

---

# Licht op licht:

## Licht en verlichting in de pluimveehouderij in relatie tot beschadigend pikgedrag

Thea van Niekerk, Hilko Ellen, Albert Winkel



LIVESTOCK RESEARCH  
WAGENINGEN **UR**

---



---

# Licht op licht:

Licht en verlichting in de pluimveehouderij in relatie tot beschadigend pikgedrag

Thea van Niekerk, Hilko Ellen, Albert Winkel

Wageningen UR, Livestock Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen UR Livestock Research, in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek thema 'Dierenwelzijn' (projectnummer BO-20-008)

Wageningen UR Livestock Research  
Wageningen, januari 2016

---

Livestock Research Rapport 922

---

Niekerk van, T.G.C.M., Ellen, H.H., Winkel, A., 2016. *Licht op licht: Licht en verlichting in de pluimveehouderij in relatie tot beschadigend pikgedrag*. Wageningen, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research. Livestock Research Rapport 922. 33 blz.

### Samenvatting

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de technische kennis omtrent licht, verlichtingsbronnen en het gezichtsvermogen van kippen. Recente ontwikkelingen op het gebied van verlichting bij leghennen hebben vooral te maken met nieuwe lichtbronnen, met name LED-verlichting, en de aanwezigheid van daglicht. Daglicht bevat UV, wat voor kippen een zichtbaar deel van het spectrum is. Het kippenoog is daarnaast gevoeliger in het rode en groen-blauwe spectrum. De techniek maakt het mogelijk om lampen in het gewenste spectrum te leveren, maar er is nog onvoldoende kennis van de behoeften van het dier om het kunstlicht hierop te kunnen afstemmen.

### Summary

In this report an overview is given of the technical knowledge with regards to light, light sources and the vision of poultry. Recent developments in lighting of poultry houses are mainly focused on new light sources, specifically LED, and the presence of daylight. Daylight comprises UV, which for poultry is a visual part of the spectrum. Chickens also see better in the red and green-blue spectrum. Technically it is possible to make lamps in the desired spectrum, but there is insufficient knowledge of the demands of the bird to be able to tune the lamps to their needs.

© 2016 Wageningen UR Livestock Research, Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53, E info.livestockresearch@wur.nl, www.wageningenUR.nl/livestockresearch. Livestock Research is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

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

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op als onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponneerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

---

# Inhoud

	<b>Woord vooraf</b> .....	<b>5</b>
	<b>Samenvatting</b> .....	<b>6</b>
	<b>Summary</b> .....	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>8</b>
	1.1 Achtergrond.....	8
	1.2 Doelstelling onderzoek.....	8
<b>2</b>	<b>Korte introductie verlichtingskunde</b> .....	<b>9</b>
	2.1 Het verschijnsel licht .....	9
	2.2 Lichtkleur, kleurtemperatuur, kleurweergave-index en kleurnummers.....	9
	2.3 Lichtgrootheden en eenheden .....	12
	2.4 Lichtbronnen en verlichtingstechnieken .....	13
<b>3</b>	<b>Perceptie van licht door pluimvee</b> .....	<b>15</b>
	3.1 Het kippenoog .....	15
	3.1.1 Gezichtsveld .....	15
	3.1.2 Oogvorm en lensaccommodatie .....	16
	3.1.3 Fotoreceptoren .....	16
	3.1.4 Waarneembaar spectrum .....	17
	3.1.5 Onderscheidend vermogen .....	18
	3.1.6 Flikker fusie frequentie .....	18
	3.2 Invloed van licht op eiproductie .....	19
	3.2.1 Hormonale werking .....	19
	3.2.2 Fotoperiode .....	19
<b>4</b>	<b>Literatuurstudie invloed licht op pluimvee</b> .....	<b>21</b>
	4.1 Lichtsterkte.....	21
	4.1.1 Seksuele ontwikkeling .....	21
	4.1.2 (In)actief gedrag .....	21
	4.1.3 Verenpikken.....	22
	4.2 Lichtspectrum .....	22
	4.2.1 Rood, groen en blauw licht .....	23
	4.2.2 Kleurtemperatuur .....	25
	4.2.3 UV-licht .....	25
	4.2.4 Daglicht .....	26
	4.3 Licht tijdens het broedproces.....	26
<b>5</b>	<b>Technische ontwikkelingen verlichting</b> .....	<b>27</b>
	5.1 Gloeilampen.....	27
	5.2 Lagedrukgasontladingslampen (TL-verlichting) .....	27
	5.3 Hogedrukgasontladingslampen.....	28
	5.4 LED .....	28
	5.5 Daglicht.....	29
	5.6 Verlichting in relatie tot diergedrag.....	29
<b>6</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>30</b>
	<b>Literatuur</b> .....	<b>31</b>

---

---

# Woord vooraf

Licht is een belangrijke factor in de pluimveehouderij. Naast invloed op de (re)productie heeft het ook een grote invloed op het gedrag van de dieren. Door de snelle ontwikkelingen op het gebied van verlichtingssystemen en dan met name die van lichtbronnen, is er behoefte aan een overzicht met betrekking tot welke systemen nu op de markt zijn. Daarnaast zijn er veel vragen over welk verlichtingssysteem gekozen moet worden in relatie tot het verbod op snavelbehandeling bij leghennen. Beide vragen zijn gebundeld tot een opdracht, waarbij via gesprekken met leveranciers van verlichtingssystemen en via een korte literatuurstudie de huidige kennis op het gebied van verlichting op een rij wordt gezet.

De auteurs willen de leveranciers van verlichtingssystemen bedanken voor de openhartige gesprekken. Dankzij deze gesprekken zijn we in staat geweest om de stand van de techniek zo goed mogelijk weer te geven in dit rapport. We pretenderen daarbij niet volledig te zijn. Ook zullen de ontwikkelingen niet stil blijven staan. We hopen echter dat dit rapport een goed beeld geeft van waar we staan en waar nog 'blinde vlekken' zitten.

Thea van Niekerk  
Hilko Ellen  
Albert Winkel

---

# Samenvatting

Licht is het deel van de elektromagnetische straling dat ons oog kan waarnemen. Het natuurlijke daglicht bestaat uit een mengeling van alle golflengtes waardoor wij dit zien als wit licht. Ten aanzien van licht en verlichtingssystemen zijn er een aantal technische termen waarmee verlichtingssterkte en kleur worden aangeduid. Voor kleur is dat het aantal graden Kelvin, de temperatuur van een stuk metaal, waarbij de waarde aangeeft hoe wit het licht is. De verlichtingssterkte wordt uitgedrukt in lux, een in regelgeving veel gebruikte eenheid.

Zowel kleur (spectrum) als sterkte van het licht is afhankelijk van de bron. Dit kunnen natuurlijke bronnen zijn, maar ook kunstmatige. Een tot op heden veel toegepaste kunstmatige bron is de gloeilamp. Door de lage efficiëntie (hoog energieverbruik bij een lage lichtopbrengst) wordt deze in pluimveestallen nauwelijks meer toegepast. Zowel vanwege de hogere efficiëntie, de goede dimbaarheid als de afwezigheid van het 'flikkereffect' wordt tegenwoordig veelal hoog frequente TL-verlichting gebruikt. Kippen kunnen de flikkerfrequentie van laag frequente TL-verlichting waarnemen, zodat dit type verlichting niet geadviseerd wordt. De kleur van het licht wordt gestuurd door de samenstelling van de coating. Eventueel is hierbij ook UV-licht mogelijk.

LED is een systeem dat sterk in ontwikkeling is. Met name de lange levensduur en het lage energieverbruik maken het interessant. De lage lichtopbrengst stond tot nu toe grootschalige toepassing in de weg. Aan een hogere lichtopbrengst wordt echter hard gewerkt. Door verschillende LED's te combineren en apart aan te sturen kan nu al elk gewenst spectrum worden gemaakt. Mogelijk dat dit in de toekomst kan vanuit een enkele LED.

Een kip ziet andere delen van het spectrum dan een mens. En ook ziet ze sommige delen van het spectrum sterker. Bekend is bijvoorbeeld dat een kip ook UV-licht kan waarnemen. Daarnaast ziet ze ook meer van het rode en blauw-groene deel van het spectrum. Er zijn sterke aanwijzingen vanuit de literatuur dat zowel kleur als ook het UV-licht een belangrijke invloed hebben op het gedrag van kippen. Rood licht stimuleert vooral de productie, blauw en groen licht hebben vooral invloed op de groei. Rood licht lijkt juist agressief gedrag op te roepen, maar de oorzaken daarvan zijn niet duidelijk. Ook is niet bekend of kippen de voorkeur hebben voor een bepaalde verdeling van het spectrum en of deze voorkeur verschuift gedurende de dag, het seizoen en leeftijd (of productiestadium). Er is meer kennis nodig om kunstlicht af te stemmen op de behoeften van het dier.



---

# Summary

Light is the visual part of the electromagnetic waves. Natural daylight comprises a mixture of all wavelengths, which we see as white light. With regards to light and lighting systems there are a number of technical terms defining light intensity and colour. Colour is expressed in degrees Kelvin, referring to the temperature of a piece of metal, whereby the value indicates how white the light is. The light intensity is expressed in lux, an often used measure in legislation.

Both colour (spectrum) and light intensity are dependent of the light source. This can be natural sources, but also artificial. An up to now often used artificial light source is the incandescent light bulb. Because of the low efficiency (high energy use for low light output) this source is hardly used in poultry houses anymore. Because of the higher energy efficiency, good dimming possibilities and the lack of 'flickering effect', nowadays usually high frequency fluorescent lights are used. As chickens can see the flicker frequency of low-frequent fluorescent light, this is not advised. The colour of the light is determined by the composition of the coating of the tube. UV-light is also possible.

LED is a system that is rapidly developing. The long life and low energy cost make this type of light interesting. Up to recently the light output wasn't high enough for application on large scale, but this has improved a lot and still is improving. By combining various LEDs and adjusting them separately any desired spectrum can be produced. Possibly this could be achieved with one LED in the future.

A chicken sees other parts of the spectrum compared to humans. Also the eye of a chicken is more sensible to some parts of the spectrum (red and green-blue). It is known that chickens can see UV-light. From the literature there are strong indications that both colour and UV have an important influence on the behaviour of chickens. To what extent it influences injurious pecking behaviour is not clear. Also it is not known if chickens have a preference for certain spectra and if this preference shifts over the day, the season and age (or production stage). More insight is needed to adjust artificial light to the needs of the chicken.

---

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Met het op handen zijnde verbod op snavelbehandelen bij pluimvee zijn pluimveehouders (met leghennen, vleeskuikenouderdieren of kalkoenen) druk op zoek naar maatregelen om beschadigend pikgedrag te voorkomen. Naast diverse managementmaatregelen, zoals verstrekken van ruwvoer en pikblokken, wordt ook kritisch gekeken naar de verlichting in pluimveestallen. Inmiddels is zowel uit onderzoek als uit praktijkervaringen bekend dat licht invloed heeft op pikkerij. Licht heeft echter veel verschillende deelaspecten: lichtsterkte, spectrum, lichtverdeling, frequentie. Er is nog weinig bekend over hoe deze deelaspecten inwerken op het diergedrag, apart en in samenhang met elkaar.

De laatste jaren zijn er op het gebied van verlichtingssystemen veel ontwikkelingen gaande. Door de overgang naar energiezuinige lichtsystemen is de gloeilamp vervangen door andere systemen. Vooral LED verlichting heeft een sterke opgang gemaakt. Dit type verlichting is niet alleen zeer energiezuinig, maar ook zeer robuust en heeft dus een lange levensduur in stallen. Beide aspecten compenseren de hogere aanschafprijs ruimschoots. In hoeverre deze verlichting ook tegemoet komt aan de eisen die een dier stelt aan verlichting is nog onvoldoende bekend. Er zijn enkele onderzoeken uitgevoerd, maar een overzicht hiervan ontbreekt. Een andere ontwikkeling betreft de toename van het aantal stallen met daglicht-toetreding. Naast directe toetreding via ventilatie- en uitloopopeningen zijn er ook verschillende soorten lichtdoorlatende platen te koop. Hoe deze het licht filteren en wat dit voor het dier betekent is niet bekend.

Inmiddels zijn er veel fabrikanten van verlichting actief op de agrarische markt, elk met hun eigen product met zijn specifieke eigenschappen. Fabrikanten zoeken naar bewijzen van de functionaliteit van hun product en pluimveehouders zoeken naar de optimale verlichting om beschadigend pikgedrag tegen te gaan en naar onafhankelijke informatie over de aangeboden producten. Dit resulteert in vele kleine initiatieven en praktijkproeven.

Om daadwerkelijk een stap voorwaarts te maken is het nodig om een overzicht te krijgen van de lopende initiatieven en hier eventueel dwarsverbanden tussen te leggen teneinde een efficiëntere kennisontwikkeling te realiseren.

## 1.2 Doelstelling onderzoek

De doelstelling van het in dit rapport weergegeven onderzoek is om een overzicht te geven van de stand van zaken met betrekking tot verlichting in relatie tot beschadigend pikgedrag. Dit is gedaan aan de hand van de volgende activiteiten:

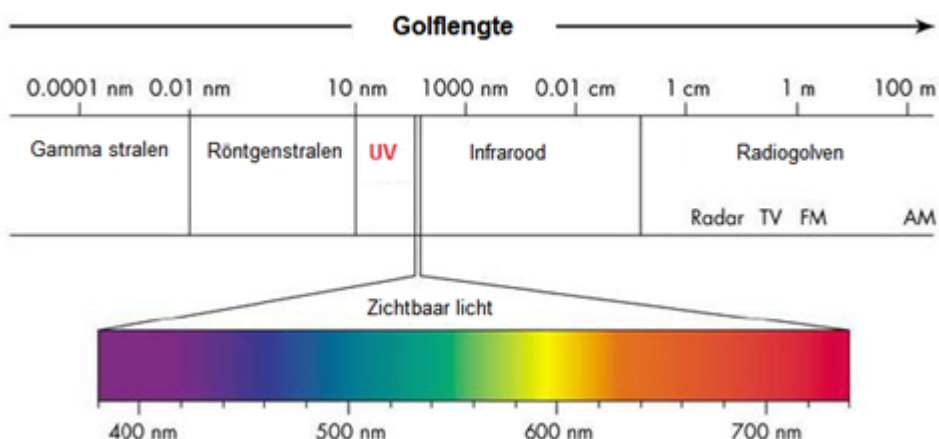
1. Korte literatuurstudie van de stand van zaken met betrekking tot nieuwe verlichtingssystemen in relatie tot gedrag van pluimvee en meer specifiek beschadigend pikgedrag. Nieuwe kennis omtrent daglicht is ook meegenomen.
2. Inventarisatie van de in de praktijk lopende initiatieven met betrekking tot nieuwe verlichtingssystemen (inclusief daglichtvoorzieningen) op pluimveebedrijven, specifiek gericht op beschadigend pikgedrag. De sectoren waarvoor dit van toepassing is zijn: (opfok)leg, (opfok)vleeskuikenouderdieren en vleeskalkoenen.
3. Interviews met verschillende firma's die met verlichtingssystemen actief zijn in de pluimveesector. Het betreft hier firma's die verlichting maken en/of verkopen, specifiek gericht op het reduceren van beschadigend pikgedrag. Ook firma's die huisvestingssystemen verkopen zijn hierbij betrokken, voor zover ze specifieke verlichtingssystemen installeren en/of promoten. Hierbij is ingegaan op de specifieke aspecten van verlichting waarop deze leverancier zich richt in de relatie tussen verlichting en beschadigend pikgedrag en waarom. (Wat zijn de specificaties van de verlichting op basis waarvan de pluimveehouder voor dit product zou moeten kiezen.)

