

OPTIMIERUNG DER LEGERPERIODEABSCHNITTE FÜR DIE ZUCHTWERTSCHÄTZUNG BEI LEGEHENNEN

Türker SAVAŞ¹

Rudolf PREISINGER²

Yumurta tavuklarında damızlık değer tahmini için optimum yumurtlama periyodu bölümlerinin belirlenmesi.

ÖZET

Ölçümü uzun bir süreyi kapsayan verimlerde damızlık değer tahmini için bu süreyi belli bölümlere ayırmak uygundur. Böylece söz konusu verimde zamana bağlı olarak genetik değişimin damızlık değer tahmininde dikkate alınması mümkün olduğu gibi, erken damızlık tahmini de yapılabilir. Bu çalışmada genetik parametreler yardımıyla yumurtlama periyodunu en iyi temsil edebilecek bölümlerin belirlenmesine çalışılmıştır. Bu amaçla ticari ıslah programı çerçevesinde yetiştirilen iki yumurtacı hattın (hat A ve hat D) elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu verilerde bir tavuğun 28 gün içerisinde yumurtladığı yumurtalar toplanarak 10 dönem elde edilmiştir. İlk dönemin (20-24 haftalık yaş) kalıtım derecelerinin yüksekliğinin büyük kısmı eşeyssel olgunluk yaşına ait varyanstan kaynaklanmaktadır ($h^2_{\text{hat A}} = 0,29$, $h^2_{\text{hat D}} = 0,39$). Pik dönemi (25-32 haftalık yaş) kalıtım dereceleri $h^2 = 0,03$ ve $0,05$ ile hat A için ve $h^2 = 0,09$ ve $0,04$ ile hat D için çok düşük olarak tahmin edilmiştir. İleri dönemlerde (33-60 haftalık yaş) kalıtım dereceleri tekrar yükselmektedir ($h^2_{\text{hat A}} = 0,06$ ila $0,21$ arasında, $h^2_{\text{hat D}} = 0,06$ ila $0,26$ arasında). Birinci dönem dışında komşu dönemler arası genetik korelasyonlar yüksek olarak tahmin edilmiştir. İlk dönemin (20-24 hafta) eşeyssel olgunluk yaşından etkilenmesi ve diğer dönemlerle ilişkisinin düşüklüğü nedeniyle söz konusu dönem tek başına bir özellik olarak damızlık değer tahmininde kullanılabilir. İkinci ve üçüncü dönemlerin (25-32 hafta) diğer dönemlerle ve toplam yumurta verimiyle genetik korelasyon katsayıları negatif yada düşük pozitif olarak tahmin edilmiştir. Bu nedenle söz konusu iki dönemin toplanarak ıslah amacıyla bir özellik olarak kullanılması önerilebilir. 7., 8., 9. ve 10. dönemler (45-60 hafta) arasındaki genetik korelasyonların yüksek olması bu dönemlerin tek bir özellik olarak kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Uygulamada seleksiyonun 44 haftalık yaşta yapılması 6. ve 7. dönemlerin birbirlerinden ayrılmasını zorunlu kılmaktadır. Aynı zamanda bu durum geriye kalan 4., 5., ve 6. Dönemlerin (33-44 hafta) bir özellik olarak ele alınmalarını zorunlu kılmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Yumurtacı tavuk, kısmi yumurta verimi, genetik parametre, damızlık değer tahmini

