Die Mikrobiologie der "Heueier"

Autor(en): **Richard, O. / Mohler, A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène**

Band (Jahr): **41 (1950)**

Heft 1-2

PDF erstellt am: **30.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-983742

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die Mikrobiologie der «Heueier»

Von *O. Richard* und *A. Mohler*

(Aus dem Institut für landwirtschaftliche Bakteriologie und Gärungsbiologie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich)

Einleitung

Vor einigen Jahren übergab ein Eierimporteur dem hiesigen Institut mehrere Kühlhauseier zur bakteriologischen Untersuchung. Es sollte die Ursache deren eigenartigen Geruchs, welcher gewerblich als «Heugeruch» bezeichnet wird, abgeklärt werden. Der Vergleich mit dem Geruch feuchten, dumpfigen Heus scheint uns leidlich typisch. Er gibt demjenigen, welcher den «Heugeruch» nicht aus eigener Erfahrung kennt, kaum einen richtigen Begriff von dessen Charakter. Eine Verwechslung mit dem Altersgeruch von Eiern, der oft als «heuig» bezeichnet wird, wäre ohne weiteres möglich. Ferner zeigen Eier, welche im Kühlhaus in der Nähe von riechenden Gütern (Zwiebeln, Sauerkraut) lagerten, einen ähnlichen Fremdgeruch. Dieser verschwindet beim offenen Aufstellen an der frischen Luft viel schneller als der «Heugeruch», und das Innere der betreffenden Eier weist nie die charakteristischen Eigenschaften der «Heueier» auf. Der Geruch der «Heueier» erinnerte uns eher an denjenigen in einem Rübenkeller gegen das Frühjahr hin, wenn sich in den Kohl- oder Runkelrübenhaufen die Nassfäule auszubreiten beginnt.

Häufig wird in der Praxis der «Heugeruch» auf feuchtes, dumpfiges Verpackungsmaterial (Heu, Stroh, Holzwolle und dergleichen) zurückgeführt, welches den Eiern bei der Lagerung den Geruch übermitteln soll. Auch im Schrifttum ist diese Auffassung niedergelegt (*Grossfeld* [6])).

Nach Angabe der Fachleute lassen sich «Heueier» einzig am Geruch erkennen. Die Durchleuchtung liefert in der Regel keine abnormen Befunde. Nach *Grossfeld* (l. c.) soll zwar anlässlich der Schierprobe ein starker Schatten feststellbar sein, welcher aber schon nach relativ schwacher Bewegung des Eis verschwindet. Die Geruchsprobe versagt ebenfalls häufig. Einerseits überträgt sich der Geruch leicht von befallenen auf gesunde Eier und auf das Verpackungsmaterial, anderseits lassen offen aufgestellte, gelüftete «Heueier» äusserlich den Geruch mit der Zeit vermissen. Beim Aufschlagen eines solchen Eis verbreitet sich der Riechstoff sehr rasch. Er ist auch in starker Verdünnung noch deutlich wahrnehmbar. Während unserer Untersuchungen wusste man gewöhnlich im ganzen Institut, wann ein «Heuei» abgeliefert und geöffnet worden war.

Passiert im Backgewerbe das Missgeschick, dass ein «Heuei» in das Backgut gelangt, so ist dasselbe nicht mehr verwertbar. Dabei vermag ein befallenes Ei hundert oder mehr gesunde aufgeschlagene Eier «heuig», d. h. unbrauchbar zu machen. Würde man derartiges Material trotzdem backen, in der Hoffnung, den Geruchsstoff durch die Hitze zu zerstören oder auszutreiben, so käme es

nicht nur zu einer geruchlichen Entwertung des Gutes im Ofen, sondern auch das in der Backstube aufgestellte Backwerk würde den Geruch weitgehend aufnehmen.

Da die Angaben über die Ursache des «Heugeruchs» von Eiern in der Literatur nur spärlich sind und sich teilweise widersprechen, haben wir eine grössere Zahl von «Heueiern» bakteriologisch untersucht. Zum Vergleich wurden frische, höchstens 24 Stunden alte und ferner Eier, welche ein Jahr im Kühlhaus gelagert worden waren, verarbeitet.

Verschiedene Eierimporteure Zürichs hatten sich bereit gefunden, uns die anfallenden «Heueier» zu überlassen. Wir danken ihnen an dieser Stelle für ihre wertvolle Mitarbeit.

1. Untersuchungsmaterial und -methodik

Die eingelieferten, als *«Heueier»* bezeichneten Hühnereier waren verschiedener, hauptsächlich polnischer und amerikanischer Provenienz. Sie hatten z.T. ungefähr ein Jahr, z.T. eine nicht bekannte Zeit im Kühlhaus gelegen. Dem Aussehen nach beurteilt, waren sie weder gewaschen, noch sonstwie behandelt worden. Eier mit defekter Schale schlossen wir von der Untersuchung aus. Von 3 Exemplaren erhielten wir nur den Inhalt in saubern Gefässen zugestellt. Nach Aussagen des Lieferanten hatte bei ihnen der Verdacht auf «Heugeruch» bestanden. Zur sichern Diagnose waren sie geöffnet worden. Da die Schale intakt gewesen und unmittelbar nach dem Aufschlagen der typische Geruch festgestellt worden war, wurden sie in die Prüfung einbezogen. Die Untersuchungen erstreckten sich auf 52 «Heueier». Wir untersuchten die Eier möglichst bald nach der Einlieferung. Sie wurden äusserlich mit 70 %igem Alkohol desinfiziert und dann unter sterilen Kautelen geöffnet. Den Inhalt gossen wir zur Beurteilung von Aussehen und Geruch in sterile Petrischalen. Anfänglich wurden Eiklar und Dotter soweit als möglich getrennt verarbeitet. Nachdem sich zeigte, dass im Bakteriengehalt zwischen den beiden Partien nur quantitative, aber keine qualitativen Unterschiede bestanden, untersuchten wir in der Folge nur noch die Mikroflora des Eiklars. Wo Eigelb und Eiweiss bereits im Ei vermengt vorlagen oder der Dotter beim Aufschlagen ausfloss, wurde das Gemisch beider verarbeitet. Wir legten quantitative Gusskulturen mit Pepton-Fleischabsud-Gelatine (PF-Gelatine) und Glucose-Pepton-Fleischabsud-Agar (GPF-Agar), sowie Schüttelkulturen mit dem zweiten Substrat an.