## 2 Korte introductie verlichtingskunde

In dit hoofdstuk wordt een korte introductie gegeven in enkele begrippen uit de verlichtingskunde die van belang zijn bij het verlichten van pluimveestallen. Dit hoofdstuk is o.a. gebaseerd op eerdere publicaties rondom verlichting en veehouderij (Biewenga & Winkel, 2003; Ellen et al., 2007; Van Niekerk, 2011; Winkel et al., 2014). Voor meer informatie over de thema's in dit hoofdstuk wordt verwezen naar de in dit hoofdstuk geciteerde bronnen.

### 2.1 Het verschijnsel licht

Met het woord 'licht' wordt dat deel van alle elektromagnetische straling bedoeld dat door het oog kan worden waargenomen en benut voor het vormen van een visuele voorstelling in de hersenen. Elektromagnetische straling (en dus ook licht) zijn elektrische en magnetische trillingen die zich als golfbewegingen voortplanten door de ruimte. Deze golven kunnen worden beschreven door de lengte van één golfbeweging: van dal naar top en terug naar het dal. Afhankelijk van de *golfengte* van de straling wordt deze geclassificeerd als *gammastraling* (circa  $10^{-11}$  tot  $10^{-15}$  m), *röntgenstraling* (circa  $10^{-9}$  tot  $10^{-11}$  m), *ultraviolette straling* (circa  $10^{-8}$  m), *zichtbaar licht* (rond  $10^{-7}$  m; circa 380 tot 780 nanometer), *infrarode straling* (circa  $10^{-3}$  tot  $10^{-6}$  m) of *radiostraling* (circa  $10^5$  tot  $10^{-3}$  m). In Figuur 2.1 is dit nog eens grafisch weergegeven. Het zichtbare licht waar het oog gevoelig voor is bevat dus slechts een bijzonder klein deel van alle elektromagnetische straling die bestaat.



**Figuur 2.1** Grafische voorstelling van het elektromagnetische spectrum (van korte naar lange golven) met daarbij uitgelicht het spectrum van het 'zichtbare licht'

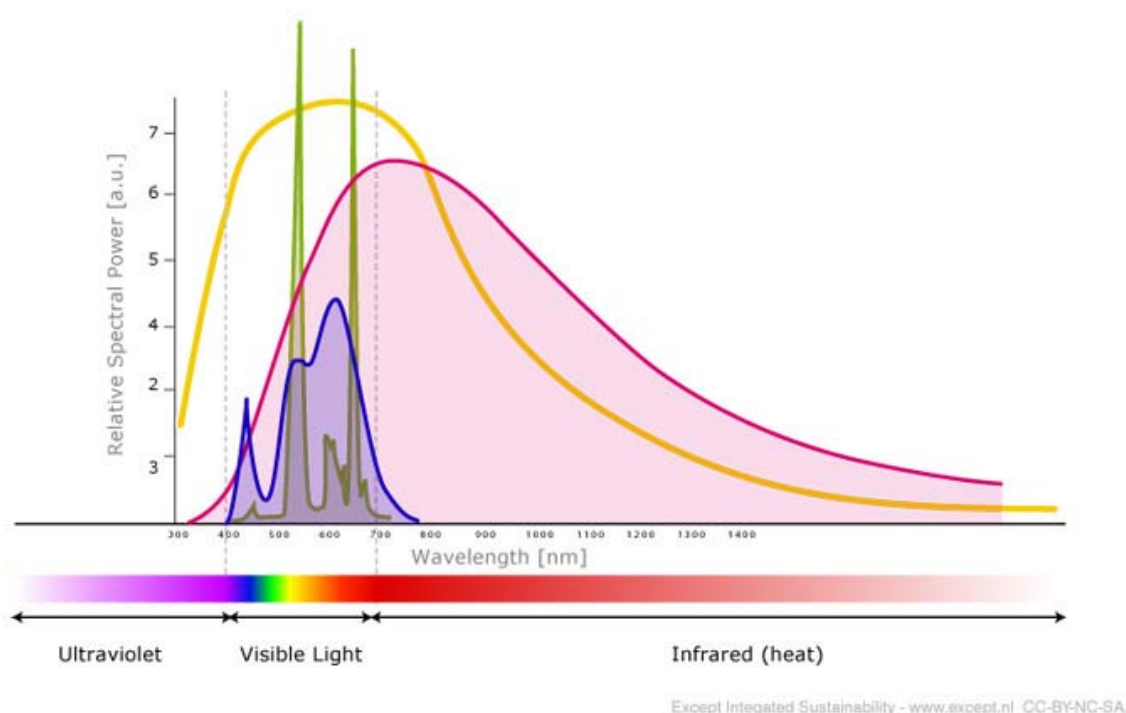
### 2.2 Lichtkleur, kleurtemperatuur, kleurweergave-index en kleurnummers

Zoals Figuur 2.1 al laat zien, wordt het zichtbare licht tussen circa 380 en 780 nanometer door ons oog als verschillende kleuren waargenomen: van violet en blauw (kortere golven) naar oranje en rood (langere golven). Meestal bestaat het zichtbare licht uit een mengelmoes van verschillende golflengten wat tezamen als wit licht wordt waargenomen. Wanneer een lichtbron in staat is licht te produceren in golflengten binnen slechts één smalle bandbreedte, dan noemen we dat *monochromatisch licht*.

## Lichtkleur en spectrum

De kleur van het licht wordt bepaald door de golflengte van de elektromagnetische straling. De golflengte van de straling wordt uitgedrukt in nanometer (nm). Het voor de mens zichtbare deel begint bij violet (380-420 nm) en gaat via indigo (420-450 nm), blauw (470 nm), groen (530-550 nm), geel (565-590 nm), oranje (585-620 nm) tot rood (620-780 nm). Pluimvee kan ook een deel van het Ultraviolet licht zien (<380 nm). De samenstelling van golflengtes wordt het spectrum genoemd. Indien de lichtbron slechts één golflengte uitzendt, wordt dit monochromatisch licht genoemd. Dit is bijvoorbeeld het geval bij een LED-lichtbron. De meeste lichtbronnen stralen meerdere golflengtes uit. De waargenomen kleur is dan dus de resultante van het mengsel van golflengtes. Dit wordt ook wel het spectrum van het licht genoemd.

In figuur 2.2 staat het spectrum van een aantal lichtbronnen. Daaruit komt naar voren dat licht dat ogenschijnlijk hetzelfde licht heeft, een totaal verschillende samenstelling kan hebben.



**Figuur 2.2** Spectrum van een LED lamp (blauw), een TL-lamp (groen) en een gloeilamp (rose) met erboven het spectrum van de zon (geel).

(Bron: <http://www.except.nl/consult/artificial-lighting-guide/#2>)

## Kleurtemperatuur (k)

Licht heeft doorgaans een bepaalde kleurverdeling. Zo kun je merken dat 's morgens en 's avonds het licht van de zon roder is dan overdag. Om deze kleur te kunnen uitdrukken is er het begrip kleurtemperatuur (aangeduid met de letter k). De kleurtemperatuur is een maat voor de kleurindruk van het licht. Deze wordt weergegeven in graden Kelvin (K). Warm licht heeft een lage kleurtemperatuur. Koel licht heeft een hoge kleurtemperatuur. Als men een stuk metaal gaat opwarmen dan zal het bij een bepaalde temperatuur beginnen met gloeien. Is het stuk metaal 2.300 graden Kelvin dan zal het rood gaan gloeien, bij 5.000 Kelvin zal het meer wit licht uitstralen en bij 10.000 Kelvin zal het meer blauw licht uitstralen. Deze waarden zijn overgenomen om een kleurtemperatuur van bestaande lichtbronnen te bepalen. Kleurtemperatuur heeft dus niets te maken met de warmte van een lichtbron, maar vertelt ons meer over de kleur van een lichtbron. Er worden vier categorieën onderscheiden:

- beneden 2.900 K = extra warmwit
- rond 3.000 K = warmwit
- rond 4.000 K = fris (neutraal) wit
- boven 5.000 K = koelwit

In tabel 1 staat de temperatuur van een aantal lichtbronnen gegeven.

Tabel 1

*Kleurtemperatuur van een aantal licht bronnen*

Temperatuur (K)	Omschrijving	Gevoelsindicatie
1200	kaarslicht	Extra warm wit (<2700 K)
2000	zonsopkomst en zonsondergang	
2600	gloeilamp	Warmwit (2900-3000 K)
3000	studiolamp, 3000-kleur TL-lamp ("830" is kleurweergave 80 en kleurtemperatuur 3000 K)	
3200	halogeenlamp	
3400	filmzon	
3500	een uur na zonsopkomst	fris/neutral wit (4000 K)
4000	4000-kleur TL-lamp ("840" is kleurweergave 80 en kleurtemperatuur 4000 K)	
4100	kleur TL-lamp kleur 33	Koelwit (>5000 K)
4200 - 4700	mengsel van kunst- en daglicht	
5000	fototoestel-flitser, daglicht ("D50" is "Daglicht 5000")	
5400	Standaardwaarde voor televisie	
5600	standaarddaglicht	
6000	middagzon	
6500	Wit/neutral. Standaardwaarde voor monitor.	
7000 - 10000	Zware bewolking of schaduw aan de noordzijde. Zonder direct zonlicht.	

(bron: wikipedia, (Ellen et al. 2007))

**Kleurweergave-index (Ra)**

Een meer bekende waarde bij verlichting is de kleurweergave-index of Ra-waarde van het licht. De Ra-waarde is een getal tussen 0 en 100 dat aangeeft hoe natuurgetrouw kleuren in het betreffende licht worden weergegeven. Natuurlijke lichtbronnen als de zon staan garant voor de hoogste kleurweergave-index: 100. De kleurweergave-index van een lamp is lager dan 100 naarmate de kleurweergave meer afwijkt van die van een vergelijkbare natuurlijke lichtbron. De kleurweergave is in te delen in de volgende categorieën:

- zeer goede kleurweergave: Ra = 90 - 100
- goede kleurweergave: Ra = 80 - 90
- matige kleurweergave: Ra = 50 - 80

Zoals hierboven beschreven wordt het zichtbare licht tussen circa 380 en 780 nanometer door ons oog als verschillende kleuren waargenomen. Het totale spectrum van het zichtbare licht is te verdelen in drie hoofdgroepen: blauw, groen en rood. De Ra-waarde van lichtbronnen waarin alle golflengten vertegenwoordigd zijn is 100. Dit zijn de zogenaamde temperatuurstralers: gloeilampen, gaslampen en zonlicht. In tegenstelling tot de temperatuurstralers zijn bij gasontladingslampen zoals TL-buizen niet alle golflengten aanwezig. Kleuren worden hierdoor niet natuurgetrouw weergegeven en vaak treedt er zelfs een kleuromslag of metamerie op (verschijnsel dat twee kleuren die onder de ene lichtbron er hetzelfde uit zien, onder een andere lichtbron toch verschillend zijn). De Ra waarde van de beste TL-buizen is ongeveer 95.

**Kleurnummers**

In de pluimveehouderij wordt nog veel gewerkt met kleurnummers. Hierbij wordt de kleuraanduiding weergegeven door middel van een nummer. Iedere fabrikant maakt gebruik van zijn eigen kleuraanduiding. In de meeste gevallen wordt de kleuraanduiding van Philips gehanteerd. De kleuraanduiding van Philips is afgeleid van de kleurweergave-index en de kleurtemperatuur. Er wordt gebruik gemaakt van een uit drie cijfers bestaand nummer. Bijvoorbeeld de kleur 840. Het eerste cijfer geeft de kleurweergave weer, deze is in dit geval minstens 80 Ra. Het tweede en derde cijfer geven de kleurtemperatuur weer, in het voorbeeld 4.000 K.

## 2.3 Lichtgrootheden en eenheden

In Tabel 1 wordt een beknopte uitleg gegeven van een aantal belangrijke grootheden uit de verlichtingskunde. Van deze grootheden is de verlichtingssterkte, gemeten in de eenheid lux, de belangrijkste voor de scope van dit rapport. Deze grootheid is een maat voor de hoeveelheid licht dat op een oppervlak (bijvoorbeeld de wand van een stal, het oog van de kip of op de strooiselvloer van een stal) valt. Abusievelijk wordt vaak de term 'lichtintensiteit' of 'lichtsterkte' gebruikt voor de situatie waarin de 'verlichtingssterkte' bedoeld wordt. Zie voor meer uitleg hierover Tabel 2.

Tabel 2

Samenvatting van de belangrijkste lichtgrootheden met hun symbool en eenheid

Lichtgrootheid	Definitie	Eenheid (afkorting)
<b>1. Lichtstroom</b> Engels: <i>Luminous flux</i>	$\Phi$ De totale hoeveelheid licht die per tijdseenheid door de lichtbron wordt uitgestraald, gewaardeerd naar de gevoeligheid van het menselijk oog. De lichtstroom is het fotometrisch equivalent van het geleverde vermogen	Lumen (lm)
<b>2. Lichtsterkte</b> Of: <i>lichtintensiteit</i> Engels: <i>Luminous intensity</i>	$I$ De <i>lichtstroom</i> (zie 1.) die door de lichtbron per eenheid van ruimtehoek (steradiaal) wordt uitgezonden	Candela (cd) 1 cd = 1 lm per steradiaal (sr)
<b>3. Verlichtingssterkte</b> Of: <i>illuminantie</i> Engels: <i>illuminance</i>	$E$ De <i>lichtstroom</i> (zie 1.) die op een horizontaal ( $E_h$ ) of verticaal ( $E_v$ ) oppervlak valt, per eenheid van oppervlak	Lux (lx) 1 lx = 1 lm per m <sup>2</sup>
<b>4. Luminantie</b> Of: <i>Helderheid</i> Engels: <i>luminance</i>	$L$ De <i>lichtstroom</i> per eenheid van ruimtehoek (lichtsterkte; zie 2.) van gereflecteerd of doorgelaten licht dat daadwerkelijk het oog bereikt N.B. <i>Verblindings</i> (Engels: <i>glare</i> ; verzadiging van de kegeltjes) bij de mens treedt op bij 10 <sup>5</sup> –10 <sup>6</sup> cd/m <sup>2</sup>	Candela per vierkante meter (cd/m <sup>2</sup> )
<b>5. Specifieke lichtstroom</b> Of: <i>lichtrendement</i> , <i>lumen/Watt-verhouding</i> Engels: <i>luminous efficacy</i>	$H$ De uitgestraalde lichtstroom (zie 1.; in lumen) per eenheid van opgenomen vermogen door de lichtbron (in Watt), oftewel: de 'hoeveelheid licht' die een lichtbron kan produceren uit één Watt. Hoe hoger deze grootheid, hoe energiezuiniger de lichtbron is. Voor lm/W waarden van lichtbronnen, zie par. 2.4	Lumen per Watt (lm/W)
<b>6. Gelijkmatigheid</b>	$U_0$ Maat uit verlichtingskunde van binnenruimten die aangeeft in welke mate de verlichtingssterkte (zie 3.) varieert over het (vloer)oppervlak van de ruimte. Een $U_0$ van 0,4 tot 0,7 wordt veelal als afdoende beschouwd in vertrekken voor de mens, zie bijv. NEN-EN 12464-1:2011	$E_{\text{minimum}}/E_{\text{gemiddeld}}$ (factor; tussen 0 en 1)

Tabel is samengesteld op basis van onder andere: Wikipedia (2015) en Berkers (1984)

Van de lichtgrootheden in Tabel 2 is de verlichtingssterkte voor de pluimveepraktijk de meest belangrijke. In veel gevallen is het namelijk belangrijk te weten hoe sterk een voorwerp verlicht wordt. Ook wordt met deze grootheid aangegeven wat de gewenste hoeveelheid licht is op een bepaalde plaats. Dat wordt bijvoorbeeld zo aangegeven in wet- en regelgeving gericht op de huisvesting van pluimvee. In Tabel 3 is een overzicht gegeven van een aantal situaties met de daarbij optredende verlichtingssterkten.

