

## Faktoren mit Einfluß auf die Pigmentierung

Von Dr. Maria Seemann (Cuxhaven)

### Einleitung

Wußten Sie, daß über 90% der Sinneswahrnehmungen des Menschen über das Auge erfaßt werden?

Auch bei anderen Spezies sind visuelle Reize von Bedeutung. Dies trifft besonders auf die Hühnervögel zu und hängt wahrscheinlich damit zusammen, daß andere Sinne hier weniger gut entwickelt sind. So spielen geruchliche und geschmackliche Reize beim Vogel - anders als bei den Säugetieren - bekanntlich nur eine untergeordnete Rolle.

Nicht ohne Grund hat es die Natur deshalb wohl so eingerichtet, daß gerade Hühnervögel mit einem prächtigen Gefieder und auffällig gefärbten Körperanhängen ausgestattet sind. Beim Hahn sollen das farbenfrohe Federkleid und der leuchtend rote Kamm mögliche Rivalen um die Gunst der Hennen schrecken und gleichzeitig Aufmerksamkeit beim anderen Geschlecht erregen. Farben dienen hier also im weiteren Sinne der Fortpflanzung.

Beim Menschen sind Farben in diesem Zusammenhang von untergeordneter Bedeutung. Bei der Nahrungswahl allerdings wird Farbe und Aussehen ein hoher Stellenwert zugeschrieben. Diese beiden Parameter sind entscheidend für die Qualitätsbeurteilung von Lebensmitteln. Die Bedeutung der Farbe ist schon daraus zu ersehen, daß kaum ein industriell weiter verarbeitetes Produkt ohne Zusatz von Farbstoffen hergestellt wird.

Auch bei der Vermarktung von Geflügelprodukten ist Aussehen und Farbe von zentraler Bedeutung für die Beurteilung der Qualität. Ein Ei mit einem Dotter ohne die ausreichende Portion an Carotinoiden wird vom Verbraucher als minderwertig eingestuft. In Gegenden, wo traditionell viel Mais angebaut wird, ist ein Hähnchen mit weißer Hautfarbe kaum zu vermarkten. Selbst beim Kauf von Junghennen wird die gelbe Farbe von Ständer und Schnabel als Qualitätskriterium herangezogen.

In den nun folgenden Ausführungen soll auf Faktoren eingegangen werden, die die Pigmentierung von Eidotter und Haut beeinflussen können.

Für die Färbung von Eidotter und Haut sowie Ständer, Schnabel, Kamm und teilweise Gefieder sind Carotinoide verantwortlich. Diese Stoffe kann das Geflügel nicht selbst bilden, sondern sie müssen über die Nahrung zugeführt werden.

### Carotinoidquelle

Carotinoide kommen in der Natur in vielen Rohstoffen vor, so auch in verschiedenen Komponenten des Geflügelfutters. Daher ist als erster entscheidender Einflußfaktor auf die Pigmentierung die Wahl der verwendeten Rohstoffe im Geflügelfutter zu nennen.

So bewirken Mais, Weizen oder Gerste als "Hauptkomponente" im Futter eindeutige Unterschiede in der Eidotterfärbung, wie Tabelle 1 zeigt. Die visuelle Farbbeurteilung wurde hier mit Hilfe des Farbfächers von Hofmann La Roche vorgenommen. Das maishaltige Futter führte zu einem Fächerwert von gut 10, wohingegen Weizen und Gerste extrem blasse Dotter mit dem Skalenwert 4 ergaben. Grund für diese Differenzen sind selbstverständlich die

unterschiedlichen Carotinoidgehalte in den verwendeten Rohstoffen.

**Tabelle 1: Einfluß der Getreideart auf verschiedene Eiparameter**

Hauptgetreideart	Eigewicht (g)	Schalengewicht (g)	Haugh Einheiten	HLR Fächerwert
Mais	62,3	5,57	72,7	10,2
Weizen	61,5	5,46	75,3	4,0
Gerste	62,6	5,68	76,1	3,8

nach Leeson und Summers (1997)

### Carotinoidgehalt von Komponenten

In der folgenden Aufstellung (Tab. 2) sind die im wesentlichen eingesetzten Einzelkomponenten verzeichnet. Die bedeutendste Carotinoidquelle für Legehennen- und Mastgeflügelfutter ist sicherlich Mais mit seinen Nachprodukten. Besonders hohe Farbwerte finden sich in den eiweißreichen Maisnachprodukten, die sich durch einen hohen Schalenanteil auszeichnen. Daneben kommen auch Grünmehle von Luzerne und Gras zum Einsatz. Aus Literatur und Praxis ist weiterhin bekannt, daß auch bestimmte Herkünfte von Erbsen und von Raps Farbstoffe liefern können. Wegen der Riecheierproblematik sollte Raps allerdings bei Braunlegern generell nicht zum Einsatz kommen.

**Tabelle 2: Carotinoidgehalt verschiedener Einzelfuttermittel**

Carotinoid-Quelle	Durchschnittlicher Carotinoidgehalt (mg/kg)
Mais (US, F)	18
Mais (D)	15
Platamais	32
Maiskleber (20% XP)	20
Maisarin (23% XP)	40
Maiskleber (50% XP)	185
Concentra (60% XP)	250
Maiskeimschrot	8
Maisnachmehl	15
Maisfuttermehl	10
Luzernegrünmehl (17% XP)	180
Grasgrünmehl (14% XP)	140

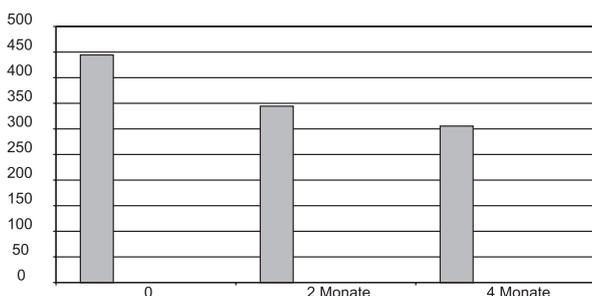
Bei der Futteroptimierung wird den vorgenannten Komponenten (mit Ausnahme von Raps und Erbsen) im Regelfall ein mittlerer Gehaltswert für die Carotinoide zugeordnet. Hierbei handelt es sich häufig um Tabellenwerte. In der Realität kann es jedoch große Abweichungen von diesen Werten geben, die auf Unterschiede bei den Sorten, Wachstumsbedingungen, Ernteverfahren, Erntezeitpunkt, Lagerdauer sowie Lagerbedingungen usw. zurückzuführen sind. Bei höheren Anteilen eines bestimmten Rohstoffes an

der Ration sollte deshalb zur Sicherheit der tatsächliche Carotinoidgehalt analytisch überprüft und ggf. in der Matrix geändert werden.

