

| | |
|---------------------|---|
| Zeitschrift: | Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène |
| Herausgeber: | Bundesamt für Gesundheit |
| Band: | 50 (1959) |
| Heft: | 2 |
| Artikel: | Die Papierelektrophorese von Eierproteinen. 3. Mitteilung, Die Auswertung der Fraktionierung von Eiklar verschiedener Hühnerrassen und Vogelarten |
| Autor: | Hellhammer, D. / Högl, O. |
| DOI: | https://doi.org/10.5169/seals-983415 |

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 27.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Papierelektrophorese von Eierproteinen

Die Auswertung der Fraktionierung von Eiklar
verschiedener Hühnerrassen und Vogelarten

3. Mitteilung

von D. Hellhammer und O. Högl

(Eidg. Gesundheitsamt, Bern)

V. Teil

A. Allgemeines

Nachdem die experimentellen Grundlagen für eine gute Fraktioniermethodik von Eiklar geschaffen waren (s. Hellhammer und Högl: 1. Mitt. 1958, III. Experimenteller Teil) und auch die Identifizierung der einzelnen Proteinbanden gelang (s. Hellhammer und Högl: 2. Mitt. 1958, IV. Teil) wurde an die systematische Anwendung dieser Methodik auf verschiedene Proteine herangetreten. Zunächst konnte an eine Verwertung verschiedenster Charakteristika der sich ergebenden Kurven gedacht werden, wie etwa die Ermittlung der Höhe der Maxima, der durchlaufenen Distanz, der Breite der Banden usw. Am sichersten erschien jedoch eine

Flächenauswertung,

wie sie schon von verschiedenen Autoren versucht worden war. Wie in Teil III unter «7. Auswertung» erwähnt, wählten wir hierbei die Methode nach Tiselius und Kabat (1939), die die sichersten Resultate versprach. Es werden bei dieser Methode die Schlierendiagramme nicht in Gauss'sche Glockenkurven aufgeteilt, sondern einfach von den tiefsten Punkten zwischen je zwei Maxima Senkrechte zur Abszisse gezogen. Bei wenig prägnanten Maxima, wie sie für einzelne Fraktionen stets in unseren Diagrammen auftraten und bei unregelmässigem Kurvenbau (s. z.B. Kurventeil IV, Abb. 1) war die Reproduzierbarkeit der Flä-

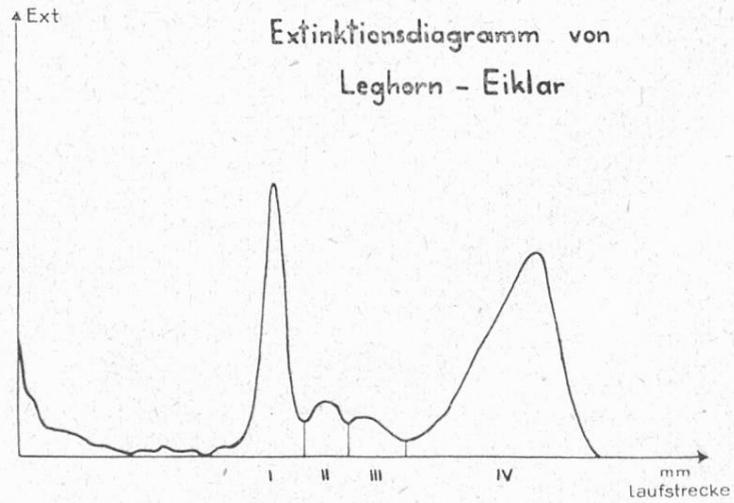


Abb. 1

chengrößen sicher besser, als wenn die hypothetischen Glockenkurven als Basis gewählt worden wären. Es entstanden damit Diagrammsektoren I, II, III (bzw. II + III) und IV, die mit einem «Ott-Planimeter» *) getrennt ausgemessen wurden.

Durch Addition der planimetrierten Kurvenflächen wurde der Gesamtinhalt des Diagrammbereiches I-IV (= 100 %) ermittelt und aus diesem wiederum der prozentuale Anteil der Einzelflächen berechnet.

Eine mathematische Auswertung der Ergebnisse war vorgesehen, da eine beträchtliche Streuung der Resultate angenommen werden musste.

B. Arbeitsplan und Ergebnisse

Um einen Einblick in die Bedeutung der Ergebnisse zu erhalten, wurde folgender Arbeitsplan eingehalten:

1. Abklärung der Genauigkeit des Verfahrens selber durch zahlreiche Elektrophoresegänge (15) am Eiklar immer des gleichen Eies;
2. Vergleich des Eiklars von mehreren Eiern der gleichen Rasse des Haushuhns oder der gleichen Vogelart;
3. Vergleich des Eiklars verschiedener Rassen des Haushuhns;
4. Vergleich des Eiklars verschiedener Vogelarten.

Ergebnisse

1. Genauigkeit des Verfahrens

Diese Genauigkeit konnte nur an stets demselben Material ermittelt werden. Zu diesem Zwecke wurde eine Serie von 15 Elektrophoreseversuchen mit frischem Eiklar eines einzelnen Hühnereies (Leghorn-Rasse) durchgeführt, wobei alle Bedingungen soweit als irgend möglich gleich gehalten wurden. Die Einzelwerte und deren Auswertung s. mathematischer Teil (S. 92).

Diese Versuchsserie war damit sozusagen die Basis für alle übrigen Untersuchungen.

Die Mittelwerte der Fraktionen ergaben folgende Prozentzahlen:

| | |
|------------|--------|
| Conalbumin | 23,9 % |
| Globulin | 7,2 % |
| Ovomucoid | 7,1 % |
| Ovalbumin | 61,7 % |
| | 14,3 % |

2. Gleiche Rasse des Haushuhns

Als zweiter Schritt erfolgte die Auswertung von 9 Serien (von 9 Eiern) gleicher Hühnerrasse (Leghorn) jedoch verschiedener Herkunft, z.T. aus der Schweiz, z.T. aus dem Auslande. Insgesamt wurden hierbei 58 Elektrophoreseansätze durchgeführt und ausgewertet (s. Tabelle 1).

*) Vertrieb: Dr. Bender und Dr. Hobein, Zürich

Tabelle 1

| Eier | Conalbumin | Globulin | Globulin und Ovomucoid | Ovomucoid | Ovalbumin |
|------------|------------|----------|------------------------|-----------|-----------|
| | % | % | % | % | % |
| Nr. 1 | 23,9 | 7,2 | 14,3 | 7,1 | 61,7 |
| Nr. 2 | 23,7 | 9,6 | 17,2 | 7,6 | 58,7 |
| Nr. 3 | 27,0 | 8,0 | 16,8 | 8,8 | 55,8 |
| Nr. 4 | 25,1 | 7,5 | 14,1 | 6,6 | 60,8 |
| Nr. 5 | 21,8 | 8,2 | 15,1 | 6,9 | 63,2 |
| Nr. 6 | 26,8 | 9,3 | 16,2 | 6,9 | 57,3 |
| Nr. 7 | 25,5 | 7,0 | 13,5 | 6,5 | 61,2 |
| Nr. 8 | 25,3 | 7,2 | 14,3 | 7,1 | 60,4 |
| Nr. 9 | 25,4 | 8,5 | 17,5 | 9,0 | 57,0 |
| Mittelwert | 24,9 | 8,1 | 15,4 | 7,4 | 59,6 |

In Anbetracht der Verschiedenheit des Untersuchungsmaterials konnte hier eine recht beträchtliche Streuung der Werte erwartet werden, war doch nicht vorauszusehen, wie die Nahrung der Tiere und verschiedene andere Umweltbedingungen, die sicher stark variierten, sich auf die Zusammensetzung des Ei-proteins auswirken würden. Auch der physiologische Zustand der Hühner, verschiedenes Alter, Krankheit usw. konnten von Einfluss sein. Erstaunlicherweise ergibt dieser Vergleich doch eine recht gute Konstanz, die auf eine gewisse Rassspezifität deutet. Die mathematische Auswertung zeigt immerhin, dass in den zwei Hauptfraktionen Conalbumin und Ovalbumin sich signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Eiern ergeben.

3. Verschiedene Rassen des Haushuhns

Der Vergleich der Eierproteine verschiedener Rassen des Haushuhns wurde als dritter Schritt unternommen (betr. Einzelheiten s. mathemat. Auswertung). Die Gruppendurchschnittswerte sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2

Gruppendurchschnittswerte von Eiern dreier Rassen des Haushuhns

| Rasse | Conalbumin | Globulin | Globulin und Ovomucoid | Ovomucoid | Ovalbumin |
|-----------|------------|----------|------------------------|-----------|-----------|
| | % | % | % | % | % |
| Leghorn | 24,9 | 8,1 | 15,4 | 7,4 | 59,6 |
| Barneveld | 24,5 | 6,1 | 13,7 | 7,6 | 61,5 |
| Zwerghuhn | 25,0 | 5,5 | 14,2 | 8,7 | 60,8 |

Diese Zahlen ergeben keine grundsätzliche Verschiedenheit. Einzig das Verhalten bei der Elektrophorese war, mindestens für das Zwerghuhn-Eiprotein, leicht verändert. Die starke Verschiedenheit der Seriengrößen gestattet nicht, auf sichergestellte Unterschiede des Proteins der 3 Hühnerrassen zu schliessen. Es müssten hierfür wohl zahlreiche weitere Eier untersucht werden. Die Zahlen der Tabelle 2 sind mit diesem Vorbehalt zu betrachten. Die Abb. 3, 4 und 5 lassen leicht erkennen, dass die *Hauptcharakteristika* der Kurven für die Vogelart «Haushuhn» gleich bleiben.

Die Grösse der Serien war, wie erwähnt, stark verschieden: während bei der Leghorn-Rasse 58 Pherogramme verarbeitet wurden, waren es bei den andern Hühnerrassen und Vogelarten nur je 7 bis 14.

