

3.3 Praxisorientierte Legehennenzüchtung (D. K. Flock, M. Schmutz, R. Preisinger)

3.3.1 Einleitung

Wer sich über die Praxis der Legehennenzüchtung in unserer Zeit informieren will, sollte auch die geschichtliche Entwicklung kennen. Bis zum Ende des 2. Weltkriegs gab es in Europa Tausende von Betrieben, die für den regionalen Bedarf bäuerlicher Eierproduzenten im Frühjahr Küken produzierten und für den Herbst legereife Junghennen aufzogen. Die typische Herdengröße in Deutschland waren 200 Hennen, die meistens 2 Jahre gehalten wurden und durchschnittlich etwa 150 Eier pro Jahr legten. Herdbuchzüchter versuchten, auf der Basis von Fallnestkontrolle die individuelle Leistung zu erfassen, um durch Auswahl der besten Mütter für die eigene Reproduktion einen gewissen Zuchtfortschritt zu erzielen. In Deutschland wurden überwiegend Weiße Leghorn und rebhuhnfarbige Italiener gehalten, zur Produktion braunschaliger Eier auch Rhodeländer und andere mittelschwere Rassen. Suppenhennen brachten am Ende der Nutzungsdauer einen Nebennutzen als Fleischlieferanten, in begrenztem Umfang wurden auch Hähnchen bis zur Schlachtreife aufgezogen. Systematische Kreuzungszucht gab es nicht.

Die heute übliche Kreuzungszucht kam erst in den 1950er Jahren von Nordamerika nach Europa, zunächst im Rahmen von „Vermehrerverträgen“. Heinz Lohmann ging einen Schritt weiter: er schloss 1958 - zwei Jahre nach entsprechenden Verträgen mit Nichols für die Broilerzucht - mit Art Heisdorf, einem der damals führenden amerikanischen Basiszüchter für Legehennen, einen Lizenzvertrag ab, der mit der Lieferung bewährter reiner Linien und des kompletten züchterischen Knowhows den Aufbau einer eigenständigen Legehennenzucht in Deutschland ermöglichte.

Die folgenden Ausführungen basieren auf den in fast 50 Jahren gesammelten Erfahrungen aus dem inzwischen zur EW-Gruppe (Firma) gehörenden Basiszuchtbetrieb der Lohmann Tierzucht GmbH.

3.3.2 Theorie und Praxis

Unterschiede zwischen Theorie und Praxis werden manchmal so erklärt: Theoretiker können alles erklären was nicht funktioniert, während Praktiker wissen, wie man es macht - ohne erklären zu können, warum es funktioniert. Wir halten uns lieber an ein Zitat von Prof. J. L. LUSH als Grundphilosophie für ein zukunftsorientiertes Zuchtprogramm: **Nothing is as practical as a good theory!** Um in der vom internationalen Wettbewerb geprägten Geflügelzucht langfristig erfolgreich zu bleiben, braucht man ein solides theoretisches Grundwissen - aber das allein reicht nicht!

Vielmehr muss das Grundwissen theoretischer Erwartungen immer wieder an der Praxis gemessen und durch eigene und externe Erkenntnisse erweitert werden. So wissen wir zwar aus der Selektionstheorie, dass man das Selektionsziel möglichst langfristig definieren sollte, um dann mit Hilfe optimaler Zuchtwertschätzung und der Kombination vieler Merkmale in einem Index sich diesem Ziel anzunähern. In der realen Welt des freien Wettbewerbs muss man aber häufiger die Gewichtung einzelner Merkmale verändern, um kurzfristig auf Kundenwünsche und geänderte Marktanforderungen zu reagieren und der Konkurrenz möglichst wenig Angriffsfläche zu bieten.

Vom praxisorientierten Züchter verlangt jede Selektionsentscheidung eine Abwägung zwischen der theoretisch abgeleiteten „optimalen“ Gewichtung einzelner Merkmale und dem von Kunden erwarteten ausgewogenen Leistungsprofil. Diskussionen über lang-, mittel- und kurzfristige Ziele lassen sich gelegentlich durch den Hinweis abkürzen, dass wir alle langfristig tot sind. Es kommt darauf an, heute so zu handeln, dass wir in wenigen Jahren

rückblickend feststellen können, dass wir vernünftig gehandelt haben. Folgendes Beispiel aus der Resistenzzüchtung macht dies deutlich:

In den 1960er Jahren galt es als vordringlich, die Resistenz gegen die Mareksche Krankheit (MD) durch Selektion zu verbessern. Solange nicht absehbar war, wie bald - und ob überhaupt - ein Impfstoff das Problem lösen würde, mussten die verantwortlichen Genetiker nach intensiver Beratung zwischen drei Möglichkeiten entscheiden:

- (1) die Sorgen der Praxis ernst nehmen und für das Marktsegment bestimmter Risikogebiete vor allem auf MD Resistenz selektieren (die Legeleistung galt als zufrieden stellend);
- (2) das Problem „aussitzen“ und auf die Entwicklung eines Impfstoffs warten (Tierärzte verbreiteten die Hoffnung auf baldige Erfolge); oder
- (3) die Pedigreegeneration auf MD-Resistenz testen und den Selektionsindex um das Merkmal MD-Resistenz erweitern.

Als Ergebnis einer Diskussion mit starken Argumenten auf beiden Seiten wurde entschieden: in den USA sollte die theoretisch beste Lösung (Variante 3, Indexselektion) praktiziert werden, im HNL-Zuchtprogramm in Cuxhaven die Hauptlinien weiterhin ohne Berücksichtigung der MD-Resistenz (Variante 2) und davon abgezwigte Unterlinien durch Challengetestes in Spanien auf MD-Resistenz getestet und entsprechend selektiert werden (Variante 1).

Die Resistenzzüchtung zeigte mit einer Verringerung der Aufzuchtverluste um 20% (von 55 auf 35%), dass im Prinzip auf diesem Wege die Verluste verringert werden konnten, aber der Preis war hoch: die nicht auf MD selektierten Hauptlinien waren im Versuchszeitraum von 5 Jahren um 20 Eier und 2 kg Eimasse verbessert worden (FLOCK, 1974; FLOCK u.a. 1975). Nach Einführung der MD-Impfung Anfang der 1970er Jahre waren die Index-selektierten H&N Linien weniger konkurrenzfähig, die Linien mit verbesserter MD-Resistenz wollte kein Kunde mehr kaufen.

Was lernen wir daraus? Indexselektion mit langfristig definierten Zuchtzielen ist nur dann optimal, wenn die Umwelt über viele Generationen gleich bzw. vorhersehbar bleibt, in der Zuchtpraxis muss aber auch - möglichst vorausschauend - auf Veränderungen der Haltungsbedingungen reagiert werden.

3.3.2.1 Hierarchische Struktur: Basiszucht, Vermehrung und Produktion

Mit zunehmender Urbanisierung hat sich ein starker Lebensmittelhandel entwickelt, der den Produzenten minimale Margen einräumt. Fortschritte in der Mechanisierung der Hennenhaltung und Spezialisierung haben zu immer größeren Produktionseinheiten geführt, die entsprechend große Partien Eintagsküken bzw. Junghennen mit definiertem Leistungsprofil und Hygienestatus verlangen.

Im Zuge der Globalisierung und Konzentration hat sich die Anzahl der Basiszuchtbetriebe in den letzten Jahren immer weiter verringert. Dadurch hat sich die Gesamtvarianz möglicherweise etwas verringert, aber die verbleibenden Zuchtgesellschaften verfügen über mehr Linien und nehmen für sich in Anspruch, „für jeden Markt das richtige Produkt“ anzubieten (FLOCK und PREISINGER, 2007). Das bedeutet: der Basiszüchter kann unterschiedliche Linienkombinationen liefern, um spezifische Kundenwünsche zu bedienen, aber der einzelne Vermehrungsbetrieb kann nur eine begrenzte Anzahl Elterntierherden halten, die es auszulasten gilt, um die Produktionskosten je verkauftes Küken zu minimieren.

In der folgenden Abbildung 3.3.1 wird die Aufgabenteilung zwischen Basiszucht, Vermehrung und Eierproduktion schematisch dargestellt. Die zentrale Aufgabe des **Basiszüchters** besteht darin, kontinuierlich genetischen Fortschritt zu machen und diesen an die Vermehrer als gesexete Elterntier-Eintagsküken weiterzugeben.

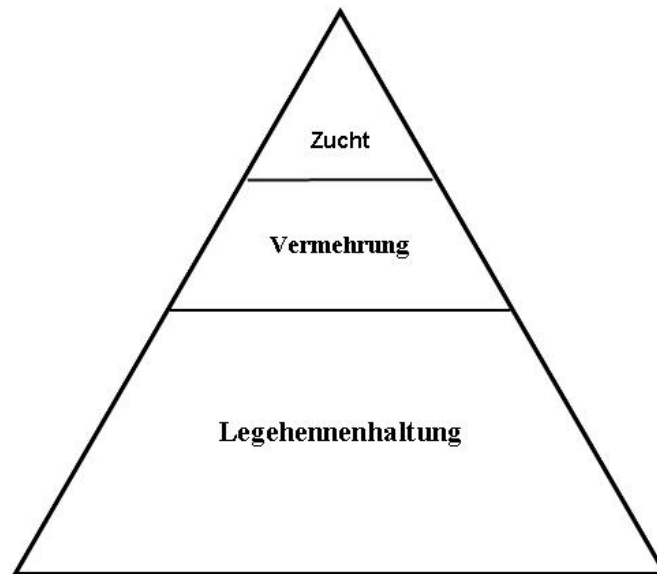


Abb. 3.3.1: Hierarchische Struktur der Zucht, Vermehrung und Produktion

Der **Vermehrer** erhält Hähne einer definierten Hahnenlinie und Hennen einer passenden Hennenlinie, deren Anpaarung ein optimales Leistungspotenzial der resultierenden Finalhybriden erwarten lässt. Die Vermehrer sind laut Vertrag nicht berechtigt, aus den Elterntieren eigene Nachzucht zu ziehen. Heterosiseffekte in der Größenordnung von 10% sorgen dafür, dass kein Vermehrer in Versuchung gerät, gegen den Vertrag zu verstoßen, zumal jede neue Generation von Elterntieren genetischen Fortschritt und damit Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit erwarten lässt. Dies gilt sowohl für die Leistung der Finalhybriden als auch für die Elterntierleistung, gemessen an verkaufsfähigen Eintagsküken bzw. Produktionskosten je verkauftes Küken.

Die Konzentration in der Legehennenzucht macht die Übersicht in Tabelle 3.3.1 deutlich.

Tab. 3.3.1: Basiszucht von Legehybriden in ihrer Zugehörigkeit zu Unternehmensgruppen im Vergleich der Jahre 1991 und 2008

Züchter	Produkte		Unternehmensgruppe	
	weiß	braun	1991	2008
Babcock	1	1	Rhone Merieux	Hendrix Genetics
ISA	1	2	Rhone Merieux	Hendrix Genetics
Shaver	1	2	Rhone Merieux	Hendrix Genetics
Bovans	1	2	Hendrix	Hendrix Genetics
Dekalb	1	2	Dekalb	Hendrix Genetics
Hisex	1	1	BP Nutrition	Hendrix Genetics
Lohmann	3	5	Lohmann	EW Group
Hy-Line	2	2	Lohmann	EW Group
H&N	2	2	Lohmann	EW Group
Tetra	—	1	Babolna RT	Babolna RT

3.3.2.2 Reziproke rekurrente Selektion (RRS) als Basis nachhaltiger Zuchterfolge

Dass Kreuzungen verschiedener Rassen oder nicht verwandter Linien derselben Rasse häufig besonders robust sind und mit außergewöhnlich guten Leistungen beeindrucken, war praktischen Züchtern seit langem bekannt. Da aber die Nachzucht von Tieren mit der besten Eigenleistung ebenso häufig enttäuschte, wussten die Züchter wenig mit einem Phänomen anzufangen, das uns als „Heterosis“ geläufig ist. Bis Ende der 1940er Jahre wurden nicht nur in Europa, sondern auch noch in den USA Bruteier und Eintagsküken von „reinen Linien“ gehandelt.

