

Züchterische Möglichkeiten zur Verbesserung der Schalenstabilität von Eiern

Christian Cordts, Dr. Matthias Schmutz, Prof. Dr. Rudolf Preisinger (Cuxhaven)

Einleitung

Die Eischalenqualität hat für die kommerzielle Eierzeugung eine große wirtschaftliche Bedeutung. Eier mit Schalendefekten führen zur direkten Reduzierung der Verkaufserlöse und schädigen das Image der Eier beim Endverbraucher. Als Ursachen dieser Qualitätseinbußen können Lebensalter, Haltungsbedingungen, Fütterung der Tiere, Technologie der Eierbehandlung sowie genetische Veranlagung angeführt werden.

Die Eischale ist die äußere Hülle des Eies und erfüllt mehrere wichtige Funktionen und Aufgaben. Jedes einzelne Ei ist einzigartig und hat damit auch seine eigene Mikrostruktur, die viel über die Umwelt aussagt, in der sie gebildet wurde.

Die Eischale schützt den Eiinhalt bis zu einem gewissen Grad vor mechanischen Einwirkungen und ermöglicht außerdem einen kontrollierten Austausch von Flüssigkeit und Gas durch die Poren. Außerdem bietet die Eischale Schutz vor mikrobiellen Umwelteinflüssen und dient als Kalziumquelle für den Aufbau des Skelettes des Embryos.

Wegen der zentralen Bedeutung für das Produkt Ei sind Züchter und Produzenten stets bemüht, die Qualität und Ausgeglichenheit der Eischale zu verbessern. Nachfolgend soll besonders auf züchterische Ansätze und Messmethoden eingegangen werden, die direkt in Zusammenhang mit der Produktqualität auf der Erzeugerstufe stehen und die Möglichkeiten zur Verbesserung der Schalenstabilität aufzeigen.

Methoden zur Bestimmung der Schalenstabilität

In der Legehennenzucht ist die Schalenqualität eines der wichtigsten Merkmale, das Berücksichtigung bei der Selektion findet. Um die Schalenqualität zu verbessern, müssen geeignete Methoden zur Messung der Schalenstabilität erarbeitet werden. Die direkte Erfassung der Anzahl Eier mit Schalendefekten ist für die züchterische Verbesserung der Schalenqualität nur von geringer Bedeutung, da diese Mängel in der ersten Hälfte der Legeperiode mit nur sehr geringer Frequenz auftreten und die Selektionsentscheidungen im Hinblick auf ein kurzes Generationsintervall früh getroffen werden müssen.

Aus diesem Grund wird zur Bestimmung der Schalenqualität auf indirekte Meßmethoden zurückgegriffen:

- Spezifisches Gewicht
- Bruchfestigkeit
- Deformation
- Schalendicke
- Schalenanteil (%)
- subjektive Beurteilung

Die ersten vier Methoden sind die gebräuchlichsten Verfahren zur indirekten Bestimmung der Eischalenqualität. Das spezifische Gewicht läßt sich durch zwei unterschiedliche Verfahren ermitteln, das sogenannte Archimedes-Prinzip oder das Eintauchen der Eier in Salzlösungen. Die Ermittlung des spezifischen Gewichts ist ei-

ne der billigsten und schnellsten Methoden zur Bewertung der Schalenqualität und hat den Vorteil, dass die Eischalen bei dieser Methode nicht beschädigt werden.

Um die Bruchfestigkeit zu messen, wurde eine Reihe von unterschiedlichen Geräten entwickelt. Es wird dabei der Druck ermittelt, der nötig ist, um die Eischale zu zerbrechen. Dies kann z. B. durch ein sehr sensibel arbeitendes elektronisch gesteuertes Gerät zur Prüfung der Bruchfestigkeit erfolgen. Die Bruchfestigkeit kann nur einmal pro Ei gemessen werden, da der erste Bruch jede weitere Messung beeinflusst. In den deutschen Leistungsprüfungen wird die Bruchfestigkeit jedes Jahr routinemäßig ermittelt. Die Bruchfestigkeit der Schale wird in Newton (N) angegeben.

