500- 100 000 te behouden. Daarna wordt een Heywood circularity factor toegepast om objecten met een waarde tussen 0-4 te behouden. Als laatste wordt een ratio of equivalent rectangular sides toegepast om objecten met een waarde tussen 0-3 te behouden. Voor elke kleur ei zijn nu twee scripts gemaakt. Door deze twee scripts samen te voegen ontstaat er een script die de eieren in de schaduw en in het licht zou moeten vinden. Voor het combineren van het script wordt een IMAQ Or gebruikt. De IMAQ Or combineert alle objecten die in een van de twee of in beide scripts zijn gevonden. Deze objecten worden allemaal gezien als een ei.

Resultaten

Met de scripts zonder belichting is een detectiepercentage van 70% en 90% behaald. Het aantal foute detecties per foto is met 0.57 en 0.75 erg hoog. Ook de rekentijd die nodig is voor de scripts is erg hoog. Tussen de scripts onderling zit een groot verschil, want het script wit ei sluitertijd heeft twee maal zo veel tijd nodig dan bruin ei sluitertijd.

Tabel 4.4: In deze tabel staan de resultaten die zijn behaald met de twee gecombineerde scripts.

	Totaal aantal eieren	Gedetecteerde Eieren (%)	Foute detecties per foto	Afstand tot verst gedetecteerde ei (m)	Rekentijd (s)
Bruin ei sluitertijd	20	90	0.57	1.1	1.643
Wit ei sluitertijd	10	70	0.75	1.25	2.964

4.3 Erode

In de voorgaande scripts is steeds een area filter toegepast om de ruis uit een foto te verwijderen. Het script Erode is geschreven om uit te zoeken of de functie erode een goed alternatief is om de ruis te verwijderen. Bij dit script wordt van dezelfde foto's gebruik gemaakt als bij het script wit ei met flits.



Figuur 4.3: Te zien is dat de erode 1 van de 2 eieren kan vinden. Het ei wat gevonden is, is sterk vervormd door de erode.

Script

Het script begint met het inladen van de foto in de functie. Hierna wordt er een color plane extract toegepast waarbij het blue color plane wordt geselecteerd. Na de color plane extract wordt er een threshold toegepast. Deze is ingesteld op een minimum grijswaarde van 170. Hierna wordt er een erode toegepast om de kleine ruis uit de foto te verwijderen. Dit is een 3x3 erode met 4 iteraties. De Erode wordt zo klein mogelijk gehouden met zo min mogelijk iteraties, omdat de vorm van de eieren op deze manier het minst wordt aangetast. Na deze erode worden er twee particle filters toegepast. De eerste filter is een Heywood circularity factor die alle objecten behoudt met een waarde tussen 0 en 4. De tweede filter is een ratio of equivalent rectangular sides filter die alle objecten met een waarde tussen 0 en 3 behoudt. Na deze twee filters blijven eieren en een beetje ruis over. Als laatste wordt de erode nog een tweede keer toegepast. Deze keer is het een 3x3 erode met 11 iteraties. Hierdoor wordt ook de overgebleven ruis uit de foto verwijderd.

Tabel 4.5: In deze tabel staan de instellingen van het script Erode

	Erode
Color plane	Blue plane
Drempelwaarde threshold	> 170
Erode	Size 3x3 4 iteraties
Heywood circularity filter	0-4
Ratio of equivalent rect sides filter	0-3
Erode	Size 3x3 11 iteraties

Resultaten

De resultaten laten zien dat met het script erode het percentage gedetecteerde eieren aanzienlijk daalt. Er wordt maar 32% van alle eieren gedetecteerd en er zijn 0.27 foute detecties per foto. De rekentijd is twee maal zo groot als bij het script wit ei met flits, dat gebruik maakt van dezelfde foto's.

Tabel 4.6: In deze tabel staan de resultaten die zijn behaald met het script Erode.

	Totaal aantal eieren	Gedetecteerde Eieren (%)	Foute detecties per foto	Afstand tot verste gedetecteerde ei (m)	Rekentijd (s)
Erode	31	32	0.27	0.80	0.445

5. Discussie

De stalverlichting speelt een grote rol bij de detectie op basis van kleur. Niet overal in de stallen is de verlichting gelijk, waardoor er lichte en donkere plekken in de stal ontstaan. Het kan zijn dat eieren in het licht wel worden gevonden, terwijl eieren in de schaduw niet worden gevonden. Door extra belichting te plaatsen op de raaprobot wordt de invloed van de stalverlichting verminderd.

Detectie op basis van vorm van het ei geeft weinig problemen wanneer het ei in zijn geheel te zien is, omdat er weinig andere objecten zijn in de kippenstal met dezelfde ovale vorm en grootte.