Die untersuchten *50 Frischeier* waren weniger als 24 Stunden alt. Sie stammten aus einem gesunden Bestand von Leghorns. Im betreffenden Betrieb werden die Eier in peinlich sauber gehaltenen Fallnestern gesammelt. Man könnte sich vorstellen, dass die Anzahl Bakterien in frisch gelegten Eiern, sofern diese überhaupt infiziert sind, sehr klein ist. Wir schütteten deshalb den ganzen Eiinhalt in weithalsige Erlenmeyerkolben, welche 100 cm^3 Glucose-Bouillon ent-

hielten. Diese Anreicherungskulturen bebrüteten wir während 8 Tagen bei 25° C. Nach der mikroskopischen Prüfung wurden sie qualitativ auf aerob und anaerob verschlossene GPF-Agar-schräg verarbeitet. Diese Kulturen hielten wir ebenfalls 8 Tage bei 25° C.

Die gleichen Züchtungsverfahren fanden bei der Untersuchung von *100 nicht «heuigen» Eiern* Verwendung, welche während eines Jahres im *Kühlhaus* gelegen hatten. Diese waren je zur Hälfte polnischer und amerikanischer Provenienz.

Von den einzelnen Kolonietypen, welche sich in den erwähnten Kulturen entwickelten, wurden durch Plattenpassage Reinkulturen gewonnen. Deren Bestimmung erfolgte an Hand von *«Bergey's Determinative Bacteriology»* [3]).

Besonders erwähnt sei das Vorgehen bei der sterilen Übertragung der Frisch- und Kühlhauseier in die Glucose-Bouillon-Kulturen. Die Eier wurden während 15 Minuten in 70 %igem Alkohol gehalten. Dann legten wir sie in sterile Petrischalenhälften, um die Hauptmenge des Alkohols verdunsten zu lassen. Der die Luftkammer überdeckende Schalenteil wurde nach vorsichtigem Flambieren mit Hilfe eines sterilen Messers gebrochen und mittels einer Pinzette bis an die Stelle, wo äussere und innere Schalenhaut zusammentreffen, entfernt. Den Schalenrand bestrichen wir nochmals mit der Gasflamme und gossen den Inhalt in die Kolben, deren Öffnungen ebenfalls gründlich flambiert worden waren. Aus weiter unten zu erwähnenden Gründen haben wir bei der Untersuchung der letzten 60 Kühlhauseier mit sterilisierten Gummihandschuhen gearbeitet. Um deren Sterilität beizubehalten, tauchten wir die Hände nach der Übertragung jeden Eis in eine 1%ige Chloraminlösung.

2. *Die Untersuchungsergebnisse*

a) Die Ergebnisse bei den «Heueiern»

Wie schon erwähnt, liessen sich nach dem äussern Aussehen die vom Fachmann als krank befundenen Eier nicht von gesunden unterscheiden. Sie zeigten also z.B. nie Flecken wie Eier, welche durch Pilze infiziert sind. Den meisten entströmte ein nur schwacher «Heugeruch». Gut in Schachteln verpackte und mit Papier umwickelte Eier rochen gewöhnlich intensiver. Nach dem Aufschlagen konnten 46 als typische «Heueier» taxiert werden. Zwei äusserten einen anders gearteten, eher fäkulenten Geruch, der von Schwefelwasserstoff frei war. Der Inhalt der vier restlichen Eier war geruchlos und auch im Aussehen normal. Die befallenen Eier zeigten im Aussehen weitgehende Unterschiede.

In einigen Fällen schienen sie gesund, d. h. das Eiklar war von normaler Farbe und Viskosität, der Dotter nicht verfärbt und deutlich gegen das Eiweiss abgetrennt. Häufig konnten dagegen eine grün fluoreszierende Farbe, manchmal eine mehr oder weniger ausgeprägte Trübung und bisweilen eine verschieden

weit gediehene Verflüssigung des Eiweisses festgestellt werden. Vereinzelt waren Dotter und Eiklar vermengt. Auch auf der Innenseite der Schale oder auf den Schalenhäuten fanden sich nie Flecken.

Die mikroskopischen Präparate aus dem Eiweiss der 48 veränderten Eier lieferten ein ziemlich ausgeglichenes Bild. In grosser Dichte vorkommende, kleine, meist lebhaft bewegliche Stäbchen waren die Regel. Nur in zwei Fällen fehlten motile Organismen völlig; einmal beobachteten wir einen Sporenbildner. Die vier nach Aussehen und Geruch normal befundenen Eier liessen mikroskopisch keine Mikroorganismen nachweisen.