Tabel 3

*De verlichtingssterkte in een aantal situaties (Bron: Molenaar, 2003)*

Situatie	Verlichtingssterkte (lx)
Daglicht bij volle zon midden zomer	50000–100000
Daglicht bij betrokken hemel	1000–10000
Daglicht gemiddeld	5000
Schemering	10
Volle maan bij heldere hemel	0.25
Nieuwe maan bij heldere hemel	0.002
Geheel maanloze, zwaar bewolkte nacht	0.001
Bureauverlichting	200–800
Leeslicht (werkvlak)	400
's Avonds normaal verlichte kamer	25–50
Leesdrempel mens (krant te lezen)	0.3
Grens kleuren zien mens	0.1
Grens zien voor aan donker geadapteerd oog mens	0.0001

## 2.4 Lichtbronnen en verlichtingstechnieken

Licht kan van twee hoofdtypen bronnen afkomstig zijn: natuurlijke lichtbronnen (bijvoorbeeld van zon/sterren, maan, vuur, lichtgevende organismen, poollicht) en van kunstmatige lichtbronnen (kunstverlichting of 'lampen').

### Onderdelen van de verlichtingsinstallatie

Hoewel in de volksmond vaak het woord 'lamp' wordt gebruikt om een verlichtingsinstallatie aan te duiden, dekt dit woord de lading niet helemaal. Een 'lamp' is in werkelijkheid slechts een onderdeel van een verlichtingsinstallatie (bijvoorbeeld als gloeilamp of TL-buis) die wordt geplaatst in een armatuur (beschermende behuizing) met daarin spiegels of reflectoren die ervoor zorgen dat de lichtstralen in de juiste richting worden uitgestraald uit het armatuur. Verder is er vaak sprake van zogenaamde voorschakelapparatuur (afgekort als 'vsa') die de voeding vanaf het elektriciteitsnet aanpast aan de behoeften (bijv. spanning en frequentie) van de lamp.

### Verlichtingstypen

In essentie zijn er naar werkingsmechanisme drie typen verlichting te onderscheiden: *filamentverlichting*, *gasontladingsverlichting* en *LED-verlichting* (zie Tabel 4).

#### *Filamentverlichting*

De filamentverlichting is bekend van de klassieke gloeilamp en de latere halogeenlamp. In beide lampen wordt het licht opgewekt door elektrische verwarming van een wolfram gloeidraad in een zuurstofarme bol. Door de gloeidraad wordt stroom geleid waardoor deze zo heet wordt dat licht afgegeven wordt. Gloeilampen en halogeenlampen zijn energie-inefficiënt. Een gloeilamp bijvoorbeeld zet het opgenomen elektrisch vermogen voor circa 75% om in infrarode straling, nog eens circa 20% gaat verloren aan opwarming van de fitting en de lucht, terwijl slechts circa 5% wordt omgezet in zichtbaar licht.

#### *Gasontladingsverlichting*

In gasontladingslampen wordt elektromagnetische straling opgewekt door een elektrische stroom door een gas te laten lopen. De gasontlading vindt plaats in een met gas gevulde glazen buis of bol met daarin twee elektrodes. Vanwege het spanningsverschil tussen de elektrodes loopt er een stroom door het gas. Door de atomen in de gasvormige fase wordt daarbij elektromagnetische straling geproduceerd. In een TL-buis gevuld met gasvormig kwik is dit bijvoorbeeld UV-straling welke door een fluorescentie coating aan de binnenzijde van de TL-buis wordt omgezet in zichtbaar licht. Er zijn lampen die werken met een lagedruk (zoals TL en PL) en lampen met een hoge druk.

Tabel 4

Overzicht van typen kunstverlichting in stallen en hun enkele van hun eigenschappen (Bron: Winkel et al., 2014)

Verlichtingstype	Lumen/Watt verhouding (range)	Gem. technische Levensduur <sup>*)</sup> (branduren)	Lumenbehoud over technische levensduur (%)
<b>Filamentverlichting</b>			
• Gloeilampen/halogenelampen	5–25	1000–3000	80
<b>Gasontladingslampen</b>			
<i>Lagedrukgasontladingsverlichting</i>			
<i>Fluorescentieverlichting</i>			
• Spaarlampen	40–70	10.000–20.000	60–70
• TL-buis (T8/TL-D, 26 mm; excl. vsa)	40–90	10.000–15.000	70–90
• TL-buis (T5, 16 mm; excl. vsa)	80–100	10.000–25.000	70–90
• Cold Cathode Fluorescent (CCF) lampen	70–80	30.000–40.000	70
• Inductielampen	80–100	30.000–100.000	70–90
<i>Hogedrukgasontladingsverlichting</i>			
• Metaalhalidelampen (100–400 W)	60–120	10.000–25.000	50–70
• Hogedruk natriumlampen (100–400 W)	80–150	15.000–40.000	80–95
<b>LED verlichting</b>			
• LED's in armaturen, buizen, slangen, etc.	70–120	15.000–100.000	70–80

#### *LED-verlichting*

De afkorting LED staat voor 'Light Emitting Diode' (Nederlands: licht-uitstralende diode) en wordt ook wel led of ledje genoemd. Een ledje bestaat uit een zeer kleine transparante behuizing met daarin twee elektroden met daartussen een halfgeleiderkristal en een zeer kleine reflector. Over het halfgeleidermateriaal gaat alleen een stroompje lopen wanneer een bepaalde drempelspanning wordt overschreden. Het halfgeleidermateriaal zendt daarbij licht uit van een specifieke golflengte. Ledjes kunnen worden uitgerust met verschillende soorten halfgeleidermateriaal zodat licht van verschillende kleuren kan worden verkregen.



# 3 Perceptie van licht door pluimvee

Zicht is voor pluimvee waarschijnlijk het belangrijkste zintuig (Prescott et al. 2003). Om de omgeving te kunnen zien heeft een kip licht nodig. Licht is echter voor pluimvee belangrijk om meerdere redenen. Licht heeft ook een belangrijke invloed op de eiproductie, doordat het de hormoonproductie en daarmee de geslachtsorganen stimuleert.

Licht wordt door kippen op meerdere manieren waargenomen. Naast waarneming door het oog, heeft licht ook via de schedel invloed op de reproductie. Daarbij zijn twee onderdelen van de hersenen, de epifyse en de hypothalamus, van groot belang. In paragraaf 3.1 wordt de werking van het kippenoog uitgelegd, in paragraaf 3.2 wordt de invloed van licht op de eiproductie behandeld.

## 3.1 Het kippenoog

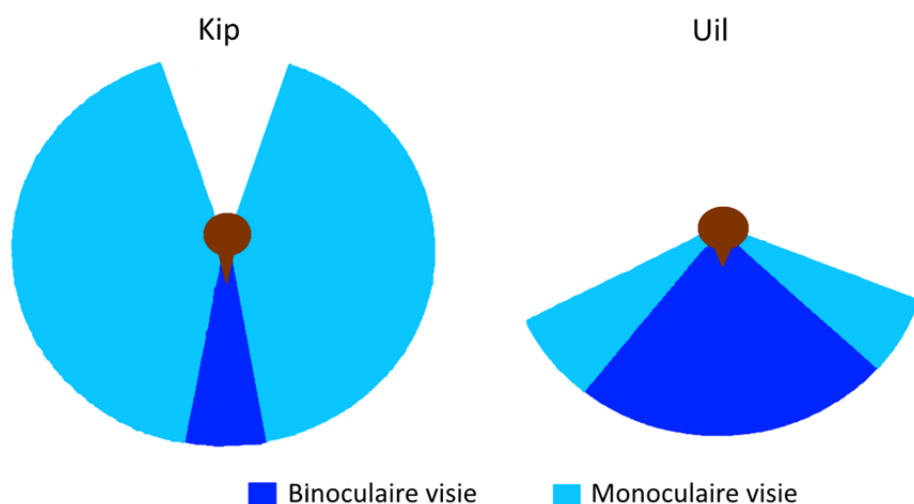
Het kippenoog verschilt op een aantal punten van een mensenoog:

- gezichtsveld
- oogvorm en lensaccommodatie
- aantal en type fotoreceptoren
- waarneembaar spectrum
- onderscheidend vermogen
- maximaal waarneembare flimmerfrequentie

Hieronder worden de verschillen dit nader uitgelegd.

### 3.1.1 Gezichtsveld

Het gezichtsveld van kippen is ongeveer 300° met slechts 30° overlap (zie figuur 3.1). In het gedeelte waar het linker en rechter gezichtsveld elkaar overlappen heeft de kip dus binoculaire visie (zicht met twee ogen). Een breed gezichtsveld is kenmerkend voor prooidieren, die daarmee een groot deel van hun omgeving kunnen zien en zo op tijd kunnen vluchten voor roofdieren. Roofdieren hebben juist een groot aandeel binoculaire visie. Binoculaire visie is nodig om afstanden goed te kunnen inschatten. Voor roofdieren is dit van belang om hun prooi te kunnen vangen.



**Figuur 3.1** Gezichtsveld van een kip (prooidier) vergeleken een uil (roofdier).

(Aangepast; oorspronkelijke tekening: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fieldofview01.png>)

---

Een kippenoog kan nauwelijks bewegen in de oogkas, waardoor de kip haar gezichtsveld alleen kan wijzigen door haar kop te bewegen. Ze wordt daarbij geholpen door een lange, flexibele nek en een lichtgewicht hoofd.

Doordat er weinig overlap is in zicht van beide ogen en er weinig samenwerking op dit punt is tussen beide hersenhelften, worden de beelden van het linkeroog in de rechter hersenhelft verwerkt en die van het rechteroog in de linker hersenhelft. Hennen hebben ook een gespecialiseerde lateralisatie van visuele functies, hetgeen betekent dat de waarnemingen van het linkeroog voor een ander doel gebruikt worden dan de waarnemingen van het rechteroog. Het linker oog (rechter hersenhelft) is vooral betrokken bij de analyse van nieuwe dingen en ruimtelijke ordening. Dit is vooral bij hanen het geval en in mindere mate bij hennen. Het rechteroog (linker hersenhelft) is vooral betrokken bij het herkennen van soortgenoten (Prescott et al. 2004).

### 3.1.2 Oogvorm en lensaccommodatie

Het oog van een kip is enigszins afgeplat. De reden hiervoor is niet helemaal bekend. Het gevolg is, dat een beeld weliswaar helder, maar over een klein gebied van het netvlies verdeeld wordt. Bij donkerdere omstandigheden zal in een groter oog het beeld over meer receptoren verdeeld worden, hetgeen bij optelling van al die signalen een effectievere registratie geeft. Bij het plattere, kleinere oog worden de signalen over minder receptoren verdeeld. Als gevolg daarvan heeft een kip een iets slechter onderscheidend vermogen dan mensen.

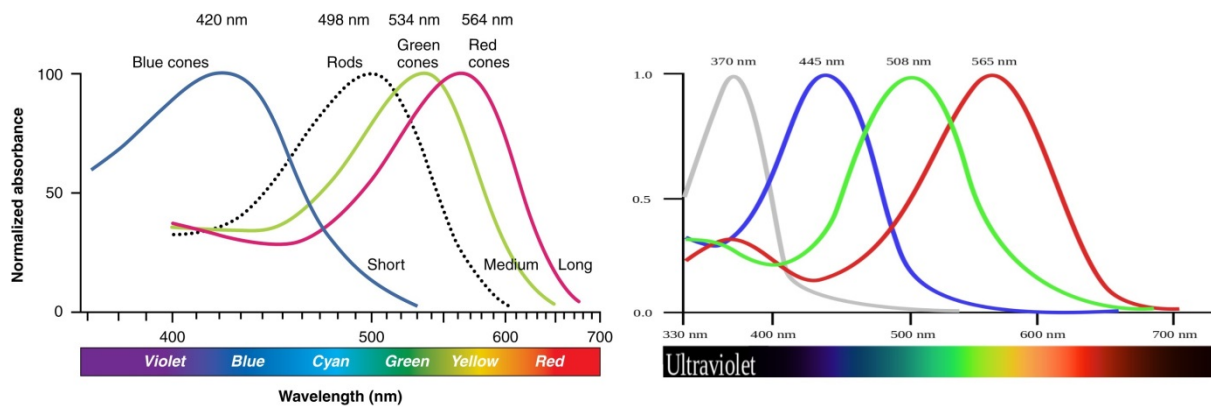
Om het beeld scherp op het netvlies te krijgen, kunnen zowel mensen als kippen de vorm van de lens in het oog boller of platter maken met behulp van spiertjes rondom de lens. In tegenstelling tot mensen, kunnen kippen daarbij ook nog het hoornvlies buigen, hetgeen een verdubbeling van de mogelijkheden tot scherpstellen van het beeld geeft. Het vermogen om scherp te stellen kan in de opfok beïnvloed worden door de hoeveelheid licht en het soort fotoperiode. Stone et al. (1995) vonden een aantal oogproblemen bij kuikens die opgegroeid waren bij abnormale fotoperioden. Naast cataract (vertroebeling ooglens) en afwijkingen aan het netvlies, vonden ze ook grote afwijkingen in het scherpstellend vermogen van het oog. Li et al. (1995) rapporteerden een ernstige afvlakking van het hoornvlies bij kuikens die bij continu licht gehouden werden. Dit kan grote gevolgen hebben voor dieren die bijvoorbeeld in voliëresystemen gehuisvest gaan worden. Door het slechte vermogen van hun ogen om scherp te stellen, zullen ze meer moeite hebben om afstanden in te schatten en succesvol van niveau naar niveau te springen.

### 3.1.3 Fotoreceptoren

In het menselijk oog kunnen twee soorten fotoreceptoren onderscheiden worden: staafjes en kegeltjes. Kippen hebben echter nog een derde type fotoreceptor, een dubbele kegel. De functie ligt vooral in het waarnemen van lichtsterkte, vorm en beweging. De enkelvoudige kegeltjes zijn vooral gespecialiseerd in het waarnemen van kleur (Nathan S. Hart and David M. Hunt 2007).

Om kleuren te kunnen onderscheiden hebben mensen drie typen fotoreactief pigment in de kegeltjes. Deze zijn maximaal gevoelig bij verschillende golflengtes (figuur 3.2): 419-420, 531-534 en 558-564 nm. Kippen hebben daarentegen vier typen fotoreceptoren, met een gevoeligheid rond 370-420, 440-460, 500-510 en 565-571 nm (Hunt et al. 2009; Prescott et al. 2004).

De kegeltjes in het kippenoog verschillen op nog een punt van die van mensen. In de uiteinden bevinden zich gekleurde oliedruppels, die het licht filteren voordat het de lichtgevoelige cellen bereikt. De oliedruppels bevatten een pigment dat past bij de spectrale gevoeligheid van de fotocellen in de kegeltjes. De oliedruppels zorgen ervoor dat kortere golflengtes afgekapt worden. Elk type kegel heeft zijn eigen type gekleurde oliedruppels, die elk op een eigen specifiek punt het licht afbreken (Bowmaker 2008).