4. Verschiedene Vogelarten

In gleicher Weise wie bisher wurden nun Eier von 5 verschiedenen Vogelarten verglichen. Die Unterschiede werden hier z.T. überaus deutlich.

Tabelle 3
Durchschnittswerte der Eier von fünf Vogelarten

| Vogelart | Conalbumin | Globulin und Ovomucoid | Ovalbumin |
|----------------|------------|------------------------|-----------|
| 1a Haushuhn | 24,8 | 14,4 | 60,6 |
| 1b { Truthenne | 20,9 | 12,3 | 66,8 |
| Perlhuhn | 19,5 | 14,2 | 66,3 |
| 2a Gans | 13,0 | 9,6 | 77,4 |
| 2b Ente | 6,9 | 12,1 | 81,0 |

Wie die Prozentzahlen zeigen, sind die Flächenmasse bei den 3 ersten Vogelarten recht ähnlich. Immerhin konnten mathematisch signifikante Unterschiede zwischen der Gruppe 1a (Haushuhn) und 1b (Truthenne und Perlhuhn) für $P = 5\%$ festgestellt werden, während solche zwischen Truthenne und Perlhuhn nicht zu eruieren waren.

Es sei aber darauf hingewiesen, dass ausser der quantitativen Erfassung der Flächengrößen noch andere Differenzen in Betracht gezogen werden müssen. Die Abbildungen 3, 4 und 5 zeigen, wie schon erwähnt, den ähnlichen Charakter aller Diagramme der Haushuhn-Eiproteine, während die Diagramme 6 (T) und 7 (P) deutlich davon abweichen. Doch auch zwischen der Kurve T (Truthenne) und P (Perlhuhn) ist eine eindeutige Differenz erkennbar, indem bei T die (Globulin + Ovomucoid-) Fraktion ganz auf der Seite des Ovalbumins, bei P am Conalbumin erscheint. Der Unterschied in der Laufstrecke dieser Fraktionen, welcher diese Verschiebung bedingt, gibt damit eine deutlichere Charakterisierung der beiden Eiklar-Sorten, als der Vergleich der Flächengrößen.

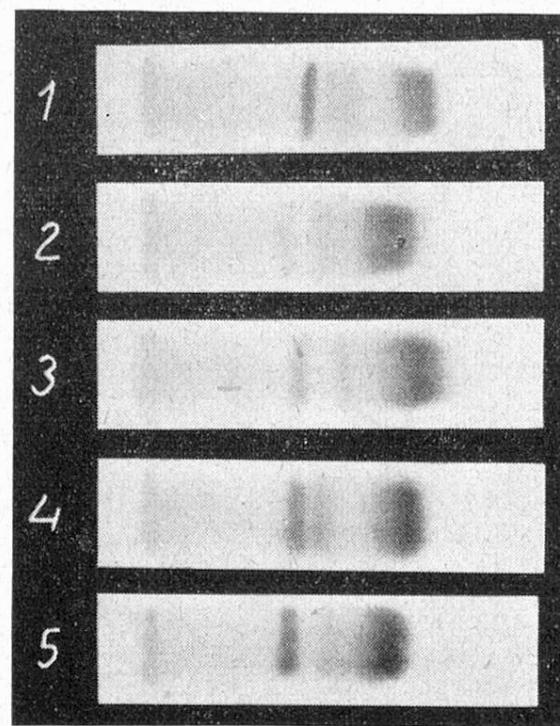


Abb. 2
Eiklar-Pherogramme verschiedener Vogelarten

| | | |
|------------------|-------------------|---------------------|
| 1 Leghorn-Eiklar | 3 Gänse-Eiklar | 5 Truthennen-Eiklar |
| 2 Enten-Eiklar | 4 Perlhuhn-Eiklar | |

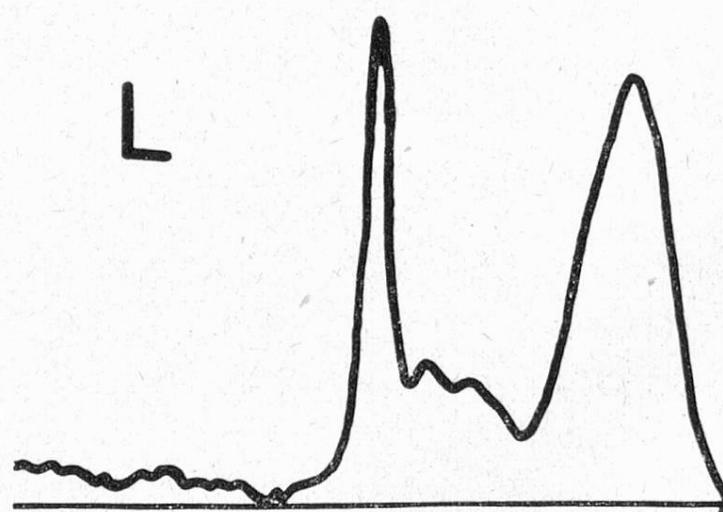


Abb. 3
Leghorn-Eiklar (L)



Abb. 4
Barneveld-Eiklar (B)

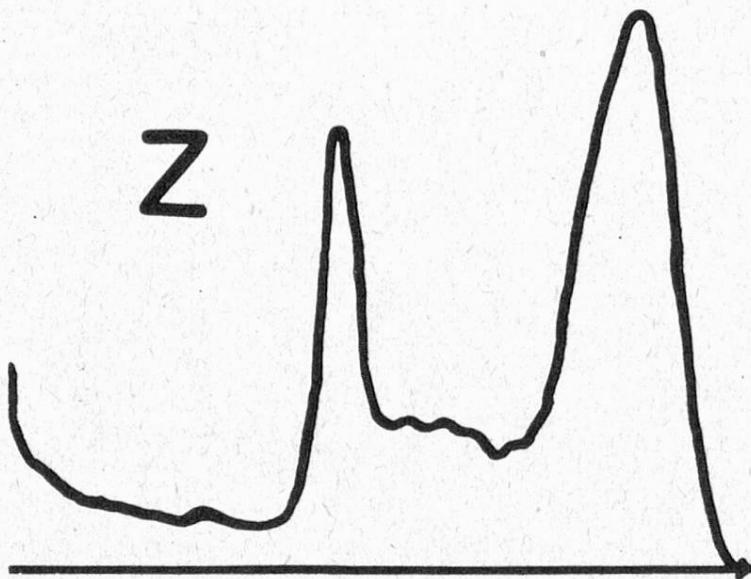


Abb. 5
Zwerghuhn-Eiklar (Z)

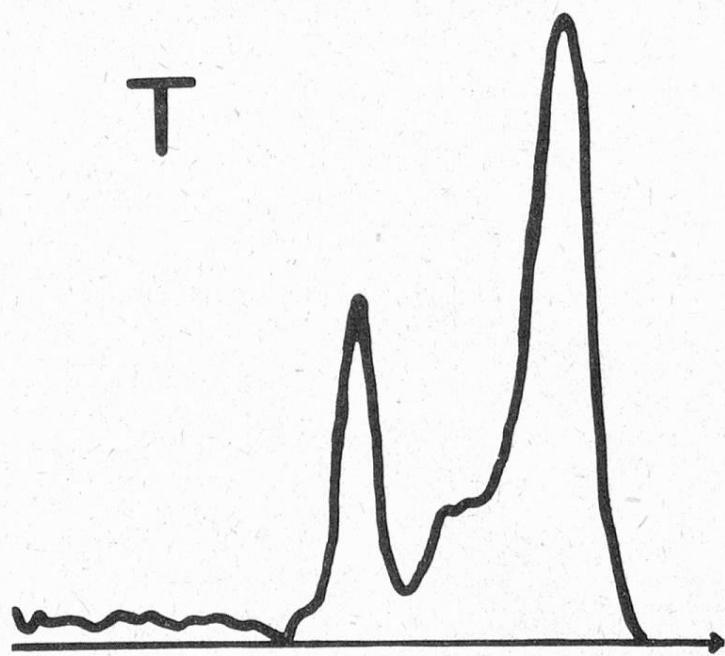


Abb. 6
Truthennen-Eiklar (T)

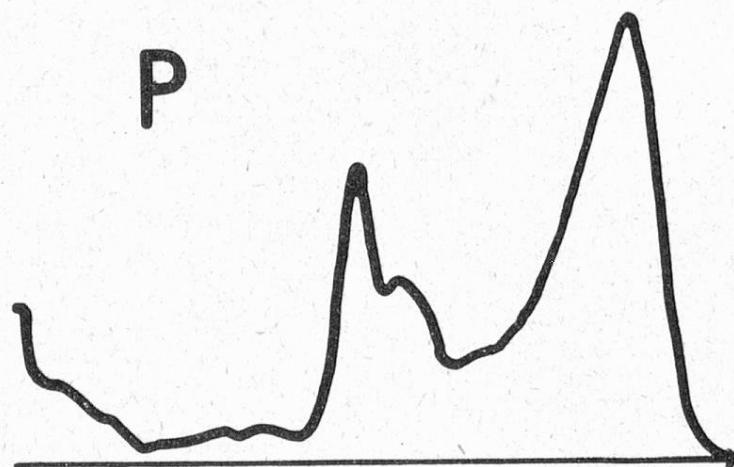


Abb. 7
Perlhuhn-Eiklar (P)

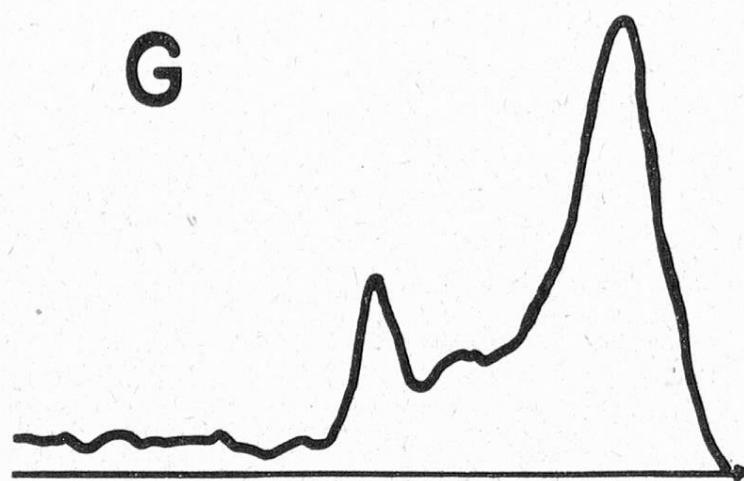


Abb. 8
Gänse-Eiklar (G)