Mit Hilfe der Gusskulturen waren pro cm^3 Eiweiss bzw. Eiinhalt 10 Millionen bis 10 Milliarden Bakterien nachweisbar. In qualitativer Hinsicht ergab sich ein ziemlich einförmiges Bild. Einige wenige Kolonietypen traten immer wieder auf. Am häufigsten entwickelten sich grauweisse, relativ grosse, wenig schleimige Kolonien, welche einen in das Substrat diffundierenden, grün fluoreszierenden Farbstoff bildeten. Vertreter der Gattung *Pseudomonas* waren demnach die hauptsächlichsten Einerinfizienten. Numerisch an zweiter Stelle standen jene Eier, deren GPF-Agar-Schüttelkulturen durch kräftige Gasbildung zerrissen waren und damit auf die Anwesenheit von Vertretern der Enterobakterien hinwiesen. Die entsprechenden Agarplatten enthielten achromogene, schmutzigweisse, schleimige Kolonien. Neben Organismen aus diesen zwei Gruppen kamen vereinzelt andere Bakterien vor. Die Artzugehörigkeit der gefundenen Organismen kann aus der *Tabelle 1* ersehen werden. Mit Ausnahme des nur einmal isolierten *Bacillus subtilis*, welcher neben einer andern Spezies in einem «Heuei» auftrat, handelte es sich bei allen Reinkulturen um gramnegative, meist bewegliche Kurzstäbchen. Erwähnenswert ist, dass alle Agar- und die meisten Gelatinekulturen aus «Heueiern» ebenfalls den typischen «Heugeruch» aufwiesen. In den einen Eiern trat nur ein Geruchsstoffproduzent, in den andern ein Gemisch von zwei Arten auf. Bisweilen kamen weitere Begleitorganismen hinzu, welche aber zahlenmässig in den Hintergrund traten und, nach ihren Eigenschaften in den Kulturmedien beurteilt, an der Bildung des «Heugeruchs» nicht beteiligt waren.

In den vier Eiern, welche auf Grund der Sinnenprüfung und der mikroskopischen Kontrolle als normal befunden worden waren, liessen sich auch kulturell keine Bakterien nachweisen.

Die nachstehende *Tabelle 1* gibt Auskunft über die isolierten Bakterienarten und deren Häufigkeit als Eierinfizienten. Diejenigen Organismen, welche in den Kulturmedien (Agar, Gelatine, Bouillon usw.) den charakteristischen Geruch bildeten, sind mit «G» gekennzeichnet.

Die Eier Nr. 5 und 46, welche nach der Sinnenprüfung als verdorben, aber nicht als «Heueier» taxiert worden waren, enthielten, neben einem «Heugeruch»-Produzenten im Falle von Nr. 46, als Infizient *Escherichia coli*. Sie waren von der Fäkalfäulnis (*Schrank* [16])) befallen.

Tabelle 1

Die aus «Heueiern» isolierten Bakterienarten

Nummern der Eier	Isolierte Spezies In ( ) = Begleitorganismen
2, 22, 27 ( ), 34, 50	*Pseudomonas putida (Trevisan) Migula,* «G» *(Achromobacter sp.)*
43	*Ps. ovalis Chester,* «G»
1, 3, 7 ( ), 8, 9, 10, 14	*Ps. schuylkillensis Chester,* «G» *(Flavobacterium sp.)*
15, 19 ( ), 20, 21 [1]), 24 [1]) ( ), 25	*(Aerobacter aerogenes [Kruse] Beij., Achromobacter sp.)*
26 ( ), 29, 30, 33, 35, 36, 40, 42	*(Bacillus subtilis Cohn emend. Prazmowski)*
44 ( ), 45, 46 ( ), 47, 48, 51, 54, 55 [1])	*(Alcaligenes faecalis Castellani et Chalmers), (Escherichia coli [Migula] Castellani et Chalmers)*
6, 11, 13, 20, 21 [1]), 38, 41	*Ps. viscosa (Frankland et Frankland) Migula,* «G»
31 [1]), 32	Nicht identifizierbare *Pseudomonas sp.,* «G»
12, 24 [1]) ( ), 31 [1]), 37, 39, 49, 55 [1])	*Aerobacter cloacae (Jordan) Bergey et al.,* «G» *(Achromobacter sp.)*
52	Nicht identifizierbare *Alcaligenes sp.,* «G»
5, 46 ( )	*Escherichia coli (Migula) Castellani et Chalmers,* fäkulenter Geruch *(Ps. schuylkillensis Chester)*
4, 16, 17, 18	Steril
23, 28, 53	Defekte Schale, ausgeschaltet

[1]) Eier, aus welchen 2 Erreger von «Heugeruch» isoliert werden konnten.