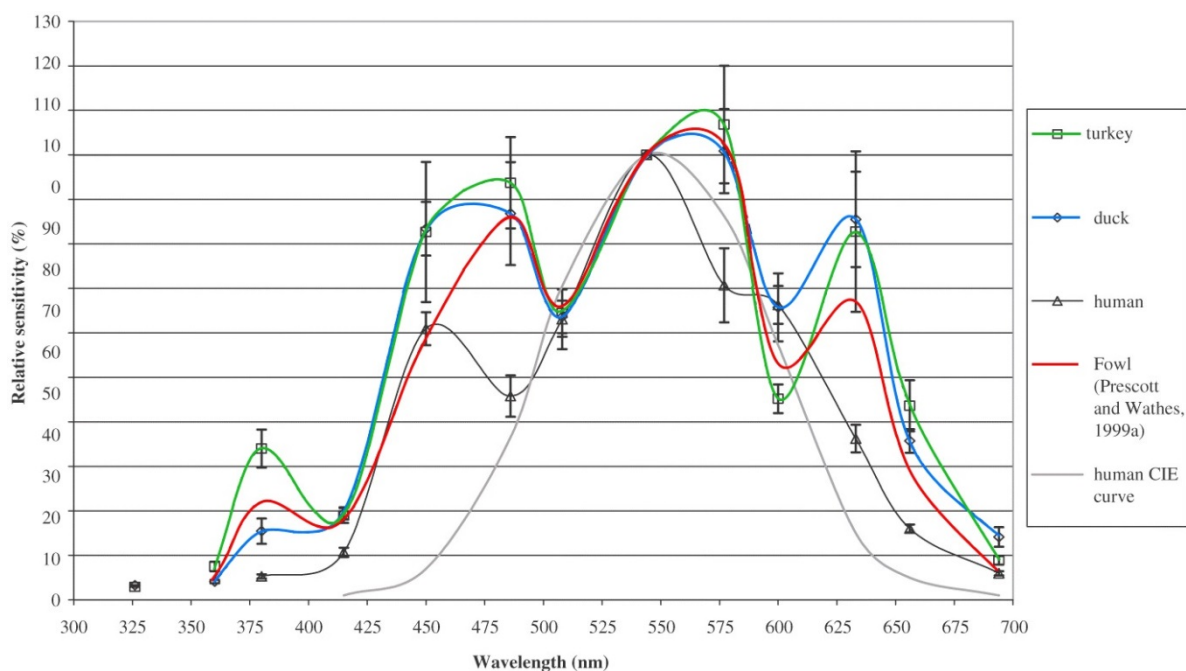
**Figuur 3.2** Kleurgevoeligheid van het menselijk oog (links) en het oog van een kip (rechts)

(Bronnen: links: Anatomy & Physiology, Connexions Web site. <http://cnx.org/content/col11496/1.6/>;

rechts: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BirdVisualPigmentSensitivity.svg>)

### 3.1.4 Waarneembaar spectrum

Door het verschil in fotoreceptoren tussen mensengogen en kippenogen, kan een kip een groter spectrum waarnemen dan een mens. In figuur 3.3 zijn een aantal verschillende onderzoeken weergegeven voor leghennen, vleeskuikens, kalkoenen en eenden. Vergeleken de mens hebben alle genoemde vogelsoorten een beter zicht in het UV, groen-blauw en rood spectrum. Eenden en kalkoenen kunnen nog iets beter in het blauwe gebied zien. Opvallend is verder het duidelijk betere zicht in het UV-gebied voor de kalkoen (Hart et al. 1999; Barber et al. 2006).



**Figuur 3.3** Waarneembaar spectrum van het menselijk oog en het oog van een leghen, vleeskuiken en kalkoen

(Bron: Barber et al. (2006); human CIE curve = volgens de door CIE gestandaardiseerde 'eye sensitivity function')

---

### 3.1.5 Onderscheidend vermogen

Het onderscheidend vermogen van het oog is enerzijds afhankelijk van de capaciteit van de lens om scherp te stellen. Anderzijds heeft het te maken met de dichtheid van staafjes en kegeltjes op het netvlies. Mensen hebben een beter onderscheidend vermogen van het oog. Op de kortst mogelijke afstand waarop nog scherp gezien kan worden (bij mensen ca. 12,5 cm) kan een mens zwart-witte streepjes met een dikte van 70  $\mu\text{m}$  nog net onderscheiden. Kippen kunnen op hun kortste afstand (waarschijnlijk ca. 5 cm) streepjes met een dikte van 170  $\mu\text{m}$  nog net onderscheiden. Het twee tot driemaal betere onderscheidend vermogen komt voort uit de hoge dichtheid van staafjes en kegeltjes, zoals die in de gele vlek in het menselijk oog aanwezig is. Kippen hebben een vergelijkbare plek met dichtere bezetting van kegeltjes, maar deze is anders ingericht. Het binnenste deel ervan ontvangt beeld vanuit het centrum en de bovenste helft van het oog en is vooral gespecialiseerd in het scherpzien op afstand. Dit is van belang bij het detecteren van predatoren. De buitenste rand van de vlek met dichtere bezetting van kegeltjes, ontvangt vooral beeld van dichtbij en is vooral gespecialiseerd in het detecteren van kleine (voer)deeltjes op de grond (Prescott et al. 2004). De plek met verdichting van kegeltjes in het kippenoog is minder scherp afgebakend dan bij mensen, waardoor de kip over een groter oppervlak van het netvlies een goed onderscheidend vermogen heeft dan een mens. Gemiddeld genomen zal het onderscheidend vermogen van een kip daardoor niet veel verschillen van dat van een mens (Prescott et al. 2004).

De anatomische verschillen tussen een mensenoog en kippenoog zorgen ervoor dat kippen een breder spectrum kunnen waarnemen, maar dat een hoger lichtniveau nodig is om dit ten volle te kunnen benutten. Beneden 0,5-1,2 lux zien kippen geen kleur meer (Lisney et al. 2011).

### 3.1.6 Flikker fusie frequentie

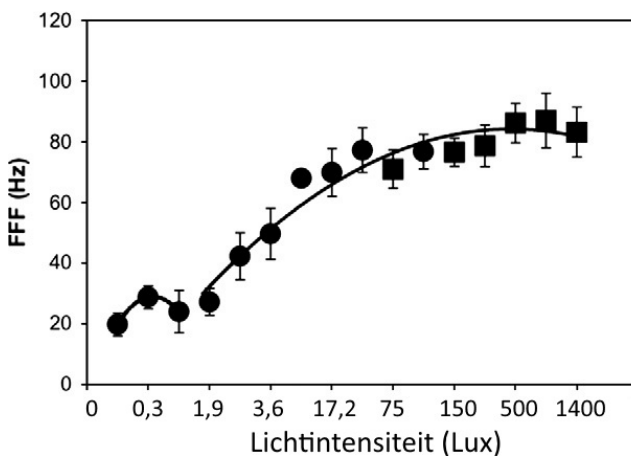
Kunstlicht dat door wisselstroom gegenereerd wordt, heeft een bepaalde flikker frequentie. In Nederland en Amerika ligt dat rond 100-120 Hertz. De flikker fusie frequentie (FFF) is de frequentie van het licht, waarbij de flikkering niet meer waargenomen wordt. Deze FFF is afhankelijk van de lichtsterkte. De kritieke FFF (Critical flicker frequency, CFF) is de hoogste FFF die bij enige lichtsterkte gemeten is. De CFF wordt vaak gebruikt in de vergelijking van zicht van verschillende dieren. Bij gewervelde dieren hangt de CFF doorgaans samen met de verhouding kegeltjes-staafjes in het oog: hoe meer kegeltjes, des te hoger de CFF doorgaans is. Dit komt doordat de staafjes bij een lagere lichtfrequentie werken en eerder verzadigd raken. De kegeltjes werken beter bij hoge lichtsterktes en kunnen dan zo'n viermaal sneller reageren dan de staafjes (Lisney et al. 2011).

Rubene et al. (2010) onderzochten de CFF bij witte leghorns (Bovens) bij verschillende lichtsterktes en 4 verschillende LED-lichtbronnen: geel, volspectrum, wit en UV. Het volspectrum en witte licht genereerden een zelfde spectrum, behalve dat de volspectrum ook enig UV bevatte. Ze gebruikten kippen die getraind waren om naar flikkerlicht te pikken om voer te krijgen. Door de variëren in flikkerfrequentie konden ze via gedragsobservaties bepalen welke frequenties een dier nog wel als flikkerend zag en welke niet meer. Zij vonden een hogere CFF indien er UV in het spectrum aanwezig was. In een vervolgstudie hierop vonden Lisney et al. (2011) een CFF van 75-87 Hz bij 700 lux en volspectrum licht (wit met UV). Een enkele kip had een uitschieter naar 90 of zelfs 100 Hz en ook verschillen merken dieren van elkaar in gemiddeld gemeten CFF, hetgeen aangeeft dat er genetische variatie is. Bij lagere lichtniveau 's werden zoals verwacht lagere CFF-waarden gevonden. De metingen van Lisney et al. (2011) vormden een curve, waaruit blijkt dat de maximale CFF niet bij het hoogst gebruikte lichtniveau ligt, hetgeen aangeeft dat ca. 700 lux voor hennen optimaal is om flikkerfrequentie waar te nemen (figuur 3.4).

Lisney et al. (2012) gebruikten in een volgend experiment een andere methode om de CFF vast te stellen. Met behulp van een Electroretinogram (ERG) werd de reactie van het netvlies op een lichtprikkel gemeten. Bij 0,5 lux werd een CFF van slechts 20 Hz gemeten, maar bij sterk licht werd een maximale CFF van 105 Hz gemeten, met uitschieters bij sommige kippen naar 118-119 Hz. Deze waarden zijn hoog genoeg om aan te nemen dat een kip de flikkerfrequentie van een volspectrumlamp kan zien, zelfs als deze hoog frequent is. Een hoogfrequente lamp heeft immers een FFF van 100-120 Hz. Het verschil tussen de via gedragsonderzoek verkregen waarden en de met ERG verkregen metingen geeft aan dat kippen de flikkering van een hoog-frequente lamp waarschijnlijk niet bewust merken, maar dat het wel degelijk een reactie van hun netvlies tot gevolg heeft. Deze reactie op een 'onzichtbare flikkering' is bij mensen onderzocht en kon daar resulteren in hoofdpijn, vermoeide ogen, angst en veranderingen in de oogzakjes. Ook kon het resulteren in een verminderde weerstand (Lisney et al. 2012). De auteurs concluderen dat een (negatieve) reactie van pluimvee op de in stallen

gebruikte hoog-frequente verlichting goed mogelijk is en verder onderzocht dient te worden. Daarbij beargumenteren ze echter dat in de meeste situaties hoog-frequente verlichting door pluimvee niet als knipperend licht gezien zal worden, omdat: 1. de lichtniveaus laag zijn, waardoor de CFF lager zal liggen; 2. de verlichting in stallen doorgaans een veel minder rijk spectrum zonder UV hebben, waardoor de CFF lager zal liggen dan in het onderzoek met volspectrum licht met UV. Dit zal ook de reden zijn dat in de literatuur de verschillende onderzoeken lang niet altijd een effect van hoog- of laagfrequente verlichting vinden.

De implicaties van deze bevindingen zijn duidelijk voor wat betreft de keuze tussen hoog- of laag frequente verlichting: bij een gewenst lichtniveau van minimaal 20 lux, zal de CFF boven de 50-60 Hz liggen en zal een kip dus de flikkering van laag-frequent licht kunnen waarnemen. Dit zou een stressverhogende factor kunnen zijn. Alleen als het lichtniveau erg laag is, (minder dan 3,6 lux), zal het dier deze flikkering niet meer kunnen zien. Het welzijn is dan echter door dit lage lichtniveau ook in het geding. Hoog frequente verlichting zal in de meeste stallen door kippen als egale verlichting waargenomen worden. Echter, bij het gebruik van veel licht en volspectrum (kunst)verlichting kan een kip eventueel de flikkerfrequentie van het licht opmerken, zelfs als hoog-frequente verlichting gebruikt is. Een LED-verlichting zonder wisselfrequentie kan dit probleem voorkómen.



**Figuur 3.4** Maximaal waarneembare flikkerfrequentie door leghennen bij verschillende lichtsterktes (Lisney et al. 2011)

## 3.2 Invloed van licht op eiproductie

### 3.2.1 Hormonale werking

Voor het produceren van eieren heeft een kip licht nodig. Dit wordt niet alleen via het oog waargenomen, maar licht heeft ook via de schedel invloed op de hormoonproductie en daarmee op de productie van eieren. Als licht sterker is dan 4 lux, kan het door de schedel dringen en door fotoreceptoren in de epifyse worden opgevangen. De epifyse is bij vogels gelegen bovenop de hersenen, in de driehoek tussen beide helften van de grote hersenen en de kleine hersenen en dus dicht tegen de schedel aan (Lewis and Morris 2006).

In figuur 3.5 wordt de hormonale beïnvloeding door licht schematisch uitgelegd. Recent onderzoek (Bédécarrats 2015) heeft aangetoond, dat licht niet alleen een stimulerende werking op de hormoonproductie heeft, maar ook remmend kan werken. Welke mechanismen er optreden, hangt af van de lengte van de lichtperiode. Bij een korte daglengte wordt vooral de melatonine-productie gestimuleerd, waardoor de (re)productie geremd wordt. Bij een lange daglengte wordt via de hypothalamus juist de (re)productie gestimuleerd.

### 3.2.2 Fotoperiode

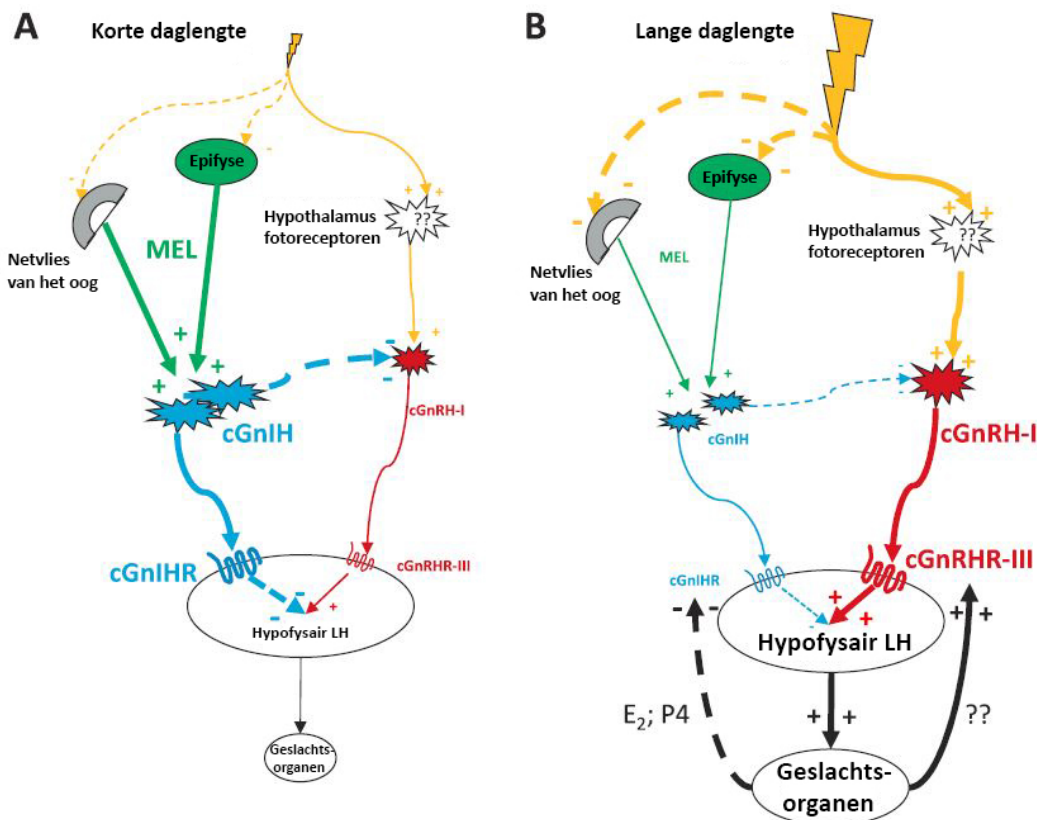
Zoals in de vorige paragraaf aangegeven beïnvloedt de lengte van de lichtperiode de productie van leghennen. In de opfok wordt dit principe gebruikt om een goede productiestart te bewerkstelligen,

terwijl gedurende de legperiode licht juist wordt gebruikt om desgewenst een geforceerde rui te induceren (Yousaf and Chaudhry 2008).