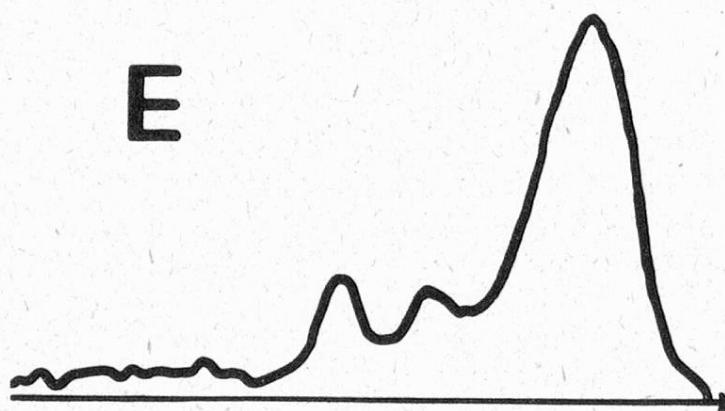


Abb. 9
Enten-Eiklar (E)

Ein ganz anderes Bild in jeder Richtung ergeben die Eiklar-Diagramme der beiden Wasservögel Gans und Ente. Das gewaltige Vorwiegen des Ovalbumins, der starke Rückgang des Conalbumins, schaffen schon zahlenmäßig ganz andere Verhältnisse. Dadurch ist nicht nur der Kurven-Charakter von demjenigen der andern Vögel, sondern auch zwischen den beiden Wasservogelarten deutlich verschieden. Die mathematische Auswertung der Flächengrößen stützt diesen Eindruck nachdrücklich, indem sich fast in allen Fraktionen sichergestellte Unterschiede ergeben.

C. Die mathematische Auswertung *)

1. Genauigkeit des Verfahrens

Die Einzelergebnisse der Versuche (x_{ik}) wurden summiert und aus ihnen die Gruppendurchschnittswerte $\bar{x}_{\cdot k}$ des Anteils der Conalbumin-, Globulin-, Ovo-mucoid- und Ovalbuminfraktion im Eiklar eines Eies ermittelt gemäss nachstehendem Ansatz:

$$\bar{x}_{\cdot k} = \frac{1}{N_k} \sum_i x_{ik}.$$

Hierauf wurde die mittlere quadratische Abweichung $s_{\cdot k}$ der Einzelwerte vom Durchschnittswert bestimmt. Der mathematische Ansatz hierzu lautet:

$$s_{\cdot k} = \sqrt{\frac{1}{N_k - 1} \sum_i (x_{ik} - \bar{x}_{\cdot k})^2}.$$

Für die praktische Berechnung bedienten wir uns jedoch der folgenden Beziehung, die durch mathematische Umformung aus dem oben angeführten Ansatz hervorgeht:

$$s_{\cdot k} = \sqrt{\frac{1}{N_k(N_k - 1)} \left[N_k \sum_i (x_{ik})^2 - \left(\sum_i x_{ik} \right)^2 \right]}.$$

Den bisher verwendeten Symbolen kommt folgende Bedeutung zu:

- $i = 1, 2, \dots, N_k$ = Index des Einzelwertes (Messergebnis) eines bestimmten Eies.
- $k = 1, 2, \dots, m$ = Index des Eies einer bestimmten Hühnerrasse oder Vogelart.
- N_k = Anzahl der Messungen mit dem k -ten Ei.
- x_{ik} = i -ter Einzelwert (Messergebnis eines Elektrophoreseganges) des Anteils einer Fraktion im Eiklar des k -ten Eies.
- $\bar{x}_{\cdot k}$ = Durchschnittswert aller Messergebnisse derselben Fraktion im Eiklar des k -ten Eies (*Gruppendurchschnitt eines Eies*).
- $s_{\cdot k}$ = mittlere quadratische Abweichung der Messergebnisse derselben Fraktion im Eiklar des k -ten Eies.
- S = Summenzeichen.

*) Herr Prof. Dr. W. Wegmüller und Herr Dr. Peter Kunz am mathematisch-ver sicherungswissenschaftlichen Seminar der Universität Bern gaben sehr wertvolle Anleitungen für die mathematische Auswertung der Resultate, wofür ihnen hiermit der beste Dank ausgesprochen sei.

Durch Vergleich der mittleren quadratischen Abweichung mit dem Durchschnittswert wird der *Variationskoeffizient* $v \cdot k$ erhalten, der ein Mass für die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse und die Genauigkeit des Verfahrens darstellt.

$$v \cdot k = \frac{s \cdot k}{\bar{x} \cdot k} \cdot 100 = \text{Variationskoeffizient (in Prozent)}$$

Im Folgenden sind die Ergebnisse der einzelnen Elektrophoreseversuche zusammengestellt, aus denen der Gruppendurchschnittswert eines Eies $\bar{x} \cdot k$ gebildet wurde. Schliesslich wurden hieraus in der beschriebenen Weise die mittleren quadratischen Abweichungen und die Variationskoeffizienten berechnet.

Versuchsdaten

Herkunft des Eies = Hühnerfarm B
 Haushuhnrasse = Leghorn
 Wassergehalt = 87,75 %
 Trockensubstanz = 12,25 %
 Protein = 11,75 %

Tabelle 4

| Pherogramm | Conalbumin | Globulin | Ovomucoid | Ovalbumin |
|-------------------|------------|----------|-----------|-----------|
| | % | % | % | % |
| 1 | 22,0 | 6,7 | 5,3 | 66,1 |
| 2 | 25,6 | 5,9 | 3,9 | 64,6 |
| 3 | 26,7 | 6,1 | 8,2 | 59,1 |
| 4 | 24,1 | 6,8 | 7,9 | 58,8 |
| 5 | 23,4 | 8,1 | 4,4 | 64,2 |
| 6 | 24,6 | 6,8 | 7,0 | 61,7 |
| 7 | 22,6 | 7,5 | 9,8 | 60,3 |
| 8 | 21,6 | 9,7 | 7,7 | 61,0 |
| 9 | 22,6 | 7,0 | 6,8 | 63,5 |
| 10 | 23,3 | 8,9 | 7,1 | 60,8 |
| 11 | 24,7 | 6,9 | 5,1 | 63,4 |
| 12 | 23,7 | 7,7 | 9,4 | 59,1 |
| 13 | 27,0 | 8,1 | 7,4 | 57,5 |
| 14 | 23,6 | 5,8 | 8,6 | 62,0 |
| 15 | 23,3 | 6,6 | 7,6 | 63,5 |
| $\bar{x} \cdot k$ | 23,9 | 7,2 | 7,1 | 61,7 |

Für die einzelnen Fraktionen ergaben sich folgende mittlere quadratische Abweichungen $s \cdot k$

| | |
|------------|---------|
| Conalbumin | = 1,6 % |
| Globulin | = 1,1 % |
| Ovomucoid | = 1,7 % |
| Ovalbumin | = 2,5 % |

und die Variationskoeffizienten $v \cdot k$ lauten:

| | |
|------------|----------|
| Conalbumin | = 6,7 % |
| Globulin | = 15,3 % |
| Ovomucoid | = 23,9 % |
| Ovalbumin | = 4,1 % |

Wie aus diesen Werten hervorgeht, nimmt die experimentelle Fehlerbreite in der Reihenfolge *Ovalbumin*, – *Conalbumin*, – *Globulin*, – *Ovomucoid* zu.

Während die Reproduzierbarkeit beim Ovalbumin und Conalbumin als gut bezeichnet werden konnte, wiesen die Globulin- und besonders die Ovomucoidfraktion empfindliche Schwankungen auf.

In der folgenden Tabelle sind die Variationskoeffizienten $v \cdot k$ aufgeführt, wie sie einerseits von *Forsythe* und *Foster* (1950) mit Hilfe der freien Elektrophorese und andererseits im Rahmen unserer Versuche am Eiklar eines einzelnen Eies erzielt wurden.

Tabelle 5

Variationskoeffizient $v \cdot k$ bei der Eiklar-Faktionierung mittelst der klassischen bzw. der Papierelektrophorese

| | | Freie Elektrophorese | Papier- Elektrophorese |
|----------------------|----------------|-------------------------|---------------------------|
| | | $v \cdot k$ | $v \cdot k$ |
| Conalbumin | a) aufsteigend | 8,6 | 6,7 |
| | b) absteigend | 7,1 | |
| Globulin $G_2 + G_3$ | a) aufsteigend | 12,3 | 15,3 |
| | b) absteigend | | |
| Ovomucoid | a) aufsteigend | 22,1 | 23,9 |
| | b) absteigend | 11,9 | |
| Ovalbumin | a) aufsteigend | 4,0 | 4,1 |
| | b) absteigend | 4,0 | |

Aus der Tabelle geht hervor, dass sowohl bei der klassischen Elektrophorese wie bei der von uns verwendeten Papierelektrophorese die Reproduzierbarkeit der Eiklarfraktionierung mit experimentellen Fehlern behaftet ist, deren Größenordnung in beiden Fällen für jede angeführte Fraktion eine befriedigende Uebereinstimmung ergibt.

Da sowohl im Rahmen unserer Versuche wie bei den Fraktionierungen mittelst der freien Elektrophorese Globulin und Ovomucoid schlecht getrennt werden konnten, so dass eine mehr oder weniger starke Ueberlagerung der beiden

Bestandteile eintrat, liegt der Schluss nahe, dass die ungenügende Auftrennung der beiden Proteine einen der Gründe für die relativ hohe Fehlerbreite der Resultate darstellt.