Die Deformation ist ein Maß für die Elastizität der Eischalen. Beim Deformationstest wird die Schale einer konstanten Belastung von 1 kg ausgesetzt. Es wird dann die Strecke gemessen, um die sich die Eischale verformt. Die Deformation ist dem spezifischen Gewicht vorzuziehen, da die Eier trocken bleiben und somit keiner Kontaminationsgefahr mit Bakterien ausgesetzt sind. Die Deformation wird nicht wesentlich durch das Alter der Eier oder die Lagerungstemperatur beeinflusst.

Die Bestimmung der Schalenstärke erfolgt mit Hilfe einer Mikrometerschraube. Die Messdaten unterliegen Schwankungen, die aus dem unterschiedlichen Schalenbau (Schalenstärke) und den unterschiedlichen Membran- und Feuchtigkeitsgehalten der Schale resultieren. Deshalb können die Ergebnisse der Schalenstärke nur interpretiert werden, wenn die Schalenstücke korrekt vorbereitet sind und die Messmethode genau beschrieben wurde.

Einflussfaktoren auf die Eischalenbildung

Eine Reihe von Umwelteinflüssen, denen die Tiere ausgesetzt sind, spielen bei der Bildung der Eischale eine wichtige Rolle. Mit zunehmendem Alter der Hennen ist ein Rückgang der Schalenqualität festzustellen. Die Verschlechterung der Eischalenqualität hängt mit einer Veränderung des Matrixmaterials zusammen. Diese Veränderung beeinflusst die mechanischen Eigenschaften der Schale.

Ein anderer Grund für die schlechtere Schalenqualität im Alter liegt in der abnehmenden Fähigkeit der Hennen, Kalzium zu resorbieren. Aber auch durch die Steigerung des Eigewichts bei gleichbleibender Schalenmasse nimmt die Schalenstärke mit zunehmendem Alter der Tiere ab. Das bedeutet, dass die Hennen mit gleicher Schalenmenge mehr Eimasse verpacken müssen.

Als weiterer wichtiger Einflussfaktor auf die Schalenqualität sind die Haltungsbedingungen der Tiere zu nennen. Bei der Bildung der Schale sind vor allem die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit von Bedeutung. Bei ungünstiger Einstellung dieser beiden Parameter leidet die Henne an Hitzestress, was sich negativ auf die Schalendicke auswirkt. V. HAAREN-KISO und Mitarbeiter (1985) geben die optimalen Klimabedingungen mit einer Temperatur von 17 bis 20 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60 bis 80 % an.

Der mit zunehmendem Hennenalter zu beobachtenden Verminderung der Schalenqualität, primär bedingt durch schlechtere Resorption, kann durch die Fütterung gegengesteuert werden. Es ist besonders auf den Kalziumgehalt der Futtermittel zu achten. Der Kalziumgehalt des Futters muss den Anforderungen der Hennen (Alter der Tiere, tägliche Futteraufnahme) entsprechend angepasst werden. KIRCHGESSNER (1997) weist darauf hin, dass die Hennen eine Unterversorgung durch bessere Ausnutzung des Kalziums im Futter und sehr schnelle Mobilisierung der Kalziumdepots vor allem aus den Röhrenknochen nur kurzfristig ausgleichen können.

Der Gesundheitsstatus der Legehennen spielt ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Erzielung einer hohen Schalenqualität (HESTER, 1990). Besonders Erkrankungen des Respirationstraktes kommt eine zentrale Bedeutung zu. Trotz der Aktivimmunisierung während der Aufzucht sind regelmäßige Nachimpfungen während der Legeperiode, vor allem gegen Infektiöse Bronchitis, sowohl für die innere als auch für die äußere Eiqualität besonders wichtig.

Züchterische Möglichkeiten zur Verbesserung der Eischalenqualität

Die in der Literatur ausgewiesenen Heritabilitätsschätzwerte für die Merkmale der Schalenstabilität (Tab. 1) liegen im Bereich einer mittleren Erbllichkeit, so dass eine züchterische Bearbeitung dieser Merkmale möglich und erfolgversprechend ist.