Einige Züchter, namentlich Hy-Line (Pioneer) und Dekalb, versuchten, ihre positiven Erfahrungen aus der Maiszüchtung auf Hühnerpopulationen zu übertragen und investierten in die Entwicklung von „Inzucht-Hybriden“. Seit dieser Zeit hält sich in Biologiebüchern und in den Köpfen vieler Laien die falsche Vorstellung, dass die Hybridzüchtung wie beim Mais auf Inzucht beruht.

Art Heisdorf, Gründer der Firma Heisdorf & Nelson, besuchte 1948 die „Heterosis Conference“ am Iowa State College in Ames, wo er von einem Vortrag über „reciprocal recurrent selection“ (COMSTOCK *et al.*, 1949) so fasziniert war, dass er unmittelbar nach seiner Rückkehr damit begann, die Theorie in der Praxis auszutesten. Abbildung 3.3.2 zeigt das RRS-Zuchtschema für 2 Linien.

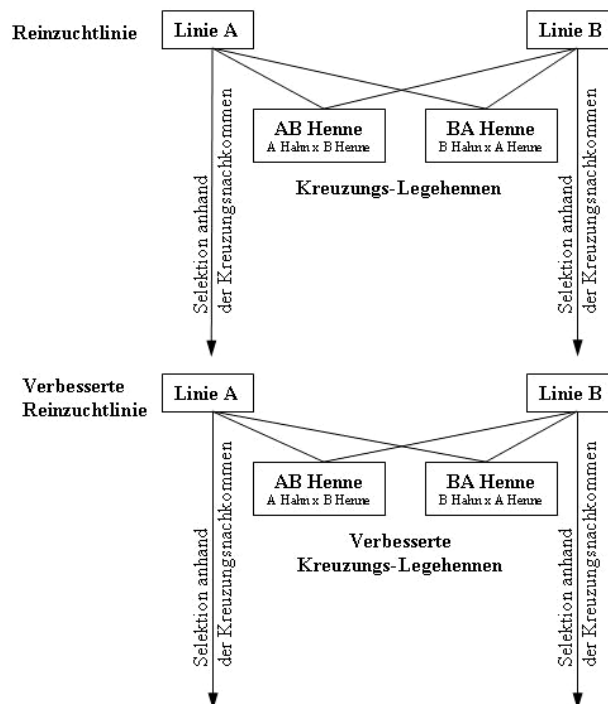


Abb. 3.3.2: RRS-Zuchtschema für 2 Linien

RRS beruht auf der „reziproken“ Anpaarung von Hähnen und Hennen von zwei reinen Linien, deren Kreuzungsnachkommen leistungsgeprüft werden. In der Praxis werden zwar nur AxB Hennen zur Eierproduktion genutzt, aber ohne die Ergebnisse von BxA

Kreuzungsgeschwistern hätte man nur die halbe Information für die Zuchtwertschätzung. Das Wort „*recurrent*“ wurde bisweilen missverständlich mit „rückgreifend“ übersetzt (als wenn man auf die besten Eltern zurückgreift); *recurrent* bedeutet „in jeder Generation wiederholt“. Selektiert werden nicht die inzwischen geschlachteten Eltern, sondern die Halbgeschwister der geprüften Kreuzungshennen.

3.3.2.3 Modifizierte RRS (mRRS): Nutzung von Kreuzungs- und Reinzuchtinformationen

Der Ablauf eines „klassischen“ RRS-Zuchtprogramms ist nicht wesentlich komplizierter als Reinzucht. Das Prinzip lässt sich auch auf drei oder vier Linien ausweiten, wobei man dann auf die Prüfung einiger Kombinationen verzichten kann, um nur reziproke Einfachkreuzungen zwischen Hahnen- und Hennenlinien zu testen. Angesichts möglicher Überdominanceffekte bei der Maximierung der Heterosis ist zu prüfen, ob in einem langfristigen RRS-Zuchtprogramm auch Reinzuchtinformationen genutzt werden sollten.

Wir haben im LSL-Zuchtprogramm in den 1980er Jahren versuchsweise damit begonnen, auch Reinzuchtleistungen zusätzlich zu den üblichen Kreuzungsdaten zu nutzen (FLOCK *et al.*, 1991). Dies ergab sich eher zufällig aus einem Versuch, genauere Heterosiswertschätzungen zu gewinnen, indem Kreuzungs- und Reinzuchtgeschwister zeitgleich reproduziert und in Einzelkäfigen getestet wurden. Inzwischen hat sich gezeigt, dass es durchaus möglich ist, auch die Leistung der „reinen Linien“ zu verbessern, ohne die Wettbewerbsfähigkeit der Finalhybriden in Frage zu stellen. Allerdings verringert die bessere Reinzuchtleistung die Heterosis (FLOCK, 2000). Für Merkmale mit mittlerer bis hoher Heritabilität ist die Berücksichtigung der Reinzuchtinformationen vorteilhaft, vor allem bei engen genetischen Korrelationen zwischen Reinzucht- und Kreuzungsleistungen. Dies ist bei vielen Merkmalen der Fall. Bei mRRS können Reinzuchthennen über KB zur Produktion von Großeltern genutzt werden und dadurch zur Kostensenkung der Leistungsprüfung beitragen.

3.3.2.4 Zuchtwertschätzung und Indexselektion

Voraussetzung für eine genaue **Zuchtwertschätzung** sind möglichst fehlerfreie Ausgangsdaten, die in einer möglichst praxisnahen Umwelt erbracht werden. Der eigentlichen Zuchtwertschätzung geht stets eine Plausibilitätskontrolle der Ausgangsdaten voraus, wobei „unwahrscheinliche“ Werte überprüft und ggf. korrigiert werden. Extremwerte außerhalb des biologisch möglichen Bereichs werden gelöscht und als „fehlend“ behandelt. Diese Vorprüfung muss von Merkmal zu Merkmal differenziert gehandhabt werden. Bei der Messung der Eischalenstabilität wäre es z. B. nicht sinnvoll, dünnschalige Eier als „nicht messbar“ auszuschließen. Im Laufe eines Zuchtjahres werden pro Linie Millionen von Einzelbeobachtungen erfasst und zu „Zuchtwerten“ verdichtet, um letztlich eine Rangierung der zuchtauglichen Kandidaten zu erhalten.

In den Zuchtprogrammen der Lohmann Tierzucht werden in jeder Generation und für jede Linie alle wesentlichen genetischen Parameter geschätzt, bilden einen Teil des Datenscreening und werden bei der Zuchtwertschätzung aktualisiert. Diese Vorgehensweise erlaubt es, auf unterschiedliche Parameterschätzwerte flexibel zu reagieren und den Selektionsdruck ggf. anzupassen, um in jeder Generation maximalen Zuchtfortschritt zu erzielen.

Die Zuchtwertschätzung erfolgt mit einem Mehrmerkmals-Tiermodell nach der BLUP Methode (Best linear unbiased prediction) mit Korrektur auf „Haus*Schlupf*Etage*Generation“ Effekte. Als Ausgangsdaten werden Kurztest-Leistungen der aktuellen Generation (Selektionskandidaten) und abgeschlossene Leistungen der vorhergehenden Generation herangezogen. Um den Verwandtschaftsgrad zwischen allen Tieren optimal zu nutzen, wird die Abstammung über bis zu fünf zurückliegende

Generationen aufbereitet und für die Zuchtwertschätzung und Schätzung der genetischen Parameter verwendet.

Die Zuchtwertschätzung wird separat für verschiedene Prüfumwelten durchgeführt:

- Reinzuchthennen im Einzelkäfig
- Reinzuchthennen im Gruppenkäfig
- Kreuzungshennen im Gruppenkäfig
- Kreuzungshennen in Boden- und Freilandhaltung

Die Zuchtwerte werden mit dem Softwarepaket PEST (GROENEVELD, 1990) und die genetischen Parameter mit dem Softwarepaket VCE (GROENEVELD, 1998) geschätzt.

In den folgenden Tabellen 3.3.2 und 3.3.3 sind typische Schätzwerte der Heritabilität für Linien aus den weißen und braunen Zuchtprogrammen der LTZ zusammengestellt.

Tab. 3.3.2: h^2 -Schätzwerte für Leistungsmerkmale weißer Reinzuchtlinien (Einzelkäfig)

Merkmal	Linie			
	A	B	C	D
Legerate bis 28. LW	0.38	0.44	0.50	0.41
Legerate 29.- 48. LW	0.08	0.05	0.14	0.15
Legerate 49.- 72. LW	0.16	0.14	0.20	0.24
Körpergewicht	0.69	0.81	0.67	0.75
Futtermverehr	0.36	0.45	0.27	0.30
Eigewicht	0.70	0.65	0.67	0.74
Bruchfestigkeit	0.33	0.31	0.31	0.29
Resonanzfreq. (K_{dyn})	0.42	0.24	0.52	0.31
Schalenfarbe	0.69	0.64	0.61	0.73
Eiklarhöhe	0.33	0.28	0.37	0.38
Blut- Fleischflecken	0.06	0.07	0.02	0.01
Dotteranteil	0.46	0.29	0.36	0.28

Tab. 3.3.3: h^2 -Schätzwerte für Leistungsmerkmale brauner Reinzuchtlinien (Einzelkäfig)

Merkmal	Line			
	A	B	C	D
Legerate bis 28. LW	0.38	0.40	0.32	0.34
Legerate 29.– 48. LW	0.20	0.15	0.22	0.14
Legerate 49.- 72.LW	0.21	0.14	0.31	0.23
Körpergewicht	0.68	0.63	0.82	0.72
Futtermverehr	0.40	0.52	0.53	0.48
Eigewicht	0.64	0.68	0.73	0.71
Bruchfestigkeit	0.36	0.54	0.39	0.38
Resonanzfreq. (K_{dyn})	0.51	0.55	0.48	0.56
Schalenfarbe	0.63	0.63	0.51	0.52
Eiklarhöhe	0.17	0.41	0.42	0.35
Blut- Fleischflecken	0.05	0.14	0.06	0.04

Nach der Theorie der **Indexselektion** geht es darum, für eine gegebene Population komplexe Ziele zu definieren und auf der Basis geschätzter genetischer und ökonomischer

Parameter die optimale Gewichtung einzelner Merkmale zu bestimmen. In der Anwendung der Theorie muss man sich mit der Tatsache auseinandersetzen, dass weder die genetischen noch die ökonomischen Parameter konstant sind. Die Schätzwerte der Heritabilitäten und genetischen Korrelationen variieren, und wenn man zu viele korrelierte Merkmale mit z. T. niedriger Heritabilität im Index berücksichtigen will, sind gelegentlich die Gleichungssysteme nicht lösbar. Bei den ökonomischen Parametern ist es nicht damit getan, aufgrund gegenwärtiger Preise den „Wert“ einer genetischen Verbesserung zu bestimmen. Vielmehr ist zu berücksichtigen, wie sich eine Veränderung des Leistungsprofils auf die Verkaufsfähigkeit des Produktes im künftigen Weltmarkt auswirkt.

Für Merkmale der inneren Eiqualität, wie z. B. Eiklarhöhe oder Frequenz von Blut- und Fleischflecken, ist es kaum möglich, einen „Grenznutzen“ abzuleiten. Ähnlich verhält es sich mit der Schalenfarbe bei braunen Eiern, wo eine alleinige Selektion auf möglichst dunkle Farbe wenig hilfreich ist, um die gewünschte Ausgeglichenheit der Farbe zu verbessern. Generell ist bei allen Merkmalen der Eiqualität daran zu denken, dass der klassische „additive“ Selektionsindex zu falschen Entscheidungen führen kann. Kandidaten mit schlechter Eiqualität dürfen nicht aufgrund hoher Legeleistung selektionsfähig gerechnet werden!