Freilich sind auch die methodischen Einflüsse auf die Fehlerbreite von Bedeutung. Am unübersichtlichsten gestalten sich in dieser Hinsicht die Verhältnisse bei der Anfärbung des Streifens und anschliessender Elution des überschüssigen Farbstoffes, so dass auch hier Fehlerquellen vorhanden sein können. Jedenfalls wurde beobachtet, dass zu lange Behandlung des Streifens mit Elutionsflüssigkeit eine Schwächung der Globulin- und Ovomucoidbanden zur Folge hat, wobei die Farbintensität beim Ovomucoid schneller abnimmt als beim Globulin.

Eine der möglichen Erklärungen für dieses Verhalten des Ovomucoids liegt vielleicht in seinem hohen Gehalt an Kohlenhydraten (26 %), der die Löslichkeit des Glykoproteins in der Elutionsflüssigkeit (Methanol + 10 % Eisessig) erhöhen könnte, obwohl Proteine normalerweise durch Methanol gefällt werden.

2. Ermittlung signifikanter Unterschiede im Eiklar von Eiern verschiedener Hennen gleicher Rasse bzw. verschiedener Vögel gleicher Vogelart

Wenn auch schon rein äusserlich durch Vergleich der Pherogramme und Extinktionsdiagramme Unterschiede in der Grösse der Eiklarfraktionen zwischen den einzelnen Vogelarten festzustellen waren, wollten wir diese Verhältnisse noch näher analysieren. Neben der Frage, welche Fraktionen die grössten Schwankungen aufweisen, sollte auch festgestellt werden, ob merkliche Unterschiede nur zwischen den Arten bzw. Rassen auftreten oder ob auch innerhalb einer Vogelart bzw. Haushuhnrasse von Tier zu Tier schon signifikante Schwankungen in der Zusammensetzung des Eiklars festzustellen sind.

Aus diesen Gründen wurden die ermittelten Versuchsergebnisse einer statistischen Streuungs-Analyse unterworfen.

Zu Beginn wurde mit den Ergebnissen, die bei der Untersuchung einer bestimmten Hühnerrasse bzw. Vogelart erhalten wurden, eine *einfache Streuungszerlegung* durchgeführt. Der damit verbundene *F-Test* ist ein Kriterium dafür, ob zwischen den verschiedenen Gruppendurchschnitten eines Eies signifikante Unterschiede auftreten oder nicht.

Mit «*Gruppe*» wird in diesem Falle die Gesamtheit der Ergebnisse bezeichnet, die durch Auswertung aller mit dem Eiklar eines einzelnen Eies erzielten Pherogramme erhalten wurden.

Das Prinzip der Methode sei wie folgt näher erläutert.

Der theoretische Ansatz für die Streuungszerlegung lautet:

$$\begin{aligned} \text{SQ (insgesamt)} &= \text{SQ (zwischen)} + \text{SQ (innerhalb)} \\ \text{SS }_{k_i} (x_{ik} - \bar{x} \dots)^2 &= \text{SS }_{k_i} (\bar{x}_{\cdot k} - \bar{x} \dots)^2 + \text{SS }_{k_i} (x_{ik} - \bar{x}_{\cdot k})^2 \end{aligned}$$

In diesen Gleichungen bedeuten:

- SQ (zwischen) = Summe der Quadrate zwischen den Gruppen (quadratische Abweichungen der Gruppendurchschnitte der Eier vom Gruppendurchschnitt einer Hühnerrasse bzw. Vogelart)
 SQ (innerhalb) = Summe der Quadrate innerhalb der Gruppen (quadratische Abweichungen der Einzelwerte vom Gruppendurchschnitt eines Eies)
 SQ (insgesamt) = Summe der Quadrate insgesamt (quadratische Abweichungen der Einzelwerte vom Gruppendurchschnitt einer Hühnerrasse bzw. Vogelart).

Die Ansätze für die praktische Berechnung lauten folgendermassen:

$$SQ \text{ (insgesamt)} = \sum_{k i} (x_{ik} - \bar{x}_{..})^2 - \frac{1}{N} (\sum_{k i} x_{ik})^2$$

$$SQ \text{ (zwischen)} = \sum_{k} (\bar{x}_{.k} - \bar{x}_{..})^2 - \frac{1}{N} (\sum_{k i} x_{ik})^2$$

$$SQ \text{ (innerhalb)} = SQ \text{ (insgesamt)} - SQ \text{ (zwischen)}$$

In Ergänzung zu den auf Seite 92 aufgeführten Bezeichnungen bedeuten hier:

- $N = \sum_k$ = Anzahl aller Messungen einer Hühnerrasse bzw. Vogelart.
 $\bar{x}..$ = Durchschnittswert aller Messergebnisse derselben Fraktion im Eiklar aller Eier einer Hühnerrasse bzw. Vogelart (Gruppendurchschnitt einer Hühnerrasse bzw. Vogelart).

Die auf vorstehende Weise ermittelten Summen der Quadrate werden nach folgendem Schema angeordnet und aus ihnen durch Division durch die entsprechende Zahl der Freiheitsgrade (F.G.) die Durchschnittsquadrate ermittelt.

Tabelle 6

| Streuung | FG | Summe der Quadrate SQ | Durchschnittsquadrat DQ |
|-----------------------|-------|--|-------------------------------------|
| Zwischen den Gruppen | $m-1$ | $\sum_{k i} (\bar{x}_{.k} - \bar{x}_{..})^2$ | $\frac{SQ \text{ (zwischen)}}{m-1}$ |
| Innerhalb der Gruppen | $N-m$ | $SQ \text{ (insg.)} - SQ \text{ (zw.)}$ | $\frac{SQ \text{ (innerh.)}}{N-m}$ |
| Insgesamt | $N-1$ | $\sum_{k i} (x_{ik} - \bar{x}_{..})^2$ | . |

Sind die Durchschnittsquadrate bekannt, so wird der F-Wert folgendermassen ermittelt:

$$F = \frac{DQ \text{ (zwischen)}}{DQ \text{ (innerhalb)}}, \text{ mit } n_1 = m-1 \text{ und } n_2 = N-m \text{ F.G.}$$

Nunmehr lässt sich der *F-Test* in folgender Weise durchführen:

Der berechnete F-Wert wird mit dem theoretischen Sicherheitspunkt der F-Verteilung ($F_{P;n_1,n_2}$) verglichen. Ist F grösser als $F_{P;n_1,n_2}$ ($F > F_{P;n_1,n_2}$), so bestehen gesicherte Unterschiede zwischen den Gruppendurchschnitten eines Eies einer Fraktion. Fällt dagegen F kleiner als $F_{P;n_1,n_2}$ aus ($F < F_{P;n_1,n_2}$), so sind die Unterschiede der Gruppendurchschnitte eines Eies bloss zufälliger Natur.

Die Werte der F-Verteilung sind, den Freiheitsgraden n_1 und n_2 entsprechend, in tabellarischer Form in der einschlägigen Literatur aufgeführt, z.B. in den beiden Werken von *A. Linder* (1951, 1953).

Damit sind alle Voraussetzungen für die Berechnung der F-Werte erfüllt und es soll im Folgenden die Streuung in der Zusammensetzung von Eiklar verschiedener Eier gleicher Hühnerrassen bzw. Vogelarten untersucht und die Ergebnisse diskutiert werden.

a) Leghorn-Eiklar

Da die in der Schweiz verwendeten Eier grösstenteils von Leghorn-Hühnern stammen, lag für die Eier dieser Haushuhnrasse das meiste Untersuchungsmaterial vor.

Insgesamt wurde das Eiklar von 9 Leghorn-Eiern papierelektrophoretisch untersucht.

In der folgenden Tabelle sind die Gruppendurchschnitte eines Eies \bar{x}_k und die Gruppendurchschnitte einer Haushuhnrasse bzw. Vogelart $\bar{x}_.$ aufgeführt.

Tabelle 7
Gruppendurchschnitte eines Eies \bar{x}_k

| Eier | Conalbumin | Globulin | Globulin und Ovomucoid | Ovomucoid | Ovalbumin |
|-------------|------------|----------|------------------------|-----------|-----------|
| Nr. 1 | 23,9 | 7,2 | 14,3 | 7,1 | 61,7 |
| Nr. 2 | 23,7 | 9,6 | 17,2 | 7,6 | 58,7 |
| Nr. 3 | 27,0 | 8,0 | 18,8 | 8,8 | 55,8 |
| Nr. 4 | 25,1 | 7,5 | 14,1 | 6,6 | 60,8 |
| Nr. 5 | 21,8 | 8,2 | 15,1 | 6,9 | 63,2 |
| Nr. 6 | 26,6 | 9,3 | 16,2 | 6,9 | 57,3 |
| Nr. 7 | 25,5 | 7,0 | 13,5 | 6,5 | 61,2 |
| Nr. 8 | 25,3 | 7,2 | 14,3 | 7,1 | 60,4 |
| Nr. 9 | 25,4 | 8,5 | 17,5 | 9,0 | 57,0 |
| $\bar{x}_.$ | 24,9 | 8,1 | 15,4 | 7,4 | 59,6 |

Für die mittleren quadratischen Abweichungen der Gruppendiffersenzen der Eier vom Gruppendifferschnitt der Hühnerrasse sowie für die entsprechenden Variationskoeffizienten wurden folgende Werte ermittelt:

| | Mittlere quadratische Abweichung % | Variationskoeffizient % |
|------------|---------------------------------------|----------------------------|
| Conalbumin | 2,1 | 8,5 |
| Globulin | 1,9 | 23,9 |
| Ovomucoid | 1,7 | 23,6 |
| Ovalbumin | 3,3 | 5,5 |

In bezug auf den Variationskoeffizienten herrscht, mit Ausnahme der Globulinfraktion, zwischen den früheren Ergebnissen der Versuchsreihe zur Ermittlung der Genauigkeit der Methodik (s. S. 94) und den hier angeführten Werten eine befriedigende Übereinstimmung. Diese Tatsache darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass in der Zusammensetzung des Eiklars von Ei zu Ei empfindliche Schwankungen bestehen können.