Tabelle 1: Heritabilitätsschätzwerte für die Merkmale der Schalenqualität

	Heritabilitätsschätzwert
Bruchfestigkeit	0,22 bis 0,53
Deformation	0,12 bis 0,36
Spezifisches Gewicht	0,29 bis 0,48
Schalendicke	0,30 bis 0,42

Quelle: verschiedene Publikationen

Bei der Beurteilung der Schätzwerte ist jedoch darauf zu achten, dass die Heritabilität nicht eine fixe Eigenschaft eines Merkmals, sondern auch von der Population und den Umweltbedingungen abhängig ist, denen die Tiere ausgesetzt sind.

Die züchterische Verbesserung der Schalenstabilität ist nur auf Kosten eines Teiles der Produktivität zu erreichen, da häufig negative Korrelationen zwischen den Merkmalen der Schalenstabilität und der Produktivität auftreten. In Tabelle 2 sind die phänotypischen Korrelationen zwischen dem Eigewicht und den Merkmalen der Schalenqualität angegeben.

Für die Merkmale Bruchfestigkeit, Deformation, spezifisches Gewicht und Schalendicke finden sich sowohl positive als auch negative phänotypische Beziehungen zu dem Eigewicht.

Die Schwierigkeiten der züchterischen Verbesserung der Schalenqualität liegen im richtigen Maßstab für die physikalische und ökonomische Bewertung der Eischalenstabilität, im richtigen Messzeitpunkt der Schalenqualität sowie in den negativen genetischen Korrelationen zur Ei-masse.

Tabelle 2: Phänotypische Korrelationen zwischen dem Eigewicht und den Merkmalen der Schalenstabilität nach Literaturangaben

Autor	Bruchfestigkeit	Deformation	Spezifisches Gewicht	Schalendicke
GRUNDER et al., 1989	0,5 bis 0,09	-0,02 bis 0,01	-0,03 bis 0,19	
FLOCK u. PETERSEN, 1973	-0,04	-0,02	-0,05	0,11
WASHBURN, 1982		-0,7 bis 0,15		
TAWFIK et al., 1981	0,01			
V. HAAREN-KISO et al., 1985	-0,07 bis -0,12		-0,07 bis -0,19	

Eigene Untersuchungen

Versuchsmaterial und Methoden

Als Kriterien der Schalenqualität wurde die Bruchfestigkeit mit Hilfe eines elektronischen Bruchfestigkeitsmessgerätes und die Anzahl aussortierter Eier durch den Crack Detector an zwei Reinzuchtlinien der Rasse Weißes Leghorn ermittelt. Die Messungen erfolgten im Alter von 56 bis 62 Wochen. Beide Linien waren im selben Haus eingestallt und wurden mit dem gleichen Futter versorgt.

Abbildung 1: Gerät zur Bestimmung der Bruchfestigkeit



Bei der Bestimmung der Bruchfestigkeit kam das elektronische Bruchfestigkeitsmessgerät BMG 1.2 zum Einsatz (siehe Abb. 1). Mit Hilfe des Gerätes ist eine teilweise automatisierte Messung der Schalenstabilität möglich. Durch die automatisierte Steuerung des Messablaufes wird das Verfahren von einem Teil der subjektiven Einflüsse durch das Bedienungspersonal befreit. Die Datenübergabe erfolgt über eine PC-Schnittstelle zu einem mobilen Datenerfassungsgerät. Das Bruchfestigkeitsmessgerät ermittelt die Kraft, die nötig ist, um die Eischale zum Brechen zu bringen. Die so gemessene Bruchkraft wird in Newton (N) angegeben. Die Bruchfestigkeitsmessung wurde am aufrechten Ei am stumpfen bzw. am spitzen Polende durchgeführt. Die dritte Messung der Bruchfestigkeit erfolgte an der Äquatorregion des Eies. Für die Ermittlung

der Bruchfestigkeit am stumpfen Polende wurde das spitze Ende des Eies auf dem Messeinsatz mit einem Schaumgummiring fixiert und die Druckplatte wirkte auf den stumpfen Pol ein. Bei der Bruchfestigkeitsmessung für den spitzen Pol wurde das Ei in umgekehrter Position fixiert und die Druckplatte wirkte auf den spitzen Pol ein. Um die Messung an der Äquatorregion durchzuführen, wurde das Ei in einer liegenden Position fixiert.