In de opfok wordt doorgaans gestart met enkele zeer lange dagen om de kuikens te laten wennen aan het systeem. Vervolgens wordt de daglengte gereduceerd tot circa 10 uur per dag op 10 weken leeftijd (Hy-Line, 2015). In de tweede helft van de opfok wordt de daglengte weer opgebouwd om de hennen in productie te laten komen. Verschillende typen hennen vragen een iets ander lichtschema. Recentelijk worden ook wel langere daglengtes als de genoemde 10 uur gehanteerd, omdat de ervaring is dat de hennen dan robuuster uit de opfok komen en zodoende een langere legperiode kunnen volhouden (Schotman, 2014).

Gedurende de legperiode kan rui geïnduceerd worden door het onthouden van voer en water en het reduceren van de daglengte en lichtsterkte (Yousaf and Chaudhry 2008).

Het voert voor dit rapport te ver om op de details van het sturen van de productie in te gaan. Volstaan wordt met de opmerking dat de productie beïnvloed kan worden door lengte van de lichtperiode, lichtsterkte en lichtkleur.



**Figuur 3.5** Schematisch weergave van het stimulatie/remmingsmechanisme van de reproductie bij kippen (Bédécarrats 2015).

Er zijn twee situaties: A. een korte daglengte (winter) en B. een lange daglengte (zomer). In beide gevallen stimuleert het licht via het netvlies van het oog en via de epifyse de productie van melatonine (MEL), dat op zijn beurt in de hypothalamus de productie stimuleert van kippengeslachtsorgaan remmend hormoon (chicken gonadotropin inhibitory hormone = cGnIH). De toename van dit hormoon remt direct de productie van kippen geslachtshormoon stimulerend hormoon (chicken gonadotropin releasing hormone I = cGnRH-I) door de neuronen in de hypothalamus. Hierdoor wordt ook de vrijlating van luteïniserend hormoon (LH) door de achterkwab van de hypofyse geremd. In dit stadium zijn de niveaus van cGnIH (cGnIHR) en cGnRH receptor III (cGnRHR-III) in de hypofyse respectievelijk het hoogst en het laagst. Door een gebrek aan stimulering blijven de geslachtsorganen onvolwassen. Bij stimulatie met licht bij lange daglengtes treedt er een verminderde productie van Melatonine op door de epifyse en het netvlies van het oog, waardoor er minder cGnIH wordt vrijgegeven, waardoor er minder remming van de geslachtsorganen is. Tegelijkertijd activeert de toename van de daglengte de fotoreceptoren in de hypothalamus, welke indirect de synthese en vrijgave van cGnRH-I stimuleert. Als reactie daarop schakelt de remming van de LH-productie om naar stimulering, waardoor de rijping van de geslachtsorganen gestimuleerd wordt en vervolgens de productie van de geslachtshormonen op gang komt (oestradiol E<sub>2</sub> and progesteron P<sub>4</sub>). Bij het seksueel rijp worden van de kip zorgen E<sub>2</sub> en P<sub>4</sub> vervolgens voor een remming van de werking van cGnIHR in de hypofyse, terwijl een toename van de werking van cGnRHR-III waargenomen is. In dit stadium is de hypothalamus primair onder stimulerende controle en de achterste kwab van de hypofyse vooral gevoelig voor cGnRH.

---

## 4 Literatuurstudie invloed licht op pluimvee

Recente literatuur op het gebied van verlichting bij pluimvee richt zich veel op vleeskuikens en de effecten op groei. Groen licht gaf een betere voerconversie (Assaf et al. 2015), geel en wit licht gaven een hogere voeropname en een hoger lichaamsgewicht op 5 weken leeftijd (Kim et al. 2013; Mendes et al. 2013). Lewis and Morris (2000) geven aan dat groei en gedrag vooral beïnvloed wordt door waarneming via het netvlies van het oog, terwijl reproductie vooral via lichtperceptie door de hypothalamus beïnvloed wordt. Doordat de lange golflengtes makkelijker doordringen naar de hypothalamus, is het te verwachten dat rood licht (lange golflengte) vooral effect heeft op de reproductie en een slechtere groei geeft dan groen en blauw licht. Naar de effecten van licht en verlichting op leghennen is veel minder onderzoek verricht en doorgaans is het vooral gericht op productie, niet zozeer op gedragsaspecten.

### 4.1 Lichtsterkte

#### 4.1.1 Seksuele ontwikkeling

Licht is nodig voor de seksuele ontwikkeling van pluimvee. Lewis and Morris (2006) geven aan dat hiervoor minimaal 0,9-1,7 lux nodig is. Ze geven aan dat voor leghennen minimaal 5 lux nodig is voor een goed legpercentage. Moderne hybriden zijn hier minder gevoelig voor en bereiken ook bij lagere lichtintensiteit een hoog legpercentage. Minder dan 2-3 lux is echter niet aan te raden. Hoger dan 5 lux gaf niet per definitie betere technische resultaten.

#### 4.1.2 (In)actief gedrag

Davis et al. (1999) onderzochten het gedrag van vleeskuikens en opfok-leghennen bij verschillende lichtsterktes (6, 20, 60 en 200 lux; Osram, 60W, pearl). De dieren konden steeds kiezen tussen twee ruimtes, die verschilden in lichtintensiteit. Het aantal dieren in elk van de twee ruimtes werd geteld, waarbij tevens werd genoteerd welk gedrag de dieren vertoonden. Op 2 weken leeftijd verbleven de kuikens het meest bij 200 lux, maar op 6 weken leeftijd zaten ze het meest bij 6 lux. Dit verschil werd vooral veroorzaakt door verschil in gedrag. De kuikens bleken de gedragingen rusten en op de zitstok zitten het meest bij een lage lichtsterkte uit te voeren. De overige gedragingen (eten, drinken, scharrelen, in het strooisel en lopen) werden bij hogere lichtsterktes uitgevoerd. De oudere dieren vertoonden meer rusten en op stok zitten, waardoor de voorkeur voor een lage lichtintensiteit naar voren kwam. Deze resultaten komen overeen met die van O'Connor et al. (2011), die meer rusten, veerverzorging en stofbadgedrag vonden bij een laag lichtniveau (5 versus 150 lux) en met de resultaten van Prescott and Wathes (2002), die vonden dat hennen een voorkeur hebben om te eten bij een hoger lichtniveau (lichtniveaus van <1 tot 200 lux). Barber et al. (2004) voerden eenzelfde onderzoek uit met eenden en kalkoenen bij 4 lichtniveaus (gloeilamp; <1, 6, 20 en 200 lx; Osram, 60 W, Pearl). Terwijl de eendenkuikens op alle leeftijden een sterke voorkeur hadden voor de lichtste omgevingen, lag dit bij kalkoenen wat genuanceerder. Op 2 weken leeftijd verbleven de kalkoenen ook het meest in de lichtste omgeving, maar op 6 weken leeftijd verbleven ze het meest bij 20 en 200 lux. Ook trad er op 6 weken leeftijd een onderscheid op in gedragingen: bij 6 lux of minder werd vooral gerust en op stok gezeten, terwijl bij 20 of meer lux alle andere gedragingen (lopen, pikken, eten, drinken, veerverzorging) vaker uitgevoerd werden. De auteurs concluderen dat het goed zou zijn om in kalkoenstallen variatie in lichtniveau aan te brengen om aan deze voorkeuren tegemoet te komen. Deze resultaten komen overeen met de bevindingen van Sherwin (1998), die verschillende lichtniveaus (<1, 5, 10 en 25 lux) testten bij kalkoenen tot 19 weken leeftijd. Hij vond dat kalkoenen

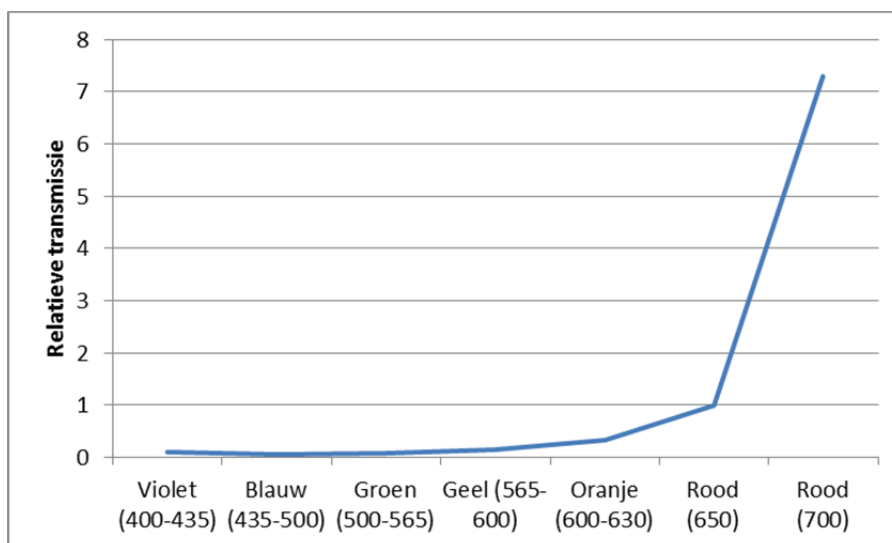
de meer actieve gedragingen vooral bij de hogere lichtniveaus uitvoerden en rustgedrag meer bij 5 lux uitvoerden. Daarbij leken de kalkoenen een aversie te hebben voor lichtniveaus lager dan 1 lux.

### 4.1.3 Verenpikken

Kjaer and Vestergaard (1999) vergeleken het gedrag van leghennen in de opfok en legperiode bij 3 en 30 lux. In de opfok kwam zacht verenpikken 20 keer vaker voor bij de 3 lux groep dan bij de 30 lux groep, maar het hard verenpikken kwam 2 tot 3 keer zo vaak voor bij de 30 lux groep vergeleken met de 3 lux groep. In de legperiode werd tot 28 weken leeftijd meer hard verenpikken waargenomen in de 30 lux groep, maar daarna waren deze verschillen niet zo duidelijk meer aanwezig. De auteurs geven aan dat het lage lichtniveau in de opfok de kuikens lijkt te belemmeren in hun zicht, waardoor ze meer gestimuleerd worden tot exploratief pikken, wat zich uit in zacht verenpikken. Hierdoor leren de kuikens in de opfok echter een soort stereotype verenpikgedrag aan, dat tot het einde van de legperiode werd waargenomen. Het hoge lichtniveau in de opfok leidde tot een slechtere bevedering op 11 en 28 weken leeftijd, maar gaf geen verschil op 46 weken leeftijd. Het harde verenpikken leidde in de legperiode ook tot kannibalisme, hetgeen tot uiting kwam in de verschillen in uitval (30,6 vs. 5,8% voor respectievelijk 30 en 3 lux). De auteurs geven aan dat het hoge lichtniveau in de opfok een langdurend effect had op pikkerij en in de legperiode leidde tot meer kannibalisme in de 30 lux groep. Een hoog of laag lichtniveau in de legperiode leek daar niet veel meer aan te veranderen. De auteurs geven aan dat een hoog lichtniveau in de opfok zeker mogelijk is indien de omstandigheden hier goed op afgestemd zijn. Deze bevindingen komen overeen met die van Drake et al. (2010), die 22 vrije uitloop en biologische legbedrijven in de UK onderzochten met in totaal 335 500 hennen. Ze keken met name naar de risicofactoren in de opfok. Ze vonden een relatie tussen de lichtintensiteit en de mate van verenpikken, met name bij jonge hennen. Echter, het wijzigen van de lichtintensiteit tussen opfok en leg had geen relatie met het ontstaan van verenpikken. Ook Mohammed et al. (2010) vonden meer verenpikken en agressie bij een hoge lichtintensiteit (50 versus 5 lux).

## 4.2 Lichtspectrum

Licht beïnvloedt de kip via receptoren in het oog, de epifyse en de hypothalamus. Niet alleen de hoeveelheid licht kan aldus de reproductie stimuleren, maar ook de kleur licht. Lewis and Morris (2006) geven aan dat met name de lange golflengtes gemakkelijk via de schedel doordringen en zo de hormoonhuishouding van vogels beïnvloedt. De kortere golflengtes hebben vooral via het oog effect. In figuur 4.1 is dit weergegeven als gemiddelde waarde van metingen aan kwartels, mussen, duiven en eenden. Hieruit blijkt dat vooral golflengtes boven 650 nm (rood) effect hebben via de schedel.



**Figuur 4.1** Gemiddelde relatieve transmissie door de schedel van licht van een bepaalde kleur (gemiddelde van metingen aan kwartels, mussen, duiven en eenden). De transmissie is uitgedrukt relatief ten opzichte van 650 nm (rood) (Lewis and Morris 2006).



---

## 4.2.1 Rood, groen en blauw licht

### 4.2.1.1 Groei

Het merendeel aan onderzoek naar kleuren licht is uitgevoerd bij vleeskuikens. Een toename van het lichaamsgewicht tussen 4 en 11 weken is sterker bij licht met een golflengte van 415-560 nm (violet tot groen) vergeleken met een golflengte van meer dan 635 (rood) of bij een breed spectrum wit licht (Foss et al. 1972; Rozenboim et al. 2004; Wabeck and Skoglund 1974). Evenzo werd tot 18 weken leeftijd een snellere groei bij kalkoenen waargenomen bij blauw licht (450 nm) vergeleken met rood licht (650 nm). Na 18 weken leeftijd groeiden kalkoenen sneller bij rood of wit licht (Gill and Leighton 1984; Levenick and Leighton 1988; Lewis et al. 1998). Omdat dit de periode is waarin kalkoenen seksueel rijp worden en het rode licht vooral de ontwikkeling van de geslachtsorganen stimuleert, zal de groei veroorzaakt zijn als respons op een verhoogde plasmaconcentratie aan sekshormonen en niet als direct gevolg van de golflengte van het licht.