**Einfluß der Lagerung auf die Pigmentgehalte**

Carotinoide sind fettverwandte Substanzen und daher sehr oxidationsempfindlich. In Abhängigkeit von den Lagerbedingungen kommt es im Verlauf der Lagerung deshalb zwangsläufig zu Aktivitätsverlusten. In Abbildung 1 soll dies an einem Luzernekonzentrat dargestellt werden. Unmittelbar nach der Trocknung lag der Xanthophyllgehalt bei etwa 440 mg/kg. Nach 2 Monaten Lagerzeit war der Wert bereits um 23% auf 340 mg/kg abgefallen. Nach vier Monaten war ein Pigmentverlust von 30% zu verzeichnen. Bei einer Lagerzeit von bis zu 12 Monaten für Mais, Maisnachprodukte und Grünmehle ist eine Reduzierung der Ausgangswerte von weit unter 50% zu erwarten. Diese Aktivitätsverluste sollten bei der Rezepturgestaltung unbedingt berücksichtigt werden, um Reklamation, besonders beim Schlachtgeflügel, zu vermeiden.

**Abbildung 1: Xanthophyll Gehalt von Luzerne (mg/kg) im Verlauf der Lagerung**



**Hitzebehandlung**

Bei vielen Futterzusatzstoffen ist eine Abnahme der Gehaltswerte durch Hitzeeinwirkung während der Futterherstellung zu verzeichnen (Heißdampfpelletieren, Expandieren). Auch Carotinoide sind hitzeempfindlich. Daher sollte der erwartete Gehaltswert im Zweifelsfall analytisch überprüft werden.

**Farbstoffzusätze**

Bisher wurden nur die Rohstoffe als Farbstofflieferanten genannt. Soll allerdings die vom Verbraucher geforderte Eidotterfärbung realisiert werden, läßt sich das mit den üblicherweise verwendeten Komponenten nicht erreichen. Dies hängt mit der Farbwirkung der in den Rohstoffen enthaltenen Oxycarotinoide zusammen. Alle bisher erwähnten Rohstoffe enthalten überwiegend das rein Gelb färbende Lutein. Mais enthält darüber hinaus auch noch nennenswerte Anteile an Orange färbendem Zeaxanthin. Selbst bei hohen Einsatzraten im Futter läßt sich der Fächerwert kaum über 10 steigern. Für eine intensivere Dotterfarbe muß deshalb auf Farbstoffzusätze zurückgegriffen werden.

Ähnliches gilt für die Hautpigmentierung. Der für einen ausreichenden Gelbgrad der Epidermis geforderte hohe Carotinoidgehalt im Futter läßt sich alleine durch die üblichen Futterkomponenten nicht erfüllen. Gelbfarbstoffe und in

manchen Gegenden zusätzlich Rotfarbstoffe müssen supplementiert werden.

In der nächsten Tabelle sind die gebräuchlichen Farbstoffzusätze aufgelistet (Tab. 3). Soll die gelbe Färbung von Eidotter oder Haut intensiviert werden, kann alternativ auf das synthetische Apo-Ester oder auf standardisierte Tagetesprodukte zurückgegriffen werden. Für eine Intensivierung des Rottens stehen zwei synthetische Produkte - Canthaxanthin und Citranaxanthin - zur Verfügung. Als natürliche Alternative bieten sich hier standardisierte Paprikaprodukte an.

**Tabelle 3: Standardisierte Farbstoffzusätze synthetischen und natürlichen Ursprungs**

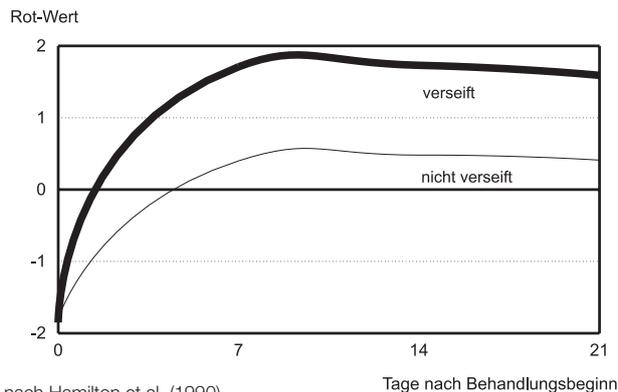
Quelle	Carotinoidgehalt (g/kg)
Carophyll Gelb (Apo-Ester)	100
Lucantin Gelb (Apo-Ester)	100
verschiedene Tagetesprodukte	12 - 25
Carophyll Rot (Canthaxanthin)	100
Lucantin Rot (Canthaxanthin)	100
Lucantin CX Forte (Citranaxanthin)	100
verschiedene Paprikaprodukte	5 - 10

Alle Farbstoffzusätze sollten im Hinblick auf die Gehaltswerte auf einen festen Wert standardisiert sein. Durch den Zusatz von Antioxidantien kann die Aktivität in der Regel für ein Jahr garantiert werden. Wegen der geringen Einsatzrate ist eine gleichmäßige Verteilung im Futter von außerordentlicher Bedeutung für eine gute Wirksamkeit. Bei Tagetes- und Paprikaprodukten ist die Wahl des richtigen Trägerstoffes außerdem mit entscheidend für die Stabilität und die Verteilung im Futter.

**Verseifung**

Für die biologische Wirksamkeit der Farbstoffe aus pflanzlichen Pigmentträgern ist weiterhin von Bedeutung, ob sie in veresterter oder freier Form vorliegen. In der Natur liegen die Farbstoffe in Pflanzen fast ausschließlich an Fettsäuren gebunden als Ester vor. Um die Darmwand beim Geflügel passieren zu können, müssen Farbstoffmoleküle und Fettsäurenmoleküle getrennt werden. Dies geschieht über den Prozeß der Verseifung, der in mehr oder weniger starkem Umfang auch im Darmtrakt des Geflügels stattfindet. In vielen Versuchen zur Effektivität hat sich allerdings gezeigt, daß die Verabreichung bereits verseifter Farbstoffe Vorteile für die Pigmentierung bringt. Dies soll beispielhaft für Paprika gezeigt werden (Abb. 2).