Ob und innerhalb welcher Fraktion die Abweichungen gross genug sind, um auf signifikante Unterschiede schliessen zu können, konnte jedoch erst durch Anwendung des F-Testes entschieden werden.

Für die einzelnen Fraktionen der 9 Leghorn-Eier wurden die unten stehenden F-Werte ermittelt, die mit dem entsprechenden theoretischen Wert der F-Verteilung auf die signifikanten Unterschiede geprüft wurden. Im vorliegenden Falle ist bei einer Sicherheitsschwelle von 1 % (P = 0,001) der massgebende Sicherheitspunkt

$$F_{P;n_1, n_2} = \frac{DQ \text{ (zwischen)}}{DQ \text{ (innerhalb)}} = 3,993, \text{ mit } n_1 = 8 \text{ und } n_2 = 49$$

Der F-Test liefert damit folgende Ergebnisse:

$$\text{Conalbumin : } F = \frac{DQ \text{ (zwischen)}}{DQ \text{ (innerhalb)}} = \frac{16,22}{2,40} = 6,76 \text{ gesicherte Unterschiede}$$

$$\text{Globulin : } F = \frac{DQ \text{ (zwischen)}}{DQ \text{ (innerhalb)}} = \frac{5,22}{3,30} = 1,58 \text{ keine gesicherten Unterschiede}$$

$$\text{Ovomucoid : } F = \frac{DQ \text{ (zwischen)}}{DQ \text{ (innerhalb)}} = \frac{3,77}{2,70} = 1,40 \text{ keine gesicherten Unterschiede}$$

$$\text{Globulin und Ovomucoid : } F = \frac{DQ \text{ (zwischen)}}{DQ \text{ (innerhalb)}} = \frac{11,25}{6,34} = 1,77 \text{ keine gesicherten Unterschiede}$$

$$\text{Ovalbumin : } F = \frac{DQ \text{ (innerhalb)}}{DQ \text{ (zwischen)}} = \frac{37,97}{6,80} = 5,58 \text{ gesicherte Unterschiede}$$

Gesicherte, d.h. signifikante Unterschiede ergeben sich somit nur bei der Conalbumin- und Ovalbumin-Fraktion.

Wie aus vorstehenden Ansätzen hervorgeht, kommt dieses Resultat dadurch zustande, dass die Durchschnittsquadrate zwischen den Gruppen (einzelner Eier) erheblich grösser sind als die entsprechenden Durchschnittsquadrate innerhalb der Gruppen (gleicher Eiinhalt).

Nachdem die Prüfung mit dem F-Test gesicherte Unterschiede im Conalbumin- und Ovalbumin-Gehalt zwischen den einzelnen Gruppen ergeben hatte, wurde mit dem *t-Test* untersucht, zwischen welchen Gruppen (Eiern) sich signifikante Unterschiede ergaben.

Der Ansatz für den *t-Test* lautet:

$$t = \frac{\bar{x}_f - \bar{x}_g}{\sqrt{DQ \text{ (innerhalb)}}} \sqrt{\frac{N_f N_g}{N_f + N_g}}$$

mit $f, g, = 1, 2, \dots, m = 9$, aber $f \neq g$
und $n = N - m FG$

Darin bedeuten: \bar{x}_f = Gruppendurchschnitt des f-ten Eies
 \bar{x}_g = Gruppendurchschnitt des g-ten Eies
 N_f = Anzahl der Messungen mit dem f-ten Ei
 N_g = Anzahl der Messungen mit dem g-ten Ei

Für die praktische Berechnung wird diese Formel quadriert:

$$t^2 = \frac{(\bar{x}_f - \bar{x}_g)^2 N_f N_g}{DQ \text{ (innerhalb)} N_f + N_g}$$

Die Prüfung mit dem *t-Test* geschieht in analoger Weise wie für den F-Test (s. S. 97) d.h. der berechnete *t*-Wert wird mit dem entsprechenden, tabellarisch aufgeführten Wert der *t*-Verteilung (Linder 1951, 1953) verglichen.

Zwischen den Gruppen-Durchschnitten folgender Leghorn-Eier bestehen im Conalbumin- und Ovalbumingehalt die in Tabelle 8 aufgeführten, gesicherten Unterschiede.

Aus der Tabelle 8 geht hervor, dass sowohl in der Conalbumin- als in der Ovalbumin-Faktion zwischen mehreren der Leghorn-Eier signifikante Unterschiede ermittelt wurden.

Wenn auch die gesicherten Unterschiede für beide Fraktionen nicht immer zwischen den gleichen Eiern auftraten, so lassen sich doch einige Eier angeben, welche eine grössere Häufigkeit der Signifikanz aufweisen.

Für die Conalbumin-Faktion sind dies insbesondere die Eier Nr. 1, 3, 5 und 6, während das Ovalbumin hauptsächlich in den Eiern Nr. 1, 3 und 5 gesicherte Unterschiede gegenüber den anderen Gruppen-Durchschnitten aufweist.

Zwischen den nicht aufgeführten Gruppen-Durchschnitten der Leghorn-Eier wurden im Conalbumin- und Ovalbumingehalt keine gesicherten Unterschiede festgestellt.

Tabelle 8

| Unterschiede | Conalbumin P | | | Ovalbumin P | | |
|---------------|-----------------|-----|-----|----------------|-----|-----|
| | 5 % | 1 % | 1 % | 5 % | 1 % | 1 % |
| — . 1 — — . 2 | * | * | * | * | — | — |
| — . 1 — — . 3 | * | * | * | * | * | * |
| — . 1 — — . 5 | * | * | — | — | — | — |
| — . 1 — — . 6 | * | * | * | * | * | — |
| — . 1 — — . 9 | — | — | — | * | — | — |
| — . 2 — — . 3 | * | * | — | — | — | — |
| — . 2 — — . 5 | — | — | — | * | * | — |
| — . 2 — — . 6 | * | * | — | — | — | — |
| — . 2 — — . 4 | * | — | — | * | * | — |
| — . 3 — — . 5 | * | * | * | * | * | * |
| — . 3 — — . 7 | — | — | — | * | * | — |
| — . 3 — — . 8 | — | — | — | * | — | — |
| — . 3 — — . 9 | — | — | — | * | — | — |
| — . 4 — — . 5 | * | * | * | — | — | — |
| — . 4 — — . 6 | — | — | — | * | — | — |
| — . 4 — — . 9 | — | — | — | * | — | — |
| — . 5 — — . 6 | * | * | * | * | * | * |
| — . 5 — — . 7 | * | * | * | — | — | — |
| — . 5 — — . 8 | * | * | * | — | — | — |
| — . 5 — — . 9 | * | * | — | — | — | — |
| — . 6 — — . 7 | — | — | — | * | — | — |
| — . 7 — — . 9 | — | — | — | * | — | — |

* = gesicherte Unterschiede
— = nicht gesicherte Unterschiede

Für den *Globulin*- und *Ovomucoidgehalt* konnten schon mittelst des F-Testes keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden, so dass sich ein t-Test erübrigte.

Auf den ersten Blick überrascht dieses Ergebnis, wiesen doch von allen auf S. 93 und 97 aufgeführten Durchschnitten die Globulin- und Ovomucoid-Fraktion die grössten relativen Abweichungen auf.

Näher betrachtet ist es jedoch gerade diese Tatsache, die für das eben erwähnte Resultat verantwortlich ist. Wenn schon innerhalb des gleichen Eies die Schwankungen so beachtlich sind, werden noch deutlichere Unterschiede zwischen den verschiedenen Eiern kaum mehr feststellbar sein.

b) Barneveld-Eiklar

Das Eiklar von 2 Barneveld-Eiern wurde untersucht, wobei pro Ei je 7 Elektrophoresegänge durchgeführt wurden.

Aus diesen Versuchen ergaben sich folgende Gruppendifferschnitte $\bar{x} \cdot k$:

| | Conalbumin % | Globulin % | + | Ovomucoid % | Ovalbumin % |
|---|-----------------|---------------|------|----------------|----------------|
| Ei Nr. 1 | 24,2 | 6,0 | 13,8 | 7,8 | 61,3 |
| Ei Nr. 2 | 24,7 | 6,2 | 13,6 | 7,4 | 61,7 |
| Ei Nr. 1+2 = | | | | | |
| Gruppen-Durchschnitt der Barneveld-Rasse $\bar{x} \dots$ | 24,5 | 6,1 | 13,7 | 7,6 | 61,5 |

Die mittlere quadratische Abweichung sowie der Variationskoeffizient betrugen:

| | $s \cdot k$ % | $v \cdot k$ % |
|------------|------------------|------------------|
| Conalbumin | $s = 1,0$ | $s^0/0 = 4,0$ |
| Globulin | $s = 0,5$ | $s^0/0 = 8,2$ |
| Ovomucoid | $s = 0,7$ | $s^0/0 = 9,2$ |
| Albumin | $s = 1,1$ | $s^0/0 = 1,7$ |

Der F-Test liefert für keine der 4 Fraktionen gesicherte Unterschiede zwischen den Gruppen.

c) Zwerghuhn

Da nur 1 Zwerghuhn-Ei papierelektrophoretisch untersucht wurde (insgesamt 7 Elektrophoreseansätze), konnte der F-Test nicht zur Anwendung gelangen.