Aus der *Tabelle 1* ist ersichtlich, dass die untersuchten kranken Eier in der grossen Mehrzahl durch Fluoreszenten infiziert waren. Verschiedene Autoren berichten über das Vorkommen von *Pseudomonas*-Spezies in gesunden und besonders in verdorbenen Eiern. *Obst* [10]) züchtete sie aus normal befundenen Eiern, die in Wasserglas konserviert worden waren. *Caldwell* [5]) erwähnte das Vorkommen von Bakterien in frischen Eiern, welche auf Agar und Gelatine einen grünen, wasserlöslichen Farbstoff bildeten. *Baumgarte* [1]) wies *Bacterium fluorescens putidum* (= Ps. putida) in faulen Eiern nach. *Janke* und *Jirak* [8]) fanden die gleichen Spaltpilze in «rotfaulen» Eiern, die völlig undurchsichtig geworden und deren Dotter und Eiklar vermischt waren. Bei einigen der uns zugestellten Eier war der Inhalt ebenfalls vermengt, bei andern riss die Dotterhaut beim Aufschlagen auffallend leicht. *Schönberg* und *Wiidik* [15]) stellten ungefähr bei der Hälfte der im Kühlhaus verdorbenen Eier Fluoreszentenfäulnis fest. Keiner dieser Autoren erwähnte den auffälligen «Heugeruch». Von *Hieronymi* und *Rodenkirchen* [7]) stammt die einzige uns bekannte Mitteilung über Mikroorganismen, welche in «Heueiern» vorkommen. Sie isolierten aus ihnen ausschliesslich *Aerobacter cloacae*. Wir fanden diese Art nur in sieben Fällen, viermal als Reinkultur und dreimal mit chromogenen Riechstoffbildnern vermischt. Diese Autoren hoben auch das weite Temperaturintervall (+3°— 45° C) hervor, innerhalb welchem ihre *cloacae*-Stämme Wachstum zeigten. Unsere Reinkulturen der *Alcaligenes*- und *Pseudomonas*-Spezies, sowie die Stämme von *Aerobacter cloacae* bildeten bei +1° C innerhalb einer Woche auf Agar-Ausstrichen gut sichtbare Beläge. Die meisten unter ihnen wuchsen sogar bei —1° C auf dem erwähnten Substrat relativ gut. Das Optimum lag bei 20—25° C, das Maximum für die Fluoreszenten bei 35—37° C, für *Aerobacter cloacae* über 37° C. Die Richtigkeit der Auffassung *Wedemanns* [17]), dass ein Verderben von Kühlhauseiern durch die während der kalten Lagerung tätigen psychrophilen Organismen nach dem Auslagern infolge der erhöhten Aussentemperatur nicht mehr möglich sei, wird durch diese Befunde widerlegt.

Die ausgesprochene Kryophilie der isolierten Bakterien und ihre Fähigkeit, in Kulturmedien den typischen Geruch zu produzieren, berechtigen zur Annahme, dass sie die Ursache des bei den Kühlhauseiern auftretenden «Heugeruchs» darstellen. Um die Richtigkeit dieser Ansicht zu prüfen, injizierten wir Suspensionen verschiedener Stämme in Frischeier, welche teils im Kühlschrank, teils bei Zimmertemperatur gelagert wurden. In beiden Fällen bildeten die geprüften Organismen den typischen «Heugeruch».

Die historische Annahme, dass die «Heueier» durch eine Übertragung des Geruchs von verdorbenem Verpackungsmaterial auf die Eier zustande kommen, muss abgelehnt werden. Für dessen Auftreten ist *die Infektion der Eier durch bestimmte Bakterien* Voraussetzung. Die primäre Ursache des «Heugeruchs» kann indessen, wie weiter unten dargelegt werden soll, auch im Kontakt der Eier mit nicht einwandfreiem Verpackungsmaterial liegen.

b) Die Befunde bei den Frisch- und den Kühlhauseiern

In allen Fällen, in welchen Eier mit intakter, unbehandelter Schale durch Mikroorganismen — ausser Bakterien kann es sich auch um Pilze handeln — verdorben werden, stellt sich die Frage, auf welchem Wege die Organismen in das Eiinnere gelangen. Das Vorkommen von pathogenen Bakterien im Ei steht hier ausser Diskussion.

Die einen Autoren nehmen eine Infektion des unbeschalten Eis im Ovarium, Eileiter oder Uterus an. Frisch gelegte Eier wären demnach bereits bakterienhaltig. Andere Forscher vertreten die Ansicht, dass die den Körper verlassenden Eier steril sind. Nach ihrer Hypothese durchwachsen oder durchwandern die Mikroorganismen die fertig ausgebildete Schale.

Pennington [11]) fand von 57 Hühnereiern nur sieben frei von Bakterien. Anderseits konnte *Kossowicz* [9]) bei der Untersuchung von 77 frischen Eiern nur in zweien Spaltpilze nachweisen. *Poppe* [12]) erwähnte, dass frisch gelegte, unbefruchtete Vogeleier steril, befruchtete dagegen nicht selten keimhaltig seien. *Bushnell* und *Maurer* [4]) stiessen bei der Prüfung von mehr als 2000 Eiern auf 23 % infizierte, während *Rettger* [13]) nur 4 % bakterienhaltige gefunden hatte. Sie stellten weiter fest, dass während der Lagerung bedeutend weniger Exemplare verdarben, als infiziert waren, und dass zwischen den einzelnen Hennen im Anteil der infizierten Eier grosse Unterschiede bestanden. Ferner beobachteten sie eine Beeinflussung des Keimgehaltes durch die Fütterung, nicht aber durch die Befruchtung. *Caldwell* (l. c.) untersuchte ebenfalls über 2000 frische Eier. Sie fand kein Huhn, welches während eines Jahres ausschliesslich sterile Eier legte. Von den Dottern war ein höherer Prozentsatz infiziert als bei den Eiklaren.