Problemen ontstaan wanneer het ei niet geheel te zien is, bijvoorbeeld wanneer het is bevuild of begraven ligt in het strooisel. Hierdoor verandert de zichtbare vorm van het ei, waardoor deze eieren niet meer voldoen aan de gestelde eisen voor de vorm. Om dit probleem op te lossen moeten er minder strakke eisen worden gesteld aan de vorm, zodat deze begraven of bevuilde eieren toch voldoen aan de eisen. Het nadeel is dat andere objecten dan eieren eerder aan de eisen voldoen, waardoor er meer foute detecties gemaakt zullen worden.

Het gewicht van een ei is geen eigenschap waarmee het ei uit zijn omgeving kan worden herkend, want om het gewicht te bepalen moet het ei al zijn gevonden. Om zijn gewicht te bepalen met een weegschaal moet het ei hier eerst op worden gelegd. Voor de bepaling van het gewicht met een wiskundig model moeten eerst de afmetingen van het ei worden bepaald. Op basis van deze gegevens wordt het gewicht berekend. Omdat de afmetingen al bekend zijn, is het eenvoudiger om het ei te selecteren op deze vormeigenschappen.

De detectie op temperatuur geeft wat problemen, omdat dit een veranderende eigenschap is. Als het ei net is gelegd heeft het ei dezelfde temperatuur als de kip en wanneer het is afgekoeld heeft het dezelfde temperatuur als de omgeving. Het ei zal gevonden moet worden voordat het ei geheel is afgekoeld, omdat het ei anders onherkenbaar wordt voor de temperatuurdetectie. Binnen een uur is het ei voor $\frac{3}{4}$ afgekoeld, waardoor er waarschijnlijk te weinig tijd is om alle eieren te vinden.

De herkenning van eieren op basis van geur is niet geschikt, omdat een elektrische neus alleen kan bepalen of er een ei aanwezig is, maar niet op welke positie het ei zich bevindt.

Verder is het mogelijk om eieren te vinden met behulp van spectrometrie. Een spectrometer is erg gevoelig voor de belichting die in de stal wordt gebruikt, waardoor er waarschijnlijk gebruik moet worden gemaakt van een flits om de invloed van de stalverlichting te verminderen. Deze flits kan problemen opleveren, omdat kippen hiervan zouden kunnen schrikken. Of dit zo is ligt waarschijnlijk aan de mate van gewenning, leeftijd en het ras van de kippen.

Met het programma LabVIEW is het gelukt om een aantal scripts te schrijven waarmee eieren vanuit een foto kunnen worden herkend. De scripts hebben allemaal verschillende resultaten, waarvan de scripts met zaklamp en met flits de meest belovende resultaten hebben. Deze scripts hebben een detectiepercentage van ongeveer 70% en ± 0.08 foute detecties per foto. Er zijn geen grote verschillen tussen de resultaten van de verschillende scripts, behalve bij het script bruin ei met flits. Hier is te zien dat er 95% van de eieren zijn gedetecteerd en de afstand tot het verst gedetecteerde ei is 0.83 meter. Hieruit blijkt dat de eieren voor dit script van dichtbij zijn gefotografeerd, waardoor ook de verschillen in de resultaten ontstaan. De resultaten van de scripts met zaklamp kunnen worden verbeterd wanneer er gebruik wordt gemaakt van een lamp die een egale belichting geeft. Omdat er nu gebruik wordt gemaakt van een zaklamp waarbij de belichting niet overal gelijk is kunnen de waardes van de threshold niet strak worden ingesteld. Met egalere belichting kan dit probleem worden opgelost. Verder zijn er nog kleine schaduwen aanwezig in de foto's met

zaklampbelichting die de resultaten beïnvloeden. Dit kan worden opgelost door de zaklamp precies achter de camera te plaatsen, waardoor er geen schaduwen meer te zien zijn.

De foto's met flits hebben een egale verlichting zonder schaduwen, maar de problemen ontstaan hier doordat de kippen van de flits kunnen schrikken. Wanneer de kippen niet kunnen wennen aan de flits is deze belichtingsmethode ongeschikt.

De scripts sluitertijd bruine eieren en sluitertijd witte eieren hebben veel foute detecties, omdat de stalbelichting niet overal hetzelfde is, waardoor de kleur van de eieren op de foto verschilt. Om dit probleem op te lossen zijn er scripts gemaakt voor de lichte- en de schaduwplekken. Toch was er nog een kleurverschil tussen de eieren, waardoor de threshold niet strak kan worden ingesteld en er foute detecties ontstaan. Verder vraagt dit script meer rekentijd dan de andere scripts. Wanneer dit niet wordt verminderd met bijvoorbeeld snellere apparatuur is de rekentijd beperkend voor de snelheid van de raaprobot.