Die durchschnittliche Zusammensetzung des Zwerghuhn-Eiklars sowie die mittlere quadratische Abweichung und der Variationskoeffizient pro Fraktion sind folgende:

| | 0/0-Gehalt | $s \cdot k$ % | $v \cdot k$ % |
|---------------------------|------------|------------------|------------------|
| Conalbumin | 25,0 | 1,4 | 5,6 |
| Globulin | 5,5 | 0,7 | 12,2 |
| Ovomucoid | 8,7 | 0,4 | 4,6 |
| Globulin und Ovomucoid | 14,2 | 0,4 | 2,8 |
| Albumin | 60,8 | 1,7 | 2,8 |

d) Truthennen-Eiklar

Mit dem Eiklar von 2 Truthennen-Eiern wurden 14 Elektrophoreseansätze durchgeführt (7 Versuche pro Ei), wobei die Eier in beiden Fällen von der gleichen Hühnerfarm stammten.

Die Gruppendifferschnitte eines Eies bzw. einer Vogelart lauten folgendermassen:

| | Conalbumin % | Globulin und Ovomucoid % | Ovalbumin % |
|---|-----------------|--------------------------------|----------------|
| Ei Nr. 1 | 21,0 | 12,1 | 66,7 |
| Ei Nr. 2 | 20,8 | 12,5 | 66,7 |
| Ei Nr. 1+2 = | | | |
| Gruppen-Durchschnitt der Hühnerrasse $\bar{x} \dots$ | 20,9 | 12,3 | 66,8 |

Die mittleren quadratischen Abweichungen sowie die Variationskoeffizienten ergaben:

| | s · k | v · k |
|--------------|-------|-------|
| | % | % |
| Conalbumin | 0,7 | 3,4 |
| Globulin und | | |
| Ovomucoid | 0,9 | 6,9 |
| Ovalbumin | 1,1 | 1,7 |

Auch bei den Truthennen-Eiern wurden mit Hilfe des F-Testes keine gesicherten Unterschiede in der durchschnittlichen Zusammensetzung der Eiklar-Fraktionen von Ei zu Ei festgestellt.

e) Perlhuhn-Eiklar

Perlhuhn-Eier standen uns 2 Stück zur Verfügung, wobei die Bezugsquelle dieselbe wie diejenige der Truthennen-Eier war. Es wurden mit ihnen je 5 Elektrophoreseversuche unternommen (insgesamt 10), wobei folgende Gruppendurchschnitte ermittelt wurden:

| | Conalbumin | Globulin und Ovomucoid | Ovalbumin |
|--|------------|---------------------------|-----------|
| | % | % | % |
| Ei Nr. 1 | 19,2 | 14,6 | 66,2 |
| Ei Nr. 2 | 19,8 | 13,9 | 66,3 |
| Gruppen-Durchschnitt der Vogelart \bar{x} ... | 19,5 | 14,2 | 66,3 |

Die mittleren quadratischen Abweichungen und die Variationskoeffizienten wiesen folgende Werte auf:

| | s · k | v · k |
|--------------|-------|-------|
| | % | % |
| Conalbumin | 1,3 | 6,7 |
| Globulin und | | |
| Ovomucoid | 1,2 | 8,5 |
| Albumin | 1,2 | 1,8 |

Der F-Test führte beim Perlhun qualitativ zum gleichen Ergebnis wie bei der Truthenne, d.h. zwischen den Gruppen (einzelnen Eiern) konnten keine signifikanten Unterschiede in der durchschnittlichen Eiklar-Zusammensetzung festgestellt werden.

f) Gänse-Eiklar

Mit 2 Gänse-Eiern gleicher Herkunft wurden insgesamt 12 Elektrophoresegänge durchgeführt (6 Versuche pro Eiklar).

Im Folgenden sind die Gruppendurchschnitte sowie die mittleren quadratischen Abweichungen und die Variationskoeffizienten angeführt:

| | Conalbumin % | Globulin und Ovomucoid % | Ovalbumin % |
|---|-----------------|--------------------------------|----------------|
| Ei Nr. 1 | 13,2 | 9,6 | 77,1 |
| Ei Nr. 2 | 12,8 | 9,5 | 77,7 |
| Gruppen-Durchschnitt der Vogelart \bar{x} .. | 13,0 | 9,6 | 77,4 |
| | s · k % | v · k % | |
| Conalbumin | 1,6 | 12,3 | |
| Globulin und | | | |
| Ovomucoid | 2,3 | 23,7 | |
| Albumin | 2,0 | 2,6 | |

Mit dem F-Test konnten auch bei den Gänsen keine gesicherten Unterschiede in der durchschnittlichen Zusammensetzung des Eiklars der beiden Eier ermittelt werden.

g) Enten-Eiklar

Das Eiklar von 2 Enten-Eiern wurde papierelektrophoretisch untersucht, wobei 6 Elektrophoreseansätze pro Ei durchgeführt wurden, d.h. total 12.

Hieraus erhielten wir folgende Durchschnittswerte in der Zusammensetzung des Eiklars der beiden Eier sowie den aus der Gesamtheit der Versuche ermittelten Gruppen der Vogelart:

| | Conalbumin % | Globulin und Ovomucoid % | Ovalbumin % |
|---|-----------------|--------------------------------|----------------|
| Ei Nr. 1 | 6,8 | 12,2 | 81,05 |
| Ei Nr. 2 | 7,0 | 12,0 | 81,00 |
| Gruppen-Durchschnitt der Vogelart \bar{x} .. | 6,9 | 12,1 | 81,0 |

Die mittlere quadratische Abweichung sowie die Variationskoeffizienten betragen:

| | s · k % | v · k % |
|--------------|------------|------------|
| Conalbumin | 1,8 | 26,1 |
| Globulin und | | |
| Ovomucoid | 1,3 | 10,7 |
| Albumin | 1,8 | 2,2 |

Auch beim Enten-Eiklar konnten mit dem F-Test keine signifikanten Unterschiede in der Zusammensetzung der einzelnen Gruppen festgestellt werden.

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse des F-Testes nochmals in übersichtlicher und zusammengefasster Form dargestellt, wobei die *gesicherten Unterschiede mit **, die *nicht gesicherten Unterschiede mit —* bezeichnet wurden.

Tabelle 9
*Vergleich der Eiklar-Fraktionen verschiedener Eier gleicher
 Haushuhnrasse oder Vogelart¹⁾*

| | Conalbumin | Globulin | Globulin und Ovomucoid | Ovomucoid | Ovalbumin |
|-----------|------------|----------|---------------------------|-----------|-----------|
| Leghorn | * | — | — | — | * |
| Barneveld | — | — | — | — | — |
| Zwerghuhn | — | — | — | — | — |
| Truthenne | — | — | — | — | — |
| Perlhuhn | — | — | — | — | — |
| Gans | — | — | — | — | — |
| Ente | — | — | — | — | — |

1) * = gesicherte Unterschiede
 — = nicht gesicherte Unterschiede

Signifikante Unterschiede ergeben sich, wie schon erwähnt, nur zwischen den Gruppendurchschnitten eines Eies der Conalbumin- und Ovalbumin-Fraktion des Leghorn-Eiklars.

Vergleicht man die Ergebnisse des F-Testes, die bei der Streuungszerlegung der Leghorn-Eier erzielt wurden, mit den F-Verteilungen aller anderen Eier, so können folgende Schlüsse gezogen werden:

Leghorn-Eier kamen 9 Stück zur Untersuchung, wobei insgesamt 58 Elektrophoreseansätze durchgeführt wurden. Die Herkunft der Eier war sehr unterschiedlich, teils stammten sie aus der Schweiz, teils aus dem Ausland.

Von allen anderen Eiern standen hingegen nur je 2 Stück zur Verfügung, die alle von derselben Hühnerfarm stammten.

Die sehr grosse Verschiedenheit der Herkunft der Eier ist vermutlich die Hauptursache für das Auftreten signifikanter Unterschiede zwischen den Gruppendurchschnitten eines Eies der Conalbumin- und Ovalbumin-Fraktionen des Leghorn-Eiklars. Die Herkunft spielt eine wichtige Rolle.

Für die weiteren Untersuchungen betrachten wir die Gruppendurchschnitte der Eier als repräsentativen Wert der ganzen Gruppe. Diese Approximation wurde auch bei Leghorn (Conalbumin und Ovalbumin) gemacht, im Bewusstsein, dass die signifikanten Unterschiede auf die grosse Verschiedenheit der Herkunft der Eier zurückzuführen sind, ein Faktor, der bei den anderen Hühnerrasen und Vogelarten nicht zutrifft.

3. und 4. Ermittlung der Signifikanz der Unterschiede des Eiklars verschiedener Eier verschiedener Haushuhnrasse bzw. Vogelarten

Im vorausgehenden Abschnitt C/2 wurde gezeigt, wie mit Hilfe des F-Testes signifikante Unterschiede in der Zusammensetzung des Eiklars verschiedener Eier einer Haushuhnrasse bzw. Vogelart ermittelt werden können.

Die weiteren Untersuchungen hatten zum Zweck, die an sich viel deutlicheren, schon auf den ersten Blick erkennbaren Unterschiede im Eiklar *verschiedener* Haushuhnrasen bzw. Vogelarten auf ihre Signifikanz zu prüfen. In dieser Hinsicht bedienten wir uns wiederum der einfachen Streuungszerlegung und prüften die Unterschiede in den Gruppendurchschnitten der Haushuhnrasen bzw. Vogelarten.

Wenn auch die mathematischen Ansätze und die Berechnung genau dieselben sind, wie unter C/2 angeführt, so haben verschiedene der verwendeten Begriffe eine andere Bedeutung.

Während unter C/2 mit dem F-Test geprüft wurde, ob zwischen den einzelnen Gruppen (Eiern) *einer* bestimmten Haushuhnrasse bzw. Vogelart signifikante Unterschiede in den Durchschnittswerten der einzelnen Fraktionen bestehen, diente im vorliegenden Fall der F-Test dazu, festzustellen, zwischen *welchen* Haushuhnrasen bzw. Vogelarten gesicherte Unterschiede in der Zusammensetzung des Eiklars bestanden. Folglich änderte sich auch der Begriffsinhalt des Ausdrucks «Gruppe».