Bei der Prüfung unserer *50 Frischeier* entwickelte sich in 2 Anreicherungskulturen ein weisser Kokkus, in den restlichen blieb jegliches Bakterienwachstum aus. Da wir bei einem dieser Kolben mit Wachstum sicher waren, dass kleinste Schalensplitter nach flüchtigem Kontakt mit den Fingern in die Kulturflüssigkeit gefallen waren, hegten wir Verdacht auf eine Fremdinfektion. Die bei der Untersuchung der Kühlhauseier gemachten Beobachtungen und Erfahrungen lassen die Annahme, dass die Organismen nicht aus den Eiern stammten, als richtig erscheinen. *Die frischen Eier waren somit frei von Mikroorganismen.*

Aus einer ersten Serie von *40 Kühlhauseiern* zeigten zwei in den GP-Bouillonkulturen wiederum den oben erwähnten weissen Kokkus, eines eine *Flavobacterium*-Spezies. Das gelb gefärbte Stäbchen war der als Begleitorganismus in den «Heueiern» vorkommenden *Flavobacterium*-Art sehr ähnlich. Die Entwicklung des weissen Kokkus in zwei Kolben war nicht ganz unerwartet. Im einen Falle waren wieder sehr kleine Schalensplitter in die Nährlösung gelangt, im andern war beim Aufschlagen des Eis etwas Eiweiss durch einen Riss in der Schale ausgetreten und mit den Fingern in Berührung gekommen. Das sofortige Flambieren der verunreinigten Stelle hatte offenbar nicht den erwünschten Erfolg

gehabt. Dieses Ergebnis führte uns dazu, bei der Untersuchung einer zweiten Serie von 60 Eiern mit sterilen Gummihandschuhen zu arbeiten. Die weissen Kokken blieben aus. Dagegen fanden wir in einem Exemplar, dessen Eiweiss schwach grün verfärbt erschien, einen Fluoreszenten, welcher als *Pseudomonas schuylkillensis Chester* identifiziert wurde. Das Ei hatte keinen Fremdgeruch erkennen lassen, dagegen entströmte der zur Charakterisierung des Organismus verwendeten Bouillon der typische «Heugeruch». Unsere Befunde lassen erkennen, dass ausser den relativ seltenen bakteriellen Verunreinigungen, welche zum Verderben der Eier führen, latente Infektionen, wie sie von *Bushnell* und *Maurer* (l. c.) beobachtet worden waren, bei Kühlhauseiern die Ausnahme sind. *Auch diese über ein Jahr lang gelagerten Eier waren als Regel immer noch keimfrei.*

3. Der Verlauf der Infektion

Nachdem sich frisch gelegte Eier von gesunden Hühnern als steril erwiesen hatten, verblieb der Beweis zu erbringen, dass die in «Heueiern» vorkommenden Bakterien durch die intakte Schale wandern, bzw. wachsen können. Zwar ist in der Literatur verschiedentlich über Durchwachsungsversuche an Eischalen berichtet worden, aber die Ergebnisse scheinen verschieden ausgefallen zu sein. Auf alle Fälle sind die Meinungen geteilt. Zudem sind die Versuche z.T. nicht unter Verhältnissen, die in der Praxis vorliegen können, durchgeführt worden. *Caldwell* (l. c.) glaubt an die Infektion im Ovarium und betrachtet das nachträgliche Eindringen von Organismen durch die Schale als den wenig wahrscheinlichen Infektionsweg. Diese Auffassung teilen auch *Wedemann* und *Moser* [18]) und *Wedemann* (l. c.). *Wiidik* [19]) sowie *Schönberg* und *Wiidik* (l. c.) sind gegenteiliger Ansicht. Sie bestrichen Eier mit Bouillonkulturen von Fluoreszenten und lagerten sie bei 0° C in feuchten Kammern. Nach 4 Wochen waren die Bakterien im Innern nachweisbar. *Wedemann* (l. c.) konnte nach äusserlicher Impfung von 25 frischen Eiern mit Suspensionen von *Pseudomonas*-Spezies bei 0—2° C und 85 % relativer Luftfeuchtigkeit trotz 65 tägiger Versuchsdauer kein Durchdringen der unversehrten Schale feststellen. Auf die von *Rievel* [14]) an leeren Eischalen gemachten Durchwachsungsversuche soll nicht näher eingetreten werden, da sie zu wirklichkeitsfern sind. *Hieronymi* und *Rodenkirchen* (l. c.) glauben ebenfalls, dass die Bakterien durch die Schale eindringen. Sie trugen wässerige Suspensionen des aus «Heueiern» isolierten *Aerobacter cloacae* auf die Schale von Frischeiern auf. Nach 6 bis 8 Tage dauernder Lagerung bei Zimmertemperatur in luftdicht schliessenden, feuchten Kammern entströmte den aufgeschlagenen Eiern der charakteristische «Heugeruch». Die Ausgangskultur konnte aus ihnen wieder isoliert werden.

Da sich die Angaben in der Literatur über die Durchlässigkeit der Eischale für Bakterien widersprechen, führten wir zu verschiedenen Zeitpunkten entsprechende Versuche mit Frischeiern durch.

Zwei Eier wurden mit *Ps. schuylkillensis*, eines *mit Ps. putida* und eines mit *Ps. viscosa* auf einer Fläche von ca. 1 cm^2 bestrichen. Das Impfmaterial entnahmen wir jungen Agarkulturen. Die Eier legten wir in hohen Petrischalen mit der beimpften Stelle auf entkeimte, mit sterilem Wasser schwach angefeuchtete (nicht nasse!), hydrophile Watte. Nach 14 tägiger bis 6 wöchiger Lagerung bei Zimmertemperatur wurden die Eier untersucht. Zwei liessen äusserlich den «Heugeruch» wahrnehmen. Nach dem Aufschlagen konnte er auch bei den beiden andern festgestellt werden. Alle zeigten ausser einer deutlich grünen Verfärbung des Eiklars keine Veränderungen. Die verwendeten drei Infizienten konnten wieder aus den Eiern isoliert werden. In einem fünften Falle beschmutzten wir die Schale lokal mit frischem Hühnerkot. Die weitere Behandlung entsprach dem oben erwähnten Vorgehen. Nach sechs Wochen wurde das Ei, welches einen eigenartigen, nicht «heuigen», sondern eher erdigen Geruch ausströmte, geöffnet. Das Innere zeigte keinen bestimmten Geruch, dagegen war das Eiweiss intensiv grün verfärbt. Aus den angelegten Kulturen mit Agar und Gelatine isolierten wir einen Fluoreszenten, *Ps. schuylkillensis,* ein gelbes Stäbchen, *Flavobacterium sp.*, und einen weissen Aktinomyceten, *Streptomyces albus.* Vom letzteren rührte der am ungeöffneten Ei wahrnehmbare Erdgeruch her.

