

Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe

## Untersuchungen zur Haltbarkeit von hartgekochten Eiern

W. Partmann und A. Wedler

Mit 8 Abbildungen und 4 Tabellen

(Eingegangen am 17. März 1979)

Die langfristige Lagerung von rohen Hühnereiern und die dabei auftretenden Qualitätsveränderungen sind Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen, über die mehrfach (12, 23, 22, 6, 25, 27) zusammenfassend berichtet wurde. In neuerer Zeit ist insbesondere in Verbindung mit Problemen der Außerhausverpflegung häufig die Frage nach der Haltbarkeit von hartgekochten Eiern aufgetaucht.

*Spencer* und *Tryhnew* (24) berichteten, daß die Noten der sensorischen Bewertung von hartgekochten Eiern bereits nach einer Lagerung von einer Woche bei 1,1 °C beträchtlich abgesunken waren und die Eier nach drei Wochen deutlich unangenehme Geruchs- und Geschmacksnuancen aufwiesen. Nach Untersuchungen von *Oblinger* und *Angalet* (17) an gewaschenen Eiern, die 15 min gekocht wurden, trat nach viertägiger Lagerung bei 25 °C Schleimentwicklung an der Oberfläche der geschälten Eier auf. Die Keimzahlen der mit und ohne Schale gelagerten Eier betragen nach vier Tagen  $10^7$  bis  $10^8$  Keime pro Gramm. Nach 13 Tagen wurden verfärbte Stellen auf der Schale bei weiterem unbedeutendem Anstieg der Keimzahlen gefunden. Wesentlich besser hielten sich die bei 5 °C gelagerten Eier. Noch nach drei Wochen wurden für alle sensorisch geprüften Kriterien bei Verwendung einer Neun-Noten-Skala (9 = bestmögliche Note) Noten um 7 gegeben. Ähnliche Erfahrungen über die relativ gute Haltbarkeit von gekochten Eiern bei Kühlschranktemperatur über einen Zeitraum von zwei Wochen sind einer Schrift des Land- und Hauswirtschaftlichen Auswertungs- und Informationsdienstes (26) zu entnehmen. Sie widersprechen in der wesentlichen Aussage den Ergebnissen von *Spencer* und *Tryhnew*. Unvereinbar erscheinen auch die von *Oblinger* und *Angalet* erhobenen Befunde (17) mit der Beobachtung, daß bereits ein bis zwei Wochen vor Ostern in Lebensmittelgeschäften gefärbte, hartgekochte, bei Zimmertemperatur lagernde „Ostereier“ angeboten werden, von denen angenommen werden darf, daß ein kleiner Teil erst kurze Zeit nach Ostern verzehrt wird.

Die offensichtlichen oder vermeintlichen Widersprüche in den Untersuchungsergebnissen und Erfahrungen waren Veranlassung, die Haltbarkeit von hartgekochten Eiern bei 4 °C (Kühlschranktemperatur) und 20 °C (Zimmertemperatur) zu prüfen. Bei 20 °C wurde zusätzlich je eine Versuchsreihe mit praxisüblich gefärbten Eiern (Ostereier) und mit ungefärbten, in einer Atmosphäre mit reinem Kohlendioxid gelagerten Eiern ange-

setzt. Zur Auswertung wurden mikrobiologische, chemische und sensorische Befunde herangezogen. Über die mikrobiologischen Ergebnisse wird von anderer Seite (3) berichtet.

### Literaturbefunde zu Unterschieden zwischen frischen und gekochten Eiern

Für die aus biologischen Gründen notwendige, aber wegen des ungewöhnlich vielseitigen und hochwertigen Nährstoffgehaltes des Einhaltes eigentlich nicht zu erwartende Haltbarkeit des rohen Vogeleies ist eine Reihe von Ursachen erkannt worden (11, 2, 14, 15, 16). Board (2) wies darauf hin, daß dem Ei physikalische und chemische Mittel zur Verfügung stehen, Eindringen und Vermehrung von Bakterien zu verhindern. Das Netzwerk von Keratinfasern in den Schalenmembranen soll als Bakterienfilter fungieren, während Eiklar bereits durch den pH-Anstieg im alkalischen Bereich nach der Ablage auf das Wachstum vieler Bakterien hemmend wirkt. Aber von noch größerem Gewicht dürften spezifische Hemmwirkungen einiger Eiklarproteine sein. Dazu gehören die Neigung von Conalbumin und des wahrscheinlich nahe verwandten Ovotransferrins zur Chelatbildung mit Eisen, Kupfer und Zink und die Eigenschaften von Lysozym, aus Mucoproteiden aufgebaute Gerüstsubstanzen besonders grampositiver Keime zu hydrolysieren (2). Avidin bindet für das Bakterienwachstum benötigte Biotin. Darüber hinaus wurden mehrere Proteaseinhibitoren im Eiklar gefunden (11), die sich negativ auf den mikrobiellen Stoffwechsel auswirken.

Durch den Kochprozeß gehen derartige gegen das Wachstum von Mikroorganismen gerichtete Hemmwirkungen weitgehend verloren. Das sollte einen negativen Einfluß auf das Lagerungsverhalten haben. Die bei einer *mäßigen* Kochzeit gegenüber dem rohen Ei verbesserten ernährungsphysiologischen Eigenschaften sind wesentlich durch die Freisetzung von Biotin aus dem im Frischei fest gebundenen Avidin-Biotin-Komplex (23) bedingt. Über die chemischen Veränderungen der Eiroteine durch Erhitzen sind trotz der auffallenden Koagulationserscheinungen im Eiklar und Eigelb offenbar nur spärliche von *Vadehra* und *Nath* (27) zusammengefaßte Informationen vorhanden. Die Heterogenität der verschiedenen Eiweißfraktionen des Eiklars führte zu schwer deutbaren, von der Erwärmung abhängigen Koagulationskurven. Nur Ovalbumin und Ovotransferrin erwiesen sich als hitzekoagulierbar. Das Eiklar war bei pH-Werten um 8,5 weniger stabil als bei pH 6,5. Beim Eigelb traten nach einer Erhitzungszeit von 3,5 min erst bei Temperaturen von 66 °C oder darüber Veränderungen auf, die bei der Chromatographie an Carboxymethylcellulose deutlich erkannt wurden und auf Aggregationserscheinungen hindeuten. Phosvitin konnte mehrere Stunden auf 100 °C erhitzt werden, ohne daß Veränderungen seiner Löslichkeit und tryptischen Verdaulichkeit eintraten (27).

Der beim Kochen freiwerdende Schwefelwasserstoff scheint aus Disulfid- und ionisierten SH-Gruppen zu stammen (27). Neben H<sub>2</sub>S werden beim Erhitzen auch einige aliphatische Thiole (7) und Ammoniak (27) frei. Die durch Eisensulfid bedingte Graugrünverfärbung der Eigelboberfläche frisch gekochter Eier ist offensichtlich vermeidbar, wenn die Eier sogleich nach dem Kochen in kaltem Wasser abgeschreckt werden.

Dadurch soll die Diffusion von Schwefelwasserstoff wegen des reduzierten Druckes zur Eioberfläche beschleunigt werden (23).

Insbesondere aus ernährungsphysiologischen Gründen ist der Einfluß des Kochprozesses auf die Vitamine von besonderer Bedeutung. Bei der Lagerung von rohen Eiern bewegen sich die Verluste von Vitamin A, das praktisch nur im Eidotter vertreten ist, temperaturabhängig in mäßigen Grenzen (4, 16, 9). Beim Kochen des Eies findet ein offensichtlich mit steigender Kochzeit zunehmender Abbau des Vitamins statt. Nach Kochzeiten von 7 bis 19 min waren 37,5% des Vitamins A zerstört (23).