Hamilton (1990) untersuchte die Einlagerung von veresterten und überwiegend verseiften Paprikafarbstoffen, wobei er die Rotfärbung der Eidotter photometrisch untersuchte. Die Verseifung scheint die Pigmenteinlagerung zu beschleunigen. Dies ist am steileren Anstieg der oberen Kurve für das verseifte Paprikaprodukt zu erkennen. Durch die Verseifung wird insgesamt ein intensiverer Rotton erreicht. Ursache hierfür ist die bessere Resorption der durch die Verseifung freigesetzten Paprikafarbstoffe. Eine Analyse des Pigmentgehaltes im Eidotter bestätigt dies. Von dem verseiften Farbstoff werden doppelt soviele Pigmente eingelagert (16% gegenüber 8%). Ähnliches gilt selbstverständlich auch für Tagetesfarbstoffe. Bei gleicher Einsatzrate bezogen auf

**Abbildung 2: Einfluß der Verseifung von Paprikafarbstoffen auf die Eidotterpigmentierung**

Farbstoffaktivität wird ein mit Fett verbundener Tagetesfarbstoff mit Sicherheit eine weniger intensive Hautfärbung beim Broiler erzeugen als ein verseiftes Produkt.

Für die Futtermittelpraxis bedeutet dies, daß bei der Wahl natürlicher Pigmentzusätze neben dem absoluten Pigmentwert auch der Verseifungsgrad von Bedeutung ist.

### Auswirkung von Fehlmischungen auf die Pigmentierung

Im Zusammenhang mit Farbstoffzusätzen können Fehlmischungen niemals vollkommen ausgeschlossen werden. Am Beispiel der Dotterpigmentierung sollen die Auswirkungen hier kurz erläutert werden. Die Henne legt zwar jeden Tag ein Ei, die Eidotterbildung ist jedoch ein langwieriger Prozeß, der 15 bis 21 Tage in Anspruch nimmt. Im Eierstock reifen gleichzeitig mehrere Dotterkugeln heran. Die Dottermasse wächst, indem außen immer wieder neue Schichten aufgelagert werden. Am hartgekochten Ei sind diese Schichtungen bei genauem Hinsehen als konzentrische Ringe zu erkennen. Änderungen im Farbstoffgehalt des Futters bzw. Fehlmischungen sind deshalb am hart gekochten Ei anhand von Farbabweichungen der konzentrischen Ringe besonders gut zu erkennen.

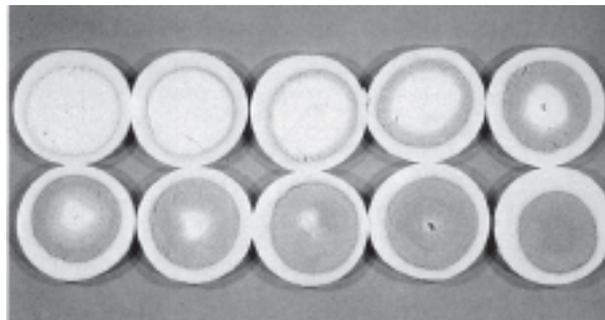
Dies ist auf der folgenden Abbildung sehr gut zu sehen (Abb. 3). Betrachten Sie bitte zuerst den oberen Teil. Hier erhielten Legehennen nach einer Depletionsphase ein Futter mit 20 ppm synthetischem Rotfarbstoff. Die Eier wurden täglich gesammelt. Bereits ab dem 2. Tag nach der Farbstoffzulage war eine Rotfärbung der außenliegenden Dotterschichten zu erkennen (hier sichtbar an der dunkleren Farbe). Ab dem 9. Tag nach Beginn der Farbstoffgabe scheint die Dotterkugel ganz durchgefärbt zu sein.

Entsprechend der Anlagerung der Carotinoide verläuft auch der Entzug der Farbkomponente. Jedoch ist ihre ringförmige Abnahme nicht so scharf abgegrenzt. Bei Absetzen des Rotfärbers erscheint die Dotterkugel durch außen angelagerte weniger oder nicht gefärbte Dottermasse bereits nach einigen Tagen blaß.

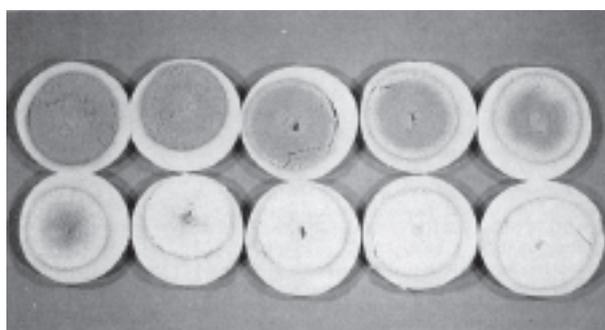
Aufgrund der dargestellten Tatsachen sollte eine Fehlmischung im Falle der Dotterpigmentierung bereits nach einigen Tagen zu sehen sein. Durch sofortigen Austausch des Futters kann der Schaden auf 6 bis 8 Tagesgelege eingegrenzt werden. Bei der Hautpigmentierung ist eine Fehlmischung leider nicht so schnell zu erkennen. Am lebenden Tier mag die Ständerfarbe als Hinweis für Farbabweichungen dienen.

**Abbildung 3: Eidotterfärbung im zeitlichen Verlauf**

- Schnitte von Eiern derselben Henne -



Futter ohne Carotinoidzulage



Hatzipanagiotou u. Hartfiel, 1984

Fehler durch Fehlmischungen die Farbe betreffend sind hier im Verlauf der Mast im Regelfall nicht vollständig zu kompensieren.

### Futteraufnahme

Einen ganz entscheidenden Einfluß auf die Pigmentierung hat die Futteraufnahme und damit die Carotinoideaufnahme.