Unsere Untersuchungen zeigen, dass verschiedene Mikroorganismen durch die intakte Eischale wachsen bzw. wandern können.

Die besprochenen Ergebnisse führen zum Schluss, dass *frisch gelegte Hühnereier normalerweise keimfrei sind und in der Regel auch während der Lagerung im Kühlhaus steril bleiben. Die Infektion durch «Heugeruch» produzierende und andere Mikroben erfolgt erst kürzere oder längere Zeit nach dem Legeakt.*

4. Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Es besteht kein Zweifel darüber, dass für das Auftreten des «Heugeruchs» Bakterien, die nach der Eiablage durch die intakte Schale in das Eiinnere gelangen, verantwortlich gemacht werden müssen. Händler und Konsument, welche gleichermassen durch die «Heueier» Schaden erleiden können, sind besonders an der Beantwortung der folgenden drei Fragen interessiert:

1. Wo, bzw. unter welchen Bedingungen kommt es zu einer Infektion der Eier mit «Heugeruch»-Produzenten ?
2. Kann diese Infektion vermieden werden ?
3. Wie kann am Ei in der Schale mit Sicherheit beurteilt werden, ob es «heuig» ist oder nicht, bzw. wie können Schäden durch «Heueier», speziell im Backgewerbe, verhindert werden ?

In fast allen Fällen ist die erste Voraussetzung für ein eventuelles Auftreten des «Heugeruchs», nämlich die Anwesenheit von Geruchsstoff bildenden Bakterien auf der Schale, schon beim frisch gelegten Ei erfüllt. Sehr häufig ist

dieses mehr oder weniger mit Kot verunreinigt. Hühnerkot enthält immer «Heugeruchs»-Bildner, sowohl Fluoreszenten als auch *Aerobacter cloacae*. Tritt nun auf irgend eine Weise die zweite Voraussetzung, die für das Zustandekommen einer Eiinfektion erfüllt sein muss, nämlich die nötige Feuchtigkeit, hinzu, so wird den Bakterien das Eindringen in das Eiinnere ermöglicht. Einer unserer Infektionsversuche gelang unter den erwähnten Bedingungen. Es ist einleuchtend, dass unsaubere Haltung der Tiere und schmutzige Legenester die Möglichkeit einer Infektion der Eier durch Mikroorganismen erhöhen. Das für ein Vordringen der Bakterien in das Innere des Eis notwendige Wasser kann von feuchten Legenestern, vom Waschen der Eier, von unzweckmässigen Massnahmen beim Transport usw. herrühren. Besonders gefährdet sind im Freien verlegte Eier. Eine der wirksamsten Massnahmen gegen das Auftreten von «Heugeruch» ist die dauernde Vermeidung der Befeuchtung der Eier. Psychrophile Keime finden sich somit fast regelmässig auf den Schalen. Sie bleiben hier auch unter trockenen Verhältnissen nach Untersuchungen von *Wedemann* und *Moser* (l. c.) über 9 Monate lebensfähig. Normalerweise verunmöglicht ihnen der Mangel an Feuchtigkeit aber jegliche Aktivität. Die Übertragung von Bakterien aus dem Verpackungsmaterial auf die Eier ist möglich, dürfte aber die Ausnahme bilden. Diese Möglichkeit ist besonders mit der vermehrten Verwendung der Fächerkartons im Abnehmen begriffen. Anderseits kann die Gefahr einer Infektion von dieser Seite gross werden, wenn Verpackungen, die mit Eiinhalt (zerbrochene Eier) verunreinigt sind, wieder verwendet werden. Dem Eindringen von Bakterien in gesprungene Eier steht auch bei trockener Umgebung nichts im Wege. Sicher sind auch die Anzahl der auf der Schale auftretenden Bakterien und der Grad der Bakterizidie des Eiweisses (*Kossowicz* [l. c.], *Poppe* [l. c.], *Beller* [2]), *Wedemann* und *Moser* [l. c.], *Wiidik* [l. c.] u. a.) für das Zustandekommen bzw. das Ausbleiben einer Infektion bestimmend. Diesbezügliche Untersuchungen scheinen nicht durchgeführt worden zu sein.