### 4.2.1.2 (Re)productie

Baxter et al. (2014) onderzochten bij leghennen in kooien wat de invloed was van verschillende golflengtes licht op reproductie, groei en stress. Ook keken ze daarbij of lichtintreding via het oog daarbij noodzakelijk was door naast de reguliere hennen een natuurlijk blind ras te gebruiken. Er werd via LED puur rood, puur groen of wit licht verstrekt (10 lux op dierhoogte). Rood en wit licht stimuleerden de oestradiol-productie, hetgeen een verhoogde activiteit van de eierstokken aanduidt. Dit vertaalde zich in een aantal productietekenen. Vergeleken met de hennen die groen licht kregen, hadden de hennen bij rood en wit licht (wat ook rood bevat) een vroegere leeftijd van het eerste ei, een langere en hogere piekproductie en een hoger cumulatieve eiproductie. Tot 23 weken leeftijd was er geen verschil in lichaamsgewicht, maar daarna waren de hennen bij het groene licht zwaarder. Dit kan ook gerelateerd zijn aan hun lagere eiproductie. Hoewel het corticosteron niveau hoger was bij de hennen bij rood licht, was het niet zodanig hoog dat van enige stress gesproken kan worden. De ziende en blinde kippen reageerden op dezelfde manier op de lichtkleuren, hetgeen aantoont dat de lichtinval via het oog niet nodig is om de genoemde effecten te verkrijgen. Dit komt overeen met de bevindingen dat de lage golflengtes (rood) gemakkelijker door de schedel kunnen penetreren en aldus invloed hebben op de hormoonproductie. Ook Hassan et al. (2013) vonden een hogere eiproductie bij monochromatisch rood licht (LED). Bij blauw en groen licht werden zwaardere eieren gelegd. Hennen die blauw licht kregen, kwamen 15 dagen later in productie vergeleken met de hennen bij rood licht. Lewis and Morris (2006) geven aan dat, doordat blauw en groen licht slecht door de schedel dringt en via die route de hormoonhuishouding nauwelijks beïnvloedt, het effect van deze golflengtes op de reproductie vergelijkbaar kan werken als een kortere daglengte. De zwaardere eieren kunnen dan het gevolg zijn van het later in productie komen.

Gongruttananun (2011) onderzocht drie lichtkleuren: natuurlijk daglicht met additioneel TL-verlichting, natuurlijk daglicht met additioneel puur (LED) rood licht of alleen puur rood (LED) licht. In een 26-weken durende productieperiode verschilden de groepen niet in eiproductie, eikwaliteit, uitval of morfologie van het oog. Wel kwamen de hennen die rood licht kregen eerder aan de leg, hetgeen overeenkomt met de bevindingen van Baxter et al. (2014).

### 4.2.1.3 Gedrag

Met betrekking tot het gedrag van vleeskuikens bleek blauw en groen licht meer rustgedrag te geven dan rood of wit licht. Bij rood licht werd meer agressief pikken waargenomen en meer vleugelstrekken vergeleken met wit, blauwe of groen licht (Prayitno, Phillips, and Omed 1997; Prayitno, Phillips, and Stokes 1997). Lewis and Morris (2006) geven aan dat het succes van rood licht bij leghennen om pikkerij te reduceren vooral veroorzaakt wordt door de lagere lichtintensiteit, niet zozeer door de kleur. Dit komt echter niet overeen met de bevindingen van Huber-Eicher et al. (2013).

Huber-Eicher et al. (2013) onderzochten verschillende kleuren licht en vonden een verschil in gedrag tussen hennen bij rood en bij groen licht (tabel 4.1). Bij groen licht vertoonden de hennen minder eetgedrag, maar meer scharrelgedrag en objectpikken. Hennen bij groen licht pikten vaker naar soortgenoten dan hennen bij rood licht. Het aantal keren dat hard pikken en/of een ongerief kreet waargenomen werd was het hoogste bij wit licht en het laagste bij rood licht. De auteurs geven aan dat het effect bij rood licht niet het gevolg was van de lichtintensiteit, maar daadwerkelijk door de kleur veroorzaakt werd. Ze concluderen dat rood licht agressie kan reduceren.

Tabel 4.1

*Gedrag bij 3 verschillende kleuren licht (Huber-Eicher et al. 2013)*

Gedrag	Wit		Rood		Groen	
	% van de geobserveerde tijd	SE	% van de geobserveerde tijd	SE	% van de geobserveerde tijd	SE
Scharrelen	4,1 ab	0,4	2,7 b	0,3	4,9 a	0,7
Objectpikken	8,7 b	0,8	10,9 ab	0,8	13,0 a	0,6

Gedrag	Wit		Rood		Groen	
	Gem. aantal/10 min bij 25 hennen	SE	Gem. aantal/10 min bij 25 hennen	SE	Gem. aantal/10 min bij 25 hennen	SE
Pikken naar soortgenoten	5,1 b	0,4	5,2 b	0,4	6,8 a	0,1
Hard pikken/ongerief-kreet	5,0 a	0,8	0,8 b	0,2	2,9 ab	0,9
Vechten	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0

Verschillen in gemiddeld resultaat voor n=8 groepen per lichtkleur.

a, b verschillende letters in een horizontale rij geven significante verschillen aan ( $p < 0,05$ )

Kalkoenhanen bleken rustiger, kalmer en vertoonden minder seksueel gedrag bij blauw licht van 5 lux vergeleken rood of wit licht. Bij een hogere lichtintensiteit (86 lux) werd dit verschil niet waargenomen (Gill and Leighton 1984). Lewis and Morris (2006) geven aan dat zowel lage lichtintensiteit als een korte golflengte van het licht een vertraging in seksuele rijpheid geven, waardoor te verklaren is waarom de combinatie van beide (blauwe licht bij 5 lux) minder gedragsproblemen geeft.

Deze bevindingen spreken de ervaringen van Mohammed et al. (2010) tegen.

Mohammed et al. (2010) onderzochten gloeilampen, TL-verlichting, hoogfrequente daglicht TL en blauwe TL-verlichting. Ze vonden meer activiteit, meer verenpikken en meer agressie bij de blauwe TL. Ook vonden ze meer rustgedrag bij de TL-verlichting vergeleken met de gloeilampen. Lewis and Morris (2006) geven aan dat bij een gelijke spectrale bestralingssterkte ( $W/m^2$ ), maar een verschillend spectrum de kippen het licht toch anders (sterker of zwakker) kunnen ervaren, doordat ze voor bepaalde delen van het spectrum (blauwe en rood) gevoeliger zijn en dit dus als sterker ervaren.

#### 4.2.1.4 Preferentie

Gunnarsson et al. (2008) vonden dat kippen een voorkeur hebben voor het spectrum, waarbij ze zijn opgegroeid. Hennen die bij gloeilamp-verlichting opgroeiden, kozen hier later ook voor, terwijl hennen die in de opfok daglicht kregen, hier later ook voor kozen. Dit komt overeen met de bevindingen van Miklósi et al. (2002), die ook aangeven dat de preferentie voor bepaalde kleuren beïnvloed wordt door ervaringen in de jeugd. Kippen die opgefokt werden in een omgeving met vooral lange-golf tinten (oranje), bleven later ook een voorkeur voor deze tinten, terwijl kuikens die vooral in een blauw-groene omgeving opgefokt werden, later ook aan die kleur de voorkeur gaven. Kippen blijken vaak een voorkeur te hebben voor objecten die geel, oranje of rood gekleurd zijn. De auteurs geven aan dat dit komt, doordat deze lange-golf spectra vaker voorkomen dan de korte spectra.

#### 4.2.1.5 Samenvatting

Samenvattend kan gesteld worden dat rood licht de seksuele rijpheid stimuleert en daardoor een duidelijke invloed heeft op de (re)productie. Blauwe en groen licht hebben vooral effect op groei, waarbij met name blauw licht een kalmerend effect op de dieren kan hebben. Dit komt echter niet in alle onderzoeken naar voren. In hoeverre de lichtkleuren ook daadwerkelijk deze effecten geven, zal ook afhangen van de gevoelige periodes van het dier (een te jong dier zal nog niet seksueel te stimuleren zijn en dus minder reageren op rood licht).

---

#### 4.2.2 Kleurtemperatuur

De kleurtemperatuur, uitgedrukt in Kelvin, kan invloed hebben op de groei bij vleeskuikens. Riber (2015) onderzocht twee verschillende soorten wit licht: neutraal-wit (4100 K) en koel-wit (6065 K). Beide soorten licht werden via LED-verlichting verstrekt. De neutraal-witte kleur leek veel op de standaardverlichting in vleeskuikenstallen, de koel-witte kleur werd gekozen, omdat deze veel op daglicht leek. De kuikens bleken een lichte voorkeur te hebben voor het koelwitte licht en hadden een iets hoger slachtgewicht. Ook Olanrewaju et al. (2015) concludeerden dat vleeskuikens bij de koelere LED-verlichting (5000K) een beter resultaat had vergeleken met vleeskuikens die bij licht van gloeilampen met 2010K gehouden werden.

Volgens een presentatie van Watkins (2013) kunnen vleeskuikenouderdieren het beste opgefokt worden bij 4000K of minder. Indien ze opgefokt worden tussen 4000 en 6000K zullen ze in de legperiode meer neiging hebben tot het leggen van grondeieren. Hennen zouden aan 3000K voldoende hebben.

Semon (2014) geeft aan dat de warmere kleuren licht meer lange golflengtes (rood en infrarood) bevatten. Aangezien deze golflengtes vooral op de reproductie werken, zijn de warmere lichtsoorten volgens hem vooral geschikt voor leggende dieren. Hij adviseert bij leghennen maximaal 2700K en in vleeskuikenstallen 3000-500K.

#### 4.2.3 UV-licht

Maddocks et al. (2001) geven aan dat het UV-spectrum onderdeel uitmaakt van het normale zicht van een kip. Zij vonden dat het ontbreken van UV ervoor zorgde dat het basale corticosteron niveau in het bloed van kippen hoger lag vergeleken met kippen die wel UV-licht kregen. Een tendens tot minder exploratief gedrag bevestigt dat deze omstandigheden voor de kip suboptimaal zijn en wellicht een beperking van hun welzijn. Het hanteren door mensen leidde bij kippen die onder vol-spectrum licht gehouden werden, tot een sterkere respons van bloed-corticosteron vergeleken met kippen die geen UV-licht kregen. Dit effect was vooral het gevolg van het verschil in basaal niveau, omdat het maximale niveau bij beide groepen dieren gelijk was. De verschillen werden kleiner met het ouder worden van de kippen en het meer vertrouwd raken met mensen. Ruis et al. (2010) vonden als reactie op een persoon of op een onbekend voorwerp dat leghennen die UV-licht kregen verminderd mijdingsgedrag vertoonden vergeleken met hennen zonder UV. Dit was indicatief voor minder angst. Er werd ook aantoonbaar meer comfortgedrag gezien, vergeleken met standaard verlichting, zoals stofbaden en poetsen.

Lewis et al. (2000) geven aan dat UV-licht alleen via het netvlies invloed heeft op de kip. Dit wordt afgeleid uit het feit dat UV geen invloed heeft op productietekens van leghennen. Wel werd een reductie in voeropname waargenomen als UV-licht aanwezig was.

Bright (2007) onderzocht verenpikgedrag bij Oakham Blue leghennen (zwarte, witte en grijze kleurvarianten) alsmede de UV-reflectie van de veren. De witte veren vertoonden de minste schade en de zwarte en grijze veren de meeste. De auteur schrijft dit toe aan de reflectie van UV, die bij de zwarte en grijze veren het grootst was. Doordat er binnen in de stal niet of nauwelijks UV-licht is, zullen de zwarte en grijze veren binnen in de stal er anders uitzien voor soortgenoten dan buiten in de uitloop. Hierdoor kunnen ze wellicht eerder aangepikt worden uit nieuwsgierigheid. Deze bevindingen komen overeen met die van Ruis et al. (2010), die meer verenpikken vond bij bruine hennen, als hierbij wel UV-licht, maar geen strooisel aanwezig was. Indien wel strooisel aanwezig was, werd juist minder verenpikken waargenomen bij de bruine hennen die UV-licht kregen. Een verklaring ligt in de reflectie van de bruine veren. In aanwezigheid van strooisel, zullen zowel het strooisel als de veren het UV-licht reflecteren, terwijl bij afwezigheid van strooisel alleen de veren zullen reflecteren en de aandacht van de hennen zullen trekken. Sherwin and Devereux (1999) onderzochten de reflectie van UV-licht door de veren van kalkoenen. Ze vonden meer en minder duidelijke aftekeningen, die alleen zichtbaar waren bij UV-licht. Afhankelijk van het lichaamsdeel waren deze op jongere of latere leeftijd zichtbaar. De auteurs gaven aan dat dit wellicht een rol speelt bij het ontstaan van verenpikkerij.

Moinard and Sherwin (1999) gaven kalkoenen de keuze voor een ruimte die verlicht was met TL-verlichting en een ruimte die daarbij nog additioneel UV-licht had. De kalkoenen hadden een duidelijke voorkeur voor de ruimte met UV.

Samenvattend kan gesteld worden dat pluimvee een duidelijke voorkeur heeft voor een omgeving met UV-licht en dat dit licht vooral effect heeft op het exploratieve gedrag van de dieren.

#### 4.2.4 Daglicht

Het bredere spectrum van daglicht kan ervoor zorgen dat de omgeving door het dier anders ervaren wordt. Gunnarsson et al. (2008) vonden dat hennen de voorkeur gaven aan het lichttype waarmee ze werden opgefokt. Dat zou ervoor pleiten om hennen die bestemd zijn voor daglichtstallen ook met daglicht op te fokken. Toepassing van volspectrumlampen kan hierbij helpen (Thiele and Pottguter 2008). Bestman et al. (2009) vonden dat de kans op pikkerij in de legperiode wordt vergroot als de dieren in de periode van 7-17 weken leeftijd geen daglicht kregen.

Reuvekamp and Niekerk (2010) hebben een inventarisatie gedaan op praktijkbedrijven met leghennen om de relatie tussen daglicht en verenpikkerij vast te stellen. Zij maakten onderscheid tussen direct daglicht, dat via uitloopopeningen en ventilatieopeningen naar binnen kwam, en indirect daglicht, dat via ramen of andere lichtdoorlatende platen naar binnen kwam. Indirect daglicht zal doorgaans geen UV bevatten, terwijl direct daglicht dit wel heeft. Bij alle stallen werd de hoeveelheid daglichtdoorlatend oppervlak bepaald en de veerschade beoordeeld. De veerkwaliteit was slechter als er een grotere totale hoeveelheid daglicht in de stal kwam (tabel 4.2). Meer direct daglicht gaf echter minder veerbeschadigingen. De auteurs zoeken de verklaring in de aanwezigheid van UV in direct daglicht.

Tabel 4.2

*Effect van direct en indirect daglicht op het gedrag van leghennen (Reuvekamp and Niekerk 2010)*

	leg%	Veer-schade	Scharrelen	Pikken naar cloaca en wonden	Vlucht-gedrag
<b>In Stal</b>					
Meer totaal daglicht	lager	meer	minder	meer	meer
Meer direct daglicht	hoger	minder	meer	minder	minder
<b>Overdekte uitloop</b>		meer			meer

### 4.3 Licht tijdens het broedproces

Riedstra and Groothuis (2004) vonden meer zacht verenpikken bij kuikens die gedurende de late embryonale ontwikkeling aan licht blootgesteld waren. Zij beschouwen zacht verenpikken in de vroege opfok als sociale exploratie. Sociale herkenning is belangrijk voor exploratie en is een gelateraliseerde functie in de hersenen van de kip. Lichtstimuli aan het einde van het broedproces beïnvloeden de lateralisatie van de hersenen en kunnen aldus invloed hebben op de ontwikkeling van zacht verenpikgedrag. In een experiment, waarbij de eieren in de laatste week van het broeden wel of niet belicht werden, kwam dit ook naar voren: de kuikens uit de belichte groep vertoonden in de vroege opfok meer zacht verenpikken. Ze hadden daarbij geen voorkeur voor bekende of onbekende soortgenoten. De in donkere omstandigheden uitgebroede kuikens vertoonden minder zacht verenpikken en hadden een voorkeur voor pikken naar onbekende soortgenoten. De auteurs geven aan dat verenpikken in de vroege opfok een normaal sociaal gedrag is, maar geven tevens aan dat het aan te raden is om leghennen in het donker uit te broeden, als ze onder commerciële omstandigheden gehouden gaan worden, waar verenpikken een probleem is.