Der **Energiegehalt der Ration** spielt insbesondere bei der Legehennen eine Rolle. Eine Anhebung des Energiegehaltes im Futter führt in der Regel zu einer Abnahme der Futteraufnahme. In solchen Fällen müssen alle relevanten Nähr- und Wirkstoffe (auch die Farbstoffe) entsprechend angepaßt werden.

Bei **höheren Umgebungstemperaturen**, wie wir sie im Sommer zu verzeichnen haben, ist ebenfalls mit einem Rückgang des Futtermittels zu rechnen. Hier kann durch entsprechende Maßnahmen (s.o.) gegengesteuert werden.

Voraussetzung für eine optimale Futteraufnahme ist eine gute **Futterstruktur**. Bei Legehennen führen insbesondere zu hohe Feinanteile zu einer Verzehrsdepression. Der Anteil von Partikeln unterhalb 0,5 mm sollte weniger als 19% betragen. Bedenken Sie, daß Farbstoffzusätzen sich unter diesen feinen Anteilen, die die Henne nicht sonderlich gerne mag, befinden, was zwangsläufig zu Problemen mit der Pigmentierung führen muß.

Beim Mastgeflügel ist auf eine gute **Pelletqualität** zu achten, damit die Tiere ausreichend Futter aufnehmen.

Wie bereits eingangs erwähnt, sind **Geschmacks- und Geruchssinn** beim Geflügel von untergeordneter Bedeutung. Ab einer bestimmten Schwelle sind allerdings auch

beim Geflügel Reaktionen zu verzeichnen. So z.B. bei Einsatz von Bitterstoffen - d.h. z.B. im Falle einer Medikierung. Ähnliches gilt beim Einsatz von Säuren. Je höher die Säurewirkung, desto stärker negativ ist der Effekt. Eine Abnahme in der Futtermittelaufnahme ist teilweise schon bei 0,5 bis 1,0% Säureeinsatz zu verzeichnen. Dies trifft besonders auf die Fumarsäure und ihre Salze zu (abnehmende Säurewirkung: Fumarsäure > Ameisensäure > Essigsäure > Propionsäure). Auch ranziges Fett kann zu einer Reduzierung der Futtermittelaufnahme führen.

Futter- und **Wasseraufnahme** stehen bekanntlich in engem Zusammenhang. Eine Einschränkung der Wasseraufnahme führt in der Regel auch zu einer Verringerung der Futtermittelaufnahme. Daher sollte man bei Futtermittelrückgängen immer auch die Tränkeeinrichtungen überprüfen (z.B. Wasserdruck).

Weiterhin können **Mykotoxine** (v.a. Vomitoxin) im Futter sowie **Aminosäuren** (Tryptophan) und **Aminosäureungleichgewichte** die Höhe der Futtermittelaufnahme beeinflussen.

**Weizenbeifütterung**

In den letzten Jahren ist beim Mastgeflügel eine zunehmende Tendenz zur Weizenbeifütterung zu verzeichnen. Grundvoraussetzung für das Gelingen der Weizenbeifütterung ist eine homogene Vermischung mit dem Ergänzungsfutter. Weiter ist darauf zu achten, daß es zu keiner Entmischung in den Fütterungseinrichtungen kommt.

Um eine optimale Hautfärbung zu erreichen, muß gewährleistet sein, daß die mit dem Futter aufgenommene Menge an Farbstoffen identisch ist mit der bei Alleinfütterung. Das heißt, der Weizen sollte nur zusammen mit einem Ergänzungsfutter verabreicht werden. Farbstoffe und auch andere Wirk- und Nährstoffe sind dabei in Abhängigkeit vom vorgesehenen Anteil an zugefüttertem Weizen entsprechend anzureichern. Allerdings kann es auch bei optimaler Zusammensetzung des Ergänzungsfutters zu einem uneinheitlichen Ergebnis bei der Hautfärbung (aber auch bei den Lebendgewichten und hinsichtlich der Verfettung) kommen. Man muß wissen, daß Geflügel besonders gerne ganze Weizenkörner aufnimmt. Hühnervögel sind darüber hinaus in der Lage, selektiv zu fressen. Wenn sie die Möglichkeit haben, werden Sie die in der Beliebtheit höher stehenden ganzen Weizenkörner dem (pelletierten) Ergänzungsfutter vorziehen. Dies kann insbesondere bei einer unzureichenden Freßplatzbreite zu Problemen führen, weil ein Teil der Tiere verstärkt Weizen aufnehmen wird, wohingegen die nachrückenden Hähnchen die "Reste" verzehren dürfen.

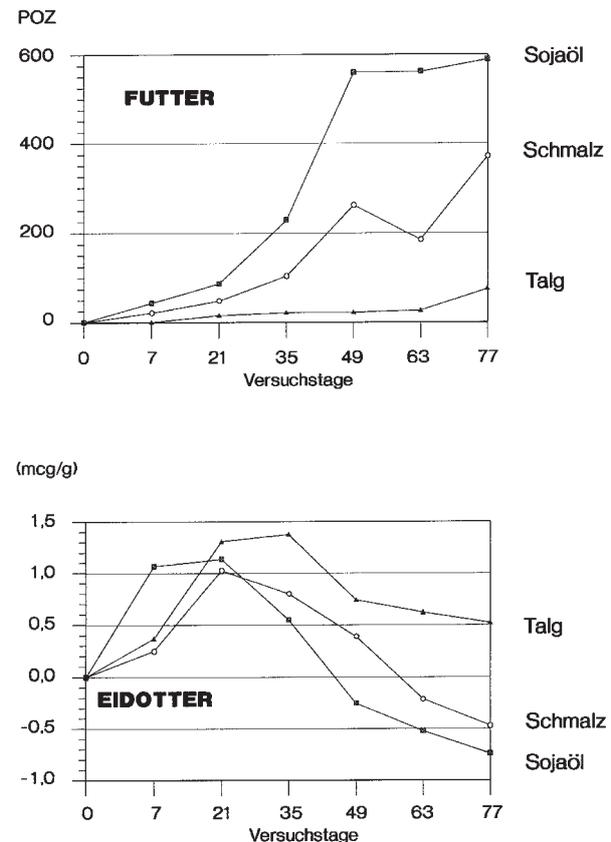
**Fett und Fettqualität**

Die Absorption fettlöslicher Carotinoide wird durch das im Futter enthaltene Fett beeinflusst. Sojaöl und Schmalz erhöhen die Carotinoiddeponierung im Ei linear bis zu einer Dosierung von 5%. Bei Verwendung von beispielsweise 6% Sojaöl im Futter konnte die Citranaxanthin-Dosierung im Vergleich zur Kontrolle ohne Ölzusatz von 6 ppm auf 4 ppm gesenkt werden, ohne daß sich Änderungen bei der Dotterfarbe ergaben. Der Einsatz langkettiger, mehrfach ungesättigter und kurzkettiger, gesättigter Fettsäuren wirkt sich besonders positiv auf die Carotinoideinlagerung aus. Die Verwendung langkettiger gesättigter Fettsäuren sollte dagegen vermieden werden. Die teils widersprüchlichen Ergebnisse beim Einsatz langkettiger mehrfach ungesättigter