Während früher darunter die Gesamtheit der Ergebnisse zu verstehen war, die durch Auswertung aller mit dem Eiklar *eines* einzelnen Eies erzielten Pherogramme erhalten wurden, umfasste jetzt die «Gruppe» die in sich abgeschlossenen Versuchsreihen, die mit dem Eiklar aller Eier *einer* bestimmten Haushuhnrasse bzw. Vogelart durchgeführt wurden.

Wir wählen in diesem Abschnitt folgende Bezeichnungen:

- $j = 1, 2, \dots, M_l$ = Index des Eies einer bestimmten Hühnerrasse bzw. Vogelart
- $l = 1, 2, \dots, n$ = Index der Haushuhnrasse bzw. Vogelart
- M_l = Anzahl Eier einer Haushuhnrasse bzw. Vogelart
- \bar{x}_{jl} = Durchschnittswert aller Messergebnisse derselben Fraktion im Eiklar des j -ten Eies der l -ten Haushuhnrasse bzw. Vogelart (früher bezeichnet als $\bar{x}_{\cdot k}$ = Gruppendurchschnitt eines Eies)
- $\bar{x}_{\cdot 1} = \frac{1}{M_l} \sum_j \bar{x}_{jl}$ = Durchschnittswert derselben Fraktion im Eiklar aller Eier der l -ten Haushuhnrasse bzw. Vogelart (früher bezeichnet mit $\bar{x}_{\cdot \cdot}$ = Gruppendurchschnitt einer Haushuhnrasse bzw. Vogelart)
- $M = \sum_l M_l$ = Anzahl aller Eier aller Haushuhnrasen und Vogelarten
- $\bar{x}_{\cdot \cdot} = \frac{1}{M} \sum_l \sum_j \bar{x}_{jl}$ = Durchschnittswert derselben Fraktion im Eiklar aller Eier von allen Haushuhnrasen und Vogelarten (*Gesamtdurchschnitt*)

Demnach transformieren sich die Ansätze der Streuungszerlegung auf folgende Form:

$$\begin{aligned}
 \text{SQ (insgesamt)} &= \sum_l \sum_j (\bar{x}_{jl} - \bar{x}_{\cdot 1})^2 - \frac{1}{M} (\sum_l \sum_j \bar{x}_{jl})^2 \\
 \text{SQ (zwischen)} &= \sum_l (\bar{x}_{\cdot 1} - \bar{x}_{\cdot \cdot})^2 - \frac{1}{M} (\sum_l \sum_j \bar{x}_{jl})^2 \\
 \text{SQ (innerhalb)} &= \text{SQ (insgesamt)} - \text{SQ (zwischen)}
 \end{aligned}$$

Da eine Trennung der Globulin- und Ovomucoid-Fraktion nur bei den Haushuhnrasen gelang, beim Eiklar der anderen Vogelarten die beiden Fraktionen papierelektrophoretisch jedoch nicht aufgetrennt werden konnten, wurden für die folgenden Berechnungen die Durchschnittswerte pro Ei der Globulin- und Ovomucoidfraktion auch bei den Haushuhnrasen zum Durchschnittswert einer Doppelfraktion pro Ei zusammengelegt.

Die berechneten F-Werte sind im Folgenden angeführt, wobei sie mit dem entsprechenden theoretischen Wert der F-Verteilung verglichen wurden, der sich bei einer Sicherheitsschwelle von 1 % zu

$$F_{P;n_1n_2} = 7,86., \text{ mit } n_1 = 6 \text{ und } n_2 = 13 \text{ F.G. bemisst.}$$

$$\begin{aligned} \text{Conalbumin : F} &= \frac{DQ \text{ (zwischen)}}{DQ \text{ (innerhalb)}} = \frac{118,44}{1,50} = \mathbf{78,78} \text{ gesicherte Unterschiede} \\ \text{Globulin und} \\ \text{Ovomucoid : F} &= \frac{DQ \text{ (zwischen)}}{DQ \text{ (innerhalb)}} = \frac{11,82}{1,39} = \mathbf{8,52} \text{ gesicherte Unterschiede} \\ \text{Ovalbumin : F} &= \frac{DQ \text{ (zwischen)}}{DQ \text{ (innerhalb)}} = \frac{189,59}{3,96} = \mathbf{47,91} \text{ gesicherte Unterschiede} \end{aligned}$$

Da der F-Test für alle 3 Fraktionen gesicherte Unterschiede ergibt, wurde mittelst eines t-Testes (s. C/2) untersucht, zwischen welchen Gruppendifferschnitten der Hühnerrassen bzw. Vogelarten signifikante Unterschiede in der durchschnittlichen Zusammensetzung ihres Eiklars bestehen.

Der frühere Ansatz für den t-Test lautet in der neuen Symbolik:

$$t = \frac{\bar{x}_f - \bar{x}_g}{\sqrt{DQ \text{ (innerhalb)}}} \sqrt{\frac{M_f M_g}{M_f + M_g}}$$

mit $f, g = 1, 2, \dots, n = 7$, aber $f \neq g$
und $n = M - n$ FG

Die Symbole haben entsprechend der Bezeichnungsweise in diesem Abschnitt folgende Bedeutungen:

- \bar{x}_f = Durchschnittswert derselben Fraktion im Eiklar aller Eier der f-ten Haushuhnrasse bzw. Vogelart
- \bar{x}_g = der g-ten Haushuhnrasse bzw. Vogelart
- M_f = Anzahl Eier der f-ten Haushuhnrasse bzw. Vogelart
- M_g = Anzahl Eier der g-ten Haushuhnrasse bzw. Vogelart

Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. In ihr haben die Symbole folgende Bedeutung:

Tabelle 10

| | | |
|------|-------------------------|---|
| 1a*) | $\bar{\bar{x}} \cdot 1$ | = Durchschnittswert derselben Fraktion im Leghorn-Eiklar |
| | $\bar{\bar{x}} \cdot 2$ | = Durchschnittswert derselben Fraktion im Barneveld-Eiklar |
| | $\bar{\bar{x}} \cdot 3$ | = Durchschnittswert derselben Fraktion im Zwerghuhn-Eiklar |
| 1b*) | $\bar{\bar{x}} \cdot 4$ | = Durchschnittswert derselben Fraktion im Truthennen-Eiklar |
| | $\bar{\bar{x}} \cdot 5$ | = Durchschnittswert derselben Fraktion im Perlhuhn-Eiklar |
| 2a*) | $\bar{\bar{x}} \cdot 6$ | = Durchschnittswert derselben Fraktion im Gänse-Eiklar |
| 2b*) | $\bar{\bar{x}} \cdot 7$ | = Durchschnittswert derselben Fraktion im Enten-Eiklar |
| | t | = berechneter t-Wert |
| | P | = Sicherheitsschwelle 5 %, 1 %, 1 ‰. |

*) Vergleiche Tabelle 3.

Tabelle 11

Ermittlung signifikanter Unterschiede in der Zusammensetzung des Eiklars verschiedener Hühnerrassen bzw. Vogelarten mittelst des t-Testes

| Unterschiede | Conalbumin | | | Globulin und Ovomucoid | | | Ovalbumin | | |
|---|------------|-----|-----|------------------------|-----|-----|-----------|-----|-----|
| | t | P | | t | P | | t | P | |
| | | 5 % | 1 % | | 5 % | 1 % | | 5 % | 1 % |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 1 - \bar{\bar{x}} \cdot 2$ | 0,459 | — | — | 1,840 | — | — | 1,25 | — | — |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 1 - \bar{\bar{x}} \cdot 3$ | 0,027 | — | — | 1,5 | — | — | 0,59 | — | — |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 1 - \bar{\bar{x}} \cdot 4$ | 4,17 | * | * | 3,37 | * | * | 4,64 | * | * |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 1 - \bar{\bar{x}} \cdot 5$ | 5,68 | * | * | 1,31 | — | — | 4,33 | * | * |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 1 - \bar{\bar{x}} \cdot 6$ | 12,42 | * | * | 6,37 | * | * | 11,48 | * | * |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 1 - \bar{\bar{x}} \cdot 7$ | 18,82 | * | * | 3,61 | * | — | 13,81 | * | * |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 2 - \bar{\bar{x}} \cdot 3$ | 0,37 | — | — | 0,27 | — | — | 0,30 | — | — |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 2 - \bar{\bar{x}} \cdot 4$ | 2,90 | * | — | 1,20 | — | — | 2,64 | * | — |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 2 - \bar{\bar{x}} \cdot 5$ | 4,00 | * | * | 0,42 | — | — | 2,40 | * | — |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 2 - \bar{\bar{x}} \cdot 6$ | 9,34 | * | * | 3,54 | * | — | 8,00 | * | * |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 2 - \bar{\bar{x}} \cdot 7$ | 14,35 | * | * | 1,38 | — | — | 9,81 | * | * |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 3 - \bar{\bar{x}} \cdot 4$ | 2,74 | * | — | 1,25 | — | — | 2,52 | * | — |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 3 - \bar{\bar{x}} \cdot 5$ | 3,70 | * | * | 0,07 | — | — | 2,26 | * | — |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 3 - \bar{\bar{x}} \cdot 6$ | 7,99 | * | * | 3,16 | * | — | 6,83 | * | * |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 3 - \bar{\bar{x}} \cdot 7$ | 12,04 | * | * | 1,40 | — | — | 8,31 | * | * |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 4 - \bar{\bar{x}} \cdot 5$ | 1,17 | — | — | 1,61 | — | — | 0,24 | — | — |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 4 - \bar{\bar{x}} \cdot 6$ | 6,44 | * | * | 2,34 | * | — | 5,35 | * | * |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 4 - \bar{\bar{x}} \cdot 7$ | 11,45 | * | * | 0,19 | — | — | 7,17 | * | * |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 5 - \bar{\bar{x}} \cdot 6$ | 5,25 | * | * | 3,96 | * | * | 5,59 | * | * |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 5 - \bar{\bar{x}} \cdot 7$ | 10,28 | * | * | 1,80 | — | — | 7,41 | * | * |
| $\bar{\bar{x}} \cdot 6 - \bar{\bar{x}} \cdot 7$ | 5,01 | * | * | 2,16 | * | — | 1,81 | — | — |

* = gesicherte Unterschiede

— = keine gesicherten Unterschiede

Im Folgenden soll die Tabelle 11 näher erläutert und die Ergebnisse diskutiert werden.

a) Zwischen keinem der Durchschnittswerte der drei Eiklar-Fraktionen der Haushuhnrasse *Leghorn*, *Barneveld* und *Zwerghuhn* konnten in diesem Falle signifikante Unterschiede ermittelt werden (Gruppe 1a).