ZUSAMMENFASSUNG

Bei Leistungen, die über einen längeren Zeitraum erfaßt werden, ist es notwendig diese in Abschnitten zur Zuchtwertschätzung heranzuziehen. Anhand der genetischen Parameter wurde in dieser Studie versucht, für die Zuchtwertschätzung optimale Abschnitte der Legeperiode zu bestimmen. Für die Analysen standen Legedaten von zwei Legehennenlinien (Linie A und Linie D) aus einem kommerziellen Zuchtprogramm zur Verfügung. Die Gelegen eines Tieres wurden in je 28 Tagen zusammengestellt, womit 10 Perioden gebildet wurden. Die hohen Heritabilitäten für den ersten Legeabschnitt (20.-24. Lebenswoche) lassen sich zum großen Teil aus der Varianz des Legebeginns erklären ($h^2_{\text{linie A}} = 0,29$, $h^2_{\text{linie D}} = 0,39$). Während der Legespitze (25.-32. Lebenswoche) sind die Schätzwerte mit $h^2 = 0,03$ und $0,05$ für Linie A und $h^2 = 0,09$ und $0,04$ für Linie D niedrig. In den späteren Legeabschnitten (33.-60. Lebenswoche) steigen die Heritabilitäten wieder an ($h^2_{\text{linie A}} = 0,06$ bis $0,21$, $h^2_{\text{linie D}} = 0,06$ bis $0,26$). Benachbarte Legeabschnitte sind außer bei Legeabschnitt 1 genetisch hoch korreliert. Legeabschnitt 1 (20.-24. Lebenswoche) kann als Einzelmerkmal bei der Zuchtwertschätzung angewandt werden. Die Legeabschnitte 2 und 3 (25.-32. Lebenswoche) sind mit den späteren Legeabschnitten bzw. der Gesamtlegeleistung negativ oder leicht positiv korreliert. Daher ist eine Zusammenfassung dieser Abschnitte sinnvoll. Die hohen genetischen Korrelationen zwischen Legeabschnitt 7, 8, 9 und 10 (45.-60. Lebenswoche) erlauben eine Zusammenfassung dieser Legeabschnitte. Die Trennung der 6. und 7. Legeabschnitte ist wegen der Selektionsentscheidung in der 44. Lebenswoche notwendig, was zu einer Zusammenfassung der Abschnitte von 4 bis 6 (33.-44. Lebenswoche) notwendig macht.

SCHLÜSSELWÖRTER: Legehennen, Teillegeleistung, genetische Parameter, Zuchtwertschätzung.

Yayına Kabul Tarihi: 11.08.1999

1: T. Ü. Ziraat Fakültesi - TEKİRDAĞ

2: Lohmann Tierzucht GmbH - CUXHAVEN/ALMANYA

EINLEITUNG

In der Tierzucht werden sehr verschiedene Meßwerte für ein Merkmal zur Zuchtwertschätzung herangezogen. Dabei werden die Meßgenauigkeit, Anwendbarkeit und die Korrelation des Merkmales zur tatsächlichen Leistung berücksichtigt.

Besonders für die Merkmale, die über einen längeren Zeitraum erfaßt werden, ist es notwendig, Abschnitte zur Zuchtwertschätzung heranzuziehen. Damit wird die genetische Veränderung im Laufe der Zeit genauer erfaßt. Außerdem kann auf der Basis von Teilleistungen der Zuchtwert eines Tieres schon früher, vor dem Ende der gesamten Prüfperiode, bestimmt werden. Dies führt zur Reduzierung des Generationsintervalls, was wiederum einen höheren genetischen Fortschritt je Jahr zur Folge hat (Dickerson und Hazel 1944, Flock 1977, Willeke 1972).

In unterschiedlichen genetischen Studien für die Legeleistung wurden unterschiedlich lange Abschnitte der Legeperiode verwandt (Besbes und ark. 1992, Bohren und ark. 1970, Morris 1956, Nordskog und ark. 1967, Sheldon 1956, Szwaczkowski und Wezyk 1994, Wei und Van Der Werf 1992, Willeke 1972). In dieser Arbeit wurden unterschiedlich lange Abschnitte der Legeperiode analysiert. Ziel war es Legeabschnitte zu definieren, die die Gesamtlegeleistung optimal beschreiben können.

MATERIAL und METHODEN

Es wurden Legeleistungsdaten von zwei braunen Reinzuchtlinien eines kommerziellen Zuchtunternehmens zur Analyse verwendet. Dabei handelte es sich um eine Hahnenlinie (Rhodeländer, $n = 5576$) und eine Hennenlinie (White Rock, $n = 9605$) mit deutlich größerem Stichprobenumfang (Tabelle 1). Die Prüfperiode erstreckte sich von der 20. bis 60. (EZG) Lebenswoche. Aus der Prüfperiode wurden die Gelege von der 20. bis 24. (EZ1), 25. bis 28. (EZ2), 29. bis 32. (EZ3), 33. bis 36. (EZ4), 37. bis 40. (EZ5), 41. bis 44. (EZ6), 45. bis 48. (EZ7), 49. bis 52. (EZ8), 53. bis 56. (EZ9) und 57. bis 60. (EZ10) Lebenswoche zusammengefaßt. Zur Analyse wurden nur Legeleistungsdaten der überlebenden Hennen aus zwei Generationen herangezogen, die sich mit einem Pedigree über 4 Generationen zurückverfolgen ließen.