Wiidik (l. c.) sowie *Schönberg* und *Wiidik* (l. c.) nehmen an, dass die Infektion der Eier erst im Kühlhaus erfolgt. Diese Möglichkeit besteht ohne weiteres, denn die in Frage kommenden Spaltpilze zeigen zum grossen Teil bei den für die Lagerung von Eiern angewendeten Temperaturen von —1 bis +1° C gutes Wachstum. Trotzdem glauben wir, dass die Invasion der Eier durch die Bakterien in den meisten Fällen vor der Kühllagerung erfolgt. Einerseits ist die Wahrscheinlichkeit einer Befeuchtung vorher grösser, anderseits sprechen auch die Erfahrungen in der Praxis für unsere Annahme. Nach Aussagen der Fachleute sind auch unter relativ frischen Eiern anlässlich der Stichproben, die vor der Einlagerung in die Kühlräume durchgeführt werden, «Heueier» zu finden. Bei diesen soll der Geruch in der Regel allerdings nicht so ausgeprägt sein wie bei «heuigen», durch Kälte konservierten Eiern. Dieser Unterschied ist wahrscheinlich nur quantitativer Art und dadurch zu erklären, dass in den weniger alten Eiern die Veränderungen noch nicht so weit gediehen sind wie in solchen, welche ein Jahr oder noch länger aufbewahrt wurden. Die vorkommenden Tem-

peraturen hemmen die Tätigkeit der Riechstoffbildner ja nur unbedeutend. Von Interesse ist auch eine weitere Beobachtung aus der Praxis. Unter den Eiern, die aus Ländern oder Landesgegenden stammen, in welchen die Geflügelhaltung nur ein Nebenzweig der Landwirtschaft darstellt, ist zur Zeit der Arbeitsspitzen in der Landwirtschaft (Heuernte, Getreideernte) ein Anstieg des Anteils der «Heueier» zu beobachten. Diese Erscheinung dürfte darauf zurückzuführen sein, dass in Zeiten der Arbeitsüberhäufung dem Geflügelhof weniger Aufmerksamkeit zufällt, die Nester weniger regelmässig entleert werden und die Ablieferung nicht mit der üblichen Regelmässigkeit erfolgt.

Aus diesen Ausführungen ergibt sich die Antwort auf die Frage, wie Infektionen der Eier durch «Heugeruch»-Produzenten, durch Bakterien allgemein (ausgenommen pathogene), verunmöglicht werden können. Als wirksamste Bekämpfungsmassnahmen seien saubere und trockene Haltung der Tiere, Sauberkeit und besonders Trockenheit der Legenester, Verwendung von richtig bedienten Fallnestern, Vermeidung jeglicher Befeuchtung der Eier, ordungsgemässe Lagerung im Kühlhaus, rascher Absatz nach dem Auslagern erwähnt. Da die erwähnten Massnahmen unter Verhältnissen, wo die Eierproduktion einen Nebenerwerb darstellt, nie restlos durchzuführen sind, wird es wahrscheinlich immer «Heueier» geben. Der Händler und der Grossverbraucher (Konditoreien) sind deshalb in erster Linie an Methoden für eine sichere Erkennnung der «heuigen» Eier in der Schale interessiert. Eier, die infiziert sind, den Geruch aber äusserlich noch nicht wahrnehmen lassen oder nicht so weitgehende Veränderungen zeigen, dass sie bei der Schierprobe undurchsichtig erscheinen, lassen sich bis heute durch kein Verfahren feststellen. Um vor grösserem Schaden bewahrt zu bleiben, hilft einzig das bisherige Vorgehen des Verbrauchers, welches darin besteht, dass jedes einzelne Ei oder nur wenige Eier auf einmal in ein sauberes, geruchloses Gefäss aufgeschlagen und erst nach der Geruchsprobe zum Backgut gegeben werden.

Man könnte auch daran denken, Mittel zu suchen, durch die ein mechanisch resistenter, wasserunlöslicher Verschluss der Schalenporen, gewissermassen eine Verstärkung der natürlichen, durch eingetrockneten Schleim bedingten Porenabdichtung erreicht würde. Durch das Anbringen eines solchen Verschlusses an den frischen Eiern, z.B. beim Grossproduzenten und in den ländlichen Sammelstellen, wären für die Erreger des «Heugeruchs», die zur Hauptsache aerob oder höchstens schwach fakultativ anaerob sind, die Entwicklungsbedingungen entzogen oder bedeutend verschlechtert. Fakultative Organismen, die auf andere Weise Eier verderben, wie *Escherichia coli*, würden durch diese Massnahme allerdings nicht beeinträchtigt, sofern sie sich im Momente der Eibehandlung bereits innerhalb der Schale befänden.

Zusammenfassung

1. Der «Heugeruch» von Eiern ist auf Stoffwechselprodukte von Bakterien, die sich im Ei-Inhalt entwickeln, zurückzuführen.
2. Als Infizienten, die den Geruchsstoff bilden können, wurden aus «Heueiern» verschiedene *Pseudomonas*-Spezies, *Aerobacter cloacae* und eine *Alcaligenes*-Spezies isoliert.
3. Die Geruchsbildner sind ausgesprochen kryophil; alle wuchsen bei $+1^0$ C, die meisten auch bei -1^0 C, d. h. bei den für die Kältekonservierung der Eier verwendeten Temperaturen.
4. Frisch gelegte Eier gesunder Hühner sind keimfrei. Latente Infektionen bilden bei Kühlhauseiern die Ausnahme, die meisten sind auch nach einjähriger Lagerung noch steril.
5. Bakterien, die «Heugeruch» bilden können, finden sich praktisch immer auf den Eiern. Sie stammen gewöhnlich aus dem Hühnerkot, seltener aus Verpackungsmaterial.
6. Sie können bei Anwesenheit von genügend Feuchtigkeit die intakte Eischale durchdringen. Eine Infektion der schalenlosen Eier im Vogelkörper scheint wenig wahrscheinlich.
7. Die Infektion der Eier dürfte in der Regel vor der Einlagerung in die Kühlhäuser zustande kommen.
8. Die Massnahmen zur Verhütung des Auftretens von «Heueiern» sind: saubere und und trockene Ställe, Fernhaltung von Feuchtigkeit von den Eiern, Vermeidung von feuchtem, schmutzigem Packmaterial, Sauberkeit im Kühlhaus, rasche Verwendung der Eier nach dem Auslagern.
9. Eier, die mit «Heugeruch» bildenden Bakterien infiziert sind, äusserlich aber keinen Geruch aufweisen, können in ungeöffnetem Zustande nicht erkannt werden.
10. Um grössere Schäden zu vermeiden, sollen Kühlhauseier nach dem Aufschlagen der Sinnenprüfung unterworfen und erst nachher zum Backgut gegeben werden.