Wenn der berechnete Index wirklich optimal ist, kann – zumindest theoretisch – eine Rangierung der Hähne und Hennen mit den „besten“ (geschätzten) Zuchtwerten die „virtuelle“ Selektion am Bildschirm des Computers abschließen. Der passionierte Züchter und auf Perfektion bedachte Praktiker wird sich jedoch vor der Anpaarung noch die Selektionsdifferenzen für alle einzelnen Merkmale anschauen und ggf. im Bereich der Selektionsgrenze einige Hähne und Hennen austauschen. Ohne nennenswerten Verlust im Gesamtindex lassen sich damit u.a. Veränderungen in einzelnen Merkmalen justieren, Hähne aus zusätzlichen Familien „retten“ und Hennen mit fraglicher Reproduktionsleistung (z.B. mit extrem hohem Eigewicht und abfallender Legeleistung) ausschließen. Wenn aus zusätzlichen Familien Nachkommen selektiert werden, trägt dies auch zum Erhalt potenziell nützlicher genetischer Varianz bei.

Ob damit wesentlich mehr Selektionsfortschritt zu erreichen ist, darf bezweifelt werden. Für einen von der Datenflut und den komplexen Rechenoperationen überwältigten Genetiker bietet die konkrete Auseinandersetzung mit einzelnen Kandidaten im Index-Grenzbereich aber auch eine letzte Chance der Plausibilitätskontrolle, ob der Index leistet, was man sich erhofft hat. Da es weder möglich noch sinnvoll ist, alle Merkmale in einem Index zusammenzufassen, muss für weniger wichtige Merkmale ohnehin im Bereich der Selektionsgrenze nachkorrigiert werden, um unerwünschte Trends bei bestimmten Merkmalen auszuschließen und der Praxis Zuchtprodukte mit ausgewogenem Leistungsprofil anzubieten.

Im Interesse nachhaltiger Züchtung wird bewusst auf maximale Selektionsintensität bei wirtschaftlich wichtigen Einzelmerkmalen verzichtet, um genetische Varianz zu erhalten und damit langfristig mehr Zuchtfortschritt zu erzielen.

Im Folgenden soll auf die wichtigsten Selektionsmerkmale näher eingegangen werden.

Legeleistung

Bei der Züchtung von Legehennen geht es in erster Linie um die Maximierung der Eizahl, genauer gesagt um den zu erwartenden Verkaufserlös aller in einer Legeperiode produzierten Eier je eingestellte Henne. Dazu gehört, dass die Hennen bis zum Ende der üblichen Nutzungsdauer überleben und möglichst viele Eier mit stabiler Schale im bevorzugten Eigewichtsbereich legen. Diese Teilaspekte der Legeleistung werden getrennt besprochen.

Der Verlauf der Legeleistung lässt sich für eine einzelne Henne ebenso wie für den Durchschnitt einer Familie oder einer Herde anhand von drei Parametern beschreiben: Legebeginn, Legespitze und Persistenz. In einer detaillierten Analyse der Legeleistung konnten WILLEKE (1972) und FLOCK (1977) zeigen, dass die Heritabilität der Legerate sich

umgekehrt proportional zur Legerate verhält: sie ist zum Zeitpunkt des Legebeginns am höchsten, fällt zum Zeitpunkt der Legespitze auf ihren niedrigsten Wert und steigt zum Ende der Legeperiode wieder an. Das Alter bei Legebeginn ist schwach negativ mit der Persistenz korreliert. Was bedeutet das für die praktische Zuchtarbeit, wenn als Zuchtziel die Eizahl pro Jahr maximiert werden soll?

Wollte man die hohe Heritabilität des Alters bei **Legebeginn** nutzen und nach Teillegeleistung bei möglichst kurzem Generationsintervall selektieren, dann ließen sich damit die Aufzuchtkosten der Junghennen verringern, aber rechnende Legehennenhalter wären für diesen Zuchtfortschritt nicht zu begeistern. Mehr kleine Eier bei früherem Legebeginn sind kaum mit Gewinn zu vermarkten, vorzeitig mit dem Legen beginnende Herden kommen selten auf gute Spitzenleistung, und am Ende der Legeperiode fehlen wegen mangelnder Persistenz L- und XL-Eier. Überdies kann man den Legebeginn mit entsprechenden Beleuchtungsprogrammen optimieren.

Anders sieht es mit der **Legespitze** aus: jeder Legehennenhalter wird begeistert sein, wenn eine optimal aufgezogene Herde alle bisherigen Rekorde bricht und noch näher an 100% kommt. Mit diesem Zuchtziel stößt der Genetiker zunehmend an biologische Grenzen: einzelne Hennen legen selten mehr als ein normales Ei mit intakter Schale pro 24-Stundentag, und immer mehr Hennen legen monatelang täglich ein Ei. Entsprechend gering ist die Varianz zwischen Hennen in der Legerate in diesem Zeitabschnitt. Nur im Durchschnitt großer Familien und bei einem längeren Prüfabschnitt sind Unterschiede in relevanter Größenordnung zu erkennen.

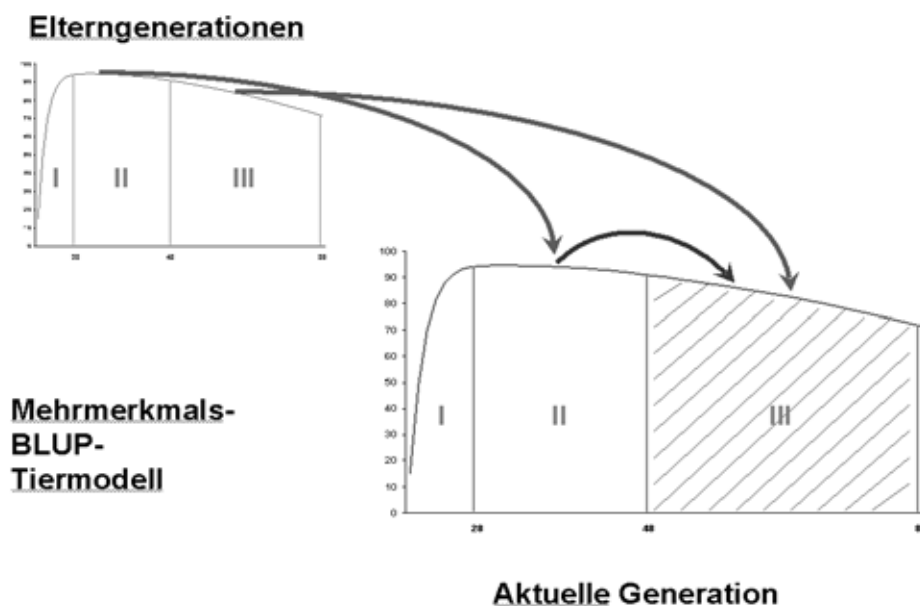


Abb. 3.3.3: Zuchtwertschätzung für die Legepersistenz aus Daten von zwei Generationen

Somit bleibt als aussichtsreichstes Selektionskriterium die **Persistenz** der Legeleistung. Aber auch dieses Merkmal hat einen „Haken“: man muss die Leistungsprüfung verlängern und verliert möglicherweise am Generationsintervall, was man an Genauigkeit gewinnt. Um trotz dieser Schwierigkeiten und insgesamt niedriger Heritabilität der Gesamtlegeleistung weitere Fortschritte zu erzielen, wurde vor Einführung des Mehrmerkmalsmodells bei einem Generationsintervall von 12 Monaten durch unterschiedliche Gewichtung der Teilabschnitte die ganzjährige Legeleistung hochgerechnet und die Persistenz der Elterngeneration bei der Umstellung von der Aufzucht- in die Produktionsfarm in Form einer zusätzlichen „retrospektiven“ Selektion berücksichtigt.

Inzwischen wurden die Leistungsprüfung und das Generationsintervall auf 14 Monate verlängert. Die seit mehreren Jahren praktizierte Zuchtwertschätzung und Selektion mit optimaler Nutzung der ganzjährigen Leistungen der Elterngeneration (Animal Model für mehrere Merkmale) zeigt Abb. 3.3.3. Dass mit dieser Zuchtstrategie die Persistenz verbessert wurde, belegen auch Ergebnisse der offiziellen Legeleistungsprüfung Haus Düsse aus den Jahrgängen 1980 und 2004 (Abb. 3.3.4).

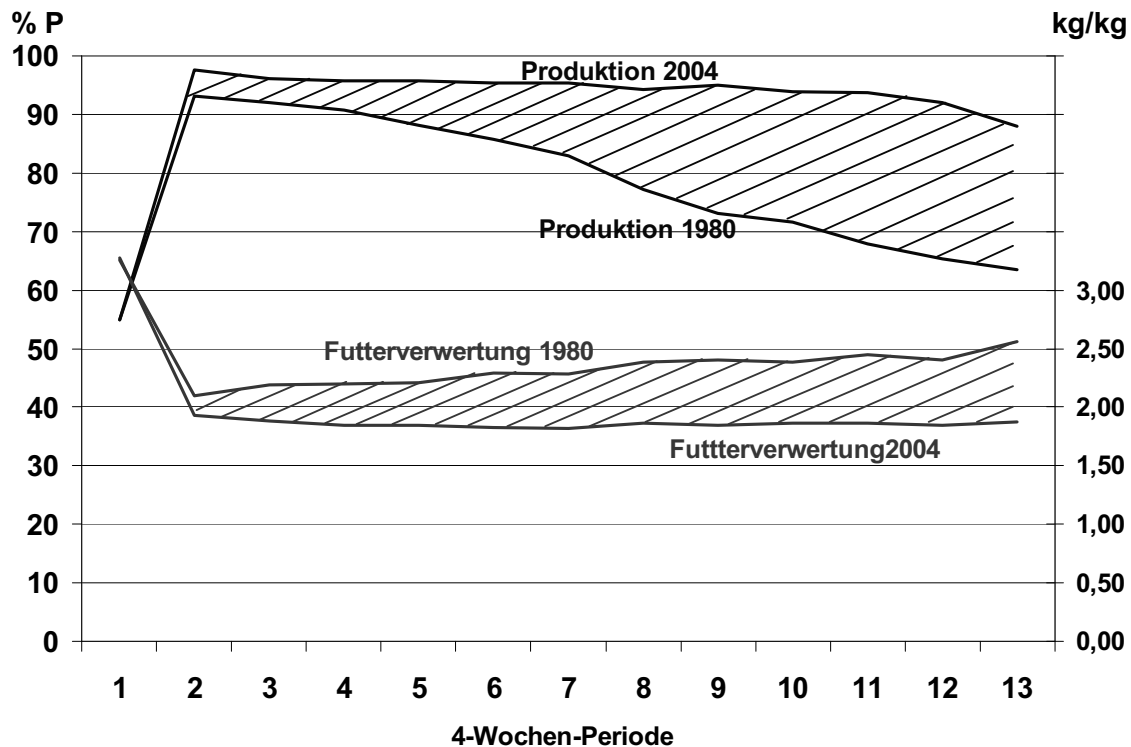


Abb. 3.3.4: Vergleich von Legeleistung und Futterverwertung 1980 und 2004 anhand von Ergebnissen der offiziellen Legeleistungsprüfung in Haus Düsse
(zur Erläuterung: Y₁-Achse = Legeleistung in %; Y₂-Achse = Futterverwertung)

Futterverwertung

In allen Bereichen der Produktion von Lebensmitteln tierischen Ursprungs machen die Futterkosten den höchsten Anteil an den Gesamtkosten aus. Je nach Produktionssystem und Bezugsbasis rechnet man bei Eiern mit etwa 60 bis 65%. Besonders wenn die Getreide- und Sojapreise am Weltmarkt wie in jüngster Zeit steigen, sind auch die Züchter von Legehybriden gefordert, neben der Maximierung der Legeleistung die Futterkosten je verkaufsfähiges Ei bzw. je kg Eimasse zu minimieren. Wenn man sich mit dem Futteraufwand bzw. der Futterverwertung beschäftigt, muss man zwischen Erhaltungsbedarf und Produktionsbedarf unterscheiden. Beide Komponenten bieten Ansätze für die züchterische Verbesserung.