Bei der Vorbereitung der Legedaten und der deskriptiven Analysen wurde das Programmpaket SAS (SAS Institute Inc. 1989) angewandt. Die Schätzung der Heritabilitäten und der genetischen und phänotypischen Korrelationen wurde mit einem Programmpaket (MTDFS) von Misztal (1994) nach der Methode REML und folgendem Modell durchgeführt.

$$y_{ijk} = \mu + R_i + a_{ij} + e_{ijk}$$

y_{ijk} : Beobachtung

μ : geschätzter Mittelwert

R_i : fixer Effekt der i -ten Jahr-Haus- Käfigreihe

a_{ij} : zufälliger Effekt des j -ten Tieres

e_{ijk} : zufälliger Resteffekt

Tabelle 1. Verwandtschaftsstruktur der analysierten Linien.

Anzahl	Linie A		Linie D	
	1.	2.	1.	2.
	Gene.	Gene.	Gene.	Gene.
Väter	62	69	62	100
Mütter	464	456	428	941
Nachkommen	2958	2618	3250	6355

ERGEBNISSE und DISKUSSION

Tabelle 2 enthält die deskriptiven Statistiken sowie die Heritabilitäten für die Legeleistung. Wie zu erwarten war, liegt die Legerate bei der Hennenlinie (Linie D) höher als bei der Hahnenlinie (Linie A). Mit mehr als 26 Eier im Durchschnitt in 28 Tagen (94%) erstreckt sich die Spitze bei der Hennenlinie über vier Perioden. Das bedeutet, daß bei dieser Linie das theoretische Optimum von einem Ei ausgeschöpft ist. Da bei einem Bestand immer schlecht legende Hennen vorkommen, wird im durchschnitt die theoretische Grenze von 100% nicht erreicht.

Die hohen Schätzwerte für den ersten Legeabschnitt lassen sich zum großen Teil aus der Varianz des Legebeginns erklären ($h^2_{\text{Linie A}} = 0,29$, $h^2_{\text{Linie D}} = 0,39$). Danach sinken die Heritabilitäten ähnlich stark wie die Standardabweichungen. Dieses Ergebnis stimmt mit den Ergebnissen von Willeke (1972) und Flock (1977) überein. Besonders in den Perioden 2 und 3 (25.-32. Lebenswoche), während der Legespitze, sind die Schätzwerte mit $h^2 = 0,03$ und $0,05$ für Linie A und $h^2 = 0,09$ und $0,04$ für Linie D niedrig. Diese Merkmale lassen kaum noch eine züchterische Bearbeitung zu (Petersen 1989, Preisinger 1994). Mit der Abnahme der Legeleistung steigen die Heritabilitäten in den späteren Legeabschnitten wieder an (Tabelle 2).

In den Tabellen 3 und 4 sind die phänoypischen sowie genetischen Korrelationen der einzelnen 28-Tage-Abschnitte untereinander, für Linien getrennt, angegeben. Benachbarte Legeabschnitte sind außer bei Legeabschnitt 1 und einigen Ausnahmen genetisch hoch korreliert. Beachtenswert ist, daß Legeabschnitt 1 mit anderen Legeabschnitten keine oder nur leichte negative Beziehungen aufweist. Diese Beziehungen ändern sich kaum, wenn die Legeabschnitte zusammengefaßt werden, wie in den Tabellen 5 bis 8 zu erkennen ist. Wie auch schon in anderen Studien (Preisinger und Savaş 1997, Savaş und ark. 1997) erwähnt wurde, handelt es sich bei Legeabschnitt 1 um ein selbständiges Merkmal.

Tabelle 2. Mittelwerte (\bar{X}), Standardabweichungen (s), Heritabilitäten (h^2) und deren Standardfehler (SE) für die Eizahl in Verschiedenen Abschnitten.