Het script erode heeft erg slechte resultaten behaald, het detectiepercentage is erg laag en de foute detecties per foto hoog. Dit komt omdat de functie erode de vorm van de eieren zodanig aanpast dat de eieren niet meer worden gevonden en andere objecten een rondere vorm krijgen, waardoor deze als ei geïdentificeerd kunnen worden. Om dit probleem op te lossen is geprobeerd om een dilate toe te passen. Deze dilate zorgt ervoor dat de eieren hun ronde vorm terug krijgen, maar zorgt ook voor een rondere vorm bij objecten anders dan een ei. Hierdoor stijgt het aantal foute detecties in de foto.

6. Conclusie & aanbevelingen

Eieren hebben verschillende kenmerken waaraan ze kunnen worden herkend. De twee kenmerken met de meeste potentie zijn de kleur en vorm van het ei. Verder kunnen eieren ook aan hun temperatuur en het gewicht worden herkend.

Er zijn veel verschillende situaties waarin de eieren moeten worden herkend. Deze situaties worden voornamelijk bepaald door de omgeving, die bestaat uit de kippen, het strooisel en het stalsysteem. Alle factoren uit de omgeving brengen hun eigen problemen mee voor de detectie.

Als eerste hebben de kippen ongeveer dezelfde kleur als de eieren die ze hebben gelegd, wat het extra moeilijk maakt om de eieren te herkennen. Ook de temperatuur van de kippen maakt temperatuurherkenning van de eieren lastig. Als tweede zorgt het strooisel ervoor dat bruine eieren moeilijk worden gevonden, omdat het strooisel ongeveer dezelfde kleur heeft. Ook zorgt bevuiling van het ei voor veranderingen aan de kleur en de vorm van de eieren. Als laatste zorgt het stalsysteem voor ongelijke belichting in de stal. De eieren in het licht hebben een andere kleur vergeleken met de eieren in de schaduw. Verder leggen kippen hun eieren meestal op beschutte plekjes in de stal, waardoor het moeilijker is om de eieren te vinden.

Om de eieren te kunnen vinden zijn er een aantal systemen die dat doen op basis van specifieke kenmerken. Zo kan met een camera kleurherkenning en vormherkenning worden toegepast. Met een spectrometer kan het transmissiespectrum van een object worden bepaald, waaruit het materiaal afgeleid kan worden. Verder is er een warmtecamera die op basis van infrarood licht de temperatuur van objecten meet. Als laatste kan een ei worden geïdentificeerd door het gewicht van een ei te bepalen met behulp van een wiskundig model of door te wegen. Voor beide methodes moet het ei eerst worden gevonden voordat het gewicht kan worden bepaald, waardoor deze methode alleen geschikt is als controlemiddel.

Met LabVIEW zijn er scripts geschreven om een ei uit een foto te kunnen herkennen. Dit is met alle scripts die zijn gemaakt gelukt, toch zijn er nog veel verschillen in de resultaten van de scripts. Voor de beste resultaten moet er worden bijgelicht met zaklamp of met flits, hiermee kan een detectiepercentage van 75% behaald worden.

Om de detectie van de eieren te verbeteren is er op een aantal punten onderzoek nodig.

Als eerste moet er worden bekeken of er betere resultaten behaald kunnen worden bij de zaklampverlichting wanneer er gebruik wordt gemaakt van een zaklamp met egale verlichting.

Deze zaklamp moet recht achter de camera worden geplaatst om schaduwen te voorkomen.

Verder is er onderzoek nodig om te weten te komen welk effect het gebruik van een flits in de stal heeft op de kippen. Als blijkt dat dit mogelijk is zou nog gekeken kunnen worden naar de mogelijkheden van spectrometrie. Als laatste moet worden gekeken naar een methode om de bevuilde en afwijkende eieren te kunnen detecteren.