Die Eier für die Untersuchung der Bruchfestigkeit stammten jeweils aus drei aufeinander folgenden Legetagen. Jedes Ei wurde mit der Hennennummer gekennzeichnet, um die Vergleichbarkeit innerhalb einer Henne zu bestimmen. Die Messung am stumpfen Polende erfolgte in der 56., am spitzen Pol in der 57. und in der Äquatorregion in der 62. Lebenswoche.

Die Ermittlung der aussortierten Eier aufgrund von Schalendefekten erfolgte mit Hilfe eines Crack Detectors. Bei dem Crack Detector-Verfahren handelt es sich um eine Technologie, die in automatisierten Sortiermaschinen eingesetzt wird, um die Eier mit Schalendefekten auszusortieren. Das Ei wird dabei auf eventuelle Mängel in der Schale mit Hilfe von kleinen elektronischen Hämmern abgeklopft. Kupferumwickelte Spulen tippen die Eischalen aus verschiedenen Winkeln leicht ab. Im Inneren dieser Spulen sitzen winzige Mikrofone, die den Klang beim Abklopfen der Eier aufnehmen. Dieser Klang wird dann von einem Computer ausgewertet und bei fehlerhaften Klangbildern werden diese Eier aussortiert. Die fehlerhaften Klangbilder sollen schon bei feinsten Haarrissen, die mit bloßem Auge nicht zu erkennen sind, auftreten. In der 63. und 64. Lebenswoche wurden die Eier über eine Periode von acht Tagen gesammelt und mit der Käfignummer beschriftet, um sie durch den Crack Detector zu testen. Die Käfignummern der aussortierten Eier wurden erfasst und anschließend wurden diese Eier einer Bruchfestigkeitsmessung unterzogen.

Ergebnisse der Bruchfestigkeitsmessungen

Die ermittelten Bruchfestigkeiten für die drei Messpositionen sind für beide Linien in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Ergebnisse der Bruchfestigkeitsmessung der Linien A und B

Messposition	Bruchfestigkeit (N) Linie A		Bruchfestigkeit (N) Linie B	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
stumpfer Pol	42,7	8,1	37,1	8,4
spitzer Pol	41,6	8,1	35,6	8,6
Äquatorregion	36,7	7,3	35,4	6,8

Dabei ist der Durchschnitt aus den drei wiederholten Messungen angegeben. Für die Messung am stumpfen Pol ergibt sich für beide Linien der höchste Wert. Das Merkmal Bruchfestigkeit am spitzen Pol weicht nur geringfügig von dem am stumpfen Pol ab. Die Bruchfestigkeitsuntersuchung an der Äquatorregion für Linie A ergibt mit 36,7 Newton jedoch eine stärkere Differenz zu den beiden vorangegangenen Messungen.

Ergebnisse des Crack Detectors

Der überwiegende Anteil der Hennen legte 6 bis 8 Eier in 8 Produktionstagen, an denen Eier für die Crack Detector-Messung gesammelt wurden. In Tabelle 4 ist die Häufigkeitsverteilung der aussortierten Eier pro Henne der Linien A und B wiedergegeben.

Tabelle 4: Anzahl aussortierter Eier je Henne bei maximal acht Produktionstagen der Linien A und B

Anzahl aussortierter Eier	Anzahl der Hennen		Anteil	
	Linie A	Linie B	Linie A	Linie B
0	283	224	72,0 %	58,0 %
1	92	114	23,4 %	29,5 %
2	14	39	3,6 %	10,1 %
3	4	9	1,0 %	2,3 %

In beiden Linien sind nur vier Beobachtungsklassen mit einer extrem schiefen Verteilung verfügbar. Erwartungsgemäß dominiert die Klasse der Hennen, die nur Eier mit intakter Schale legen. Entsprechend der niedrigeren Bruchfestigkeit in Linie B war dort der Anteil der Hennen mit mindestens einem aussortierten Ei größer. Bei 4,6 % der Hennen in Linie A wurden zwei und mehr Eier aussortiert. In Linie B lag der Anteil bei 12,4 %.