Fettsäuren hängen mit der wesentlich höheren Oxidationsneigung dieser Fettsäuren zusammen. Oxidierte Fettsäuren reagieren im Futter und im Verdauungstrakt mit den Carotinoiden und zerstören diese. Infolgedessen werden weniger Farbstoffe in Dotter und Haut eingelagert.

Den Zusammenhang zwischen Fettqualität und Farbstoffeinlagerung belegt eine Arbeit von Oertel und Hartfiel (1981; vergl. Abb. 4). Der Peroxid-Wert im Futter stieg bei 77-tägiger Lagerung besonders bei Sojaöl und Schmalz an. Gegensätzlich dazu verlief der Canthaxanthin-gehalt der Eidotter - hier aufgetragen als Veränderung im Vergleich zum Anfangswert. Demnach bewirkt Sojaöl in den ersten beiden Versuchswochen einen schnellen und hohen Anstieg des Farbstoffs im Eidotter. Danach nimmt der Farbstoffgehalt im Dotter kontinuierlich ab - ganz besonders stark beim Sojaöl. Vor diesem Hintergrund sollte der Fettqualität im Geflügelfutter eine besondere Bedeutung beigemessen werden. Oxidierte Fette können die Einlagerung von Farbstoffen in ganz erheblichem Umfang reduzieren. Da Fettoxidation und Temperatur positiv korreliert sind, ist in den Sommermonaten ganz besondere Vorsicht geboten.

**Abbildung 4: Verlauf der Fettoxidation im Futter sowie der Canthaxanthin-Einlagerung im Eidotter bei verschiedenen Fettzulagen zum Futter**



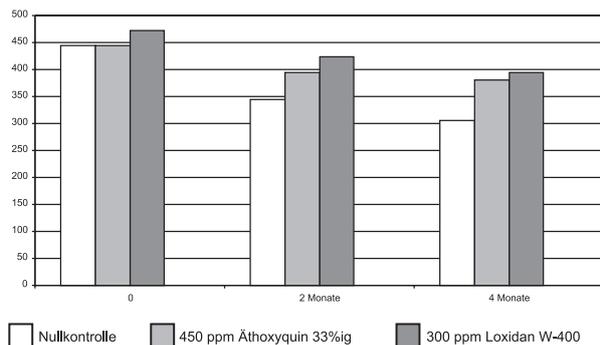
Oertel u. Hartfiel, 1981

**Antioxidantien**

In Zusammenhang mit Fettoxidation dürfen Antioxidantien nicht unerwähnt bleiben. Mit Hilfe von Antioxidantien werden Oxidationsprozesse bekanntlich unterbrochen. Die Fettqualität bleibt so länger gewahrt. Die nächste Abbildung 5 zeigt die Ergebnisse des Stabilitätstests mit dem Luzernkonzentrat, die bereits eingangs gezeigt wurden.

Neben der unbehandelten Kontrolle sind hier allerdings zwei weitere Behandlungen mit Zusatz von Äthoxyquin bzw. Loxidan direkt bei der Herstellung aufgeführt. Im Gegensatz zur negativen Kontrolle mit einem Pigmentverlust von mehr als 30% innerhalb von 4 Monaten Lagerdauer betrug die Abnahme bei Stabilisierung mit Äthoxyquin nur 14%, bei Zusatz von Loxidan sogar nur 10%.

**Abbildung 5: Einfluß von Antioxidantien auf den Xanthophyllgehalt von Luzerne (mg/kg) - Lagerdauer 4 Monate -**



Daß Antioxidantien ihre Schutzwirkung insbesondere auch im Verdauungstrakt ausüben, zeigt eine Arbeit von Harms, der Äthoxyquin über das Trinkwasser an Legehennen verabreichte (Tab. 4). Bei gleichbleibender Futtermittelaufnahme und unverändertem Farbspektrum im Eidotter - gemessen an der Wellenlänge - ergibt der Zusatz des Antioxidans über das Wasser eine signifikant intensivere Eidotterfärbung im Vergleich zu dem nicht behandelten Wasser. Technische Antioxidantien reagieren im Darm mit den Spaltprodukten der Fettoxidation und schützen so auch andere durch Fettoxidation gefährdete Futterzusatzstoffe.

**Tabelle 4: Einfluß von Äthoxyquin im Trinkwasser auf die Eidotterpigmentierung**

Äthoxyquin im Wasser (mg/ml)	Dotterfarbintensität "Excitation Purity"	Wellenlänge (nm)	Futtermittelverzehr (g/Tier/Tag)
0	84,38 <sup>a</sup>	578,3 <sup>a</sup>	98,4 <sup>a</sup>
2,2	86,17 <sup>b</sup>	578,4 <sup>a</sup>	99,5 <sup>a</sup>

nach Harms et al. (1984)

Neben den Carotinoiden ist hier vor allem auch das Vitamin E zu nennen. Vitamin E-Zusätze sind zwar während der Futterlagerung durch die Acetatform gegen Oxidation geschützt. Im Verdauungstrakt findet jedoch eine Spaltung statt - freies Tocopherol entsteht. Bei Anwesenheit oxidierter Fette im Darmtrakt reagiert das Tocopherol bereits hier als Antioxidans und verbraucht sich dabei. Infolgedessen kommt weniger Tocopherol über die Darmwand zur Resorption. Damit wird die wichtige Funktion des Tocopherols als biologisches Antioxidans im Organismus negativ beeinträchtigt. Im Extremfall kann es sogar zu Vitamin E-Mangelscheinungen kommen. Daneben ist mit negativen Effekten auf die Lagerstabilität von Geflügel und Geflügelprodukten zu rechnen.