Das vorwiegend im Eidotter vertretene Vitamin B<sub>1</sub> liegt hier in der Hauptsache als Thiamin-Phosphorsäureester (-o- und -pyro-) vor. Im Eiklar ist es an Eiweiß gebunden. Nach Versuchen von *Carballido* und *Perea Ortega* (5) stieg der Verlust beim Kochen mit der Erhitzungsdauer an, war allerdings im Eidotter nicht hoch.

Das Vitamin B<sub>2</sub>, dessen größerer Anteil im Eidotter enthalten ist, liegt vorwiegend als Phosphorsäureester und an Eiweiß gebunden als Teil eines Flavoproteinkomplexes vor. Bei rohen Eiern wurden nach einem Jahr im Eigelb Verluste von etwa 20% und im Eiklar um 8% beobachtet (8).

### Material

Die für die Untersuchungen verwendeten Eier stammten von Legehühnern einer genetisch einheitlichen Herde (HNL-*Lohmann*), die über den Versuchszeitraum 14-20 Monate alt waren. Das während der gesamten Legezeit verabreichte Futter bestand aus 40% Mais, 10% Hafer und WLZ-Standard-Ergänzungsfutter. Alle Eier gehörten der Gewichtsklasse 3 an und waren bei Versuchsbeginn nicht älter als einen Tag.

Für jeden der vier Versuche wurden etwa 500 Eier verwendet. Um vor allen Dingen Einflüsse der biologischen Streuung niedrig zu halten, wurden für die einzelnen Meßzeitpunkte, die je nach Länge der Lagerungszeit zwischen 3 und 8 lagen, drei Doppelmessungen und bei den Vitaminbestimmungen sogar Dreifachmessungen durchgeführt. Zu einer dieser Mehrfachmessungen wurden die in Eiklar und Eigelb getrennten und jeweils gut gemischten Bestandteile von 3 bis 5 Eiern verwendet. Die drei für die entsprechenden sensorischen Bewertungen benutzten Eier wurden nicht in Eiklar und Eigelb aufgetrennt.

Zum Vergleich mit dem Lagerungsverhalten von gekochten Eiern wurden bei jedem Versuch zu Beginn und auch am Ende die Meßgrößen von rohen, unter den gleichen Bedingungen gelagerten Eiern bestimmt. Aus Zeitgründen konnten bei den rohen Eiern die Meßwerte nur von einer Eiergruppe ermittelt werden.

### Verarbeitung und Lagerung

Um eine übereinstimmende Kochbehandlung aller für einen Versuch verwendeten Eier zu gewährleisten, wurden sie portionsweise auf die angepaßten Öffnungen der Lochplatte eines Leichtmetallgestells gelegt. Die Eier wurden durch Auflegen einer weiteren Lochplatte in ihrer Position fixiert und gekocht. Die mit dem Gestell nach einer Kochzeit von 17 min herausgenommenen Eier wurden unter Verwendung steriler Handschuhe für die einzelnen Untersuchungen sortiert. Die für chemische Bestimmungen vorgesehenen wurden numeriert und zur Feststellung des am Ende der Lagerung vorhandenen Gewichtsverlustes auch gewogen. Die Eier wurden in klimatisierten Räumen gelagert, in denen die Luftfeuchtigkeit innerhalb temperaturabhängiger Bereiche regelbar war. Für den Versuch 3 (Tab. 1) wurden die noch heißen Eier unmittelbar nach dem Trocknen der Oberfläche für 10 sec in handelsüblichen Eierschalenlack (Fa. J. Becker, St. Ilgen/Heidelberg) getaucht und

Tab. 1. Eierbehandlung und Lagerungsbedingungen.

Versuchsnummern	Lager-temperatur °C	Relative Feuchte %	Lagerungs-atmosphäre	Oberflächen-behandlung
1	4	85 ± 3	Luft	-
2	20	73 ± 6	Luft	-
3	20	75 ± 4	Luft	Eierschalack
4	20	~100	CO <sub>2</sub>	-

nach dem Abtrocknen wie die übrigen Eier weiterbehandelt. Bei dem verwendeten Lack handelte es sich um eine Lösung von Natur-Manila-Kopal in Äthanol (ca. 20%ig), der mit Acillantechtgrün (Fa. BASF) eingefärbt war. Bei Versuch 4 erfolgte die Lagerung von gekochten und rohen Eiern bei 20 °C in gasdichten Behältern unter reinem CO<sub>2</sub> bei einem Druck von 1,8 bar, wie im einzelnen an anderer Stelle (19) angegeben. Die Lagerungsbedingungen für die vier Versuche sind aus Tabelle 1 zu ersehen.

### Methoden

Um zur Bestimmung des pH-Wertes eine für rohe und hartgekochte Eier verwendbare Methode einzusetzen, wurden 2 g Eiklar oder Eigelb mit 2 g Seesand zerrieben. Der Brei wurde mit frisch ausgekochtem bidest. Wasser auf 20 ml aufgefüllt. Im Filtrat der gut durchmischten Suspension wurde der pH-Wert gemessen.

Für die Ermittlung der Trockensubstanz (TS) wurden 5 g Eigelb bzw. Eiklar in einem auf 80 °C aufgeheizten Trockenschrank 2 Std. vorgetrocknet und anschließend in einem Vakuumtrockenschrank bei 3 bis 10 mbar und 80 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Der Gesamtstickstoff von Eiklar und Eigelb wurde nach *Kjeldahl* und *Parnas-Wagner* bestimmt.

Der Gesamtgehalt an freiem Amino-Stickstoff wurde mit der Methode von *Pope* und *Stevens* ermittelt (20). Dabei wurde das Kupfer der löslichen Kupferaminat mit Diäthylthiocarbamat kolorimetrisch bestimmt.

Zur Bestimmung des Gehaltes an anorganischem Phosphat im Eiklar und Eigelb wurde die durch Reaktion mit Molybdänsäure gebildete gelbe Komplexverbindung mit einem Gemisch Butanol(1)-Methanol (2:1) ausgeschüttelt und durch Zinn(II)-chlorid zu Molybdänblau reduziert. Die Konzentration des Phosphates wurde nach kolorimetrischer Messung des Komplexes (18) berechnet.

Zur Messung der Lecithinzerersetzung im Eigelb während der Lagerung wurde der sogenannte Zersetzungsquotient (ZQ) nach *Grossfeld* und *Peter* (11, 22) ermittelt. Für frische und ältere, aber unverdorrene Eier soll der ZQ-Wert kleiner als 6 sein (22).

Für die Bestimmung des Vitamin-A-Gehaltes in Eiklar und Eidotter wurde das Ausgangsmaterial mit alkoholischer Kalilauge verseift, das Unverseifbare in Anlehnung an die Vorschrift von *Grimm* und *Tiews* (10) mit Äthylalkohol und 1,2-Dichloräthan extrahiert. Die Entfernung von störenden Begleitsubstanzen erfolgte durch Chromatographieren des Rohextraktes über Aluminiumoxid-Säulen. Anschließend wurde das Vitamin A photometrisch durch Messung der mit Antimon(III)chlorid in Chloroform entstandenen Blaufärbung (Carr-Price-Methode) bei 620 nm bestimmt.

Die Bestimmung des Vitamins B<sub>1</sub> erfolgte nach der Thiochrom-Methode. Dabei mußte das Eigelb vor dem Aufschluß entfettet (Ätherextraktion) werden.

Die Gehalte an Vitamin B<sub>2</sub> wurden durch fluorometrische Messung der für Riboflavin charakteristischen Fluoreszenz bestimmt.

Für die sensorische Bewertung wurden zu jedem Auslagerungszeitpunkt 9 Eier bewertet, die jeweils in drei Portionen zu je drei Eiern aufgeteilt wurden. Etwa 4 Std. nach der Auslagerung wurden die Eier geschält, anschließend geviertelt und gruppenweise auf einen mit einer neutralen Kennziffer versehenen Teller gelegt und von sieben erfahrenen Prüfern vergleichend bewertet.

Zur Festlegung des oberen Qualitätsniveaus für die geprüften Merkmale wurden frischgelegte Eier der gleichen Herkunft unter den für die Eier des Versuches angegebenen Bedingungen gekocht und nach Erreichen der Raumtemperatur geviertelt und von der Prüfergruppe gemeinsam beurteilt. Farbe, Geruch und Geschmack wurden mit Hilfe einer 9-Noten-Skala (13) bewertet. Die Konsistenzigenschaften von Eiklar und Eigelb wurden in ganzen Noten von 3 bis 1 dargestellt. Die Qualität nimmt mit fallender Notenziffer ab.

## Ergebnisse

### *a) Folgen des Kochprozesses*

Die von den rohen und gekochten Frischeiern bestimmten Mittelwerte für Trockensubstanz- und Gesamtstickstoffgehalte sind mit den Standardabweichungen aus Tabelle 2 zu entnehmen. Es fällt auf, daß von den gekochten Eiern die Meßgrößen sowohl im Eiklar als auch im Eigelb größere Werte aufwiesen als im rohen Frischei. Gewichtsmessungen an Eiern vor und nach dem Kochen ergaben, daß bei zwar relativ großer Streuung von Ei zu Ei mit zunehmender Kochzeit größer werdende Gewichtsverluste auftraten. Sie betragen im Mittel bei Kochzeiten von 5 min 0,4%, von 10 min 1,4%, von 15 min 1,7% und von 20 min 2%.

Es war beabsichtigt, für rohe Eier benutzte Testmethoden wie die Bestimmung des anorg. Phosphates im Eiklar (14, 22) auch zur Qualitätsbestimmung von gekochten Eiern anzuwenden. Sehr bald stellte sich jedoch heraus, daß bereits das Kochen einen wesentlichen Einfluß auf die Konzentrationsverschiebungen von anorganischem Phosphat vom Eigelb zum Eiklar hin hat. Innerhalb einer Kochzeit von 5 min stieg das anorg. Phosphat im Eiklar, berechnet als P, z. B. von weniger als 2,0 mg P auf 3,4 mg P pro 100 g Trockensubstanz. Bei einer Verlängerung der Kochzeit auf 20 min wurden im Eiklar Werte von 4,4 mg P erreicht. Wurden die 5 min gekochten Eier bei 1 °C gelagert, so stiegen die Konzentrationen in den ersten drei Tagen auf 18 mg P an und blieben während der folgenden 14 Tage auf diesem Niveau.

### *b) Veränderungen während der Lagerung*

#### *1. Physikalische und chemische Veränderungen*

##### *Gewichtsverluste*

Die während der Lagerung der gekochten Eier aufgetretenen Gewichtsverluste sind aus Abbildung 1 zu ersehen. Der mittlere Variationskoeffizient aller Versuche betrug 20%. Erwartungsgemäß war die Gewichtsabnahme bei der Lagertemperatur 4 °C und einer relativen Feuchte von 85% (s. Tab. 1) geringer als bei 20 °C und einer rel. Feuchte von etwa 73%. Die in Eierschalenlack getauchten Eier zeigten jedoch unter gleichen Lagerungsbedingungen deutlich geringere Verluste, welche die der bei 4 °C gelagerten unlackierten Eier noch unterschritten.

Tab. 2. Mittelwerte und Standardabweichungen für Trockensubstanz- und Gesamtstickstoffgehalte von rohen und gekochten Frischeiern.

		Trockensubstanz in %	Gesamtstickstoff in mg N/g
Eiklar	roh	11,7 ± 0,2	16,6 ± 0,5
	gekocht	12,7 ± 0,3	17,7 ± 1,1
Eigelb	roh	48,5 ± 1,6	26,3 ± 1,3
	gekocht	49,4 ± 0,3	27,5 ± 1,3

Überraschend sind die ungewöhnlich hohen Gewichtseinbußen der in reinem CO<sub>2</sub> gelagerten Eier. Sie waren fast ausschließlich durch den Verlust von abfließendem Wasser bedingt, das sich auf dem Boden der Behälter ansammelte.

Eine ähnliche Tendenz in der Abhängigkeit von den Lagerungsbedingungen wie die Gewichtsverluste zeigten die Werte für die Trockensubstanz (Tab. 3). Sie wurden durch Austrocknung und den Übergang von Wasser aus dem Eiklar zum wasserärmeren Eigelb beim Kochprozeß und auch in der ersten Lagerungsphase beeinflusst. Der Trockensubstanzgehalt vom Eiklar stieg mit zunehmender Lagerungszeit an. Wenn von der atypisch verlaufenen Lagerung in reinem CO<sub>2</sub> abgesehen wird, war nach etwa zwei Wochen die Übernahme des Wassers vom Eiklar mit dem Erreichen nahezu übereinstimmender Trockensubstanzwerte im Eigelb bei allen übrigen Versuchen abgeschlossen.

#### Veränderungen des anorganischen Phosphates im Eiklar

Die Zunahme des anorg. P im Eiklar während des Kochens und der ersten Phase der Lagerung zu Lasten des Eidotters führte trotz strikter

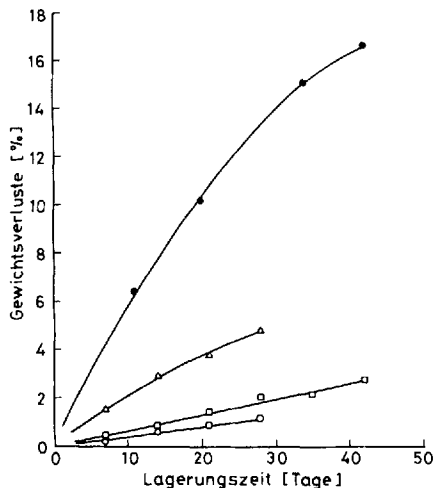


Abb. 1. Gewichtsverluste gekochter Eier in Abhängigkeit von Lagerungszeit und Lagerungsbedingungen: □ 4 °C, Luft (Versuch 1); △ 20 °C, Luft (Versuch 2); ○ lackiert, 20 °C, Luft (Versuch 3); ● 20 °C, Kohlendioxid (Versuch 4).

Tab. 3. Gehalte an Trockensubstanz (TS) im Eiklar und Eigelb.

Versuch 1*)		Versuch 2		Versuch 3		Versuch 4	
Lage- rungs- zeit Tage	TS in %	Lage- rungs- zeit Tage	TS in %	Lage- rungs- zeit Tage	TS in %	Lage- rungs- zeit Tage	TS in %
Eiklar	Eigelb	Eiklar	Eigelb	Eiklar	Eigelb	Eiklar	Eigelb
<b>Rohe Eier</b>							
2	11,8	2	11,4	2	11,9	2	11,8
42	12,0	28	9,7	35	12,3	61	13,4
	46,2		48,5		49,7		49,4
	45,6		45,5		45,0		43,8
<b>Gekochte Eier</b>							
2	12,4	2	13,1 ± 0,8	2	12,4 ± 0,3	2	12,9 ± 0,5
7	12,8	7	13,4 ± 0,2	7	12,9 ± 0,4	11	14,2 ± 0,7
14	13,4	14	13,6 ± 0,4	14	13,1 ± 0,4	20	15,5 ± 0,6
21	13,5	21	14,1 ± 0,3	21	13,0 ± 0,2	42	16,9 ± 0,7
28	12,7	28	14,2 ± 0,5	28	12,9 ± 0,3		48,8 ± 0,3
35	13,8			35	13,4 ± 0,5		
42	13,0						
70	13,6						

\*) Die Trockensubstanzgehalte von Versuch 1 wurden jeweils nur bei einer Gruppe von 3 Eiern bestimmt.