Referenties

- Abanikannda, O. T. F., O. Olutogun, A. O. Leigh en L. A. Ajayi, (2007). "Statistical modeling of egg weight and egg dimensions in commercial layers." International Journal of Poultry Science **6**(1): 59-63.
- Altuntas E. en A. Sekeroglu (2010). "Mechanical behavior and physical properties of chicken egg as affected by different egg weights." Journal of Food Process Engineering **33**(1): 115-127.
- Appleby M. C. (1984). "Factors Affecting Floor Laying By Domestic Hens: A Review." World's Poultry Science Journal **40**(03): 241-249.
- Arnold C., M. Harms en J. Goschnick (2002). "Air quality monitoring and fire detection with the Karlsruhe electronic micronose KAMINA." Sensors Journal, IEEE **2**(3): 179-188.
- Balaban, M. O., M. Chombeau, C. Dilşat en G. Bahar (2010). "Prediction of the Weight of Alaskan Pollock Using Image Analysis." Journal of Food Science **75**(8): E552-E556.
- Bertozzi, M., A. Broggi, C. Caraffi, M. Del Rose, M. Felisa en G. Vezioni (2007). "Pedestrian detection by means of far-infrared stereo vision." Computer Vision and Image Understanding **106**(2-3): 194-204.
- Bonekamp, R. P. R. T., A. Lemme, P. J. A. Wijtten en J. K. W. M. Sparla (2010). "Effects of amino acids on egg number and egg mass of brown (heavy breed) and white (light breed) laying hens." Poultry Science **89**(3): 522-529.
- Cen, Y., Y. Ying en X. Rao (2006). Egg weight detection on machine vision system. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, Boston, MA.
- Emous van, R. A., B. F. J. Reuvekamp en T. G. C. M. Fiks-van Niekerk (2001). Verlichtings-, ammoniak-, stof- en arbeidsonderzoek bij twee volièresystemen = Lighting, ammonia, dust and labour research of two aviary housing systems. Lelystad, Praktijkonderzoek Veehouderij.
- Emous van, R. A., B. F. J. Reuvekamp en T. G. C. M. Fiks-van Niekerk (2003). Ammoniakemissie bij verrijkte kooien = Ammonia emission of enriched cages. Lelystad, Animal Sciences Group, Praktijkonderzoek.
- Ester Verhoef, A. R. (2001). De leg. Geïllustreerde kippen encyclopedy. R. Hagenouw. Groningen, Textcase: 66-67.
- Henten van, E. J., J. Hemming, B. A. J. van Tuijl, J. G. Kornet, J. Meuleman, J. Bontsema en E. A. van Os (2002). "An Autonomous Robot for Harvesting Cucumbers in Greenhouses." Autonomous Robots **13**(3): 241-258.
- Jones, D. R., M. T. Musgrove, K. E. Anderson en H. S. Thesmar (2010). "Physical quality and composition of retail shell eggs." Poultry Science **89**(3): 582-587.

Jong de, D. (2009). "Ei, eieren, eierkeuring." Aviculture-Europe.

Labreche, S., S. Bazzo, S. Cade en E. Chanie (2005). "Shelf life determination by electronic nose: application to milk." Sensors and Actuators B: Chemical **106**(1): 199-206.

Lang, M. R. en J. W. Wells (1987). "A Review of eggshell pigmentation." World's Poultry Science Journal **43**(03): 238-246.

Li, D., C. Zhao, S. Wang, J. Cheng en Y. Wen (2010). Research on Non-destructive Comprehensive Detection and Grading of Poultry Eggs Based on Intelligent Robot. Computer and Computing Technologies in Agriculture III, Springer Boston. **317**: 487-498.

Loy, G. en N. Barnes (2004). Fast shape-based road sign detection for a driver assistance system. Intelligent Robots and Systems, 2004. (IROS 2004). Proceedings. 2004 IEEE/RSJ International Conference on.

Mertens, K., B. De Ketelaere, B. Kamers, F. R. Bamelis, B. J. Kemps, E. M. Verhoelst, J. G. De Baerdemaeker en E. M. Decuyper (2005). "Dirt detection on brown eggs by means of color computer vision." Poultry Science **84**(10): 1653-1659.

Mertens, K., I. Vaesen, J. Loffel, B. Kemps, B. Kamers, C. Perianu, J. Zoons, P. Darius, E. Decuyper, J. de Baerdemaeker en B. de Ketelaere (2010). "The transmission color value: A novel egg quality measure for recording shell color used for monitoring the stress and health status of a brown layer flock." Poultry Science **89**(3): 609-617.

Narushin, V. G., T. A. van Kempen, M. J. Wineland en V. L. Christensen (2004). "Comparing Infrared Spectroscopy and Egg Size Measurements for predicting Eggshell Quality." Biosystems Engineering **87**(3): 367-373.

Patel, V. C., R. W. McClendon en J. W. Goodrum (1998). "Color Computer Vision and Artificial Neural Networks for the Detection of Defects in Poultry Eggs." Artificial Intelligence Review **12**(1): 163-176.

Patterson, P. H., K. W. Koelkebeck, K. E. Anderson, M. J. Darre, J. B. Carey, D. U. Ahn, R. A. Ernst, D. R. Kuney en D. R. Jones (2008). "Temperature Sequence of Eggs from Oviposition Through Distribution: Production--Part 1." Poult Sci **87**(6): 1182-1186.

Peris, M. en L. Escuder-Gilabert (2009). "A 21st century technique for food control: Electronic noses." Analytica Chimica Acta **638**(1): 1-15.

Wollerich, H. W. (2009). Reducing the effect of occlusion in fruit : a review of available methods to reduce the negative effects of occlusion in unstructured environment.