**Vitamin E als natürliches Antioxidans**

Wie bereits bei der Fettqualität ausgeführt, fungieren auch die Tocopherole als Antioxidantien. Daher wirkt sich ihr Zusatz zum Futter ebenfalls positiv auf die Pigmentierung aus. Wenn auch meist ungewollt, können Tocopherole die Carotinoide bereits im Darm gegen Oxidation schützen. Erwünscht ist diese Schutzwirkung allerdings eher nach der Resorption.

**Calcium**

In der Literatur wird im Zusammenhang mit Eidotterpigmentierung immer wieder der Calciumgehalt im Futter erwähnt. Hohe Gehalte sollen sich negativ auf die Dotterfarbe auswirken. Bei einer Anhebung des Calciumgehaltes von 2,5% auf 3,5% im Legehennenfutter müssen für eine gleichbleibende Dotterfärbung 1,7 statt 1,0 ppm Citranaxanthin eingesetzt werden. Eine Erhöhung des Calciumgehaltes von 3% auf 4% führte in einem weiteren Versuch zu einem Abfall der Dotterfarbe um einen Skalenwert. In der Literatur finden sich auch Hinweise auf eine Reduzierung der Futtermittelaufnahme durch eine Anhebung des Calciumgehaltes in der Ration, was zwangsläufig eine geringere Carotinoidaufnahme zur Folge hätte. Der Calciumgehalt im Futter sollte daher nicht höher als unbedingt notwendig eingestellt werden.

**Vitamin A**

Kehren wir zurück zu den Vitaminen. Vitamin A in hohen Dosierungen stört die Resorption von Carotinoiden, weil beide um denselben Transportmechanismus konkurrieren. Vor einigen Jahren hat die Futtermittelindustrie diese Tatsache genutzt und ganz gezielt hohe Vitamin A Gehalte (bis 100.000 IE/kg) im Broilerfutter eingestellt. Auf diese Weise sollte trotz Verwendung hoher Maisanteile im Futter - der Mais war zu dieser Zeit sehr günstig - ein weißer Schlachtkörper erzeugt werden. Wegen der möglichen Gefahr durch überhöhte Vitamin A-Gehalte in Lebensmitteln tierischer Herkunft (Leber, Leberprodukte) hat der Gesetzgeber daraufhin Obergrenzen für Vitamin A in der Mast eingeführt.

Fehlansetzungen mit hohen Vitamin A-Gehalten - oder auch Vitaminstöße über das Trinkwasser verabreicht - können demzufolge Ursache für eine unzureichende Pigmentierung von Haut und Dotter sein. Wie die folgende Tabelle (Tab. 5) zeigt, ist bei einer 3-fachen Überdosierung - 36.000 IE gegenüber 12.000 IE Vitamin A/kg Futter ein Rückgang der Farbstoffkonzentration in Zehengewebe und Blutplasma um nahezu 50% zu verzeichnen. Der Gehalt in der Leber nimmt um etwa 30% ab, begleitet von einem deutlichen Anstieg der Vitamin A Konzentration.

**Tabelle 5: Einfluß von Vitamin A im Mastgeflügel auf die Schlachtkörperpigmentierung**

Parameter	12.000 IE Vitamin A/kg Futter	36.000 IE Vitamin A/kg Futter
Apo-Ester Konzentration in:		
Zehengewebe (µg/cm <sup>2</sup> )	1,20	0,68
Blutplasma (µg/ml)	9,8	5,4
Leber, frisch (µg/g)	16,7	12,1
Vit. A-Gehalt Leber, frisch (IE/g)*	552	1.490

\* Sammelprobe von 18 Lebern je Behandlung nach Hoppe (1988) (9 Wiederholungen mit je 10 männlichen Broilern pro Behandlung, Versuchsdauer 35 Tage)

**Leistungsförderer**

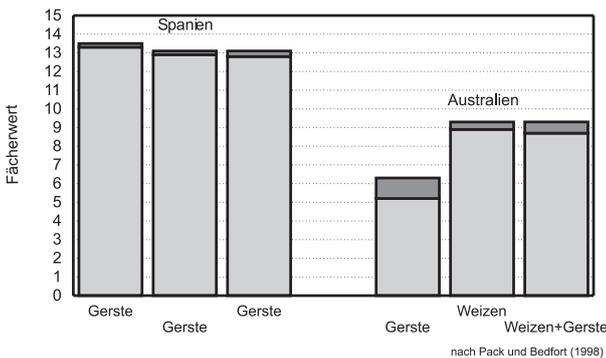
Zum Einfluß von Leistungsförderern auf die Pigmentierung gibt es unterschiedliche Ergebnisse. Bei einem Teil der Versuche wird über positive Effekte berichtet, während andere Versuche keinen Unterschied erkennen lassen. Einige Autoren vermuten, daß Leistungsförderer besonders in Situationen mit subklinisch ablaufenden Erkrankungen des Darmes die Resorption von Farbstoffen über eine positive Wirkung auf die Darmgesundheit verbessern könnten.

**Futterinhaltsstoffe mit ungünstiger Wirkung auf die Pigmentierung**

Aus der Literatur ist bekannt, daß die Gerste als Komponente im Geflügelfutter häufig einen negativen Effekt auf die Pigmentierung hat. Dies wird mit den darin enthaltenen **Nicht-Stärke-Polysacchariden** (Beta-Glucan) begründet, die eine höhere Viskosität des Darminhalts verursachen und damit die Verdauung und Resorption u.a. von Farbstoffen ungünstig beeinflussen können. Auch Weizen mit hohen Pentosan-Gehalten kann zu ähnlichen Effekten führen.

Wie in der nächsten Abbildung 6 zu sehen ist, führt der Zusatz von Enzymen (hier: Beta-Glucanase, Xylanase) zu einem positiven Effekt auf die Dotterfärbung. In dem in Spanien durchgeführten Versuch mit 68% Gerste war bei einem sehr hohen Ausgangsfächerwert eine Verbesserung von 0,2 Skalenwerten auf dem Roche-Fächer zu verbuchen. Bei deutlich niedrigerem Ausgangsfächerwert war der Effekt des Enzymzusatzes bei dem australischen Versuch stärker ausgeprägt. Dies betrifft insbesondere die Weizenration. Australischer Weizen zeichnet sich bekanntlich durch sehr hohe Anteile an löslichen Pentosanen aus.