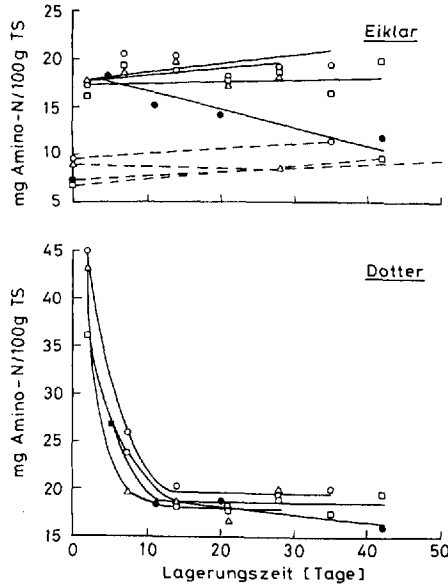


Abb. 2. Summe des freien Amino-Stickstoffs im Eiklar und Eidotter in Abhängigkeit von Lagerungszeit und Lagerungsbedingungen. Symbole wie bei Abb. 1; — gekochte Eier, ----- rohe Eier.

Einhaltung der Koch- und der Lagerungsbedingungen zu einer unerwünscht großen Variation der Konzentrationen an anorg. Phosphat im Eiklar zu Beginn der Lagerung. In allen bei Luftlagerung durchgeführten Versuchen waren die Gehalte im Eiklar nach einer Woche auf 16 bis 24 mg anorg. P/100 g TS angestiegen und fielen dann mit weiter fortschreitender Lagerung langsam ab. Insgesamt ergab sich, daß die Bestimmung des anorg. Phosphates im Eiklar gekochter Eier als Methode zur Ermittlung des Qualitätsabfalls nicht verwendbar ist.

#### Veränderungen im Gesamtgehalt an freiem Amino-Stickstoff

Im Eidotter von rohen Frischeiern betrug der auf 100 g Trockensubstanz bezogene Amino-Stickstoff im Mittel  $105,5 \pm 9,5$  mg. Wie Abbildung 2 zeigt, war er nach dem Kochen und zweitägiger Lagerung auf weniger als die Hälfte abgesunken. Zwei Wochen später hatte er in allen Versuchen Werte im allgemeinen unter 20 mg Amino-N/100 g TS erreicht, die bei weiterer mehrwöchiger Lagerung nahezu gleich blieben.

Bei rohen Frischeiern betrug der mittlere Gehalt an freiem Amino-N im Eiklar  $8,4 \pm 1,2$  mg/100 g TS. Die Zunahme während des Kochens und der ersten Lagerungsphase erreichte etwa das Niveau der im Eigelb gemessenen Werte (Abb. 2). Wie im Eigelb waren die Veränderungen bei der weiteren Lagerung insbesondere in Luft gering. Bei Verwendung von  $\text{CO}_2$  als Lagerungsatmosphäre wurde im weiteren Verlauf eine Abnahme des freien Amino-Stickstoffs im Eiklar gefunden.

Auch die Bestimmung des Gesamtgehaltes an freiem Amino-Stickstoff im Eigelb und Eiklar erscheint nicht geeignet, um einen Zusammenhang



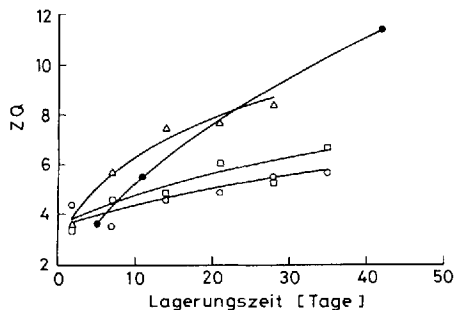


Abb. 3. Lecithinzersetzung im Eidotter gekochter Eier in Abhängigkeit von Lagerungszeit und Lagerungsbedingungen. Symbole wie bei Abb. 1; ZQ = Zersetzungsquotient.

zum Qualitätsabfall von gekochten Eiern während der Lagerung herzustellen.

#### *Lecithinzersetzung im Eidotter*

Für den Eidotter von frischen rohen Eiern wurde ein mittlerer Lecithinzersetzungsquotient von  $3,7 \pm 0,8$  und für den Eidotter von frischen unter den angegebenen Bedingungen gekochten Eiern ein solcher von  $3,7 \pm 0,5$  gefunden. Bei Lagerung der frischen Eier wurden folgende Zersetzungsquotienten erhalten: bei  $4^\circ\text{C}$  nach 6 Wochen 5,0 und bei  $20^\circ\text{C}$  in 4 Wochen 7,7.

Die für die gekochten Eier ermittelten Meßpunkte der vier Versuche sind in Abbildung 3 dargestellt. Der mittlere Variationskoeffizient von allen Versuchen war 19%. Es fällt auf, daß die in Eierschalenlack getauchten und bei  $20^\circ\text{C}$  gelagerten Eier und die ungefärbt bei  $4^\circ\text{C}$  gelagerten Eier eine geringe und nahezu übereinstimmende Zunahme des Zersetzungsquotienten zeigten. Demgegenüber stiegen die ZQ-Werte während der Lagerung von ungefärbten Eiern bei  $20^\circ\text{C}$  sowohl in Luft als auch in reinem Kohlendioxid sehr viel stärker an.

Übernimmt man nach den Erfahrungen mit rohen Eiern (s. Methoden) die Empfehlung, daß der ZQ-Wert von unverdorbenen gekochten Eiern kleiner als 6 sein sollte, so würden die bei  $4^\circ\text{C}$  gelagerten und die mit Eierschalenlack behandelten Eier bei  $20^\circ\text{C}$  drei bis vier Wochen haltbar sein. Für die bei  $20^\circ\text{C}$  in Luft oder die in  $\text{CO}_2$  gelagerten Eier würde sich nur eine Lagerungszeit von etwa 10 Tagen ergeben.

#### *Veränderungen in Vitamingehalten*

Für das in rohen Frischeiern praktisch ausschließlich im Dotter enthaltene Vitamin A wurde eine mittlere Konzentration von  $1078 \pm 97 \mu\text{g}/100 \text{ g TS}$  gemessen. Sie ging beim Kochen um etwa 14% auf  $929 \pm 51 \mu\text{g}/100 \text{ g TS}$  zurück. Da bei den gekochten Eiern in den Gehalten der B-Vitamine Verschiebungen zwischen Eidotter und Eiklar auftraten, wurden die Veränderungen der Vitamine während der Lagerung auf Gesamt-Ei berechnet. Hierfür wurde aus Durchschnittswerten der Gewichte von Eiern der Gewichtsklasse 3 für Eiklar ein Wert von 36,1 g und für Eidotter ein Wert

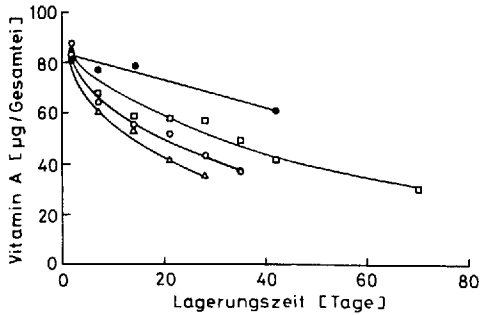


Abb. 4. Mittlere Vitamin-A-Gehalte gekochter Eier in Abhängigkeit von Lagerungszeit und Lagerungsbedingungen. Symbole wie bei Abb. 1.

von 18,4 g zugrunde gelegt (Abb. 4, 6, 7). Während bei der Lagerung von rohen Eiern unter den angegebenen Bedingungen lediglich bei den bei 4 °C gelagerten leicht abnehmende Vitamin-A-Gehalte ermittelt wurden, sanken diese bei den gekochten Eiern im Verlauf der Lagerung mehr oder weniger schnell ab. Bei den unter Kohlendioxid gelagerten Eiern war der Verlust am geringsten. Die stärkste Abnahme von nahezu 60% zeigten die bei 20 °C gelagerten Eier. Verluste dieser Höhe traten in den bei 4 °C gelagerten Eiern erst nach fast 70 Tagen auf. Auch der Lacküberzug hemmte den Vitamin-A-Abbau im Vergleich zu den nichtlackierten Eiern beträchtlich (Abb. 4).

Der mittlere Vitamin-B<sub>1</sub>-Gehalt der rohen Eier betrug  $220 \pm 37,6 \mu\text{g}/100 \text{ g TS}$  im Eidotter und  $17,1 \pm 8,5 \mu\text{g}/100 \text{ g TS}$  im Eiklar. Beim Kochen hatte der Vitamin-B<sub>1</sub>-Gehalt im Eidotter um etwa 5% abgenommen. Demgegenüber war er im Eiklar auf  $56 \mu\text{g}/100 \text{ g TS}$  angestiegen. Während im Verlauf der Lagerung bei den rohen Eiern kaum eine Veränderung der Vitamin-B<sub>1</sub>-Konzentration festzustellen war, ging bei den gekochten Eiern ein wesentlicher Teil von dem im Eidotter enthaltenen Vitamin B<sub>1</sub> ins Eiklar über (Abb. 5).

Da bei der CO<sub>2</sub>-Lagerung das abfließende Wasser dem verbleibenden Eiinhalt einen Teil der Vitamine B<sub>1</sub> und B<sub>2</sub> entzog, wurden die naturgemäß unzuverlässigen Werte dieses Versuches nicht berücksichtigt. Bei

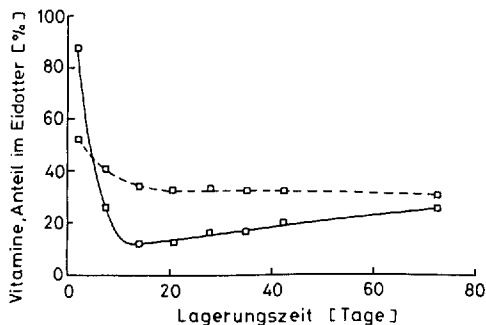


Abb. 5. Vitamin-B<sub>1</sub>-Verteilung ——— und Vitamin-B<sub>2</sub>-Verteilung ----- zwischen Eidotter und Eiklar gekochter Eier im Verlauf der Lagerung bei 4 °C.

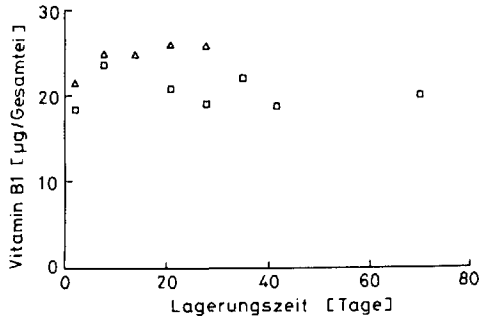


Abb. 6. Mittlere Vitamin-B<sub>1</sub>-Gehalte gekochter Eier in Abhängigkeit von Lagerungszeit und Lagertemperaturen 4 ° □ und 20 ° C △.

den lackierten Eiern traten Störungen der Vitamin-B<sub>1</sub>-Bestimmung im Eiklar auf, die weit über dem biologischen Streubereich liegende Werte lieferten. Daher wurden die Ergebnisse dieses Versuches nicht wiedergegeben. Die für Vitamin B<sub>1</sub> während der Lagerung bei 4 °C und 20 °C ermittelten Werte für das Gesamtei sind aus Abbildung 6 zu ersehen. Sie zeigen im Verlauf der Lagerung keine statistisch gesicherte Abnahme.

Die mittleren Gehalte an Vitamin B<sub>2</sub> betragen  $1897 \pm 129 \mu\text{g}/100 \text{ g TS}$  im Eidotter und  $2781 \pm 207 \mu\text{g}/100 \text{ g TS}$  im Eiklar. Nach dem Kochen wurden im Eidotter nur noch knapp 60% des Vitamins gefunden. Die Verschiebungen im Gehalt an Vitamin B<sub>2</sub> zwischen Eidotter und Eiklar während der Lagerung der gekochten Eier bei + 4 °C sind in Abbildung 5 dargestellt. Abbildung 7 zeigt die während der Lagerung bei 4 °, 20 ° (unlackiert) und 20 °C (lackiert) erhaltenen Mittelwerte der B<sub>2</sub>-Gehalte im Gesamtei. Wie bei Vitamin B<sub>1</sub> lassen auch die ermittelten Daten für das Vitamin B<sub>2</sub> auf keine signifikanten Verluste im Verlauf der Lagerung schließen.

## 2. Sensorische Veränderungen

### Farbveränderungen

Die lange Kochzeit führte sowohl innerhalb des Eidotters als auch des Eiklars zu einer recht einheitlichen Konsistenz und Ausfärbung. Die

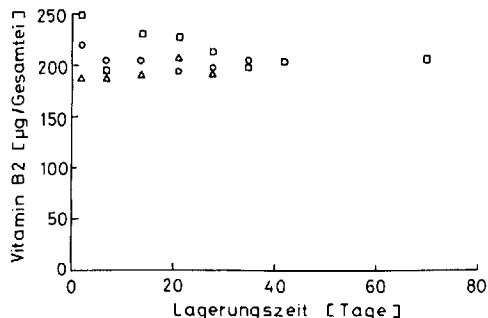


Abb. 7. Mittlere Vitamin-B<sub>2</sub>-Gehalte gekochter Eier in Abhängigkeit von Lagerungszeit und Lagerungsbedingungen. Symbole wie bei Abb. 1.

Bildung einer graugrünen Randzone beim Eigelb trat bei den noch heiß in Eierschalenlack getauchten Eiern des 3. Versuches verstärkt auf und dürfte auf die Erschwerung der Diffusion von Schwefelwasserstoff, der beim Kochprozeß frei geworden war, nach außen zurückzuführen sein. Bei den in reinem CO<sub>2</sub> gelagerten Eiern wurden graugrüne Verfärbungen durchgehend über den gesamten Dotterquerschnitt beobachtet, die sich nach Lagerungszeiten von über 20 Tagen häuften.

Trotz beträchtlicher Streuungen von Ei zu Ei wurde deutlich, daß in allen Versuchen die Farbe des Eidotters mit zunehmender Lagerungszeit blasser wurde und die Farbqualität abnahm. Am geringsten war der Abfall bei 4 °C, und zwar innerhalb von 4 Wochen von sehr gut bis vorzüglich (Note 8,5) auf gut (Note 7). In den drei übrigen bei 20 °C durchgeführten Lagerungsversuchen lagen die Werte nach drei Wochen zwischen befriedigend und gut.

Nach der Färbung mit Eierschalenlack waren von einem kleinen Teil der Eier etwa stecknadelkopfgroße Stellen der Eiklaroberfläche grün gefärbt. Offenbar waren dafür größere Poren der Schale verantwortlich. Nach einer über 8 Tage hinausgehenden Lagerung ungefärbte Eier bei 20 °C in Luft wurde bei einigen Eiern eine leicht gräuliche Verfärbung des Eiklars bemerkt. Anzeichen von Schimmelpilzkolonien und damit verbundene Fleckigkeit traten in keinem Fall auf. Gelegentlich wurde eine etwas von der Norm abweichende größere Transparenz im Eiklar einzelner Eier ohne erkennbare Abhängigkeit von den Lagerungsbedingungen registriert. Die Noten für die Farbe des Eiklars fielen im Verlauf der Lagerung bei allen Versuchen noch etwas weniger ab als im Eidotter.

Insgesamt ist zu schließen, daß die Farbveränderungen von Eidotter und Eiklar unter allen erprobten Lagerungsbedingungen gering waren und bei 4 °C am wenigsten in Erscheinung traten. Sie dürften kaum als Kriterium zur Ermittlung der Grenzen der Lagerungsfähigkeit hartgekochter Eier von wesentlicher Bedeutung sein.

### *Konsistenzveränderungen*

Der Wasserverlust während der Lagerung betraf vor allen Dingen das Eiklar und äußerte sich bei Luftlagerung in einer etwas festeren Konsistenz als unmittelbar nach dem Kochen. Nur in einigen Fällen wurde es in der letzten Lagerungsphase als leicht gummiartig bezeichnet. In der für die Steifheit des Eiklars benutzten Dreinotenskala machte der Abfall für gekochte Eier bei 4 °C und gekochte, mit Eierschalenlack behandelte Eier bei 20 °C in vier Wochen weniger als eine halbe Konsistenznote aus. Für die unlackierten, bei 20 °C gelagerten Eier betrug der Rückgang im gleichen Zeitraum knapp eine Note. Besonderer Beachtung bedarf, daß bei diesem letzten Versuch bereits nach zwei Wochen wenige Eier mit einer weichen, schmierigen Konsistenz des Eiklars gefunden wurden. Wahrscheinlich war sie durch die proteolytischen Aktivitäten bestimmter Bakterien bzw. Schimmelpilze bedingt. Sollte diese Annahme zutreffen, würde für die Luftlagerung von nicht oberflächenbehandelten hartgekochten Eiern bei 20 °C nur eine Lagerungszeit unter 7 Tagen zu vertreten sein. Bei Lagerung in reinem CO<sub>2</sub> bei 20 °C waren wegen der Abnahme der Wasserbindung im Eiklar Wasserverluste und Zunahme der Festigkeit

sehr viel deutlicher ausgeprägt als bei Luftlagerung. Der Abfall des Konsistenzmerkmals betrug bereits nach zwei Wochen knapp eine Note.

Für das Eigelb waren die Konsistenzveränderungen noch weniger auffallend als beim Eiklar. Am Ende der Versuche war das Eigelb häufig etwas bröckeliger als zu Beginn.

### *Geruchs- und Geschmacksveränderungen*

Für die in Luft gelagerten gekochten Eier wurde bei der Beschreibung qualitätsmindernder Kriterien das Auftreten eines eipulverähnlichen Geruchs und Geschmacks von den Prüfern am häufigsten genannt. Mit zunehmender Lagerungszeit nahmen als Kennzeichnung von Nuancen des Gesamtgeschmacks Begriffe wie flach, alt, streng und käsigt zu. Der Geruch der bei 20 °C in reinem Kohlendioxid gelagerten Eier wurde als säuerlich, käsigt und bereits nach 10 Lagerungstagen als leicht faulig bezeichnet.

Die für alle Meßpunkte von Geruch und Geschmack der 4 Versuche berechneten durchschnittlichen Standardabweichung der Prüferurteile betrug 0,25 Noten. Die mittleren Noten der Beurteilungen sind in Abbildung 8 dargestellt.

Geht man davon aus, daß die Geruchsqualität von gekochten Eiern beim Verzehr befriedigend (Note 6) oder besser sein sollte, so ergibt sich, daß hartgekochte Eier bei 4 °C 15 Tage, bei 20 °C 10 Tage, bei Behandlung mit Eierschalenlack und Lagerung bei 20 °C 20 Tage und Lagerung in reinem CO<sub>2</sub> und 20 °C 4 Tage dieser Forderung entsprechen. Aus den mittleren Geschmacksnoten vom Eiklar der einzelnen Versuche (Abb. 8) ließen sich bei dem Anspruch auf eine mindestens befriedigende sensorische Qualität folgende maximale Lagerungszeiten bestimmen: bei 4 °C-Luftlagerung 26 Tage, bei 20 °C-Luftlagerung 15 Tage und nach Oberflächenbehandlung mit Eierschalenlack bei 20 °C-Luftlagerung 16 Tage. Damit ist allerdings nicht der Anspruch auf befriedigende Qualität in Bezug auf andere Merkmale gewährleistet. Das ist verständlich, da z. B. bei den bei 20 °C gelagerten Eiern ohne Lackierung zufällig solche mit weicher, schmieriger Konsistenz bei den Kostproben nicht zur Verfügung standen. Bei den in reinem CO<sub>2</sub> gelagerten Eiern wurde von einer Geschmacksbewertung des Eiklars abgesehen.

Im Eidotter sind die Geschmacksveränderungen offenbar ausgeprägter als im Eiklar. Wie Abbildung 8 zeigt, blieb an Hand der Geschmacksnoten für den Eidotter eine zumindest befriedigende Qualität während der Luftlagerung bei 4 °C 24 Tage, bei 20 °C 6 Tage und nach Anfärbung mit Eierschalenlack bei 20 °C 16 Tage erhalten.

Es wurde versucht, aus den Daten der sensorischen Bewertungen, der Lecithinzerersetzung (ZQ) und der Vitaminveränderungen maximale Lagerungszeiten für den Qualitätsanspruch „verkaufswürdig“ zu ermitteln, der besagt, daß ein Lebensmittel diesen Anspruch erfüllt, solange seine Qualitätsnoten insgesamt befriedigend oder besser sind. Bei Anwendung dieses Maßstabes ergaben sich bei Luftlagerung folgende Richtwerte: bei 4 °C und auch bei Tauchen in Eierschalenlack und Lagerung bei 20 °C 14 bis 16 Tage und bei 20 °C ohne Oberflächenbehandlung 6 Tage. Eine Lagerung von gekochten Eiern in reinem CO<sub>2</sub> ist keineswegs zu empfehlen. Bei Berücksichtigung der von anderer Seite vorgelegten mikrobiologischen

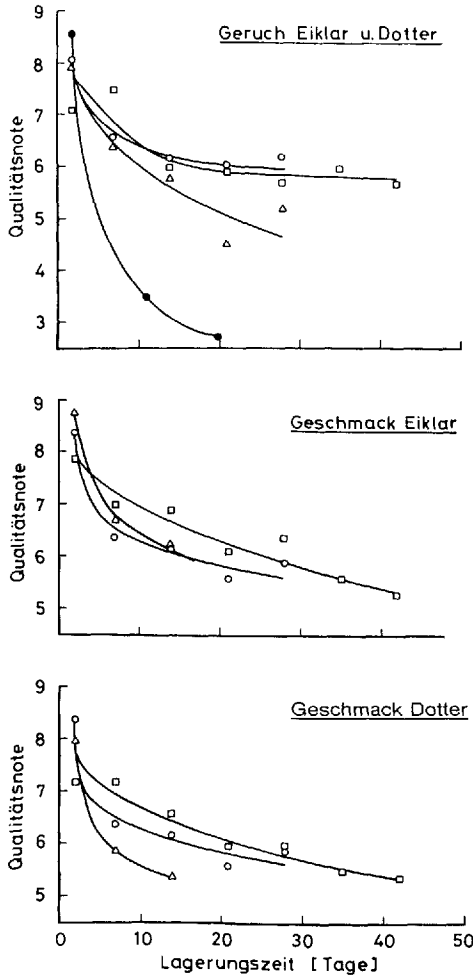


Abb. 8. Durchschnittsergebnisse der Geruchs- und Geschmacksprüfungen von gekochten Eiern in Abhängigkeit von Lagerungszeit und Lagerungsbedingungen. Symbole wie bei Abb. 1.

Befunde (3) kann bei 20 °C ohne Oberflächenbehandlung nur eine Lagerungszeit von maximal 5 Tagen empfohlen werden.

### Diskussion der Ergebnisse

Für hartgekochte, bei 4 °C gelagerte Eier erscheint die vorgeschlagene maximale Lagerungszeit von 14 bis 16 Tagen risikolos und wegen der Stetigkeit der erhaltenen Meßergebnisse und sensorischen Beurteilung auch angemessen.

Bei der Ermittlung der Lagerfähigkeit bei 20 °C war besonders der Gesichtspunkt der gesundheitlichen Unbedenklichkeit zu berücksichtigen. Er war deshalb bedeutsam, weil die in erster Linie zum Qualitätsab-

fall führende Infektion der gekochten Eier mit spezifischen und in diesem Temperaturbereich gut wachsenden Mikroorganismen mehr oder weniger zufallsbedingt war. Wie sich bei diesem Versuch 2 zeigte, war bei einem kleinen Teil der Eier das Eiklar bereits nach zwei Wochen weich und schmierig geworden, während der Großteil noch annehmbare sensorische Eigenschaften aufwies. Aus diesen Befunden ergab sich, daß eine zu vertretende Lagerungszeit für hartgekochte Eier bei 20 °C beträchtlich unter zwei Wochen liegen sollte. In Übereinstimmung mit anderen sensorischen, mikrobiologischen (3) und chemischen Ergebnissen werden maximal 5 Tage empfohlen.

Als angenehme Überraschung stellte sich heraus, daß bei 20 °C der Qualitätsabfall weit langsamer verlief, wenn die Eier gleich nach dem Kochen mit Eierschalenlack gefärbt wurden. Durch das Tauchen der noch heißen Eier entsteht in der Atmosphäre zwischen Schale und Eiklar ein Druckabfall, der zu einem Verschließen der Poren der Eierschale führt. Dabei können vermutlich durch den Äthanolanteil des Lackes auch eventuell noch vorhandene Oberflächenkeime abgetötet werden. Das Eindringen weiterer Mikroorganismen von außen wird durch die Lackhülle sehr erschwert. Der Druckabfall im Bereich der Eiklaroberfläche und die weitgehende Unterbindung des Gasaustausches mit der Umgebung dürften zudem das Wachstum vieler Mikroorganismen verhindern und oxydative Veränderungen verzögern. So ist auch zu erklären, daß das Vitamin A in lackierten gekochten Eiern bei 20 °C langsamer abnahm als in nicht oberflächenbehandelten. Die relativ geringen Austrocknungsverluste im Verlauf der Lagerung sind sicherlich auch für die Verzögerung der Abnahme der sensorischen Qualität lackierter Eier von Vorteil. Um das Risiko zufälliger Kontamination durch unerwünschte Mikroorganismen klein zu halten, wird empfohlen, die Lagerung mit Eierschalenlack überzogener „Ostereier“ bei Zimmertemperatur auf 16 Tage zu begrenzen.

Nach den verhältnismäßig guten Erfahrungen mit der Verwendung von CO<sub>2</sub>-Anteilen an der Lagerungsatmosphäre für rohe Eier (14) waren die hier aufgezeigten schlechten Ergebnisse bei Verwendung von reinem Kohlendioxid für gekochte Eier zunächst unerwartet. Besonders unangenehm fiel der große Rückgang des Wasserbindungsvermögens im Eiklar auf. Es handelt sich offensichtlich um ein kolloidchemisches Phänomen, das mit der Lösung bzw. chemischen Bindung von Kohlendioxid im Eiklar und Eidotter zusammenhängt. Diese Erscheinung hat sehr viel Ähnlichkeit mit den bei der Säuerung von Milch auftretenden Veränderungen. Sie führen hier bekanntlich zur Trennung des Calciums vom Calciumcaseinat und mit zunehmender Annäherung an den isoelektri-

Tab. 4. pH-Werte in einen Tag alten und in 14 Tage in reinem CO<sub>2</sub> bei einem Druck von 1,8 bar und 20 °C gelagerten rohen und gekochten Eiern.

Lagerung	pH-Werte			
	roh	Eiklar gekocht	roh	Eigelb gekocht
1 Tag in Luft	9,05 ± 0,04	8,48 ± 0,12	6,20 ± 0,03	6,70 ± 0,26
14 Tage in CO <sub>2</sub>	7,91 ± 0,38	7,82 ± 0,13	6,60 ± 0,37	7,52 ± 0,45

schen Punkt des Caseins zu einer stärkeren Ausflockung des Proteins. Wie Tabelle 4 zeigt, finden auch im Eiklar und Eigelb von rohen und gekochten Eiern durch CO<sub>2</sub>-Einwirkung Verschiebungen des pH-Wertes statt.

Schwierigkeiten bei der Auswertung der Versuchsergebnisse machten die Folgen des Konzentrationsgefälles niedrigmolekularer Komponenten wie freier Aminosäuren, anorg. Phosphat und Vitamine zwischen Eidotter und Eiklar und die Aufhebung der Abgrenzung beider Eibereiche durch Beschädigung der Dottermembran beim Kochprozeß. Die insbesondere bei Vitaminen beobachtete Umverteilung zwischen Eidotter und Eiklar während des Kochens und der anschließenden Lagerung sollte zu einer Korrektur der aus Analysendaten des rohen Eies gewonnenen Vorstellung über den ernährungsphysiologischen Wert von Eiklar und Eidotter im gekochten Ei führen.

#### Zusammenfassung

Über die Haltbarkeit von gekochten Eiern, die für die Gemeinschaftsverpflegung von beträchtlicher Bedeutung sind, liegen wenige und zudem widersprüchliche Ergebnisse vor. Es wurden daher vier Lagerungsversuche mit jeweils etwa 500 hartgekochten Eiern durchgeführt und dabei auftretende chemische und sensorische Veränderungen ermittelt. Die einen Tag alten Eier gleicher Herkunft wurden unter Standardbedingungen 17 min lang gekocht. Gelagert wurde in Luft mit einer relativen Feuchte zwischen 73 und 85% bei 4 °C (Versuch 1), 20 °C (Versuche 2 und 3) und in reinem Kohlendioxid bei 20 °C (Versuch 4) und einer relativen Feuchte von etwa 100%. Die im Versuch 3 verwendeten Eier wurden sogleich nach dem Kochen in Eierschalack (Natur-Manila-Kopal in Äthanol gelöst und mit Acillantechtgrün gefärbt) getaucht. Gewichtsverluste im Verlauf der Lagerung waren bei den lackierten Eiern deutlich geringer als bei den sonst gleich behandelten unlackierten. Die Gewichtsverluste durch Wasserabgabe waren in reinem CO<sub>2</sub> ungewöhnlich hoch und sind u. a. auf die Herabsetzung des pH-Wertes im Eiklar durch CO<sub>2</sub>-Aufnahme zurückzuführen. Die Konzentration der freien Aminosäuren war wenige Tage nach dem Kochen im Eiklar und Eigelb nahezu gleich hoch und blieb im Verlauf der folgenden 3 Wochen praktisch konstant. Für die nach *Grossfeld* und *Peter* bestimmte Lecithinzerersetzung im Dotter wurde wie bei rohen Eiern als Grenzwert der Unverdorbenheit ein Zersetzungsquotient von 6 festgesetzt. Unter dieser Voraussetzung ergab sich für die bei 4 °C gelagerten und die mit Eierschalack behandelten Eier bei 20 °C eine mögliche Lagerungsdauer von 3 bis 4 Wochen. Die in Luft oder in CO<sub>2</sub> bei 20 °C gelagerten nichtlackierten Eier erreichten nach etwa 10 Tagen den kritischen Wert. Von den Vitaminen A, B<sub>1</sub> und B<sub>2</sub> zeigte nur Vitamin A während der Lagerung beträchtliche Verluste. Unter Berücksichtigung der mikrobiologischen (3) und chemischen Befunde und der sensorischen Bewertung von Farbe, Konsistenz, Geruch und Geschmack von Eiklar und Dotter wurden folgende mögliche Lagerungszeiten für den Qualitätsanspruch „verkaufswürdig“, der eine Gesamtnote nicht unter 6 (befriedigend) erfordert, ermittelt: bei 4 °C ohne Eierschalack und bei 20 °C mit Eierschalack 14 bis 16 Tage und bei 20 °C ohne Oberflächenbehandlung 5 Tage. Die Lagerung von gekochten Eiern in reinem Kohlendioxid bei 20 °C führte schon nach wenigen Tagen zu einem starken Qualitätsabfall.

#### Summary

Only a few and contradictory results are available on the storage stability of hard boiled eggs which are of considerable importance for institutional feeding. Therefore four storage experiments on about 500 hard boiled eggs each were carried out and chemical and sensorial changes occurring during storage investigated. The one-



day-old eggs of the same origin were boiled for 17 minutes under standard conditions and subsequently stored in air at a relative humidity between 73 and 85% at 4 °C (experiment No. 1), at 20 °C (experiments No. 2 and 3) and in pure carbon dioxide at 20 °C (experiment No. 4). Immediately after boiling, the eggs used for experiment No. 3 were dipped into coloured resin for egg shells (natural Manila-Kopal dissolved in ethanol and stained with "Acillantechgrün"). Losses in weight during storages were distinctly lower in the lacquered eggs than in the non-lacquered samples otherwise treated in the same manner. The weight decrease caused by the loss of water was extraordinarily high in pure CO<sub>2</sub> and is due mainly to the decrease of the pH in the egg whites caused by the uptake of CO<sub>2</sub>. A few days after boiling the concentration of the free amino acids reached approximately the same level in albumen and yolk and remained practically constant over the following 3 weeks. For the breakdown of lecithine in yolk determined according to Grossfeld and Peter, a "deterioration quotient" of 6, like in unboiled eggs, was fixed as the limit value for unspoiled condition. Accordingly a possible storage time of 3 to 4 weeks resulted for the eggs stored at 4 °C and for the eggs treated with stained resin. The non-lacquered eggs stored in air or in CO<sub>2</sub> at 20 °C reached the critical value in about 10 days. From the vitamins A, B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> only vitamin A showed considerable losses during storage. On the basis of the microbiological (3) and chemical findings and of the sensorial evaluation of colour, consistency, odour and taste of egg whites and yolks, the following storage times were determined for eggs in the quality class "saleable" requiring an overall rating not lower than 6 (satisfactory): 14 to 16 days, for non-lacquered eggs stored at 4 °C and for lacquered eggs at 20 °C whereas 5 days were found to be the maximum storage time für untreated eggs stored at 20 °C. If boiled eggs are stored in pure carbon dioxide at 20 °C, a distinct quality loss is observed already after a few days.

#### Literatur

1. Backer, C. M. A.: The proteins of egg white. In: Egg quality, a study of the hen's egg. Hrsg. Carter, C. T. S., S. 67-108 (Edinburgh 1968).
2. Board, R. G.: The microbiology of eggs. In: Egg science and technology. Hrsg. Stadelmann, W. J. u. Cotterill, O. J., S. 46-60 (Westport, Conn. 1973).
3. Bomar, M. T.: Mikrobiologische Aspekte gelagerter hartgekochter Eier (erscheint demnächst in dieser Zeitschrift).
4. Calet, C., J.-C. Blum: Effect of storage on vitamins in eggs. (A review). Annales de la Nutrition et de l'Alimentation 24, B201-B225 (1970).
5. Carballido, A., M. L. Perea Ortega: Study of vitamin B<sub>1</sub> loss through cooking processes. Anales de Bromatologia 20, 193-227 (1968).
6. Carter, T. C. (Hrsgb.): Egg quality: A study of the hen's egg, 396 S. (Edinburgh 1968).
7. Cronin, E. F., G. Bestwick: Volatile sulphur compounds produced on the heat treatment of the hens egg. Proc. IV. Intern. Congr. Food Sci. Technol. Madrid 1, 17-21 (1974).
8. Evans, R. J., H. A. Butts, J. A. Davidson: Poultry Science 31, 269-73 (1952).
9. Fey, R., R. Braun: Vitamin-A-Gehalt von Hühnereiern, Eierspeisen und eihaltigen Gebäcken. Ernährungs-Umschau 21, 173-75 (1974).
10. Grimm, L., J. Tiews: Über eine methodische Verbesserung der Vitamin-A-Bestimmung in Futtermitteln, mit Hilfe des Dichloräthan-Eingußverfahrens. Landwirtschaftl. Forschg. 27/II, 42-47 (1972).
11. Grossfeld, J., J. Peter: Erkennung und Nachweis verdorbener Eier. Z. Untersuch. Lebensmittel 69, 16-29 (1935).
12. Grossfeld, J.: Handbuch der Eierkunde, 375 S. (Berlin-Heidelberg-New York 1938).
13. Gutschmidt, J.: Zur Frage der Haltbarkeit tiefgefrorener Lebensmittel. Feinkostwirtschaft 9, 166-169 (1972).
14. Kaeß, G., F. Kiermeier: Über die Gaskaltlagerung von Eiern. Z. gesamte Kälte-Industrie 46, 174-178 u. 185-191 (1939).
15. Kiefer, H.: Mikrobiologie der Eier und Eiprodukte. Arch. Lebensmittelhyg. 27, 197-232 (1976).
16. Kyti, M., L. Tuomainen: Untersuchungen über die Haltbarkeit von Eiern. Maataloustieteellinen Aikakauskirja 40, 219-36 (1968).
17. Oblinger, J. L., S. A. Angalet: Storage stability of hard-cooked eggs. Poultry Sci. 53, 1415-1420 (1974).
18. Partmann, W.: Der Einfluß des Gefrie-

rens und der Gefrierlagerung auf die Apyraseaktivität der Fisch- und Rindermuskulatur. Z. Lebensm. Unters.-Forschg. **99**, 341-346 (1954). - 19. *Partmann, W., M. T. Bomar, M. Hajek, H. Bohling, H. Schlaszus*: Lagerungsversuche mit vorverpacktem Rindfleisch in kontrollierten Gasatmosphären mit hohem Kohlendioxidgehalt unter weitgehendem Ausschluß von Sauerstoff. Fleischwirtschaft **56**, 550-554 (1976). - 20. *Pope, C. G., M. F. Stevens*: The determination of amino nitrogen using a copper method. Biochem. J. **33**, 1070-1077 (1939). - 21. *Powrie, W. D.*: Chemistry of eggs and egg products. In: Egg science and technology. Hrsgb. *Stadelmann, W. J.* u. *Cotterill, O. J.*, S. 61-90 (Westport, Conn. 1973). - 22. *Rauch, W.*: Eier, In: Handbuch der Lebensmittelchemie Bd. III/2. Hrsg. *F. Kiermeier*, S. 880-961 (Berlin-Heidelberg-New York 1968). - 23. *Romanoff, A. L., A. J. Romanoff*: The avian egg. 918 S. (New York 1949). - 24. *Spencer, J. V., L. J. Tryhnew*: Effect of storage on peeling quality and flavor of hard-cooked shell eggs. Poultry Sci. **52**, 654-657 (1973). - 25. *Stadelmann, W. J., O. J. Cotterill* (Hrsgb.): Egg science and technology, 314 S. (Westport, Conn. 1973). - 26. *Steincke, L., H. Vogt, H. G. Torges, R. Zacharias*: Eiqualität. Hrsg. AID Nr. 415, 20 S. (Bonn-Bad Godesberg 1976). - 27. *Vadehra, D. V., K. R. Nath*: Eggs as a source of protein. Critical Rev. Food Technol. **4**, 193-309 (1973).

Für die Verfasser:

Dr. *Walter Partmann*, Bundesforschungsanstalt f. Ernährung, 7500 Karlsruhe