Legeabschnitte	Linie A				Linie D			
	\bar{X}	s	Legerate %	$h^2 \pm SE$	\bar{X}	s	Legerate %	$h^2 \pm SE$
1	9,9	6,0	35	0,29 ± 0,03	15,0	5,8	54	0,39 ± 0,02
2	25,9	2,6	93	0,03 ± 0,03	26,3	2,7	94	0,09 ± 0,03
3	26,4	2,4	94	0,05 ± 0,04	26,4	2,3	94	0,04 ± 0,03
4	26,3	2,2	94	0,06 ± 0,04	26,3	2,2	94	0,06 ± 0,03
5	25,8	2,2	92	0,12 ± 0,03	26,2	2,1	94	0,12 ± 0,03
6	25,0	2,3	89	0,17 ± 0,03	25,2	2,4	90	0,13 ± 0,03
7	23,9	3,4	85	0,14 ± 0,03	24,5	3,6	88	0,19 ± 0,02
8	23,4	3,6	84	0,21 ± 0,03	23,4	4,5	84	0,26 ± 0,02
9	22,5	4,2	80	0,18 ± 0,03	22,1	5,3	80	0,26 ± 0,02
10	22,0	4,6	79	0,20 ± 0,03	21,9	5,6	78	0,24 ± 0,02
2-3	52,3	4,26	93	0,04 ± 0,04	52,7	4,11	94	0,08 ± 0,03
2-6	129,4	8,15	92	0,09 ± 0,03	130,5	7,51	93	0,10 ± 0,03
4-6	77,1	5,45	92	0,16 ± 0,03	77,8	5,17	92	0,19 ± 0,02
7-8	47,3	6,15	84	0,22 ± 0,03	47,9	7,37	86	0,25 ± 0,02
7-10	91,9	12,99	82	0,25 ± 0,03	91,9	15,61	82	0,29 ± 0,02
9-10	44,6	8,02	80	0,22 ± 0,03	44,0	9,86	79	0,24 ± 0,02
1-10	231,2	19,0	83	0,19 ± 0,03	237,4	20,7	85	0,28 ± 0,02

Tabelle 3. Phänotypische (unterhalb der Diagonale) und genetische Korrelationen (oberhalb der Diagonale) für einzelne Legeabschnitte und der Gesamtlegeleistung (1-10) der Linie A.

Legeabschnitt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1-10
1		-0,16	-0,28	-0,44	-0,20	-0,18	-0,15	-0,14	-0,12	-0,06	0,17
2	0,21		0,59	0,06	-0,22	-0,30	-0,27	-0,40	-0,45	-0,38	-0,32
3	0,08	0,42		0,61	0,35	0,30	0,10	0,12	0,06	0,17	0,20
4	0,06	0,28	0,46		0,88	0,79	0,55	0,56	0,51	0,45	0,54
5	0,04	0,24	0,35	0,50		0,92	0,68	0,73	0,70	0,63	0,75
6	0,02	0,17	0,28	0,37	0,48		0,83	0,87	0,83	0,81	0,86
7	0,00	0,13	0,20	0,25	0,33	0,41		0,97	0,92	0,89	0,89
8	-0,01	0,14	0,17	0,22	0,32	0,37	0,51		0,95	0,93	0,92
9	0,00	0,13	0,16	0,21	0,27	0,34	0,43	0,57		0,95	0,91
10	-0,01	0,13	0,14	0,19	0,24	0,29	0,38	0,51	0,60		0,92
1-10	0,32	0,46	0,50	0,53	0,58	0,58	0,64	0,69	0,70	0,67	

Tabelle 4: Phänotypische (unterhalb der Diagonale) und genetische Korrelationen (oberhalb der Diagonale) für einzelne Legeabschnitte und der Gesamtlegeleistung (1-10) der Linie D.

Legeabschnitt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1-10
1		-0,06	-0,03	-0,08	-0,13	-0,24	-0,05	-0,01	0,02	0,01	0,23
2	0,17		0,71	0,00	-0,28	-0,29	-0,15	-0,15	-0,15	-0,14	-0,09
3	0,07	0,37		0,44	0,12	0,01	-0,02	-0,06	-0,08	-0,10	0,04
4	0,07	0,22	0,42		0,84	0,75	0,58	0,49	0,49	0,47	0,58
5	0,05	0,19	0,34	0,48		0,91	0,73	0,63	0,63	0,60	0,67
6	0,06	0,15	0,29	0,40	0,52		0,84	0,74	0,73	0,71	0,72
7	0,00	0,13	0,20	0,24	0,28	0,39		0,97	0,96	0,95	0,94
8	-0,02	0,12	0,17	0,19	0,23	0,30	0,61		0,99	0,97	0,95
9	-0,02	0,10	0,14	0,15	0,17	0,23	0,42	0,60		0,98	0,96
10	-0,02	0,08	0,12	0,12	0,15	0,22	0,36	0,46	0,64		0,94
1-10	0,24	0,37	0,44	0,47	0,49	0,54	0,68	0,74	0,74	0,69	

Die Legeabschnitte 2 und 3 stellen einen Teil der Legespitze dar und sind mit den späteren Legeabschnitten bzw. der Gesamtlegeleistung negativ oder leicht positiv korreliert.