---

## 5 Technische ontwikkelingen verlichting

In paragraaf 2.4 is een overzicht gegeven van de verschillende verlichtingssystemen met enkele technische specificaties. Afhankelijk van de diercategorie worden bepaalde lamptypen toegepast. Daarnaast zijn er ontwikkelingen (geweest) bij de verlichtingssystemen, ingegeven vanuit vragen vanuit de praktijk. Die ontwikkelingen zijn of gebaseerd op de wens om te besparen op energieverbruik (en kosten), of op verbetering technische resultaten of vanwege gedrag (pikkerij, voorkomen van buitennesteieren). Op basis van gesprekken met leveranciers (zie bijlage voor lijst met contacten) van verlichtingssystemen en installateurs komen we tot de volgende ontwikkelingen per lamptype.

### 5.1 Gloeilampen

Vanwege het hoge energieverbruik worden gloeilampen niet meer toegepast. In het begin van de ontwikkeling van de voliëresystemen werd de slangenverlichting nog gebruikt om buitennesteieren in het strooisel onder de stellingen te voorkomen. Vanwege problemen met kortsluiting en oververhitting zijn ze nu vervangen door LED's.

Een andere vorm waarin de gloeilamp nog wordt gebruikt is die van de blauwe vanglamp. De tijdsduur dat deze aan staat is zo beperkt dat het energieverbruik relatief laag is. Toch zal ook deze lamp op termijn vervangen worden door energiezuinige zoals een LED.

### 5.2 Lagedrukgasontladingslampen (TL-verlichting)

In het kader van energiebesparing en vanwege het feit dat kippen de flikkering van een lamp van 50Hz kunnen waarnemen, is de Hoog Frequent TL-buis (HF-TL) in de pluimveehouderij geïntroduceerd. Deze wordt in veel pluimveestallen nu als basis toegepast. Verdere ontwikkeling bij dit verlichtingssysteem is vooral het aanbieden van lampen met een breder spectrum. Termen die hierbij worden gebruikt zijn 'daglichtlampen' en 'vol spectrum'. Daarbij wordt ook wel aangegeven dat de lamp ook UV-licht uitstraalt. De verbreding van het spectrum wordt gerealiseerd via de coating aan de binnenzijde van de buizen. De kwaliteit hiervan bepaalt de mate waarin het spectrum ook op langere termijn aanwezig blijft.

Een andere ontwikkeling bij dit lamptype is de wijze van bevestigen. Voorheen werden de lampen vooral tegen het plafond of isolatiemateriaal aangebracht. Vanwege de wens om ook tussen en in de stellingen van voliërehuisvesting (en ook nog bij kooihuisvesting in de kooien) goede verlichting te hebben, worden de buizen regelmatig verticaal opgehangen. Ook bij vleeskuikens wordt deze wijze van ophangen regelmatig toegepast, met goede ervaringen.

De ervaringen met spaarlampen (zoals de PL-lamp) is dat deze in leghennenstallen geen lange levensduur hebben, omdat de dieren er mee in aanraking komen. Vanwege het (agressieve) milieu in een stal is het ook nodig om de lampen in een armatuur te plaatsen. Dit heeft tot gevolg dat de ontwikkelde warmte onvoldoende wordt afgevoerd, waardoor de lampen ook minder lang mee gaan dan in bijvoorbeeld een kantoor of huiskamer.

In leghennenstallen, en ook bij vleeskuikenunderdieren, zijn enige tijd PL-lampen met een rode kleur toegepast. Dit werd ingeschakeld als er pikkerij optrad. Door de rode kleur en mogelijk ook lagere lichtintensiteit kunnen leghennen minder goed kleuren onderscheiden en zien de wonden bij de hokgenoten niet meer.

---

## 5.3 Hogedrukgasontladingslampen

Dit type lamp is vooral toegepast vanwege het lage energieverbruik. Nadeel is dat om een goede lichtverdeling te krijgen de lampen hoog opgehangen moeten worden. In stallen met veel inrichting, zoals volières, geeft dit veel schaduwwerking. Daarom zijn ze vooral toegepast in vleeskuikenstallen waarbij ze in de nok worden opgehangen.

De eerste uitvoeringen konden ook niet worden gedimd. Dit is bij latere versies wel mogelijk. Ook is bij latere uitvoeringen de witte lichtkleur mogelijk geworden, in plaats van de meer geel/oranje.

Een nadeel van dit type lamp is verder dat het uitgezonden spectrum erg beperkt is, vooral van de geel/oranje versie. Hierdoor worden ze steeds minder toegepast.

## 5.4 LED

LED-verlichting is relatief nieuw in pluimveestallen. In het begin was de lichtopbrengst van een LED te laag om hiermee voldoende lichtsterkte te kunnen krijgen in een stal. Door de ontwikkeling van de LED's is dit probleem sterk afgenomen. Zowel de lichtopbrengst als het lumenbehoud van LED's nemen nog steeds toe, waardoor het toepassen van LED in de veehouderij gemakkelijker wordt. Voor elk type verlichtingsbron is er wel een vervangend LED-systeem beschikbaar.

Er zijn LED-buizen die toegepast kunnen worden in de bestaande armaturen voor TL-verlichting. Deze hebben in principe voldoende lichtopbrengst. Wel moet er voor worden gezorgd dat de buis goed wordt afgeschermd voor de agressieve stallucht. De LED's zijn weliswaar zeer robuust, maar de elektronica om de LED's aan te sturen wordt snel aangetast.

Door LED's die een rode, groene of blauwe kleur weergeven op een strip te monteren en de LED's aan te sturen kunnen verschillende kleuren worden nagebootst. In de praktijk is dit bekend onder de term RGB-LED. Door een witte LED toe te voegen kan ook worden gezorgd voor voldoende lichtsterkte, omdat deze van de RGB-LED's nog onvoldoende is. Met behulp van regelapparatuur kan zowel de kleur van het licht als de lichtsterkte op ieder moment worden aangepast, eventueel ook automatisch gedurende de dag. Daarnaast wordt gewerkt aan een ontwikkeling waarbij met één LED iedere kleur van het spectrum kan worden gemaakt. Deze twee ontwikkelingen maken het mogelijk om zowel in lichtsterkte als in spectrum te variëren en beide af te stemmen op de behoefte van dat moment. Het instellen van de verlichting (zowel kleur als sterkte) is daarbij nu gebaseerd op de ervaringen van pluimveehouders. De leveranciers geven aan hier zelf ook mee te experimenteren omdat hierover nog geen onderzoeksresultaten beschikbaar zijn.

Ook is er LED-verlichting die door middel van coatings een breed spectrum kunnen geven. Hierbij licht echter de samenstelling van het spectrum vast en kan niet worden aangepast. Afhankelijk van de coating kan hiermee (net als bij TL) het spectrum van het daglicht worden nagebootst.

Voor het inbrengen van UV-licht in het spectrum, worden speciale UV-LED's toegevoegd aan de armaturen.

Een nadeel van LED-verlichting is dat deze slechts een beperkte stralingshoek heeft van maximaal 120°. Om een gelijkmatige verdeling van het licht te krijgen moeten de lampen daarom of erg hoog worden opgehangen (wat negatief is voor de lichtsterkte op de vloer) of er moeten meer armaturen worden gemonteerd. Dit laatste maakt dat de investering in verhouding tot HF-TL veel hoger ligt. Deze extra investering moet dan worden goedgemaakt door de besparing op energieverbruik. Een oplossing hiervoor is dat twee strips onder een hoek aan elkaar worden gemaakt en dan in een heldere buis geplaatst. Een andere oplossing is het plaatsen van de LED's in armaturen met prismawerking om een bredere lichtverdeling te realiseren. Hierdoor wordt de stralingshoek wel groter, maar blijft de armatuur geen licht naar boven uitstralen. Een donkere ruimte boven in de stal kan mogelijk eerder schrikreacties geven.

---

## 5.5 Daglicht

Vanuit welzijn wordt gesteld dat pluimvee moet worden gehouden bij daglicht. Daarbij worden verschillende eisen gesteld. Dat kan een eis zijn aan de lichtsterkte, soms een minimaal oppervlak aan lichtdoorlatend materiaal. Ook de combinatie komt voor. De eis van minimale oppervlakte aan lichtdoorlatend materiaal is waarschijnlijk opgenomen om bij de (ver-)bouw van de stal zeker te zijn dat kan worden voldaan aan een eis van een minimale lichtsterkte. In de eisen voor scharreleieren was destijds bijvoorbeeld opgenomen dat bij een lichtsterkte van 1.200 lux buiten, binnen zowel op het strooisel als op het rooster een lichtsterkte van 10 lux moest zijn (Handboek Pluimveehouderij 1994). De vraag was hoe dit te realiseren in geval van nieuwbouw of verbouw. Daarom is later de eis van een minimale oppervlak aan daglicht opgenomen.

Om daglicht toe te laten in de stal kunnen ramen in de zijgevels, lichtdoorlatende platen in dak of nok of daglichtkokers worden toegepast. In eerste instantie werden veelal ramen van glas gebruikt. Nu zijn er diverse andere materialen beschikbaar. Veel toegepast zijn platen van polycarbonaat met meerdere lagen, waardoor ze ook een goede isolerende werking hebben. Ze zijn zowel in een heldere als in een matte uitvoering leverbaar. De platen laten nagenoeg het hele spectrum door, behalve UV. Daglichtkokers vangen het licht buiten op via een koepel op het dak. Via een koker die bekleed is met reflecterend materiaal wordt het naar binnen weerkaatst. Aan de binnenkant kan een spreidingsplaat zorgen voor het weer verspreiden van het licht om lichtvlekken op de vloer te voorkomen.

Bij toepassing van daglicht geldt dat hoe hoger het licht binnenkomt en hoe groter het oppervlak, hoe gelijkmatiger de lichtverdeling op de vloer is.

Daglicht kan geregeld worden met schuiven, lamellen, rol gordijnen en dergelijke. Deze kunnen met de hand of met een liermotor worden bediend. Er kan ook een luik of klep aan de buitenkant worden aangebracht die aan de bovenkant scharniert. Deze klep schermt direct zonlicht af en kan geïsoleerd worden. In de periodes waarin de lichtsterkte via de daglichtvoorzieningen voldoende is, kan het kunstlicht automatisch uitgeschakeld worden (Reuvekamp en Van Niekerk, 2010a).

Om voldoende licht, zowel wat betreft lichtsterkte als tijdsduur, in een stal te hebben is naast daglicht ook altijd kunstlicht nodig. Het gebruiken van daglicht geeft dan nog wel een besparing op het energieverbruik. In combinatie met LED-verlichting is de energiebesparing niet voldoende om de extra investering in de daglichttoetreding binnen redelijk korte termijn terug te verdienen.

## 5.6 Verlichting in relatie tot diergedrag

In de gesprekken met de leveranciers en installateurs van verlichtingssystemen is steeds ook gevraagd naar de effecten van de verlichting op diergedrag en meer specifiek op pikkerij. Doorgaans komt hieruit naar voren dat ter voorkoming van pikkerij in het verleden vooral hoog-frequente TL geïnstalleerd zijn. De recente ontwikkelingen op het gebied van LED passen binnen dit verhaal, omdat LED geen flickerfrequentie heeft. Behalve flickerfrequentie wordt de kleurtemperatuur van het licht genoemd als belangrijk aspect, maar een duidelijke richtlijn of advies heeft men niet. Men neigt naar verlichting met een wat koelere kleurtemperatuur, omdat dit het daglicht meer benadert. Door het positieve imago van daglicht, worden meer verlichtingssystemen geïnstalleerd, die dit qua spectrum benaderen. Deze zogenaamde volspectrum lampen hebben een breed spectrum, waarin echter UV ontbreekt. Of deze verlichting daadwerkelijk helpt om pikkerij tegen te gaan is onvoldoende gedocumenteerd, maar voor zover nagegaan kan worden op de anekdotische berichtgeving zijn de resultaten niet eenduidig. Fabrikanten en installateurs gaan echter uit van een beter welzijn bij verlichting die het daglicht benadert. Tenslotte is bekend dat UV licht kan helpen om pikkerij tegen te gaan. Tot nu toe werden UV-lampen nog slechts sporadisch gebruikt en kwam UV vooral vanuit daglicht. De recente ontwikkelingen op het gebied van LED maken het makkelijker om alle gewenste delen van het spectrum, inclusief UV, in kunstverlichting in te bouwen. Softwarematig kan de kleur desgewenst over de dag variëren. Of dit ook daadwerkelijk een beter welzijn oplevert is niet bekend. Fabrikanten leggen deze vraag terug bij het onderzoek en zijn duidelijk: "geef maar aan wat de kip nodig heeft en wij maken het"

---

## 6 Conclusies

Met betrekking tot licht en het gezichtsvermogen van de kip kan het volgende geconcludeerd worden.

- Er is veel bekend over het functioneren van het oog van legkippen en wat dit betekent voor hun zicht. Er is daardoor vrij goed aan te geven wat een kip wel en niet ziet en hoe ze de dingen waarneemt.
- Ten aanzien van de voorkeur van leghennen voor bepaalde verlichting, lichtniveaus, kleuren of spectra is minder bekend. Duidelijk is dat rood licht vooral van belang is voor de eiproductie. Groen en blauw licht stimuleren de groei, waarbij vooral blauw licht een rustgevend effect heeft. Voor hun exploratief gedrag hebben hennen een voorkeur voor licht, waarin UV aanwezig is. Warmere lichtsoorten zijn vooral geschikt voor leggende dieren, koelere lichtsoorten zijn meer geschikt voor groeiende dieren. Voor leghennen wordt maximaal 2700K geadviseerd en in vleeskuikenstallen 3000-500K.

Met betrekking tot verlichtingssystemen is de huidige stand van zaken als volgt:

- De zeer snelle technologische ontwikkelingen op het gebied van verlichtingssystemen van de afgelopen jaren hebben ertoe geleid dat LED-verlichting een lichtbron is die zeer goed toepasbaar is in stallen en steeds meer aan populariteit wint.
- LED is een duurzame lichtbron, die zich bij uitstek leent voor toepassing in voliëresystemen. Een aandachtspunt is wel de duurzaamheid van de schakelapparatuur. Deze is niet altijd bestand tegen de temperatuurs-, vocht- en ammoniakinvloeden in de stal.
- Door de relatief nog wat lagere lichtopbrengst van LED's zijn meer lampen en armaturen nodig, waardoor de investering hoger is dan bij HF-TL. Deze extra investering wordt niet altijd goed gemaakt door het lagere energieverbruik.
- De samenstelling van het LED-licht kan variëren. Sommige fabrikanten leveren vol spectrum, andere combineren rode, groene en blauwe LED's tot een wit licht.
- Wat spectrum en lichtopbrengst betreft kunnen fabrikanten aan alle wensen voldoen. Niet alleen kan het gewenste spectrum (inclusief desgewenst UV) geleverd worden, maar er kan ook regelapparatuur geleverd worden, waarmee het spectrum over de dag kan variëren.
- Zowel fabrikanten als experts hebben geen antwoord op de vraag of deze sterke regelbaarheid noodzakelijk c.q. gewenst is vanuit welzijns- of productieoogpunt, omdat kennis over de reactie van de kip op de verschillende verlichtingen nog niet of nauwelijks beschikbaar is.

Concluderend kan gesteld worden dat er behoefte is aan meer kennis over de perceptie van de kip van de verschillende spectra, de impact die dit heeft op dierenwelzijn en de effecten die de verschillende verlichtingssystemen hebben op de technische resultaten.