Zur Überprüfung der Bruchfestigkeitswerte wurden die vom Crack Detector aussortierten Eier einzeln geprüft. Dabei wurde jeweils die Hälfte der Eier am stumpfen Polende bzw. an der Äquatorregion gemessen (Tab. 5).

Bei 20 bis 23 % der aussortierten Eiern lag die Bruchfestigkeit unter 10 Newton und war damit nicht mehr messbar. Bei den messbaren Eiern lag der Mittelwert bei 17 bis 20 Newton in Abhängigkeit von Linie und Messpunkt. Nennenswerte Linienunterschiede sind bei den aussortierten Eiern nicht erkennbar.

Tabelle 5: Bruchfestigkeitsmessung für am Crack Detector aussortierte Eier

	Messung am stumpfen Pol		Messung am Äquator	
	Linie A	Linie B	Linie A	Linie B
Anzahl Eier	65	110	65	110
Anteil nicht messbarer Eier	20 %	24,6 %	23,1 %	22,8 %
Anteil messbarer Eier	80 %	75,4 %	76,9 %	77,2 %
Ø Bruchfestigkeit (N)	20,5	17,4	19,0	19,3
Standardabweichung	10,2	8,4	7,8	8,3

Korrelationen zwischen den verschiedenen Messpositionen zur Bestimmung der Bruchfestigkeit

Die Korrelationen für die Bruchfestigkeitsmessung an verschiedenen Stellen der Linien A und B sind in Tabelle 6 angegeben.

Tabelle 6: Korrelationen zwischen den Bruchfestigkeiten von aussortierten Eiern für drei Messpositionen der Linien A und B

	Spitzer Pol		Äquator	
	Linie A	Linie B	Linie A	Linie B
Stumpfer Pol	0,43	0,41	0,26	0,31
Spitzer Pol		0,25	0,21	

Die Messungen am stumpfen und spitzen Pol weisen mit $r = 0,43$ bzw. $r = 0,41$ in beiden Linien die höchste Korrelation auf. Zwischen den Ergebnissen am stumpfen Pol und der Äquatorregion ergeben sich dagegen Korrelationen, die mit $r = 0,26$ für Linie A und $r = 0,31$ für Linie B im schwach korrelierten Bereich angesiedelt sind. Die Beziehung der Messung am spitzen Pol zur Messung an der Äquatorregion des Eies bewegt sich wiederum bei beiden Linien im schwach korrelierten Bereich.

Die Korrelation zwischen den drei Messpositionen der Bruchfestigkeit und der Messung am Crack Detector zeigt die Tabelle 7 für beide Linien.

Tabelle 7: Korrelationen zwischen den drei Messpositionen der Bruchfestigkeit und dem Anteil aussortierter Eier am Crack Detector je Henne für Linie A und B

	Bruchfestigkeit		
	stumpfer Pol	spitzer Pol	Äquator
Prozent aussortierte Eier aus Linie A	-0,19	-0,14	-0,17
Prozent aussortierte Eier aus Linie B	-0,17	-0,09	-0,22

Zwischen den einzelnen Messpositionen der Bruchfestigkeit und der Messung am Crack Detector (Anteil aussortierter Eier je Henne) zeigt sich in beiden Linien eine negative Korrelation. Das bedeutet, dass eine Erhöhung der Bruchfestigkeit der Eischale auch zu einer Verbesserung der Sortiererergebnisse führt.

Die niedrigen Korrelationen zwischen den Merkmalen können auf die schiefe Verteilung der Aussortierungsfrequenzen zurückgeführt werden. Um genauere Ergebnisse zu erzielen, müsste die Sammelzeit der Eier verlängert bzw. müssten mehrere Wiederholungen je Henne erfasst werden. Dadurch stünde ein umfangreicheres Datenmaterial mit einer besseren Angleichung an die Normalverteilung zur Verfügung. Ein weiterer Punkt ist die Tatsache, dass das Crack Detector-Verfahren die gesamte Oberfläche der Eischale abtastet und nicht auf eine Messposition fixiert ist. Außerdem ist die Frage nicht geklärt, wie sich z. B. Kalkablagerungen auf die Beurteilung durch den Crack Detector auswirken.