**Abbildung 6: Einfluß von Enzymen auf die Eidotterfärbung**



**Mykotoxine** im Futter können sich ebenfalls ungünstig auf die Färbung von Dotter und Schlachtkörper auswirken. Hier sind besonders Ochratoxin, aber auch Aflatoxin und Fusari-entoxine zu benennen. Der Carotinoidstoffwechsel soll auf folgende Weise durch die Mycotoxine verändert werden:

- Verdünnung der Carotinoide im Darm
- reduzierte Aufnahme über die Darmwand
- reduzierter Transport im Serum
- veränderte Speicherung in der Leber und
- veränderte Ablagerung in den Geweben.

Da die vorgenannten Mykotoxine den Fetttransport generell hemmen, ist ein indirekter Einfluß auf die fettlöslichen Carotinoide vorstellbar. Ochratoxin und Aflatoxin können auch Ursache für vermehrte Fleisch- und Blutflecken in Eiern sowie Blutungen im Schlachtkörper sein. Durch Aflatoxin, aber auch durch das T2-Toxin (Quelle Mais) kann es zu intestinalen Resorptionsstörungen kommen. Über eine verminderte Lipase- und Gallenproduktion ist der Fettstoffwechsel besonders betroffen. Fett wird vermehrt über die Faeces ausgeschieden.

Der Vollständigkeit halber soll hier auf einen weiteren Futterinhaltsstoff mit negativer Auswirkung auf die Dotterfärbung verwiesen werden, und zwar auf Gossypol aus Baumwollsaat. Gossypol bildet im Dotter Komplexe mit Eisen, die zu unerwünschten grünlichen bis dunklen Flecken im Dotter führen.

**Gesundheit**

Einige Erkrankungen des Geflügels wirken sich besonders negativ auf die Pigmentierung von Dotter und Schlachtkörper aus. Vor allem beim Broiler, aber auch bei Legehennen in alternativen Haltungssystemen, kommen häufiger Coccidiosedurchbrüche vor. Auch eine leichte Coccidiose ohne offensichtliche Krankheitszeichen kann eine Verringerung der Hautpigmentierung verursachen. Entscheidend für die Auswirkungen auf die Farbgebung ist die für die Erkrankung ursächliche Coccidienart, die Schwere der Erkrankung sowie der betroffene Darmabschnitt. Coccidien, die sich im vorderen Dünndarm ansiedeln, haben wesentlich stärkere Auswirkungen auf die Pigmentierung als z.B. Blinddarmcoccidien.

Die folgende Tabelle zeigt den Effekt einer Infektion des Dünndarms mit Eimeria Acervulina. Bereits 3 Tage nach der Infektion sind die Gehaltswerte für Lutein und Canthaxanthin im Serum und in der Leber dramatisch abgefallen (Tab. 6). Fünf Tage nach der Infektion ist Canthaxanthin in Serum und Leber nur noch in Spuren vorhanden. Auch im Zehengewebe werden nur noch 30% des Ausgangswertes gefunden. Diese Zahlen belegen beeindruckend den Effekt einer Coccidiose auf die Pigmentierung.

**Tabelle 6: Einfluß einer Coccidien-Infektion (Eimeria Acervulina) auf den Carotinoidstoffwechsel von Mastgeflügel**

Behandlung	Nicht infiziert	3 d nach Infektion	4 d nach Infektion	5 d nach Infektion
Gehalt im Serum (µg/ml)				
Lutein	4,12a	2,57b	2,73b	1,73c
Canthaxanthin	2,38a	2,20a	0,21b	0,02b
Gehalt in der Leber (µg/g Frischgewicht)				
Lutein	6,03a	3,85b	3,70b	2,33c
Canthaxanthin	14,81a	6,51b	0,20c	0,31c
Gehalt im Zehengewebe (ng/cm²)				
Lutein	118a	106a	112a	102a
Canthaxanthin	31a	19b	6c	10c

Tiermaterial männliche Broiler nach Tyczkowski et al. (1991)  
Infektion am 15. Lebenstag mit Eimeria Acervulina (1.500.000 Sporen/Tier); pro Termin wurden 4 Tiere je Behandlung getötet und Serum, Leber sowie ein Ständer für die Xanthophyllbestimmung beprobt

Daneben gibt es noch eine Reihe anderer Erkrankungen, die direkte Auswirkungen auf die Pigmentierung zeigen. Dazu gehören generell Darmerkrankungen, ansteckender Hühnerschnupfen, Newcastle sowie Wurmbefall. Aber auch das bei der Legehennen bekannte Fettlebersyndrom kann zu Pigmentierungsstörungen führen. Abschließend zu diesem Unterpunkt kann festgestellt werden, daß eine gleichmäßige Färbung von Schlachtkörper und auch Eidotter als Indikator für Gesundheit und gute Hygienebedingungen in der Praxis angesehen werden kann.

**Coccidiostatica und Helminthika**

Von Nicarbacin und Piperazin ist bekannt, daß ihr Einsatz zur Fleckigkeit von Eidottern führen

**Haltungseinfluß**

Der in der Literatur häufig aufgeführte Einfluß von unterschiedlichen Haltungssystemen hängt überwiegend mit Unterschieden in der Futtermittelaufnahme und im Hygienestatus zusammen. Inwieweit der Hygienestatus des Stalles die Pigmentierung beeinflussen kann, zeigt eine Arbeit aus USA (Allen, 1993). Eine zusätzliche **Formaldehydbegasung** des Stallraumes inklusive aller darin enthaltenen Einrichtungen bewirkte gegenüber der klassischen Naßreinigung mit anschließender Desinfektion deutlich höhere Luteingehalte im Blutplasma und im Zehengewebe von 3 Wochen alten Masthähnchen für die beiden geprüften Farbstoffdosierungen. Auch das Körpergewicht war bei Formaldehydbehandlung deutlich höher (vergl. Tab. 7).