---

# Literatuur

- Assaf, W., I. Mohra, and Y. Hashem. 2015. Effect of light color on some of performance indices of hybrid cup 500-broilers. *International Journal of Poultry Science* 14 (2): 100-102.
- Barber, C. L., N. B. Prescott, J. R. Jarvis, C. L. Sueur, G. C. Perry, and C. M. Wathes. 2006. Comparative study of the photopic spectral sensitivity of domestic ducks (*Anas platyrhynchos domesticus*), turkeys (*Meleagris gallopavo gallopavo*) and humans. *British Poultry Science* 47 (3): 365-374. <http://dx.doi.org/10.1080/00071660600753870>.
- Barber, C. L., N. B. Prescott, C. M. Wathes, C. Le Sueur, and G. C. Perry. 2004. Preferences of growing ducklings and turkey poults for illuminance. *Animal Welfare* 13 (2): 211-224.
- Baxter, M., N. Joseph, V. R. Osborne, and G. Y. Bédécarrats. 2014. Red light is necessary to activate the reproductive axis in chickens independently of the retina of the eye. *Poultry Science* 93 (5): 1289-1297. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2013-03799>.
- Bédécarrats, G. Y. 2015. Control of the reproductive axis: Balancing act between stimulatory and inhibitory inputs. *Poultry Science* 94 (4): 810-815. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/peu042>.
- Bestman, M., P. Koene, and J. P. Wagenaar. 2009. Influence of farm factors on the occurrence of feather pecking in organic reared hens and their predictability for feather pecking in the laying period. *Applied Animal Behaviour Science* 121 (2): 120-125. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2009.09.007>.
- Biewenga, G., A. Winkel (2003). Licht nader belicht: effect van licht op dierprestaties en gedrag van melkvee [Shedding more light on light: the effects of light on the performance and behaviour of dairy cattle; in Dutch, with English summary]. *PraktijkRapport Rundvee* 34. Lelystad, the Netherlands: Wageningen UR, Praktijkonderzoek Veehouderij. 35 pag. Online beschikbaar op: <http://edepot.wur.nl/34273>.
- Bowmaker, J. K. 2008. Evolution of vertebrate visual pigments. *Vision Research* 48 (20): 2022-2041. <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2008.03.025>.
- Bright, A. 2007. Plumage colour and feather pecking in laying hens, a chicken perspective? *British Poultry Science* 48 (3): 253-263. <http://dx.doi.org/10.1080/00071660701370483>.
- Davis, N. J., N. B. Prescott, C. J. Savory, and C. M. Wathes. 1999. Preferences of Growing Fowls for Different Light Intensities in Relation to Age, Strain And Behaviour. *Animal Welfare* 8 (3): 193-203.
- Drake, K. A., C. A. Donnelly, and M. S. Dawkins. 2010. Influence of rearing and lay risk factors on propensity for feather damage in laying hens. *British Poultry Science* 51 (6): 725-733. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2010.528751>.
- Ellen, H.H., R. van Emous, J.W. Kruit (2007). Kunstlicht in de pluimveehouderij [Artificial light in poultry; in Dutch, with English summary]. Lelystad, the Netherlands: Wageningen UR, Animal Sciences Group. Juli 2007. 32 pag. Online beschikbaar op: <http://edepot.wur.nl/29798>.
- Foss, D. C., L. B. Carew, and E. L. Arnold. 1972. Physiological Development of Cockerels as Influenced by Selected Wavelengths of Environmental Light. *Poultry Science* 51 (6): 1922-1927. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.0511922>.
- Gill, D. J., and A. T. Leighton. 1984. Effects of Light Environment and Population Density on Growth Performance of Male Turkeys. *Poultry Science* 63 (7): 1314-1321. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.0631314>.
- Gongruttananun, N. 2011. Influence of red light on reproductive performance, eggshell ultrastructure, and eye morphology in Thai-native hens. *Poultry Science* 90 (12): 2855-2863. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01652>.
- Gunnarsson, S., M. Heikkila, J. Hultgren, and A. Valros. 2008. A note on light preference in layer pullets reared in incandescent or natural light. *Applied Animal Behaviour Science* 112 (3-4): 395-399. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2007.09.004>.
- Hart, N. S., J. C. Partridge, and I. C. Cuthill. 1999. Visual pigments, cone oil droplets, ocular media and predicted spectral sensitivity in the domestic turkey (*Meleagris gallopavo*). *Vision Research* 39 (20): 3321-3328. [http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0042-6989\(99\)00071-1](http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0042-6989(99)00071-1).
- Hassan, M. R., S. Sultana, H. S. Choe, and K. S. Ryu. 2013. Effect of monochromatic and combined light colour on performance, blood parameters, ovarian morphology and reproductive hormones in laying hens. 2013 12 (3). <http://dx.doi.org/10.4081/ijas.2013.2859>.
- Huber-Eicher, B., A. Suter, and P. Spring-Stähli. 2013. Effects of colored light-emitting diode illumination on behavior and performance of laying hens. *Poultry Science* 92 (4): 869-873. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2012-02679>.

- Hunt, D. M., L. S. Carvalho, J. A. Cowing, and W. L. Davies. 2009. Evolution and Spectral Tuning of Visual Pigments in Birds and Mammals. *Philosophical Transactions: Biological Sciences* 364 (1531): 2941-2955. <http://dx.doi.org/10.2307/40486063>.
- Hy-Line (2015). Basic Rules for Lighting Programs; Guidelines for growing period. Hy-Line Red Book, an Online Management Guide. <http://www.hyline.com/asp/redbook/redbook.aspx?s=4&p=23>
- Kim, M. J., R. Parvin, M. M. H. Mushtaq, J. Hwangbo, J. H. Kim, J. C. Na, D. W. Kim, et al. 2013. Growth performance and hematological traits of broiler chickens reared under assorted monochromatic light sources. *Poultry Science* 92 (6): 1461-1466. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2012-02945>.
- Kjaer, J. B., and K. S. Vestergaard. 1999. Development of feather pecking in relation to light intensity. *Applied Animal Behaviour Science* 62 (2-3): 243-254. [http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1591\(98\)00217-2](http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1591(98)00217-2).
- Levenick, C. and A. Leighton, 1988. Effects of photoperiod and filtered light on growth, reproduction, and mating behavior of turkeys. 1. Growth performance of two lines of males and females. *Poultry science* 67(11): p. 1505-1513.
- Lewis, P. D., and T. R. Morris. 2000. Poultry and coloured light. *World's Poultry Science Journal* 56 (03): 189-207. <http://dx.doi.org/doi:10.1079/WPS20000015>.
- Lewis, P., and T. Morris. 2006. Poultry lighting: the theory and practice. Andover: Northcot. ISBN 0955210402. 168 pag.
- Lewis, P. D., G. C. Perry, and T. R. Morris. 2000. Ultraviolet radiation and laying pullets. *British Poultry Science* 41 (2): 131-135. <http://dx.doi.org/10.1080/713654916>.
- Li, T., D. Troilo, A. Glasser, and H. C. Howland. 1995. Constant light produces severe corneal flattening and hyperopia in chickens. *Vision Research* 35 (9): 1203-1209. [http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0042-6989\(94\)00231-A](http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0042-6989(94)00231-A).
- Lisney, T. J., B. Ekesten, R. Tauson, O. Håstad, and A. Ödeen. 2012. Using electroretinograms to assess flicker fusion frequency in domestic hens *Gallus gallus domesticus*. *Vision Research* 62 (0): 125-133. <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2012.04.002>.
- Lisney, T. J., D. Rubene, J. Rozsa, H. Lovlie, O. Hastad, and A. Odeen. 2011. Behavioural assessment of flicker fusion frequency in chicken *Gallus gallus domesticus*. *Vision Research* 51 (12): 1324-1332. <http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2011.04.009>.
- Maddocks, S. A., I. C. Cuthill, A. R. Goldsmith, and C. M. Sherwin. 2001. Behavioural and physiological effects of absence of ultraviolet wavelengths for domestic chicks. *Animal Behaviour* 62: 1013-1019. <http://dx.doi.org/10.1006/anbe.2001.1842>.
- Mendes, A. S., S. J. Paixão, R. Restelatto, G. M. Morello, D. Jorge de Moura, and J. C. Possenti. 2013. Performance and preference of broiler chickens exposed to different lighting sources. *The Journal of Applied Poultry Research* 22 (1): 62-70. <http://dx.doi.org/10.3382/japr.2012-00580>.
- Miklósi, Á., Z. Gonda, D. Osorio, and A. Farzin. 2002. The effects of the visual environment on responses to colour by domestic chicks. *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology* 188 (2): 135-140. <http://dx.doi.org/10.1007/s00359-002-0284-z>.
- Mohammed, H. H., M. A. Grashorn, and W. Bessei. 2010. The effects of lighting conditions on the behaviour of laying hens. *Archiv Fur Geflugelkunde* 74 (3): 197-202.
- Moinard, C., and C. M. Sherwin. 1999. Turkeys prefer fluorescent light with supplementary ultraviolet radiation. *Applied Animal Behaviour Science* 64 (4): 261-267. [http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1591\(99\)00043-X](http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00043-X).
- Molenaar, J.G. de, (2003). Lichtbelasting. Overzicht van de effecten op mens en dier. Wageningen, the Netherlands: Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 778. 72 pag. Online beschikbaar op: <http://edepot.wur.nl/17347>.
- Nathan S. Hart, and David M. Hunt. 2007. Avian Visual Pigments: Characteristics, Spectral Tuning, and Evolution. *The American Naturalist* 169 (S1): S7-S26. <http://dx.doi.org/10.1086/510141>.
- O'Connor, E. A., M. O. Parker, E. L. Davey, H. Grist, R. C. Owen, B. Szladovits, T. G. M. Demmers, C. M. Wathes, and S. M. Abeyesinghe. 2011. Effect of low light and high noise on behavioural activity, physiological indicators of stress and production in laying hens. *British Poultry Science* 52 (6): 666-674. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2011.639342>.
- Olanrewaju, H. A., J. L. Purswell, W. R. Maslin, S. D. Collier, and S. L. Branton. 2015. Effects of color temperatures (kelvin) of LED bulbs on growth performance, carcass characteristics, and ocular development indices of broilers grown to heavy weights. *Poult Sci* 94 (3): 338-44. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/peu082>.
- Prayitno, D., C. Phillips, and H. Omed. 1997. The effects of color of lighting on the behavior and production of meat chickens. *Poultry Science* 76 (3): 452-457. <http://dx.doi.org/10.1093/ps/76.3.452>.

- Prayitno, D., C. Phillips, and D. Stokes. 1997. The effects of color and intensity of light on behavior and leg disorders in broiler chickens. *Poultry Science* 76 (12): 1674-1681. <http://dx.doi.org/10.1093/ps/76.12.1674>.
- Prescott, N. B., J. R. Jarvis, and C. M. Wathes. 2004. "Vision in the laying hen." In *Welfare of the Laying Hen*, edited by G. Perry, Vol.27: 155-164. Cambridge: Poultry Science Symposium Series, Cabi Publishing.
- Prescott, N. B., and C. M. Wathes. 2002. Preference and motivation of laying hens to eat under different illuminances and the effect of illuminance on eating behaviour. *British Poultry Science* 43 (2): 190-195. <http://dx.doi.org/10.1080/00071660120121382>.
- Prescott, N. B., C. M. Wathes, and J. R. Jarvis. 2003. Light, vision and the welfare of poultry. *Animal Welfare* 12 (2): 269-288.
- Reuvekamp, B. F. J., and T. G. C. M. v. Niekerk. 2010a. Daglichtmanagement bij (opfok)leghennen. Wageningen, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research. Livestock Research Report 387. 61 blz.
- Reuvekamp, B. F. J., and T. G. C. M. v. Niekerk. 2010b. Cruciale rol voor UV. *Pluimveehouderij*, 15 oktober 2010, 26-27.
- Riber, A. B. 2015. Effects of color of light on preferences, performance, and welfare in broilers. *Poultry Science* 94 (8): 1767-1775. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pev174>.
- Riedstra, B., and T. G. G. Groothuis. 2004. Prenatal light exposure affects early feather-pecking behaviour in the domestic chick. *Animal Behaviour* 67: 1037-1042. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2003.10.009>.
- Rozenboim, I., I. Biran, Y. Chaiseha, S. Yahav, A. Rosenstrauch, D. Sklan, and O. Halevy. 2004. The effect of a green and blue monochromatic light combination on broiler growth and development. *Poultry Science* 83 (5): 842-845. <http://dx.doi.org/10.1093/ps/83.5.842>.
- Rubene, D., O. Håstad, R. Tauson, H. Wall, and A. Ödeen. 2010. The presence of UV wavelengths improves the temporal resolution of the avian visual system. *The Journal of Experimental Biology* 213 (19): 3357-3363. <http://dx.doi.org/10.1242/jeb.042424>.
- Ruis, M. A. W., B. F. J. Reuvekamp, H. Gunnink, and G. Binnendijk. 2010. The effect of optimized lighting conditions on feather pecking and production of laying hens. Wageningen UR Livestock Research.
- Schotman, T. (2014). Leghennen langer aanhouden begint in de opfok. *Pluimveeweb.nl* 20 juli 2014. <http://www.pluimveeweb.nl/artikelen/2014/06/leghennen-langer-aanhouden-begint-in-de-opfok/>
- Semon, K, 2014. Advancements in lighting technology. *World Poultry magazine* no. 8 - 2014. <http://www.worldpoultry.net/Broilers/Housing/2015/2/Advancements-in-lighting-technology-1597872W/>
- Sherwin, C. M. 1998. Light intensity preferences of domestic male turkeys. *Applied Animal Behaviour Science* 58 (1-2): 121-130. [http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1591\(97\)00138-X](http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1591(97)00138-X).
- Sherwin, C. M., and C. L. Devereux. 1999. Preliminary investigations of ultraviolet-induced markings on domestic turkey chicks and a possible role in injurious pecking. *British Poultry Science* 40 (4): 429-433. <http://dx.doi.org/10.1080/00071669987151>.
- Stone, R. A., T. Lin, D. Desai, and C. Capehart. 1995. Photoperiod, early post-natal eye growth, and visual deprivation. *Vision Research* 35 (9): 1195-1202. [http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0042-6989\(94\)00232-B](http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0042-6989(94)00232-B).
- Thiele, H. H., and R. Pottguter. 2008. Management recommendations for laying hens in deep litter, perchery and free range systems. *Lohmann Information* 43 (1): 53-63.
- Van Niekerk, T.G.C.M. (2011). Licht en verlichting bij pluimvee. PowerPoint document. Wageningen, the Netherlands: Wageningen UR Livestock Research. 46 dia's.
- Wabeck, C. J., and W. C. Skoglund. 1974. Influence of Radiant Energy from Fluorescent Light Sources on Growth, Mortality, and Feed Conversion of Broilers. *Poultry Science* 53 (6): 2055-2059. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.0532055>.
- Watkins, S. 2013. Alternative Lighting for Breeders. Presentation. University of Arkansas System's Division of Agriculture Center of Excellence for Poultry Science, Fayetteville, AR.
- Winkel, A., H.H. Ellen, G.L.A.M. Swinkels (2014). Energiebesparende verlichting in de stal. *V-focus* 11(1): 32-33. Online beschikbaar op: <http://edepot.wur.nl/292180>.
- Yousaf, M., and A. S. Chaudhry. 2008. History, changing scenarios and future strategies to induce moulting in laying hens. *Worlds Poultry Science Journal* 64 (1): 65-75. <http://dx.doi.org/10.1017/s0043933907001729>.

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



---

Wageningen UR Livestock Research  
Postbus 338  
6700 AH Wageningen  
T 0317 48 39 53  
E [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl)  
[www.wageningenUR.nl/livestockresearch](http://www.wageningenUR.nl/livestockresearch)

---

Wageningen UR Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