Résumé

1. L'«odeur de foin» des œufs est causée par des produits du métabolisme de bactéries qui se développent dans le contenu de l'œuf.
2. A partir d'«œufs à odeur de foin» on a isolé, comme bactéries pouvant produire cette odeur, diverses espèces de Pseudomonas, l'Aerobacter cloacae et une espèce d'Alcaligenes.
3. Les agents producteurs d'odeur sont d'une façon prononcée cryophiles; tous croissent à $+1^0$ C, la plupart également à -1^0 C, c.-à-d. aux températures utilisées pour la conversation des œufs par le froid.
4. Des œufs de poules saines, fraichement pondus, sont stériles. Dans le cas d'œufs emmagasinés dans des entrepôts frigorifiques les infections latentes sont l'exception, la plupart de ces œufs étant encore stériles après un an.
5. Les bactéries qui peuvent produire «l'odeur de foin» se rencontrent pratiquement toujours sur la coquille de l'œuf. Elles proviennent ordinairement des excréments de la poule, plus rarement du matériel d'emballage.

6. En présence d'une humidité suffisante ces bactéries peuvent traverser la coquille intacte de l'œuf. Une infection de l'œuf, au moment où il n'a pas encore sa coquille, dans le corps du volatile, semble peu probable.
7. Dans la règle l'infection des œufs se produit probablement avant l'emmagasinage dans les entrepôts frigorifiques.
8. Les mesures nécessaires pour éviter que des œufs ne prennent l'«odeur de foin» sont: poulaillers propres et secs, éviter que les œufs soient soumis à l'humidité, éviter d'utiliser un matériel d'emballage humide et sale, propreté dans l'entrepôt frigorifique, utilisation rapide des œufs après leur sortie du frigorifique.
9. A l'état intact et lorsqu'ils ne présentent aucune odeur à l'extérieur, on ne peut reconnaître des œufs infectés par des bactéries productrices de l'«odeur de foin».
10. Afin d'éviter de plus grands dommages les œufs provenant d'entrepôts frigorifiques doivent, avant leur emploi, être soumis, après avoir été cassés à l'examen organoleptique.

Literatur

1) *H. Baumgarte*, Untersuchungen über das Vorkommen von Bakterien in faulen Eiern, sowie über die Durchlässigkeit der Schale ggeenüber unbeweglichen pathogenen Erregern. Diss. Hannover 1919. Ref. Zbl. Bakt. II. Abt. **51,** 413 (1920).
2) *K. Beller*, Arb. ksl. Gesdh.-Amt, Berlin, **57,** 426 (1926).
3) *Bergey's* Manual of Determinative Bacteriology. 6th Ed. Baltimore 1947.
4) *L. D. Bushnell* and *O. Maurer*, Kansas State Agr. Exp. Stat. Bull. 201, 751 (1914). Ref. Zbl. Bakt. II. Abt. **44** 192 (1916).
5) *Dorothy W. Caldwell*, Zbl. Bakt. II. Abt. **45,** 389 (1916).
6) *J. Grossfeld*, Handbuch der Eierkunde, Berlin 1938, zit. nach (7).
7) *E. Hieronymi* und *J. Rodenkirchen*, Tierärztl. Rundsch. **45,** 483 (1939).
8) *A. Janke* und *L. Jirak*, Ztschr. Unters. Nahrungsmitt. **69,** 436 (1935).
9) *A. Kossowicz*, Chem. Zbl. I. 1835 (1912). Die Zersetzung und Haltbarmachung der Eier, Wiesbaden 1913, zit. nach (7).
10) *Maud M. Obst*, Zbl. Bakt. II. Abt. **45,** 385 (1916).
11) *M. Pennington*, J. biol. Chem. **7,** 109 (1909).
12) *K. Poppe*, Arb. ksl. Gesdh.-Amt, Berlin, **34,** 186 (1910).
13) *Rettger*, zit. nach (4).
14) *H. Rievel*, Ztschr. Hyg. Inf. Krkh. **122,** 41 (1939). Ref. Zbl. Bakt. II. Abt. **102,** 191 (1940).
15) *F. Schönberg* und *R. Wiidik*, Ztschr. Fleisch- und Milchhyg. **49,** 82 (1938). Ref. Zbl. Bakt. II. Abt. **100,** 354 (1939).
16) *J. Schrank*, Wien. Med. Jahrb. **84,** 303 (1888).
17) *W. Wedemann*, Arb. Reichs-Gesdh.-Amt, Berlin, **72,** 533 (1938). Ref. Zbl. Bakt. II. Abt. **100,** 354 (1939).
18) *W. Wedemann* und *F. Moser*, Arb. Reichs-Gsdh.-Amt, Berlin, **70,** 517 (1937). Ref. Zbl. Bakt. II. Abt. **97,** 336 (1937/38).
19) *R. Wiidik*, Ztschr. Fleisch- und Milchhyg. **48,** 81, 106 (1937). Ref. Zbl. Bakt. II. Abt. **100,** 353 (1939).