Die hohen genetischen Korrelationen zwischen Legeabschnitt 7, 8, 9 und 10 erlauben eine Zusammenfassung dieser Legeabschnitte. Diese Tatsache wird mit den Korrelationen zwischen den

zusammengefaßten Legeabschnitten 7-8 und 9-10 bestätigt (Tabelle 2.5 und 2.7). Die Trennung der 6. und 7. Legeabschnitte ist wegen der Selektionsentscheidung in der 44. Lebenswoche notwendig, wenn die Nachkommen mit einem Generationsintervall von 12 Monaten reproduziert werden sollen (Preisinger und Savaş 1997).

Tabelle 5: Phänotypische (unterhalb der Diagonale) und genetische Korrelationen (oberhalb der Diagonale) für die zusammengefaßten Legeabschnitte und der Gesamtlegeleistung (1-10) der Linie A.

Legeab.	1	2-3	4-6	7-8	9-10	1-10
1		-0,26	-0,27	-0,14	-0,09	0,17
2-3	0,18		0,11	-0,15	-0,20	-0,10
4-6	0,05	0,44		0,77	0,71	0,77
7-8	-0,01	0,22	0,46		0,95	0,92
9-10	0,00	0,19	0,36	0,61		0,93
1-10	0,32	0,57	0,71	0,76	0,77	

Tabelle 6: Phänotypische (unterhalb der Diagonale) und genetische Korrelationen (oberhalb der Diagonale) für die zusammengefaßten Legeabschnitte und der Gesamtlegeleistung (1-10) der Linie A.

Legeabschnitt	1	2-6	7-10	1-10
1		-0,33	-0,12	0,17
2-6	0,13		0,60	0,65
7-10	-0,01	0,41		0,94
1-10	0,32	0,76	0,85	

Tabelle 7: Phänotypische (unterhalb der Diagonale) und genetische Korrelationen (oberhalb der Diagonale) für die zusammengefaßten Legeabschnitte und der Gesamtlegeleistung (1-10) der Linie D.

Legeabschnitt	1	2-3	4-6	7-8	9-10	1-10
1		-0,08	-0,08	0,00	0,06	0,23
2-3	0,12		-0,16	-0,16	-0,20	-0,10
4-6	0,04	0,34		0,78	0,72	0,77
7-8	-0,02	0,18	0,34		0,97	0,94
9-10	-0,03	0,12	0,21	0,54		0,94
1-10	0,26	0,47	0,59	0,77	0,78	

Tabelle 8: Phänotypische (unterhalb der Diagonale) und genetische Korrelationen (oberhalb der Diagonale) für die zusammengefaßten Legeabschnitte und der Gesamtlegeleistung (1-10) der Linie D.

Legeabschnitt	1	2-6	7-10	1-10
1		-0,11	0,04	0,23
2-6	0,09		0,63	0,69
7-10	-0,02	0,29		0,95
1-10	0,26	0,65	0,88	

Die entscheidende Frage ist, wie die Legeabschnitte 2 bis 6 behandelt werden sollen. Wenn die Heritabilitäten in der Tabelle 2 betrachtet werden, erstreckt sich die Legespitze vom 2. bis zum 4. Legeabschnitt. Die genetischen Korrelationen zwischen Legeabschnitt 2 und 4 liegen dagegen nahe bei Null. Legeabschnitt 3 und 4 sind auch nicht so hoch korreliert wie 4 und 5 und 6. Die Korrelationen zur gesamten Legeleistung zeigen auch einen deutlichen Übergang von Legeabschnitt 3 zu 4. Das Zusammenfassen der Legeabschnitte 2 bis 6 zu einem Merkmal zeigt auch kein zuverlässiges Bild (Tabellen 6 und 8). Einerseits sind die Heritabilitäten 2-6 mit $h^2 = 0,09$ für Linie A und mit 0,10 für Linie D bemerkenswert