Schlussfolgerung

Für die Messung der Bruchfestigkeit ist es von untergeordneter Bedeutung, ob die Eier am stumpfen oder spitzen Pol belastet werden, da die Messwerte am spitzen Pol systematisch nur geringfügig niedriger sind, aber dennoch

die gleiche Streuung aufweisen. In der Äquatorregion ergeben sich allerdings Messwerte mit einer deutlich eingeschränkten Streubreite. Je geringer die Streuung, um so kleiner sind die realisierbaren Selektionsdifferenzen und der zu realisierende Zuchtfortschritt.

Die Beziehungen zwischen der mittleren Bruchfestigkeit und dem Anteil aussortierter Eier je Henne sind relativ gering. Eine wesentliche Ursache für die geringe Korrelation zwischen beiden Merkmalen liegt in der ungünstigen Verteilung des Anteils aussortierter Eier je Henne bei nur acht Sammeltagen.

Eine Verbesserungsmöglichkeit zur Bestimmung der Qualität von Eischalen könnte in der Analyse der internen Messwerte des Crack Detectors liegen. Durch diese internen Messwerte wäre es vielleicht möglich, eine genauere Beurteilung der Schalenqualität zu erzielen. Liegen die physikalischen Einzelmessdaten vor, kann eine kontinuierliche Messreihe von sehr schlechter bis hin zu ausgezeichneter Stabilität ausgewertet werden. Bei der vorliegenden Analyse waren nur zwei Messwerte möglich (Schale in Ordnung oder defekt). Diese wurden der kontinuierlichen Verteilung der Bruchfestigkeiten gegenübergestellt. Ein Vergleich von sogenannten Schwellenwertinformationen mit kontinuierlich verteilten Daten ist immer problematisch.

Weiteren Untersuchungen bleibt vorbehalten, ob eine Bruchfestigkeitsmessung an allen vom Crack Detector getesteten Eiern und nicht nur an den aussortierten Eiern durchgeführt werden sollte. Dadurch könnte die Differenz der beiden Gruppen „Eier mit Schalendefekt“ und „Eier ohne Schalendefekt“ ermittelt werden. Des weiteren würde sich zeigen, ob der Crack Detector auch Eier mit schlechten Bruchfestigkeitsergebnissen in die Kategorie „Ei ohne Schalendefekt“ aufnimmt.

Literatur

FLOCK, D. K., J. PETERSEN (1973): Altersabhängige Beziehung zwischen dem Eigewicht und Kriterien der Eischalenstabilität bei Leghornkreuzungen. *Archiv für Geflügelkunde*, 6, 224-228

GRUNDER, A. A., R. M. HAMILTON, R. W. FAIRFULL, B. K. THOMPSON (1989): Genetic parameter of egg shell quality traits and percentage of eggs remaining intact between oviposition and grading. *Poultry Science*, 68, 46-54

V. HAAREN-KISO, A., W. KÜHNE, D. K. FLOCK (1985): Genetisch-statische Analyse verschiedener Kriterien der Eischalenqualität bei LSL- Legehennen und Schlußfolgerung für die praktische Zuchtarbeit. *Lohmann Information*, Juli/August, 11-18

HESTER, P. Y. (1990): Egg shell quality in laying hens. Sixth International Poultry Breeders Conference, Auchincruive, 50-67

KIRCHGESSNER, M. (1997): Tierernährung. Verlags Union Agrar, Frankfurt (Main), Kapitel 10

TAWFIK, E. S., P. HORST, J. PETERSEN (1981): Untersuchungen an Legehennen über genetische Fundierung und Beziehung von Legeleistung, Legereife, Körpergewicht und Kriterien der Eibeschaffenheit. Mitteilung: Phänotypische und genetische Beziehungen, *Archiv für Geflügelkunde*, 45, 166-175

WASHBURN, K. W. (1982): Incidence, cause and prevention of egg shell breakage in commercial production. *Poultry Science*, 61, 2005-2012