Bis Anfang der 1970er Jahre war es noch allgemein akzeptierte Lehrmeinung, dass alle Hühner entsprechend ihrem Körpergewicht und ihrer Legeleistung soviel Futter aufnehmen, wie sie bei gegebener Stalltemperatur und Futterqualität „brauchen“. Demnach reichte es aus, die Hennen zu wiegen und die täglich produzierte Eimasse festzustellen, um auf dieser Basis die effizientesten zu selektieren (NORDSKOG *et al.*, 1972).

Als Ergebnis dieser Zuchtphilosophie wurden die Hennen kleiner und hinsichtlich Futterqualität anspruchsvoller, möglicherweise auch stressanfälliger. Dass sich der Wert der Schlachthennen mit abnehmendem Gewicht verringert, ist bei heutigen Schlachthennenpreisen kein Thema.

Ausgelöst durch steigende Futterpreise stellte sich Mitte der 1970er Jahre die Frage, ob mit direkter Erfassung des individuellen Futterverbrauchs zusätzliche Fortschritte in der Futterverwertung zu erzielen sind, ohne dass dadurch das Körpergewicht abnimmt. Wir haben damals begonnen, in der Zuchtstufe bei vorselektierten Hennen über 4 Wochen den individuellen Verzehr zu erfassen, um als zusätzliches Merkmal die „Eimasse minus Futterkosten“ (EmF) zu berücksichtigen. Erfahrungen bei weißen Legehybriden wurden später auch bei braunen Linien genutzt, um den Futteraufwand erheblich zu senken (FLOCK, 1998).

Der Erlös minus Futterkosten errechnet sich aus der Gesamteimasse (Eizahl über die gesamte Legeperiode, multipliziert mit dem mittleren Eigewicht), multipliziert mit dem Verkaufswert je kg Eimasse, abzüglich geschätztem Gesamtverzehr, multipliziert mit dem Futterpreis. Unabhängig von schwankenden Preisen je kg Eimasse und je kg Futter kann man für die genetische Selektion ein Verhältnis von 4 : 1 annehmen, d. h. für den Verkaufswert von 1 kg Eimasse kann man weltweit etwa 4 kg Futter kaufen.

Am Trend von Ergebnissen deutscher Legeleistungsprüfungen konnten FLOCK und HEIL (2002) zeigen, dass die Verbesserung der Futterverwertung bei weißen Legehybriden vor allem mit höherer Produktion bei leicht rückläufigem Gewicht verbunden war, während bei braunen Legehybriden die Verringerung des Körpergewichts eine größere Rolle gespielt hat.



Abb. 3.3.5: Erfassung des individuellen Futterverzehrs im Zuchtbetrieb

Unser heutiges Wissen über Varianzursachen des individuellen Futterverzehrs bietet mehr Sicherheit für die praktische Zuchtarbeit als die Arbeitshypothesen vor 30 Jahren. Ein Problem bleibt dabei: wir testen und selektieren unter den Bedingungen heutiger Futterrezepturen, ohne genau zu wissen, welche Futterkonstellation in der Praxis von morgen zu erwarten ist.

Das ideale Huhn sollte deshalb bis zum Ende der Legeperiode eine gute Befiederung behalten und ausreichenden Appetit haben, um im Bedarfsfall auf niedrige Stalltemperatur, Krankheit oder unausgewogene Futterzusammensetzung mit erhöhter Futteraufnahme zu reagieren.

Eiqualität

Im Zusammenhang mit der Legeleistung wurde bereits betont, dass es im Zuchtziel um „verkaufsfähige“ Eier geht. Eine Vielzahl von Eiqualitätskriterien ist aus der Literatur bekannt. Wir haben kürzlich einen Überblick veröffentlicht (FLOCK *et al.*, 2007), auf den verwiesen werden kann. Man unterscheidet zwischen Kriterien der äußeren und inneren Eiqualität. Von besonderem Interesse sind folgende Merkmale.

Eigewicht bzw. Einzeleimasse: Schale Eier werden in den meisten Ländern nach Gewicht gehandelt und bezahlt; deshalb muss das genetische Potenzial so eingestellt werden, dass im Mittel einer Legeperiode ein möglichst hoher Anteil in die gängigsten bzw. am besten bezahlten Gewichtsklassen fällt. Für den Eierhandel in Deutschland sind die Größenklassen M (53-63g) und L (63-73g) am stärksten gefragt, so dass ein mittleres Eigewicht von etwa 63g angestrebt wird. In gut geführten Produktionsbetrieben lässt sich der Anteil Eier unter 53g und/oder über 73g durch Managementmaßnahmen (Lichtprogramm, Phasenfütterung, Stalltemperatur) minimieren. Als Zuchtziel wird vor allem ein rascher Anstieg des Eigewichts am Anfang der Legeperiode bis zum Optimum von etwa 63g und danach ein möglichst flacher Verlauf der Eigewichtskurve angestrebt. Die genetische Korrelation zwischen dem Eigewicht am Anfang und Ende der Legeperiode ist sehr hoch, eine messbare Abflachung des Verlaufs deshalb nur über viele Generationen möglich.

Eischalenstabilität: Bei der heute üblichen Intensivhaltung sollen die Legehybriden nicht nur über 300 Eier pro Jahr legen. Von diesen Eiern wird auch eine Schalenstabilität verlangt, die allen mechanischen Belastungen von der Eiablage bis zum Endverbraucher standhält. In der ersten Hälfte der Legeperiode gibt es kaum Knickeier, aber mit steigendem Eigewicht und abnehmender Schalendicke nimmt die Knickeier rate zu. Häufig entscheidet die Persistenz der Schalenqualität darüber, wie lange eine Herde gehalten werden kann.

Direkte Selektion auf Schalenqualität wird im Rahmen der Legeleistungsprüfung praktiziert, indem nur Eier mit intakter Schale gutgeschrieben werden. Um die Belastbarkeit von Eiern mit heiler Schale zu quantifizieren, hat sich die Bruchfestigkeit als aussagefähiger erwiesen als das früher übliche spezifische Gewicht. Dabei wird vor allem die Belastbarkeit in der Polregion geprüft, die durch die Eiform und Gleichmäßigkeit der Kalkablagerung beeinflusst wird.

Eine jüngere technische Entwicklung ist die Nutzung der Resonanzfrequenz mit Hilfe eines speziell für den Zuchtbetrieb entwickelten „Crack Detector“ (DUNN *et al.*, 2005; ICKEN u.a. 2006). Züchterisch erwünscht ist vor allem eine gute Belastbarkeit der Eischale bis zum Ende der Legeperiode, ohne dass der Schalenanteil unnötig erhöht wird (vgl. Abb. 3.3.6).

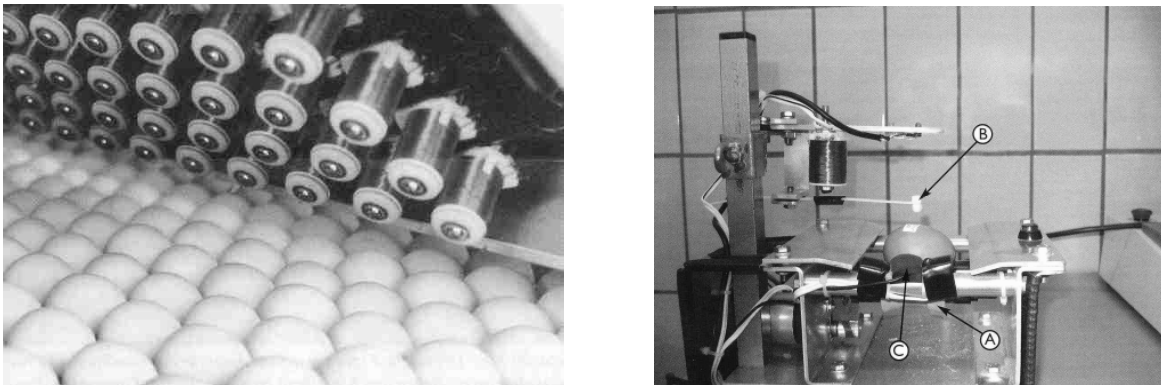


Abb. 3.3.6: Crack Detector: Eiersortieranlage (links) und Gerät zur Einzeleimessung (rechts)

Schalenfarbe: Eine optisch ansprechende „Verpackung“ gehört zu den Anforderungen an die äußere Eiqualität. Weißschalige Eier sollen möglichst rein weiß sein, braunschalige Eier eine möglichst ausgeglichene und dunkle Schalenfarbe haben. Bei braunen Legelinien wird die Schalenfarbe mit einem Minolta-Gerät gemessen. Aus den drei Parametern L^* (Farbsättigung), a^* (Rot) und b^* (Gelb) wird ein Farbindex ($L^* - a^* - b^*$) berechnet, der als Hauptselektionskriterium genutzt wird (FÖRSTER u.a., 1996). Ferner wird die Schalenfarbe und -struktur bei allen Linien subjektiv bewertet und bei der Selektion berücksichtigt (vgl. Abb. 3.3.7).



Abb. 3.3.7: Messung der Schalenfarbe mit dem Minoltagerät

In China und Japan werden außer Weißen Leghorn und braunen Legehybriden auch Kreuzungen zwischen diesen Ausgangsrassen zur Produktion cremefarbiger Eier gehalten. Dieser Nischenmarkt lässt sich aus den kommerziellen Linien ohne zusätzlichen Zuchtaufwand bedienen.

Kriterien der inneren Eiqualität

Die innere Eiqualität hängt in erster Linie von nicht-genetischen Faktoren ab: Futterqualität und Gesundheit der Hennen, Stallklima, Alter der Hennen sowie Eialter und Lagerungsbedingungen. Hier geht es ausschließlich um Möglichkeiten, die innere Eiqualität züchterisch zu beeinflussen. Vom Verbraucher wahrgenommen werden vor allem die Eiklarkonsistenz, die Dotterfarbe und gelegentlich der Geschmack. Für die verarbeitende Industrie ist weiterhin der Dotteranteil von Bedeutung. Forschung und Entwicklung beschäftigen sich zunehmend mit Eikomponenten, die für die Humanernährung und -gesundheit („nutriceuticals“) Bedeutung haben. Ob sich die Züchtung auf diesem Gebiet engagieren wird, ist z. Z. nicht absehbar.

Eiklarkonsistenz: Qualitätsbewusste Verbraucher achten nicht nur auf das „Haltbarkeitsdatum“ auf der Verpackung, sondern auch auf die Eiklarkonsistenz und Dotterhöhe bei Spiegeleiern als Indiz für die „Frische“ bzw. sachgemäße Lagerung. Der Züchter darf sich nicht davon entmutigen lassen, dass die Eier leider oft unsachgemäß und zu lange gelagert werden.

Die routinemäßigen Eiqualitätstests im Zuchtbetrieb schließen deshalb die Eiklarhöhe aufgeschlagener Eier nach standardisierter Lagerung ein. In wissenschaftlichen Arbeiten wird die Eiklarhöhe (H) meistens in **Haugh Units** angegeben, wobei auf unterschiedliches Eigewicht (G) wie folgt korrigiert wird:

$$\text{Haugh Unit} = 100 \log (H - 1,7 G^{0,37} + 7,6)$$

wobei H = Eiklarhöhe in mm; G = Eigewicht in Gramm

Dotterfarbe: Wir essen bewusst oder unbewusst auch mit den Augen. In Deutschland bevorzugen die meisten Verbraucher eine relativ dunkle Dotterfarbe, einige glauben noch immer, dass dies auf Freilandhaltung schließen lässt. In Wirklichkeit haben Eier aus ökologischer Produktion häufig hellere Dotter, weil auf industrielle Farbzusätze verzichtet wird. Unsere niederländischen Nachbarn essen lieber Eier mit hellem Dotter, für den Export nach Deutschland setzen sie aber Futter mit entsprechendem Zusatz von Farbstoffen ein. Möglicherweise gibt es bei der Dotterfarbe wie bei anderen Eiquälitätsmerkmalen auch

genetische Unterschiede, aber für Genetiker besteht bisher kein Anlass, diese Varianz gezielt zu nutzen.

Geruch und Geschmack: Ebenso wie die Dotterfarbe sind auch Geruch und Geschmack der Eier in erster Linie von der Futterqualität abhängig. Eier können aber auch Fremdgeruch während der Lagerung aufnehmen. Für den Züchter von besonderem Interesse sind Geruchsabweichungen von Eiern einzelner Hennen, die offenbar nicht in der Lage sind, Trimethylamin zum geruchslosen Trimethylaminoxid zu verstoffwechseln. Hier liegt eine Wechselwirkung zwischen bestimmten Futterkomponenten (insbesondere Rapsschrot) und genetischer Disposition vor.

Nachdem über mehrere Jahre mit herkömmlichen Selektionsmethoden versucht wurde, das Problem zu lösen, konnte ein rezessives Gen identifiziert werden (HONKATUKIA *et al.*, 2005), das es ermöglicht, mit einem patentierten Verfahren alle heterozygoten Merkmalsträger aus den braunen Zuchtpopulationen der LTZ zu eliminieren. Seitdem kann Rapsschrot unbedenklich in Mischfutter für FMO3-freie braune Legehybriden eingesetzt werden (POTTGÜTER, 2007). Futterqualität und Lagerbedingungen bleiben wichtige Einflussfaktoren für die geschmackliche Qualität der Eier. Abbildung 3.3.8 zeigt die Differenzierung der drei Genotypen (HONKATUKIA *et al.*, 2006).

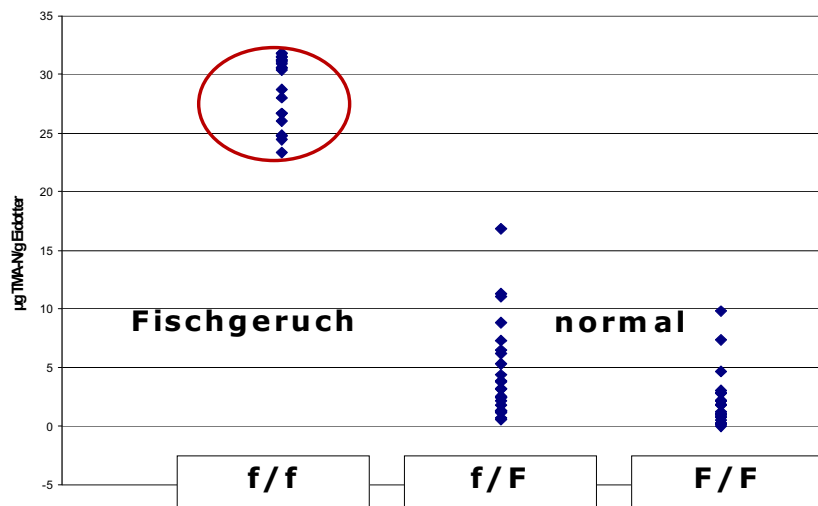


Abb. 3.3.8: TMA-Gehalt im Dotter in Abhängigkeit vom FMO3 Genotyp

Blut- und Fleischflecken: Bei weißschaligen Eiern findet der Verbraucher selten Blutflecken, da sie bei der Durchleuchtung aussortiert werden, Fleischflecken werden beim Kochen unsichtbar. Bei braunschaligen Eiern gibt es mehr Blut- und Fleischflecken, und die Fleischflecken sind umso dunkler je dunkler die Schalenfarbe ist. In der älteren Literatur findet man den Nachweis, dass man den Anteil Fleckeneier durch Selektion erhöhen kann (BECKER & BEARSE, 1973), aber der zu erwartende Selektionserfolg in erwünschter Richtung ist wegen der geringen Frequenz gering. Um in kommerziellen Linien den Anteil Fleckeneier signifikant zu senken, muss eine große Anzahl Eier je Henne aufgeschlagen und beurteilt werden.

Dotteranteil: Mit erfolgreicher Selektion auf bessere Futtermittelverwertung ist in den letzten Jahrzehnten der Dotteranteil leicht zurückgegangen. Er liegt heute bei etwa 28 bis 29%, bei braunen Legehybriden etwas niedriger als bei weißen. Eine Erhöhung des Dotteranteils durch gezielte Selektion ist möglich. Die Heritabilität liegt bei etwa 0,30 bis 0,40 (s. Tab.

3.3.1) für das Merkmal Dotteranteil, jedoch besteht eine negative genetische Korrelation zum Eigewicht. Als Zuchtziel ist eine höhere Dottermasse sinnvoller als ein höherer Dotteranteil.

Resistenzzüchtung und andere Maßnahmen zur Minimierung von Krankheitsrisiken

In der Anfangszeit moderner Hybridzüchtung war es noch üblich, im gleichen Betrieb alle Altersgruppen zu halten – von den Eintagsküken bis zu den zweijährigen Alttieren, die darauf warteten, selektiert und reproduziert zu werden. Wie aus heutiger Sicht nicht anders zu erwarten, waren die Verluste sehr hoch – manchmal über 50% während der Aufzucht und noch einmal 50% während der Legeperiode. Kein Wunder, dass DICKERSON (1955) in seiner klassischen Arbeit über „genetic slippage“ zu dem Schluss kommt, dass unter diesen Bedingungen kein messbarer Fortschritt zu erzielen ist (Abb. 3.3.9).

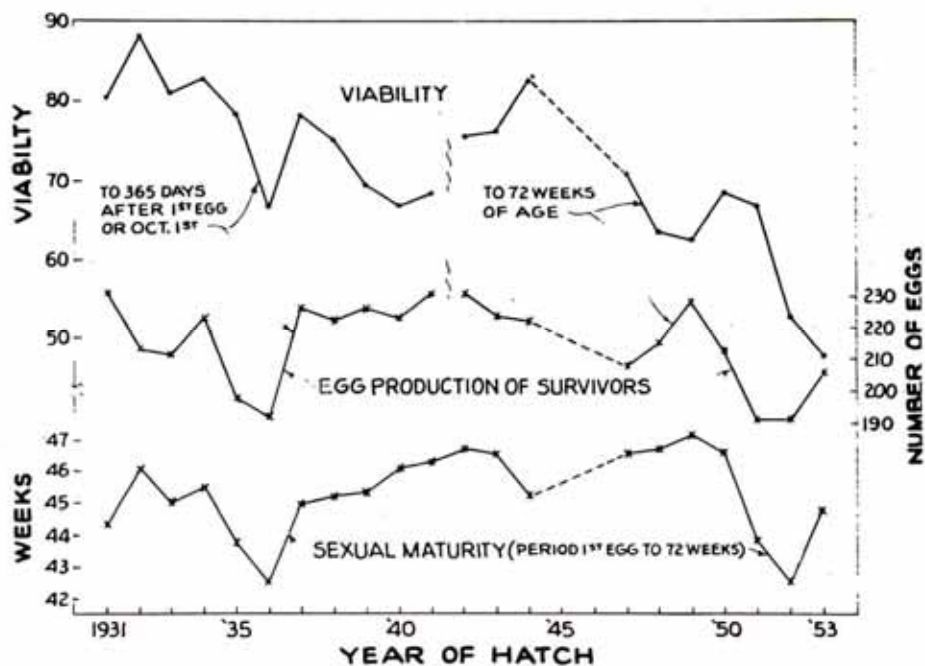


Abb. 3.3.9: Mortalität und Legeleistung in Kimber Farms (Quelle: DICKERSON, 1955)

Das änderte sich in den folgenden Jahren mit zunehmendem Wissen über einzelne Krankheiten und der Entwicklung spezifischer Strategien zur wirksameren Prophylaxe gegen regional bedeutsame Erreger. Betriebe mit schlechtem Management und mangelhafter Hygiene werden vergeblich auf die Lösung ihrer Probleme durch Resistenzzüchtung warten. Vielmehr konzentriert sich die Resistenzzüchtung auf spezifische Krankheiten, die bisher nicht oder nur begrenzt durch Impfung und gute Hygiene kontrolliert werden können. Wenn heute z. B. auf MD-Resistenz selektiert wird, dann nicht in der Hoffnung, eines Tages die übliche Impfung von Eintagsküken überflüssig zu machen. Wenn möglich soll die Entwicklung aktiver Immunität nach der Impfung quantitativ verbessert und beschleunigt werden.

Jeder Zuchtbetrieb braucht ein leistungsfähiges Veterinärlabor mit kompetenten Fachtierärzten, die unter Anwendung modernster Diagnostik vier Hauptaufgaben zu erfüllen haben: (1) Impfung der Zucht tierbestände und Monitoring des Immunstatus jeder Herde; (2) Eradikation vertikal übertragbarer Krankheitserreger in der Zucht- und Großelternstufe (insbesondere Leukoseviren, Mykoplasmen, Salmonellen); (3) Überwachung von Testtieren mit individueller Abstammung, die in Betriebe mit bekannt hohem Infektionsdruck durch bakterielle und virale Erreger eingestallt werden; und (4) Kundenberatung in allen Fragen der Krankheitsprophylaxe.

Die vom Zuchtbetrieb gelieferten Elterntiere sind in aller Regel frei von vertikal übertragbaren Krankheiten und durch maternale Antikörper und Impfung der Eintagsküken bestmöglich geschützt. Danach müssen sie im Vermehrungsbetrieb durch allgemeine Hygienemaßnahmen und Schutzimpfungen frei von Krankheiten gehalten werden. Es ist davon auszugehen, dass die heutigen Legehybriden weder resistenter noch anfälliger gegenüber Feldinfektionen sind als weniger leistungsfähige Hühner früherer Zeiten. Aussagefähige Vergleiche mit unselektierten Kontrollpopulationen sind uns nicht bekannt.

Im Bereich der Krankheitsprophylaxe gibt es immer wieder neue Herausforderungen und entsprechende Schwerpunkte für die Forschung und Entwicklung. Nachdem die Verlustraten in deutschen Legeleistungsprüfungen seit Einführung der Marek-Impfung deutlich zurückgegangen sind (FLOCK und HEIL, 2002), steigen sie in jüngster Zeit wieder an. Als Ursachen kommen vor allem Kannibalismus bei Verzicht auf Schnabelstutzen, schärfere Auflagen gegen den Einsatz von Medikamenten und Futterzusatzstoffen sowie ein größerer Infektionsdruck bei Bodenhaltung (*E. coli*) in Betracht.

3.3.3 Verhaltensmerkmale - Anpassungsfähigkeit an bestimmte Haltungsbedingungen

Seit Beginn der Domestikation haben „pflegeleichte“ Tiere einen Selektionsvorteil. Züchter von Nutztieren achten vorwiegend aus wirtschaftlichen Gründen auch auf Verhaltensmerkmale. Für die Legehennenzüchtung hat das Verbot der konventionellen Käfighaltung in der EU ab 2012 mit unterschiedlichen Übergangsregelungen in einzelnen Mitgliedstaaten neue Akzente gesetzt. Wer sich für die Vorgeschichte der Käfighaltung interessiert, darf daran erinnert werden, dass bestimmte Linienkombinationen Anfang der 1960er Jahre als nicht praxistauglich galten, weil sie bei Käfighaltung zu wild waren und zum Kannibalismus neigten (PIRCHNER, mündliche Mitteilung).

Als die Legeleistungsprüfungen in Deutschland Anfang der 1970er Jahre von Bodenhaltung auf Käfighaltung umgestellt wurden, schnitten HNL-Hennen in Bodenhaltung relativ besser ab als in Käfighaltung, und Ergebnisse des 2007 abgeschlossenen Herkunftsvergleichs für Legehybriden in Kitzingen machen deutlich, dass die heutigen LSL-Hybriden nichts von ihrer Anpassungsfähigkeit an diese Haltungsform verloren haben.

Die meisten Linienkombinationen, die in Käfighaltung gute Leistungen bringen, erfordern bei Bodenhaltung ein höheres Managementniveau, um befriedigende Leistungen zu bringen, vor allem wenn auf Schnabelbehandlung verzichtet wird. Wie bei allen Leistungskriterien gibt es auch bei Verhaltensmerkmalen Unterschiede zwischen und innerhalb Linien. Die Basiszüchter sind bemüht, Familien mit erwünschtem Verhalten innerhalb bewährter Linien zu identifizieren, um diese verstärkt zu vermehren.

Wirtschaftlich wichtige Verhaltensmerkmale, vor allem in der Bodenhaltung, sind:

Federpicken und Kannibalismus: Zu Ursachen von Federpicken und Kannibalismus gibt es verschiedene Theorien und Vorschläge zu deren Vermeidung. Wir gehen davon aus, dass alle Hühner mehr oder weniger „neugierig“ sind und ihren Schnabel nutzen, um festzustellen, was fressbar ist. Die Neigung zum Picken wird durch äußere und innere Reize stimuliert bzw. unterdrückt. Hohe Lichtintensität (reflektierende Flächen), trockene Luft und „interessante“ Objekte (vor allem verletzte, angepickte Stallgefährten!) in einer sonst reizarmen Umwelt sind äußere Ursachen. Unausgewogene Ernährung ist die häufigste innere Ursache (z.B. Mangel an essentiellen Aminosäuren bei ökologischer Fütterung).

Grundlage genetischer Verbesserung ist die Haltung nicht gestutzter Hennen in größeren Familienkäfigen bei relativ hoher Lichtintensität. Die Optimierung der Prüfbedingungen und die Interpretation der Daten werden dadurch erschwert, dass trotz vergleichbarer Intensität der Lichtstimulierung der Prozentsatz der Käfige mit Verlusten durch Kannibalismus von einer Generation zur anderen stark schwankt. Die häufig zitierten Ergebnisse von MUIR (2002) basieren auf einer Ausgangslinie mit anfangs sehr hohen Verlusten und ausschließlicher Selektion gegen Kannibalismus. In der Zuchtpraxis haben wir es mit Linien

zu tun, die weniger kannibalistisch veranlagt sind. Außerdem muss gleichzeitig auf viele andere Merkmale selektiert werden.

Die genetische Verringerung der Neigung zu Federpicken und Kannibalismus erfordert Geduld und Ausdauer. Zwischenzeitlich ist es umso wichtiger, die Erfahrungen gut geführter Betriebe zu nutzen, um die Tierverluste zu minimieren. Sofern gesetzlich erlaubt, wird für Bodenhaltung eine Schnabelbehandlung mit spätestens 10 Tagen empfohlen. In der Kleingruppenhaltung ist das Risiko von Verlusten durch Kannibalismus deutlich geringer, zumal wenn die Lichtintensität optimiert wird. Dass unsere jahrelange Selektion gegen Kannibalismus erfolgreich ist, zeigt sich u.a. an einem besonders hohen Marktanteil von LSL und zunehmenden Marktanteilen von LB in Ländern und Einzelbetrieben, die auf Schnabelbehandlung verzichten.

Osteoporose und Anfälligkeit gegen Knochenbrüche: Für die Bildung der Eischale werden erhebliche Mengen an Kalzium aus der Knochensubstanz mobilisiert, im Laufe einer Legeperiode mehr als die Körpermasse der Henne: 20 kg Eimasse mit einem Schalenanteil von 10% erfordern, das täglich etwa 6 g Ca dem Depot im Skelett entzogen werden. Das funktioniert bei richtiger Futterzusammensetzung bei den meisten Hochleistungshennen bis zum Ende der Legeperiode erstaunlich gut, Knochenbrüche werden aber gelegentlich mit erschreckender Frequenz in der Schlachtereibeachtung, vor allem wenn die Ausstellung im Akkord von Aushilfshilfspersonal erfolgt. Dass die Frequenz von Knochenbrüchen unter sonst vergleichbaren Bedingungen in der Kleingruppenhaltung und Bodenhaltung niedriger ist als in der konventionellen Käfighaltung wird mit den verbesserten Bewegungsmöglichkeiten erklärt.

BISHOP et al. (2000) konnten in einem mehrjährigen Versuch zum Verständnis der Osteoporose bei Legehennen beitragen. Für einen Index der Knochenstärke berichten sie eine realisierte Heritabilität von 0,40. Für die praktische Anwendung in der Selektion kommerzieller Linien wurden die Untersuchungsmethoden weiterentwickelt, um die Knochenstabilität aufgrund von Hilfsmerkmalen am lebenden Huhn bereits vor der Hauptselektion zu schätzen statt mit größerer Genauigkeit an Schlachtkörpern nach abgeschlossener Legeperiode.

Die Knochenbrüchigkeit durch Selektion zu verringern erscheint vielleicht im Hinblick auf das bevorstehende Ende der Käfighaltung in Europa weniger dringend, sollte aber auch als Ziel für alternative Haltungssysteme nicht vernachlässigt werden. Erhebungen in Großbritannien zeigen, dass Schlachthennen aus allen Systemen mit mehreren Etagen und entsprechendem Anreiz zum Fliegen vermehrt „verheilte“ Knochenbrüche aufweisen (SANDILANDS, 2008), weil die Hennen offenbar gern auf eine höhere Ebene auffliegen, aber in umgekehrter Richtung ungeschickt landen und dabei das Brustbein verletzen. Zur Lösung dieses Problems können zweifellos Anlagenhersteller mehr beitragen als die Züchter.

Nestgängigkeit: Bei der Bodenhaltung sollen die Hennen saubere Eier im Nest legen. Auch hier gibt es erfahrungsgemäß Unterschiede zwischen und innerhalb Linien. Um die Nestgängigkeit genetisch zu verbessern, muss eine Prüfumwelt geschaffen werden, die individuelle Unterschiede erkennen lässt. Zwei neu entwickelte Prüfsysteme, das „Weihenstephaner Muldenest“ und das „Elektronische Schlupfloch“ (Abb. 3.3.10) ermöglichen die automatische Erfassung individueller Leistungs- und Verhaltensmerkmale in der Boden- und Freilandhaltung. Mit Hilfe moderner Transpondertechnologie können auf diese Weise die Nestaufenthaltsdauer, der Eiablagezeitpunkt und das Auslaufverhalten erfasst und in Beziehung zur Legeleistung gesetzt werden (TURNER, 2005). Erste Ergebnisse lassen deutliche Linienunterschiede in diesen Merkmalen erkennen. LSL-Hennen legen ihre Eier später am Tag, sind weniger flexibel in ihrem Eiablagezeitpunkt und verweilen länger im Legenest als Lohmann Silver Hennen. Die durchschnittliche Nestaufenthaltsdauer einer Henne variiert zusätzlich zwischen einem Nestbesuch mit und ohne Eiablage. Legt die Henne während eines Nestaufenthaltes ein Ei, so dauert der Besuch durchschnittlich dreimal so lange wie ein Nestbesuch ohne Eiablage (ICKEN et al., 2006).

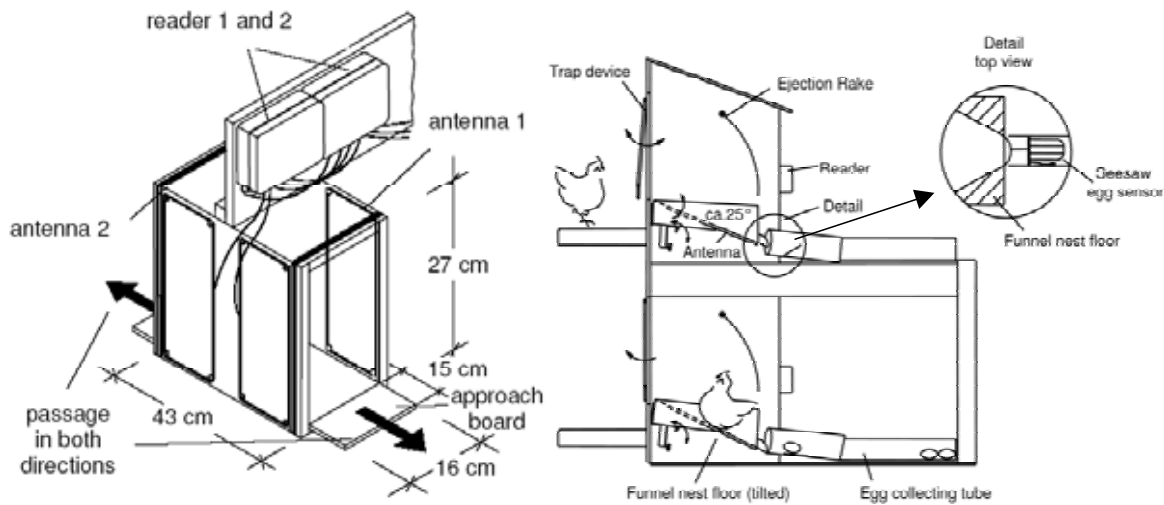


Abb. 3.3.10: Schema des Elektronischen Schlupfloches (links) und des Weihenstephaner Muldennestes (rechts)

Tab. 3.3.4: Genetische Korrelationen (oberhalb der Diagonale), Heritabilitäten (Diagonale) und phänotypische Korrelationen (unterhalb der Diagonale) im Weihenstephaner Muldennest und elektronischem Schlupfloch zum Wintergarten

	Legeleistung	Passagehäufigkeit	Aufenthaltsdauer im Wintergarten
Legeleistung	0.16	-0.08	-0.34
Passagehäufigkeit	+0.08	0.24	+0.82
Aufenthaltsdauer im Wintergarten	+0.07	+0.86	0.24

Das mit dem „Elektronischen Schlupfloch“ erfasste Auslaufverhalten wird durch die Merkmale Wechselhäufigkeit zwischen den Bereichen Stall und Auslauf sowie die Dauer der Aufenthalte beschrieben. Erste Auswertungen von THURNER (2005) und ICKEN et al. (2008) aufgrund von Daten aus diesem System zeigen, dass einzelne Hennen den Auslauf sehr unterschiedlich nutzen und viele von diesem Angebot keinen Gebrauch machen. Die an begrenztem Material geschätzte Heritabilität deutet darauf hin, dass auch das Auslaufverhalten genetisch beeinflussbar wäre.

Elterntierleistung

Bei der Züchtung von Legehennen steht eindeutig die Leistung der Endprodukte im Mittelpunkt. Im Gegensatz zur Mastgeflügelzucht gibt es keine Antagonismen zwischen Produktionsleistung der Legehennen und Reproduktionsleistung der Elterntiere. Das Hauptselektionsmerkmal ist in allen Linien und auf allen Stufen die Legeleistung, und es geht eher um eine Feinabstimmung des Leistungsprofils von Hahnen- und Hennenlinien, um möglichst viele brutfähige Eier und Küken in der üblichen Haltungsperiode produzieren zu können.

In der Elterntierstufe werden Heterosiseffekte vor allem auf der Hennenseite genutzt, um die Persistenz der Legerate und der Schlupfrate gegenüber den Ausgangslinien zu verbessern.

Heute rechnen Vermehrungsbetriebe mit mindestens 100 verkaufsfähigen Hennenküken pro Jahr, was einer Verdopplung gegenüber Durchschnittsleistungen vor 30 bis 40 Jahren entspricht, als Elterntiere der damaligen Einfachkreuzung HNL selten eine Spitze von 80% Legerate und Schlupf erreichten und danach schnell abfielen.

Eine Untersuchung von STÖVE-SCHIMMELPFENNIG und FLOCK (1982) bestätigte die Erwartung, dass ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Eigewicht einzelner Hennen und der Schlupfrate besteht. Wenn nicht in jeder Generation auf höheres Eigewicht selektiert würde, dann würde das mittlere Eigewicht bald auf das biologische Optimum von etwa 50 g absinken. Um für den Konsumeiermarkt ein durchschnittliches Eigewicht von 63 g mit akzeptablen Schlupfraten zu kombinieren, wird z. B. das mittlere Eigewicht der Hennenlinien auf knapp 60 g eingestellt, schlechtere Schlupfraten bei Hahnenlinien wegen des höheren Eigewichts sind kein Thema für die Vermehrungsstufe.

Am einfachsten lässt sich auf bessere Schlupfraten selektieren, wenn als Ausgangsdaten die in jeder Generation anfallenden Ergebnisse der Pedigreeschlüpfe genutzt werden können. Entgegen der Erwartung, dass die Schlupfrate in reinen Linien als typisches Fitnessmerkmal eine niedrige Heritabilität hat, errechnete FÖRSTER (1993) in zwei LB-Linien Heritabilitäten von 0,20 bis 0,25 für die Schlupfrate je eingelegtes Ei und 0,22 bis 0,28 je umgelegtes Ei. Auch in dieser Untersuchung zeigten sich deutlich negative Korrelationen zwischen Eigewicht und Schlupfrate. Die Nutzung dieser Ergebnisse in der praktischen Selektion hat seitdem zu einer deutlichen Verbesserung der Elterntierleistung beigetragen.

Zur Elterntierleistung gehört auch die Sexfähigkeit der Eintagsküken. Die meisten braunen Legehybriden werden mit Hilfe des geschlechtsgebundenen Silber-Gold Faktors sortiert, wobei der Hahn homozygot für das rezessive Goldgen (ss) ist, die Hennenlinie hemizygot das dominante Silbergen (S-). Bei Weißen Leghorn und „Silver“ Brauneierlegern nutzt man den ebenfalls geschlechtsgebundenen Befiederungsfaktor: die Hahnenlinie ist homozygot schnell befiedernd (kk), die Hennenlinie langsam befiedernd (K-).

Die Nutzung des Befiederungsfaktors setzt voraus, dass alle Linien im Zuchtbetrieb Leukose-frei sind. Warum die (schnellbefiedernden) Töchter von langsam befiedernden Müttern der Rasse Weiße Leghorn besonders anfällig gegen Leukose sind, ist bis heute nicht klar. Vermehrer sollten davor gewarnt sein, Bruteier unbekannter Herkunft in ihrer Brüterei einzulegen. Küken von Federsex-Leghorn können ggf. in der Brüterei auch horizontal von Leukoseviren infiziert werden!

3.3.4 Schätzung des Zuchtfortschritts

Zweifel am genetischen Fortschritt, wie sie in der Veröffentlichung von DICKERSON (1955) zum Ausdruck gebracht wurden, konnten bald durch die Einführung der Hybridzüchtung überzeugend widerlegt werden; derselbe Autor korrigierte in späteren Veröffentlichungen seine pessimistischen Prognosen. Leistungsgrenzen blieben aber noch jahrelang ein beliebtes Thema, und der schlüssige Beweis weiterer Verbesserungen erforderte die Entwicklung verfeinerte Methoden.

Bei Heisdorf & Nelson und Lohmann wurden Wiederholungspaarungen eingeführt, um genetische Veränderungen frei von umweltbedingten Veränderungen zu schätzen. Dabei wurden über mehrere Jahre Nachkommen aus zwei aufeinander folgenden Generationen zeitgleich reproduziert und unter identischen Umweltbedingungen getestet. Über die Methodik und Ergebnisse haben v. KROSIGK et al. (1972) berichtet.

Nachdem die Schätzwerte für den Selektionsfortschritt annähernd den theoretischen Prognosen aus den Selektionsdifferenzen entsprachen, konzentrierte sich unser Interesse auf die naheliegende Frage: machen wir in unseren Zuchtprogrammen genügend Fortschritt, um im Wettbewerb mit anderen Züchtern bestehen zu können? Das Leistungsprofil unserer Zuchtprodukte – zunächst nur weiße Legehybriden, seit den 1980er Jahren zunehmend auch braune Legehybriden – lässt sich anhand der jährlichen Ergebnisse offizieller

Legeleistungsprüfungen verfolgen. Die Ergebnisse der Legeleistungsprüfungen haben wichtige Impulse für die Optimierung unserer Zuchtprogramme gegeben und geholfen, das Leistungsprofil den Bedürfnissen der Praxis anzupassen.

Nicht alle Leistungsverbesserungen sind allein durch Selektion zu erklären. Sicherlich haben auch der verbesserte Gesundheitszustand der Elterntiere und insbesondere die Leukose-Eradikation dazu beigetragen, dass einzelne Herkünfte im Jahresdurchschnitt die magische Grenze von 300 Eiern übersprangen. Die von FLOCK und HEIL (2002) dokumentierte Leistungsentwicklung von je 6 weißen und braunen Herkünften in den deutschen Legeleistungsprüfungen 1975 bis 1999 erlaubt zwar keine statistisch saubere Trennung von genetischen und umweltbedingten Trends, sie passt aber zu der Schlussfolgerung von HILL (2008) aus einer Übersicht über Langzeitselktionsversuche bei verschiedenen Tierarten und Mais: „Züchter von Nutztieren haben über viele Jahre Fortschritte erzielt, und es darf angenommen werden, dass weitere Fortschritte folgen werden“.

3.3.5 Nachhaltigkeit

Der Begriff Nachhaltigkeit wurde vor etwa 300 Jahren in der deutschen Forstwirtschaft geprägt. Damals ging es darum, Forstwirte daran zu erinnern, dass man nicht nur dem Wald Holz für den Grubenbau entnimmt, sondern zu jeder Zeit so viele Bäume nachpflanzt, dass genügend Holz für künftigen Bedarf nachwachsen kann. Inzwischen hat sich die Weltbevölkerung vervielfacht und der pro-Kopf Verbrauch an Energie und Lebensmitteln tierischen Ursprungs nimmt weiter zu. Dass die Weltbevölkerung im Energieverbrauch inzwischen mehr verbraucht als nachwachsen kann, merken wir an der Tankstelle und an den Lebensmittelpreisen.

Auch Züchter von Legehennen müssen sich der Frage stellen, ob die Züchtung von Legehybriden und die moderne Legehennenhaltung zur Nachhaltigkeit der Produktion von Lebensmitteln tierischer Herkunft beitragen (FLOCK und PREISINGER, 2002). Unsere Aufgabe sehen wir darin, die züchterischen Voraussetzungen dafür zu schaffen, dass Eier möglichst kostengünstig und umweltschonend produziert werden können. Dass die Zuchtziele im Einklang mit einer Ressourcen schonenden Produktion stehen, lässt sich besonders deutlich an der verbesserten Futtermittelverwertung zeigen. Je höher die Legeleistung und je geringer der Futteraufwand je kg Eimasse, desto weniger Ressourcen werden für die Produktion benötigt. Gleichzeitig werden die Emissionen an N und P reduziert. Darüber hinaus lässt sich auch die Kotkonsistenz über das Trinkverhalten züchterisch beeinflussen (PREISINGER et al., 1994).

Wegen der günstigeren Futtermittelverwertung ist die Produktion von Eiern und Geflügelfleisch weniger umweltbelastend als die Fleischproduktion von anderen Tierarten, ganz zu schweigen von den unvermeidlichen Methanemissionen von Wiederkäuern. Der höhere Futtermittelverbrauch bei Boden- und Freilandhaltung ist aus Sicht der Energiebilanz unerwünscht, aber ein Preis, den viele Verbraucher gern zahlen, damit die Hennen nach ihren Vorstellungen „tiergerecht“ gehalten werden.

Ein wichtiges Thema im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit ist der mögliche Verlust genetischer Varianz. Die Vorstellung, dass der Erhalt von Biodiversität bei Rassegeflügel eines Tages dazu beitragen könnte, verlorene Varianz in Produktionseigenschaften wiederherzustellen, erscheint aus heutiger Sicht unrealistisch (HILL und ZANG, 2008). Züchter kommerzieller Legehybriden können aber ihre Erfahrungen in der Genetik, Fütterung, Gesundheitsprophylaxe und Haltungstechnik den Züchtern gefährdeter Rassen zur Verfügung stellen. Als Alternative zu einer teuren Erhaltungszucht ohne absehbaren wirtschaftlichen Nutzen besteht auch die Möglichkeit, erhaltenswerte Rassen als Hahnenlinie an kommerzielle Hochleistungshennen zur Erzeugung von Endprodukten für ein spezielles Marktsegment anzupaaren.

Die vor mehr als 60 Jahren von Heisdorf & Nelson erworbenen und im LSL-Zuchtprogramm genutzten Linien reagieren noch immer auf die praktizierte Selektion. Pflanzenzüchter fragen mit Recht, warum wir eigentlich von „reinen“ Linien sprechen – sie sind alles andere als

homozygot und haben lediglich eine höhere Frequenz erwünschter und eine verringerte Frequenz unerwünschte Gene als ihre Vorfahren.

Aus Sicht der **Verbraucher** ist das Ziel nachhaltiger Legehennenzucht, dafür zu sorgen, dass Eier einwandfreier Qualität zu konkurrenzfähigen Preisen im Handel angeboten werden können. Für weitergehende Verbrauchewünsche (z. B. Haltungsbedingungen der Hennen, regionale Herkunft und Frische der Eier) ist der Ansprechpartner nicht mehr der Züchter, sondern Eierproduzenten und Eierhandel. Die **Eierproduzenten** brauchen dafür Legehennen mit einem Leistungsprofil, das eine kostengünstige Produktion von Eiern in marktgerechter Qualität gewährleistet. **Vermehrer** bilden in der Qualitätskontrolle und Kommunikation das Bindeglied zwischen Basiszüchter und Legehennenhalter. Sie können die Wünsche von Legehennenhaltern und deren Abnehmern (Handel und Endverbraucher) gebündelt an den Züchter weitergeben.

Der **Zuchtbetrieb** hat mehr Linien und kann deshalb auch mehr Linienkombinationen anbieten als ein einzelner Vermehrungsbetrieb gebrauchen und auslasten kann. Neben den Hauptlinien werden weitere Linien mit Entwicklungspotenzial züchterisch bearbeitet und weltweit in der Praxis getestet sobald ihr Leistungsprofil für spezielle Marktsegmente interessant erscheint.

Je weiter in die Zukunft geplant wird, desto unsicherer werden die Prognosen, sowohl was die genetischen wie die ökonomischen Parameter anbelangt. Deshalb geht es bei nachhaltiger Züchtung nicht in erster Linie darum, durch möglichst genaue Zuchtwertschätzung und intensive Selektion den kurzfristigen Zuchtfortschritt zu maximieren. Vielmehr soll potenziell nützliche genetische Varianz erhalten werden, um künftigen Zuchtfortschritt abzusichern. Das geschieht in erster Linie dadurch, dass große Populationen gehalten werden.

Die jährliche Inzuchtsteigerung liegt trotz intensiver Selektion bei unseren kommerziell genutzten Legelinien seit vielen Jahren deutlich unter 1% (AMELI et al., 1991). Es gibt auch keinen Hinweis darauf, dass die genetische Varianz in wirtschaftlich wichtigen Merkmalen nennenswert abgenommen hat. Damit sind die Voraussetzungen für weitere Fortschritte gegeben. Durch den Einsatz molekulargenetischer Analysen ist es inzwischen möglich, den Heterozygotiegrad innerhalb der geschlossenen Populationen quantitativ zu charakterisieren und von Generation zu Generation zu verfolgen.

Da zur Eierproduktion generell Kreuzungshennen gehalten werden, ist eine langsame Steigerung der Inzucht innerhalb der reinen Linien als unvermeidliche Konsequenz der Selektion ohne Bedeutung für die Legehennenhalter. Im Zuchtbetrieb müssen aber die Verwandtschaftsverhältnisse vor jeder Anpaarung sorgfältig geprüft und berücksichtigt werden. Die Paarung naher Verwandter wird vermieden, um Ungenauigkeiten bei der Zuchtwertschätzung aufgrund von Inzuchteffekten zu minimieren. Der Gefahr einer Verengung der Basis durch zu intensive Selektion zwischen Familien aufgrund der Animal Model Zuchtwerte wird dadurch begegnet, dass die Familiengröße, insbesondere die Anzahl selektierter Söhne je Vater, begrenzt wird. Ohnehin verteilt sich die Selektion nach dem Index auf viele Merkmale, so dass die Selektionsintensität für einzelne Merkmale sich in vertretbaren Grenzen hält.

Nachhaltigkeit in der Züchtung kann durch bewusstes Tun oder Lassen zum Ausdruck kommen. Eine wichtige und im Nachhinein richtige Entscheidung war, dass wir uns nicht haben überreden lassen, auf niedrigeren Cholesteringehalt im Ei zu selektieren, als dies vor Jahren gefordert wurde. Hätten wir diesen Rat befolgt, gäbe es möglicherweise heute keine Basiszucht für Legehennen in Deutschland mehr.

3.3.6 Ausblick

Nach jüngsten Prognosen für die Entwicklung des globalen und regionalen Eierverbrauchs werden im Jahr 2015 weltweit etwa 70,9 Millionen t Eier verbraucht (WINDHORST, 2008). Die

dafür erforderliche Mehrproduktion von 12 Millionen t gegenüber 2005 erfordert keinen zusätzlichen Aufwand in der Zuchtstufe, sie bedeutet aber eine hohe Verantwortung für die Basiszüchter und ein Logistikkonzept, das auch im Katastrophenfall (z. B. bei regional auftretender Vogelgrippe) eine Belieferung von Eltern- und Großelternkunden sicherstellt.

Die züchterische Entwicklung sehen wir als Begleitung zeitnaher Entwicklungen in der Fütterung, Krankheitsprophylaxe und Haltungstechnik. Es ist müßig darüber zu streiten, ob das Huhn an die Technik oder die Technik an das Huhn angepasst werden sollte. Beides gehört im Sinne einer Coevolution zusammen. Das Ziel gemeinsamer Bemühungen ist es, den jeweiligen Eierbedarf ressourcenschonend, mit möglichst wenigen Hühnern abzudecken.

Neben einer Fortschreibung bewährter Methoden der Leistungsprüfung, Zuchtwertschätzung und Selektion auf wirtschaftlich relevante Merkmale dürften in Zukunft folgende Aspekte noch stärker beachtet werden:

(1) **Verbraucherschutz:** konsequente Eradikation von Salmonellen und anderen Erregern durch Futterdekontamination; Rückverfolgbarkeit der Konsumeier vom Verbraucher über den Eierzeuger und Vermehrer bis zum Züchter („fork to farm“);

(2) **Tierschutz:** weitere Forschung und Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse in den Bereichen Verhalten und Ernährung, um die Anpassungsfähigkeit von Hochleistungshennen an alternative Haltungssysteme zu unterstützen.

(3) **Nutzung molekulargenetischer Methoden:** erste Erfolge mit der Identifizierung des FMO3 Gens und anschließender Eliminierung von Geruchsproblemen bei braunschaligen Eiern lassen hoffen, dass mit molekulargenetischen Methoden in Zukunft elegantere Lösungen möglich werden als bisher mit quantitativen Methoden. Daran wird in Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Instituten im In- und Ausland weiter geforscht.

Literatur

- Ameli, H., D.K. Flock and P. Glodek (1991): Cumulative inbreeding in commercial White Leghorn lines under long-term reciprocal recurrent selection. *Brit. Poultry Sci.* 32: 439 - 449.
- Becker, W. and G.E. Bearse (1973): Selection for high and low percentages of chicken eggs with blood spots. *Brit. Poultry Sci.* 14, 31 - 47.
- Bishop, S.C., R.H. Fleming, H.H. McCormack, D.K. Flock and C.C. Whitehead (2000): Inheritance of bone characteristics affecting osteoporosis in laying hens. *Brit. Poultry Sci.*, 41: 33 - 40.
- Comstock, R.E., H.F. Robinson and P.H. Harvey (1949): A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. *Agron. Jour.* 41, 360 - 367.
- Dickerson, G.E. (1955): Genetic slippage in response to selection for multiple objectives. In: *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology XX*, 213 - 224.
- Dunn, I.C., M. Bain, A. Edmond, P.W. Wilson, N. Joseph, S. Solomon, B. de Ketelaere, J. de Baerdemaeker, M. Schmutz, R. Preisinger and W. Waddington (2005): Heritability and genetic correlation of measurements derived from acoustic resonance frequency analysis; a novel method of determining eggshell quality in domestic hens. *Brit. Poultry Sci.* 46, 280 - 286.
- Flock, D.K. (1974): Recent results on advantages of reciprocal recurrent selection (RRS) within split populations of White Leghorns strains. *Proc. 1st World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Madrid. Vol. I*, 925 - 930.
- Flock, D.K. (1977): Genetic analysis of part-period egg production in a population of White Leghorns under long-term RRS. *Z. Tierzüchtung und Züchtungsbiol.* 94, 89 - 103.
- Flock, D.K. (1993): Verbesserung der Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten beim Geflügel durch herkömmliche Zuchtmethoden. *Arch. für Geflügelk.* 57, 49 - 55.
- Flock, D.K. (1995): Erfahrungen aus 30 Jahren Zucht auf Gesundheit bei Legehennen. *Züchtungskunde*, 67, 415 - 422.
- Flock, D.K. (1998): Genetic-economic aspects of feed efficiency in laying hens. *World's Poultry Sci. Jour.* 54, 225 - 239.

- Flock, D.K. (2000): Heterosisverlust durch Reinzucht nach langjähriger RRS in einer Population Weißer Leghorn (LSL). *Züchtungskunde* 72, 153 - 158.
- Flock, D.K., H. Ameli and P. Glodek (1991): Inbreeding and heterosis effects on quantitative traits in a White Leghorn population under long-term reciprocal recurrent selection. *Brit. Poultry Sci.* 32, 451 - 462.
- Flock, D.K. und G. Heil (2002): Eine Langzeitanalyse der Leistungsentwicklung weißer und brauner Legehybriden anhand von Ergebnissen der amtlichen deutschen Legeleistungsprüfungen von 1974/75 bis 1997/99. *Archiv für Geflügelk.* 66, 1 - 20.
- Flock, D.K., C.M. v. Krosigk, F. Pirchner und H. Landgraf (1975): Genetische Veränderungen hinsichtlich Marek-Resistenz und Produktionseigenschaften in Leghornkreuzungen. *Archiv für Geflügelk.* 39, 21 - 28.
- Flock, D.K. and R. Preisinger (2002): Breeding plans for poultry with emphasis on sustainability. *Proc. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, France.*
- Flock, D.K. and R. Preisinger (2007): Specialization and concentration as contributing factors to the success of the poultry industry in the global food market. *Arch. f. Geflügelk.* 71, 193 - 199.
- Flock, D.K., M. Schmutz und R. Preisinger (2007): Optimierung der Eiqualität aus züchterischer Sicht. *Züchtungskunde* 79: 309 - 319.
- Förster, A. (1993): Züchterische Möglichkeiten einer Verbesserung der Schlupfrate in Reinzuchtlinien eines Zuchtprogramms für braune Legehybriden. *Diss. Kiel.*
- Förster, A., D. Jaenecke, M. Wittmann, D.K. Flock und M. Kreuzer (1996): Untersuchungen zur Eignung fotometrisch ermittelter Schalenfarbparameter für die Selektion auf marktgerechte braunschalige Eier. *Arch. für Geflügelk.* 60, 1 - 6
- Hill, W.G. (2008): Estimation, effectiveness and opportunities of long term genetic improvement in animals and maize. *Lohmann Information* 43 (1), 3 - 20.
- Hill, W.G. and Xu-Sheng Zhang (2008): Maintaining genetic variation in fitness. In: *Adaptation and Fitness in Animal Populations*. Editors: v.d. Werf, Graser, Frankham and Gondro. Springer.
- Honkatukia, M., K. Reese, R. Preisinger, M. Tuiskula-Haavisto, S. Weigend, J. Roito, A. Mäki-Tanila and J. Vilkki (2005): Fishy taint in chicken eggs is associated with a substitution within a conserved motif of the FMO3 gene. *Genomics* 86, 225 - 232.
- Honkatukia, M., K. Reese, R. Preisinger, J. Roito, M. Tuiskula-Haavisto, A. Mäki-Tanila und J. Vilkki (2006): A genetic marker against fishy taint in brown egg layers. *Proc. 8th Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Aug. 13 - 18, 2006. Belo Horizonte, MG, Brazil.*
- Icken, W., M. Schmutz and R. Preisinger (2006): Dynamic stiffness measurements with the „crack detector“: a new method to improve eggshell strength. *Lohmann Information* 41 (1), 13 - 19.
- Icken, Wiebke, M. Schmutz, R. Fries, S. Thurner, G. Wendl and R. Preisinger (2006): Genetic parameters for egg production and nesting behaviour in a non-cage environment. *Proc. European Poultry Conference, Verona.*
- Icken, W., D. Cavero, M. Schmutz, S. Thurner, G. Wendl and R. Preisinger (2008): Analysis of the free range behaviour of laying hens and the genetic and phenotypic relationships with laying performance. *British Poultry Science* (eingereicht).
- v. Krosigk, C.M., G.B. Havenstein, D.K. Flock and C.F. McClary (1972): Estimates of response to selection in populations of White Leghorns under reciprocal recurrent selection. *Proc. 4th European Poultry Conference, London.* 265 - 271.
- Muir, W.M. (2002): Use of molecular genetics in poultry breeding. *Proc. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier* 30, 193 - 200.
- Nordskog, A.W., H.L. French, C.R. Arboleda and D.W. Casey (1972): Breeding for efficiency of egg production. *World's Poultry Science Jour.* 28, 175 - 188.
- Pottgüter, R. (2006): New prospects for using rape seed (canola) in layer rations. *Lohmann Information* 42, 51 - 56.
- Preisinger, R., D.K. Flock and F.R. Leenstra (1994): Reduction of environmental pollution by breeding tools in a commercial layer program. *Proc. 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Prod.* 20, 49 - 52.
- Sandilands, V. (2008): Laying hen welfare: past, present and future. *Proceedings of the 1st Mediterranean Poultry Summit of WPSA. Porto Carras, Chalkidiki, Greece.*
- Stöve-Schimmelpfennig, K. und D.K. Flock (1982): Eigewicht und relative Fitness in der Legehennenzüchtung. *Arch. für Geflügelk.* 46, 270 - 275.

- Turner, S., G. Wendl, R. Preisinger, G. Fröhlich, S. Böck und R. Weinfurtner, 2005: Entwicklung eines automatischen Legenestes zur einzeltierbezogenen Erfassung von Verhaltens- und Leistungsparametern bei Legehennen in artgerechter Gruppenhaltung. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2005, KTBL-Schrift 441. ISBN:3-7843-2189-5, S. 274 - 283.
- Willeke, H. (1972): Maximierung des Selektionsfortschrittes in der Züchtung von Lgehybriden durch den Einsatz von Teillegeleistungen. Diss. Göttingen.
- Windhorst, H.-W. (2008): A projection of the regional development of egg production until 2015. World' Poultry Science Journal 64 (im Druck).