**Tabelle 7: Einfluß der Stallhygiene auf die Schlachtkörperpigmentierung von Broilern**

- Standard gegen Formaldehydbegasung -

Behandlung	Gesamt-xanthophylle je Futter (mg/kg)	Mittelwert von 3 Herkünften
Luteingehalt im Blutplasma (µg/ml)		
Standard	8,94	3,14
Formaldehyd	8,94	4,29
Standard	41,4	8,31
Formaldehyd	41,4	11,04
Luteingehalt im Zehengewebe (µg/cm²)		
Standard	8,94	38,88
Formaldehyd	8,94	47,87
Standard	41,4	63,78
Formaldehyd	41,4	98,10

Versuchsdauer: 3 Wochen

nach Allen (1993)

Eine Reihe von Arbeiten beschäftigen sich mit dem Einfluß von Tageslicht auf die Pigmentierung. Demnach bewirkt Tageslicht eine intensivere Färbung von Dotter und Haut. Bei der Haut ist vor allem eine Verschiebung des Farbtons von Gelb nach Orange zu erkennen. Die häufig bei Tageslichteinfluß erhöhte Futteraufnahme kann hierfür nicht als Grund angeführt werden. Als mögliche Ursachen für die Farbverschiebung wird einerseits eine Veränderung der Farbstoffe im Futter durch Lichteinfluß (Isomerisierung von Beta-Carotin zu Zeaxanthin) und eine Veränderung des Farbstoff-Stoffwechsels im Tier (Umwandlung von Zeaxanthin in Astaxanthin) diskutiert. An dieser Stelle sei an den eingangs gezeigten Hahn mit seinem leuchtend roten Kamm erinnert. Diese durch Astaxanthin hervorgerufene Farbe

werden Sie bei einem unter Ausschluß von Tageslicht gehaltenen Tier niemals finden. Vor dem Hintergrund des steigenden Interesses an alternativen Haltungssystemen und den Forderungen des Tierschutzes - bei uns in Niedersachsen wird jetzt für alle Stallneubauten Tageslicht auch für Geflügel empfohlen - ist dieser kurze Exkurs vielleicht ganz interessant.

**Genetische Faktoren**

Vor dem Hintergrund der heute üblicherweise verwendeten Hybridzuchtungen bei Legehennen und Broilern sind genetische Effekte auf die Pigmentierung vernachlässigbar. Vom Mastgeflügel her ist zwar bekannt, daß es Rassen gibt, deren Epidermis sich nicht färben läßt. In der heutigen Wirtschaftsgeflügelzucht werden jedoch ausschließlich Hybriden eingesetzt, die durch Einkreuzung asiatischer Rassen die Fähigkeit zur Pigmentierung aufweisen. Somit können genetische Faktoren für Abweichungen in der Pigmentierung nicht verantwortlich gemacht werden.

Inwiefern zwischen den färbbaren Rassen Unterschiede in der Intensität der Hautfärbung bei gleicher Fütterung bestehen können, ist wissenschaftlich nicht nachgewiesen. Denkbar wären allerdings Einflüsse durch Unterschiede in der Futtermittelverwertung, die auch die Aufnahme von Carotinoiden beeinflussen.

**Schluß**

Die abschließend Übersicht 1 enthält alle im Rahmen dieses Vortrages angesprochenen Faktoren mit Einfluß auf die Pigmentierung von Eidotter und Schlachtkörper. Wie anhand der Ausführungen verdeutlicht wurde, kommen hierbei Futter und Futterzusätze, aber auch dem Gesundheitsstatus eine besondere Bedeutung zu. Daneben spielen Haltungseinflüsse sowie beim Mastgeflügel der Schlachtprozeß eine nicht zu unterschätzende Rolle.

**Übersicht 1: Faktoren mit Einfluß auf die Pigmentierung**

- Carotinoidquelle
- Carotinoidgehalt
- Lagerdauer und Lagerbedingungen für Rohkomponenten und Futter
- Hitzebehandlung des Futters
- Farbstoffzusätze
- Verseifung natürlicher Farbstoffzusätze
- Auswirkungen von Fehlmischungen ohne Pigmente
- Futteraufnahme
- Energiegehalt der Ration
- Umgebungstemperatur
- Futterstruktur (v.a. bei Mehlfutter)
- Pelletqualität
- Geschmack und Geruch
- Wasseraufnahme
- Licht(-programm)
- Weizenbeifütterung
- Fett und Fettqualität
- Antioxidantien
- Vitamin E als Antioxidans
- Calcium
- Vitamin A
- Leistungsförderer
- Futterinhaltsstoffe mit negativen Effekten
- NSP
- Mykotoxine
- Gesundheit
- Haltung
- Genetik

## Literatur

- Allen, Patricia (1993): Effects of formaldehyde fumigation of housing on carotenoid pigmentation in three breeds of chickens.  
Poult. Sci. 72: 1040 - 1045
- Hamilton, P.B.; F.J. Tirado und F. Garcia-Hernandez (1990): Deposition in egg yolks on the carotenoids from saponified and unsaponified oleoresins of red pepper (*capsicum annuum*) fed to laying hens.  
Poult. Sci. 69: 462 - 470
- Harms, R.H.; R.E. Buresh und B.L. Damron (1984): The in vivo benefit of ethoxyquin for egg yolk pigmentation  
Poult. Sci. 63: 1659 - 1660
- Hatzipanagiotou, A. und W. Hartfiel (1984): Einlagerung eines im Körper gespeicherten Carotinoids im Eidotter bei Aufnahme von frischem bzw. stark oxidiertem Sojaöl mit dem Futter.  
Arch. Gefügelk. 48: 155-160
- Hoppe, P.P. (1988): Vitamin A for broilers  
Poult. Int., October
- Leeson, S. und J.D. Summers (1997): Commercial poultry nutrition. Second edition; University Books; S. 189
- Oertel, M. und W. Hartfiel (1981): Auswirkungen oxidiertes Fettsäuren des Mischfutters auf die Carotinoideinlagerung im Eidotter.  
Fette, Seifen, Anstrichmittel 83: 139 - 143
- Pack, M. und M. Bedford (1998): Enzymes interact with added fats in viscous cereal diets. *Zootechnica Int.*, 44 - 48
- Tyczkowski, J.K.; P.B. Hamilton und M.D. Ruff (1991): Altered metabolism of carotenoids during pale-bird syndrome in chickens infected with *Eimeria acervulina*.  
Poult. Sci. 70: 2074 - 2081