niedriger als des Abschnitts 4-6. Andererseits führen die im Bereich um Null schwankenden Korrelationen zwischen der Legespitze und der gesamten Legeleistung zu Problemen in der Zuchtwertschätzung. Theoretisch müßte Hennen der Vorzug gegeben werden, die eine niedrigere Spitze aufweisen, da sie eine höhere Gesamtlegeleistung haben würden. Die Information über die Legekurve wird mit der Zusammenfassung der Legeabschnitte 2 bis 6 noch stärker beschränkt. Daher ist es sinnvoll, die Legeabschnitte 2 und 3 und die Legeabschnitte 4 bis 6 zu Teilmerkmalen der Gesamtlegeleistung zusammenzufassen. Anhand dieser Ergebnisse wird vorgeschlagen als Legeleistungsmerkmale für die Zuchtwertschätzung die Periode 1 (20.-24. Lebenswochen), die Periode 2 und 3 (25.-32. Lebenswoche), die Periode 4 bis 6 (33.-44. Lebenswoche) und die Periode 7 bis 10 (45.-60. Lebenswoche) zusammenzufassen.

LITERATUR

- Besbes BV, Ducroq JL, Foulley M, Protais A, Tavernier M, Tixier-Boichard C, Beaumont (1992) Estimation of genetic parameters of egg production traits of laying hens by restricted maximum likelihood applied to a multi-trait reduced animal model. *Genet. Sel. Evol.* 24: 539-552.
- Bohren BB, TB Kinney SP, Wilson PC, Lowe (1970) Genetic gains in annual egg production from selection on part percent production in the fowl. *Genetics* 65: 655-667.
- Dickerson GE, LN Hazel (1944) Effectiveness of selection on progeny performance as a supplement to earlier culling in livestock. *J. Agric. Res.* 69: 459-476.
- Flock DK (1977) Genetic analysis of part-period production in a population of White Leghorns under long-term RRS. *Z. Tierzüchtg. Züchtgsbiol.* 94: 89-103.
- Misztal I (1994) Multitrait REML estimation of variance components by canonical transformation, with support for multiple random effects. University of Illinois, USA.
- Morris JA (1956) Genetic parameters associated with characters affecting egg production in the domestic fowl. I. Heritability of egg production for two part-annual periods of measurements and the genetic correlation between them. *Avust. J. Agric. Res.* 7: 630-639
- Nordskog AW, Festing M, Verghese MV (1967) Selection for egg production and correlated responses in the fowl. *Genetics* 55: 179-191.
- Petersen JP (1989) Was hat die eiererzeugende Geflügelwirtschaft im kommenden Jahr zu erwarten? *Lohmann Information*, Januar/Februar: 7-12.
- Preisinger R (1994) Moderne Verfahren der Zuchtwertschätzung und Selektion. *Lohmann Information*, Januar/April: 5-7.
- Preisinger R, Savaş T (1997) Vergleich zweier Methoden zur Schätzung der

- Varianzkomponenten für Leistungsmerkmale bei Legehennen. Züchtungskunde, 69 (2): 142-152.
- SAS Institute Inc. (1989) User's Guide. Vers. 6, Cary, NC.
- Savaş T, Preisinger R, Röhe R, Kalm E (1997) Yumurta verimi devamlılığının ıslahında kısmi verimlerden yararlanma olanakları. YUTAV '97, Türkiye.
- Sheldon BL (1956) Genetic parameters associated with characters affecting egg production in the domestic fowl. I. Heritability of total egg production during the full year. Avust. J. Agric. Res. 7: 625-629.
- Szwaczkowski T, Wezyk S (1994) Estimation of the heritability of performance traits in laying hens by animal model-REML. Roczn. Nauk. Zoot. 21 (1-2): 33-39.
- Szwaczkowski T, Wezyk S, Czelusniak H (1994) Transformation of performance trait data in laying hens. Roczn. Nauk. Zoot. 21 (1-2): 25-32.
- Wei M, Van Der Werf JHJ (1992) Animal model estimation of additive and dominance variances in egg production traits of poultry. In "Combined crossbred and purebred selection in animal breeding", Doctor Thesis Wageningen Agricultural University, The Netherlands.
- Willeke H (1972) Maximierung des Selektionfortschrittes in der Züchtung von Legehybriden durch den Einsatz von Teillegeleistungen. Diss. Göttingen.