Dasselbe galt für die Gruppe *Truthehne* und *Perlhuhn* (1b).

Es ergibt sich also, dass die Unterschiede in der Zusammensetzung des Eiklars sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht innerhalb der Gruppe der untersuchten drei Haushuhnrasse (1a) und zwischen Eiern des Perlhuhns und der Truthehne (1b) so gering war, dass die von uns angewandte Methode nicht ausreicht, um signifikante Differenzen zu ermitteln.

b) Bei direktem Vergleich wiesen auch die ausgewerteten Pherogramme des Eiklars der Wasservögel *Gans* und *Ente* eine gewisse Ähnlichkeit unter sich auf, während wesentliche Unterschiede gegenüber dem Eiklar der anderen Vogelarten zu beobachten waren.

Man hätte also auch hier eine Gruppenähnlichkeit wie bei 1a und 1b erwarten können. Das war aber nicht in gleichem Masse der Fall.

Die *Ovalbumin-Faktion* wies zwar auch hier keine signifikanten Differenzen auf. Bei der (*Globulin + Ovomucoid*-) *Faktion* ergaben sich dagegen bei einer Sicherheitsschwelle P von 5 %, bei der *Conalbuminfraktion* sogar schon bei einer Sicherheitsschwelle von 1 % gesicherte Unterschiede. Das Eiklar der Eier von Gans und Ente weist also doch grössere Verschiedenheit auf, als dies bei den unter a) besprochenen Gruppen der Fall ist.

Gänse- und Enteneiklar kann daher nicht ohne weiteres in eine Gruppe zusammengefasst werden. Vielmehr ergeben sich damit auch hier 2 Gruppen (2a = Gans, 2b = Ente).

c) Nachdem auf diese Weise gewisse Gruppenähnlichkeiten in der Eiklar-Zusammensetzung der hier betrachteten 7 Vogelarten bzw. -Rassen beobachtet und mathematisch in sehr eindrücklicher Weise präziser erfasst werden konnten, gestatten es die in Tabelle 11 aufgeführten Werte auch, die schon direkt sichtbaren, sehr wesentlichen Unterschiede in der Eiklar-Zusammensetzung zwischen den Gruppen 1a, 1b, 2a und 2b zu überblicken.

Es erscheint dabei von geringerer Bedeutung, ob das Eiklar einer Haushuhnrasse oder die mittleren Werte der Fraktionen von allen dreien (1a) mit den ausgewerteten Pherogrammen der Gruppe 1b oder mit dem Eiklar von Perlhuhn und Truthehne für sich oder mit demjenigen von Gans (2a) oder Ente (2b) in Beziehung gesetzt werden.

In den meisten Werten ergeben sich signifikante Unterschiede, desgleichen wenn die Gruppen 1b oder 2a oder 2b als Ausgangspunkte der Betrachtung gewählt werden.

Zusammenfassung

Mit Hilfe der Papierelektrophorese wurde versucht, die Eiklarproteine verschiedener Haushuhnrasse und Vogelarten auf ihre Ähnlichkeit resp. Verschiedenheit zu prüfen. Es zeigte sich dabei, dass die am genauesten untersuchten Leghorn-Eiproteine schon von Ei zu Ei signifikante Unterschiede aufweisen können.

Immerhin blieben die abgeleiteten Diagramme sowohl für die gleiche Haushuhnrasse, als auch für 2 weitere (Barneveld und Zwerghuhn) im Charakter weitgehend gleich.

Die mathematische Auswertung der ausgemessenen Flächenwerte für Conalbumin, Globulin, Ovomucoid und Ovalbumin zeigt für die drei Haushuhnrasse (Gruppe 1a) keine signifikanten Unterschiede.

Werden andere Vogelarten einbezogen: Truthenne, Perlhuhn, Gans und Ente, so ergibt sich eine zweite Gruppe (Perlhuhn und Truthenne, 1b), welche bei gleicher Auswertung keine gesicherten Unterschiede liefert. Immerhin ist der Laufweg der Fraktion Globulin und Ovomucoid bei den zwei Vogelarten verschieden, so dass der Kurvencharakter deutlich verändert ist. Die Wasservögel Gans und Ente zeigen in ihren Diagrammen zwar gewisse Ähnlichkeiten (Prädominieren des Ovalbumins, Rückgang des Conalbumins). Alle Zahlen sind jedoch in deutlicher Art von denen der anderen untersuchten Vögel verschieden, jedoch auch unter sich stark differierend.

Résumé

On a essayé de se rendre compte, par l'électrophorèse sur papier, des similitudes ou différences entre diverses espèces des poules domestiques et d'oiseaux, par l'examen des protéines du blanc d'oeuf. On a constaté ainsi qu'il peut y avoir des différences significatives, d'oeuf à oeuf, pour les Leghorns. Toutefois les diagrammes obtenus pour les Leghorns, les Barnevelds et les poules naines sont assez semblables. L'étude mathématique des surfaces de la conalbumine, de l'ovomucoïde et de l'ovalbumine ne montre pas de différence significative entre ces trois espèces de poules.

En procédant de même avec les oeufs de dinde, de pintade, d'oie et de canard il se dégage un deuxième groupe, comprenant la dinde et la pintade, chez lequel on n'observe pas de différences assurées. Néanmoins, le parcours de la fraction globuline et ovomucoïde de ces deux espèces d'oiseaux diffère de telle façon que l'allure des courbes s'en trouve nettement modifiée.

Les diagrammes obtenus pour l'oie et le canard présentent certaines similitudes (prédominance de l'ovalbumine, diminution de la conalbumine); toutes les valeurs obtenues diffèrent non seulement nettement de celles trouvées pour les autres oiseaux, mais encore très fortement entre elles.

Summary

It has been attempted to see whether similarities or differences exist between the proteins of the egg white from various kinds of hens and birds, by means of paper electrophoresis.

Eggs from Leghorn, Barneveld and dwarf-hens, turkey-hen, guinea-hen, goose and duck have been examined.

Four different groups have been found, namely 1a) Leghorn, Barneveld and dwarf-hens, 1b) turkey-hen and guinea-hen, and 2a) goose and 2b) duck.

Literatur

- Forsythe, R. H., und Foster, J. F., J. Biol. Chem. **184**, 377, 385 (1950).
Hellhammer, D., und Högl, O., Diese Mitt. **49**, 79 (1958).
Hellhammer, D., und Högl, O., Diese Mitt. **49**, 165 (1958).
Linder, A., Statist. Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ing., Basel 1951.
Linder, A., Planen und Auswerten von Versuchen, Basel 1953.
Tiselius, A., und Kabat, J. Exp. Med. **69**, 119 (1939).

Papierenkrophoretischer Nachweis der Verfälschung von Frauenmilch durch Kuhmilch

Von M. Padmoya und O. Högl

(Laboratorium des Eidg. Gesundheitsamtes, Bern)

1. Einleitung

Für die Frauenmilchsammelstellen besteht die Notwendigkeit einer Kontrollmethode für die Untersuchung der eingelieferten Frauenmilch, insbesondere auf Kuhmilchzusatz. Damit eine Kontrollmethode in der Praxis brauchbar ist, sollte sie möglichst einfach, schnell durchführbar, empfindlich, zuverlässig und nicht teuer sein.

Eine bereits bekannte Methode zur Erkennung eines Kuhmilchzusatzes zur Frauenmilch ist die Quarzlampe-methode, die darauf beruht, dass Frauenmilch unter der Quarzlampe blau fluoresziert, während Kuhmilch infolge ihres höheren Gehalts an Laktoflavin eine gelbe Fluoreszenz aufweist. Diese Fluoreszenzanalysenmethode besitzt den grossen Vorteil der Einfachheit und schnellen Durchführbarkeit, hat aber den Nachteil, dass sie in den Fällen versagt, in denen zur Frauenmilchverfälschung Kuhmilcherzeugnisse verwendet werden, deren Gehalt an Laktoflavin durch eine technische Behandlung zerstört worden ist. So lässt sich ein Zusatz von entsprechend verdünnter Kondensmilch durch die Fluoreszenz-analysenmethode nicht mehr nachweisen. Auch sind bei dieser Methode Fehlschlüsse möglich, wenn bei einer gewissen Ernährungsweise der stillenden Frau bestimmte Stoffe aus der Nahrung in die Frauenmilch übergehen und dort eine gelbliche bis gelbe Fluoreszenz erzeugen können. (Feuersenger, 1958).

Es gibt noch viele andere Nachweismethoden von Kuhmilch in Frauenmilch, die aber in der Praxis, wegen der nicht einfachen Handhabung oder der zu langen Zeitdauer der Reaktion oder den verhältnismässig hohen Kosten, weniger brauchbar sind.

In dieser vorliegenden Arbeit wurde der Versuch gemacht, den Zusatz von Kuhmilch zu Frauenmilch durch die Papierenkrophorese des Milcheiweisses nachzuweisen. Die Frauenmilch ist eiweissärmer und hat eine andere Eiweisszusammenstellung als die Kuhmilch. Bei der Frauenmilch herrscht unter den Proteinen der Albumingehalt, bei der Kuhmilch der Caseingehalt vor: