

# Qualitätsveränderungen bei der Vorratshaltung von Lebensmitteln im privaten Haushalt

## Teil 1: Frische tierische und pflanzliche Lebensmittel

Lebensmittel unterliegen bei der Vorratshaltung vielfältigen Veränderungen, die in den meisten Fällen mit einer **Minderung der Qualität (Genuß- und Nährwert) verbunden sind. Die wichtigsten Ursachen für die Qualitätseinbußen sind Veränderungen von Lebensmittelinhaltsstoffen durch Wachstum von Mikroorganismen sowie durch enzymatische oder chemische Reaktionen bei Wärme-, Licht- und Sauerstoffeinwirkung. Maßgeblich wirken jeweils mehrere Faktoren zusammen. Eine Schlüsselposition nimmt dabei die Temperatur im Lagerraum ein, indem sie die Geschwindigkeit stofflicher Veränderungen in Lebensmitteln beeinflusst. Allgemein gilt die Regel, je höher die Temperaturen im Lagerraum sind, desto schneller verlaufen die Qualitätsveränderungen. Auch das Wachstum von Mikroorganismen nimmt in physiologisch verträglichem Temperaturbereich (2 °C bis 45 °C) mit steigender Temperatur rapide zu. Die Qualitätsveränderung und somit die Haltbarkeit von Lebensmitteln hängt außerdem von der inneren und äußeren Beschaffenheit des Produktes ab. Wichtig sind vor allem die Art, der Zustand und der Bearbeitungsgrad des zur Vorratshaltung verwendeten Lebensmittels.**

**D**as Angebot an Lebensmitteln im Handel hat sich in den vergangenen dreißig Jahren grundlegend verändert. Einerseits stehen frische Lebensmittel, insbesondere Gemüse und Obst, das ganze Jahr zur Verfügung, andererseits werden immer mehr industriell vorgefertigte küchen-, gar-, aufbereit- und eßfertige Produkte angeboten. Aus diesen Gründen erscheint es sinnvoll, die Qualitätserhaltung bei der Vorratshaltung von pflanzlichen und tierischen Lebensmitteln je nach Zustand (roh oder gegart) sowie verwendeten Haltbarmachungsverfahren (frisch, gekühlt, sterilisiert, getrocknet und tiefgefroren) getrennt zu diskutieren. Der erste Teil des Beitrags beschäftigt sich mit frischen tierischen und pflanzlichen Nahrungsmitteln.

### Frishgemüse und -obst

Auch nach der Ernte setzen rohes Gemüse und Obst als lebende Pflanzenteile ihre natürlichen Stoffwechselfvorgänge fort. Da die Nachlieferung von Nährstoffen aus der Mutterpflanze abgeschnitten ist, kommt es dabei durch Ab- und Umbauvorgänge zu einer allmählichen Veränderung des Gehaltes an Inhaltsstoffen wie Stärke, Zucker, Eiweiß, organischen Säuren, Farbstoffen, Vitaminen, Aromastoffen (Bognár, Knaus, 1989; Bognár, Bohling, Fort, 1990; Bognár, 1991; Hansen, 1985; Heiß, 1984). Durch Pektinabbau in den Zellwänden nimmt auch die Festigkeit, vor allem in reifenden Früchten, ab. Einige dieser Veränderungen sind als Reifungsvor-

gänge bis zu einem gewissen Grad erwünscht, andere sollten möglichst gering gehalten werden. Typisch für rohes Gemüse und Obst ist außerdem, daß sie „atmen“, das heißt Sauerstoff aufnehmen und Kohlendioxid abgeben. Man kann zwischen zwei Grundtypen pflanzlicher Lebensmittel unterscheiden (Hansen, 1985; Heiß, 1984):

■ Gemüse und Obst, bei denen die Atmungsgeschwindigkeit während der Lagerung abnimmt, zum Beispiel Blattgemüse, Erdbeeren, Kirschen, Ananas, Spargel und Zitrusfrüchte. Sie sollten eßreif geerntet werden, da sie nach der Ernte nicht nachreifen.

■ Gemüse und Obst, bei denen nach der Ernte ein Anstieg der Atmungsgeschwindigkeit mit einer Reifung gekoppelt ist, zum Beispiel Tomaten, Äpfel, Birnen, Bananen, Avocados und einige

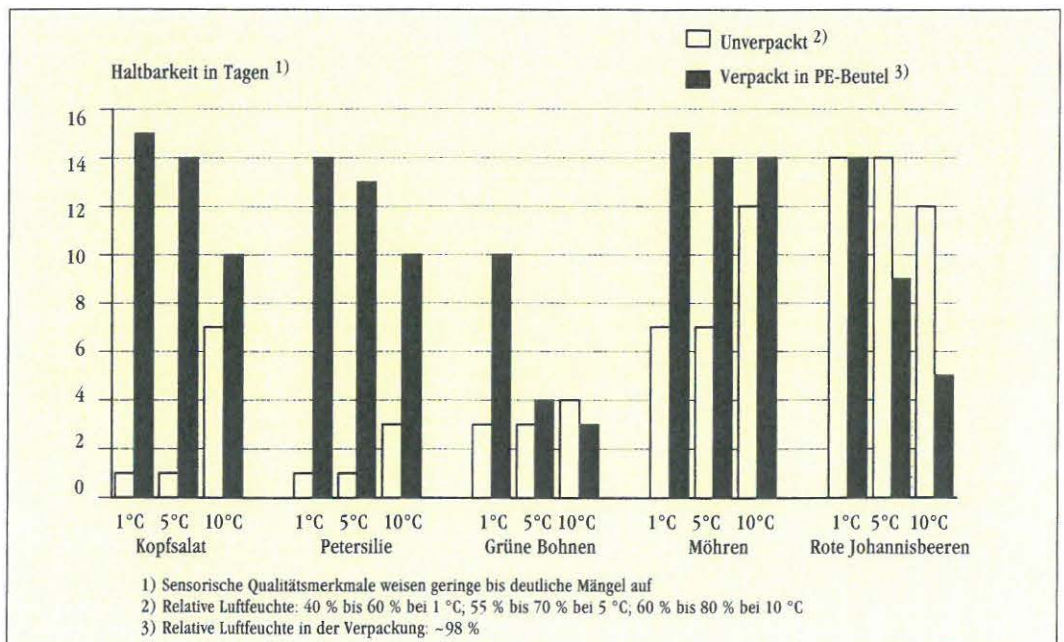


Abbildung 1: Einfluß der Temperatur und relativen Luftfeuchte auf die Haltbarkeit von ausgewähltem Gemüse und Obst bei der Vorratshaltung im Kühlschrank (Bognár, Knaus, 1989)

**Tabelle 1: Richtwerte für die Lagerdauer von Frischgemüse und -obst bei der Lagerung unter optimalen Bedingungen und bei der Vorratshaltung im Haushalt (Zacharias, Dürr, 1992; Bognár, Knaus, 1989; Bognár, Bobling, Fort, 1990)**

Lebensmittel	Lagerdauer in Tagen							
	0 °C – 2 °C		3 °C – 8 °C		4 °C – 15 °C		16 °C – 25 °C	
	rel. Luftfeuchte %		rel. Luftfeuchte %		rel. Luftfeuchte %		rel. Luftfeuchte %	
	90-98 <sup>1)</sup>	40-70 <sup>2)</sup>	85-98 <sup>1)</sup>	60-75 <sup>2)</sup>	80-90 <sup>3)</sup>	60-75 <sup>4)</sup>	97-98 <sup>5)</sup>	50-70 <sup>6)</sup>
Blumenkohl	28	–	7	7	–	12	2	2
Endivie	21	–	–	3	–	14	–	3
Kopfsalat	15	1	15	1	10	7	4	2
Lauch	7	–	–	3	–	7	–	–
Rosenkohl	30	–	14	2	10	2	–	2
Rot- und Weißkohl	7M	–	–	–	4M	3M	–	7
Petersilie	60	1	13	1	10	3	4	2
Spargel	14	–	10	3	–	–	–	2
Spinat	7	–	–	2	4	2	–	2
Wirsingkohl	3M	–	14	1	10	7	–	2
Grüne Bohnen	10	3	4	3	3	4	–	3
Grüne Erbsen, mit Hülsen	35	–	–	2	–	3	–	3
Grüne Erbsen, ohne Hülsen	14	–	9	2	–	3	–	3
Tomaten, dreiviertel reif	–	–	7 <sup>a)</sup>	5 <sup>a)</sup>	7	7	2	3
Tomaten, halb reif	–	–	–	–	21	14	–	7
Auberginen	–	–	14 <sup>a)</sup>	7 <sup>a)</sup>	14	7	–	2
Gurken	–	–	14 <sup>a)</sup>	7 <sup>a)</sup>	12	7	–	2
Paprika	–	–	10 <sup>a)</sup>	7 <sup>a)</sup>	21	7	–	2
Kartoffeln	8M <sup>b)</sup> *	–	–	–	7M*	3M*	–	14*
Kohlrabi, mit Laub	14	–	14	7	–	–	–	2
Kohlrabi, ohne Laub	3M	–	14	7	–	–	–	7
Möhren	14	7	14	7	4M*	2M*	2	3
Radieschen	7	–	4	2	–	–	3	2
Rettich ohne Laub	3M	–	14	3	–	–	3	2
Rote Bete	6M	–	–	–	4M	3M	–	7
Sellerie	4M	–	–	–	3M	2M	–	7
Zwiebeln	–	8M	–	–	–	3M	–	14
Erdbeeren, Himbeeren	5	–	–	2	–	–	–	1
Johannisbeeren	21	14	9	14	5	12	3	2
Stachelbeeren	21	–	–	8	–	–	3	2
Kirschen	14	–	10	5	–	–	3	4
Äpfel	3-8M <sup>c)</sup>	–	–	14	3-5M <sup>c)</sup>	3-5M <sup>c)</sup>	–	7
Birnen	2-6M	–	–	7	1-2M <sup>c)</sup>	1-3M <sup>c)</sup>	–	3
Pfirsiche, reif	–	–	–	–	–	–	–	–
Pflaumen	14-21	–	7	7	–	3	1	3
Orangen, Zitronen	4M <sup>c)</sup>	–	30 <sup>c)</sup>	30 <sup>c)</sup>	30	30	–	7
Weintrauben	6M	–	9	14	–	–	–	3
Nüsse	12M <sup>7)</sup>	–	–	–	–	6M	–	14

- Lagerraum mit künstlicher Befeuchtung; konventioneller Haushaltskühlschrank, Lebensmittel in feuchtedichten Kunststoffbeuteln bzw. -dosen verpackt
  - Konventioneller Haushaltskühlschrank
  - Keller mit Lehmboden, dunkel, belüftbar, Temperatur 4 °C bis 14 °C
  - Keller mit betonierte Boden, dunkel, belüftbar, Temperatur 7 °C bis 15 °C
  - Vorratsraum, Lebensmittel in feuchtedichten Polyethylenbeuteln verpackt
  - Vorratsraum
  - Lagerraum, relative Luftfeuchte 65 % bis 80 %;
    - Kälteempfindlich; Lagerung bei 7 °C bis 8 °C
    - Kälteempfindlich; Lagerung bei 5 °C bis 8 °C
    - Kälteempfindlich; Lagerung bei 7 °C bis 10 °C
- = es liegen keine Angaben vor; M = Monate; \* = späte Sorten

Steinfrüchte. Das Maximum der Atmungsgeschwindigkeit charakterisiert das Stadium der Vollreife, das heißt, die beste Eßqualität ist erreicht. An das Maximum schließt sich der Alterungsabbau an. Die Nachreifungsphase kann in der Regel nur bei höheren Temperaturen (etwa 20 °C) stattfinden.

Die Geschwindigkeit chemischer und biochemischer Prozesse in Gemüse und Obst wird wesentlich von der Lagertemperatur beeinflusst. In dem für die Lagerung von Gemüse und Obst relevanten Temperaturbereich (von 0 °C bis +30 °C) wird der Stoffwechsel durch je 10 °C Temperaturerhöhung um den Faktor 2 bis 3 beschleunigt. Der Kühlung von rohem Obst und Gemüse sind jedoch Grenzen gesetzt. So kann das Gefrieren des Zellsaftes zur irreversiblen Zerstörung der Zellstruktur und damit zu einem unerwünschten Qualitätsverlust führen. Bei kälteempfindlichen Obst- und Gemüsearten, zum Beispiel Auberginen, Paprika, Gurken, Tomaten, Süßfrüchten und Kartoffeln, können Kälteschädigungen bereits bei Temperaturen unterhalb von etwa 6 °C auftreten (Hansen, 1985).

Neben der Temperatur spielen auch andere Faktoren eine erhebliche Rolle für die Qualität. So

ist die relative Luftfeuchte in der Lageratmosphäre maßgebend für den Verlust an Wasser, das Verwelken, sowie für das Wachstum von Mikroorganismen. Die Zusammensetzung der Atmosphäre im Lagerraum vermag darüber hinaus in erheblichem Maße die Stoffwechselaktivität des Lagergutes zu beeinflussen. Erhöhung der Kohlendioxid- und Verminderung der Sauerstoffkonzentration führen in vielen Fällen zu verbesserter Qualitätserhaltung (CA-Lagerung, CA = kontrollierte Atmosphäre).

## Genußwert

Die sensorische Qualität von rohem Gemüse und Obst kann im Verlauf der Vorratshaltung aufgrund von Verwelken, Austrocknen, Farbveränderungen, Abflachen arteigener Aromastoffe und der Bildung von alten, dumpfen, fauligen Geruchs- und Geschmacksstoffen stark abnehmen. Je nach Lagerbedingungen treten unterschiedliche Veränderungen in den Vordergrund, so daß ganz verschiedene sensorische Merkmale die Haltbarkeit begrenzen. Unter dem Aspekt einer guten Genußwerterhaltung wird die Haltbarkeitsgrenze dann als erreicht bezeichnet, wenn die sensorischen Merkmale (Farbe, Form,

**Tabelle 2: Gewichtsverluste von unverpacktem Frischgemüse und -obst bei verschiedenen Lagerbedingungen (Bognár, Knaus, 1989; Bognár, Bobling, Fort, 1990; Bognár, 1991) – Lagerdauer 2 bis 14 Tage –**

Lebensmittel	Verlust in % pro Tag <sup>1)</sup>			
	0 °C – 2 °C	4 °C – 8 °C	10 °C – 12 °C	16 °C – 25 °C
	rF 76%-90 % <sup>2)</sup>	rF 58%-78 % <sup>3)</sup>	rF 70%-80 % <sup>4)</sup>	rF 50%-70 % <sup>5)</sup>
Lauch	–	–	–	15,0
Endivien	–	–	2,0	3,0
Kopfsalat	–	8,0	5,0	6,0
Petersilie	–	13,0	–	16,0
Spinat	–	2,5	2,0	4,0
Blumenkohl	0,4	2,0	1,5	2,0
Grüne Bohnen	0,2	1,0	1,5	2,0
Grüne Erbsen m. Hülse	0,3	0,3	1,5	3,0
Grüne Erbsen o. Hülse	0,3	0,4	0,5	2,0
Tomaten, reif	–	0,2	0,3	0,3
Möhren	–	6,0	–	3,0
Radieschen	–	17,0	–	16,0
Rote Johannisbeeren	–	1,5	–	1,5
Pfirsiche	–	2,0	–	1,5
Süßkirschen	–	2,0	–	2,0

- Mittelwerte berechnet aufgrund von linearen Regressionsanalysen der Literaturangaben (Korrelationskoeffizienten > 0,850)
  - Lagerraum; 3) Konventioneller Haushaltskühlschrank; 4) Konventioneller Haushaltskühlschrank/Keller; 5) Vorratsraum
- rF = relative Luftfeuchte; – = es liegen keine Angaben vor

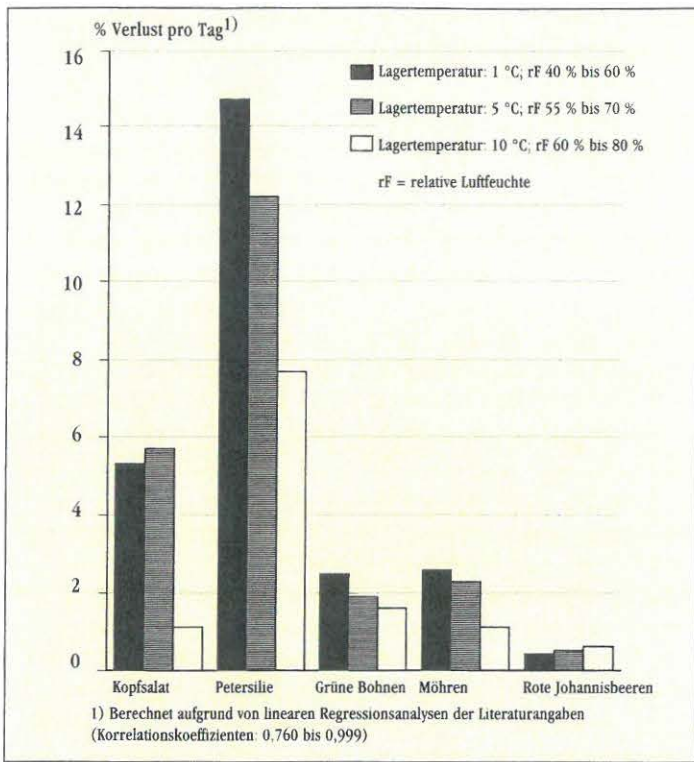


Abbildung 2: Einfluß der Temperatur und relativen Luftfeuchte auf den Gewichtsverlust von ausgewähltem, unverpacktem Gemüse und Obst bei der Vorratshaltung im Kühlschrank (Bognár, Knaus, 1989) – Lagerdauer 3 bis 14 Tage –

Geruch, Geschmack und Konsistenz) eines Produktes geringfügige bis deutliche Mängel aufweisen (Zacharias, Dürr, 1992). Der Einfluß von Temperatur und Verpackung auf die Haltbarkeit von Gemüse und Obst im konventionellen Haushaltskühlschrank ist am Beispiel von Kopfsalat, Petersilie, grünen Bohnen,

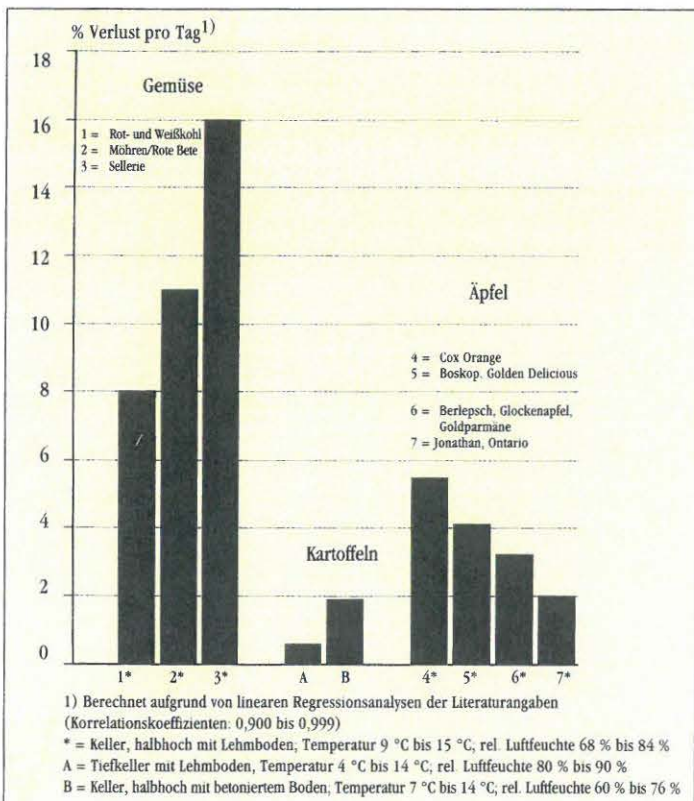


Abbildung 3: Gewichtsverluste von unverpacktem Gemüse, unverpackten Kartoffeln und Äpfeln bei der Vorratshaltung im Keller (Zacharias, Dürr 1992) – Lagerdauer 2 bis 6 Monate –

Möhren und roten Johannisbeeren in Abbildung 1 dargestellt. Daraus ist zu entnehmen, daß die Haltbarkeitsgrenze von unverpackt gelagertem Gemüse bei 1 °C und 5 °C deutlich schneller erreicht wurde als bei 10 °C. Verantwortlich dafür waren in erster Linie die Farb- und Formveränderungen durch Austrocknung und Verwelken. Sie waren auf die niedrige relative Luftfeuchte von 40 bis 70 Prozent bei 1 °C und 5 °C im Kühlschrank zurückzuführen. Bei 10 °C (relative Luftfeuchte 66 bis 85 Prozent) traten, neben Farb- und Formveränderungen, je nach Gemüseart un-

für die Lagerdauer bei der Vorratshaltung von rohem Gemüse und Obst in Kühlschrank, Keller und Vorratsraum im Vergleich zur Lagerung unter optimalen Bedingungen im Kühlraum. Daraus läßt sich ableiten, daß die Vorratshaltung von nicht kälteempfindlichem Gemüse und Obst am besten bei 0 °C bis 2 °C und einer relativen Luftfeuchte von mehr als 90 Prozent erfolgen sollte. Diese Lagerbedingungen sind im Haushalt jedoch nur dann zu erreichen, wenn ein Kühlschrank mit entsprechender Einrichtung vorhanden ist. In konventionellen Haushaltskühl-

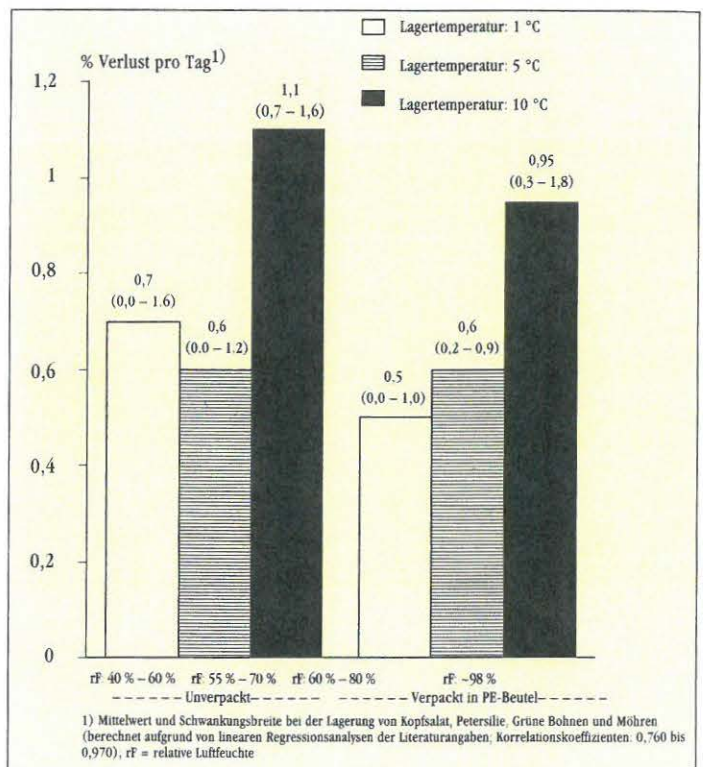


Abbildung 4: Einfluß der Temperatur und relativen Luftfeuchte auf den Gehalt an Trockensubstanz in ausgewähltem Gemüse bei der Vorratshaltung im Kühlschrank (Bognár, Knaus 1989) – Lagerdauer 3 bis 14 Tage –

terschiedlich schnelle Veränderungen in Geruch und Geschmack auf, die zu der entsprechenden Abwertung der sensorischen Qualität führten. Wurde die relative Feuchtigkeit in der Lageratmosphäre durch Verpacken der Gemüseproben in Polyethylenbeutel auf etwa 98 Prozent erhöht, verbesserte sich die Genußwerterhaltung – insbesondere bei 1 °C und 5 °C – erheblich.

schränken ist die Regelung der Luftfeuchte nicht möglich. Bei Einstellung einer Temperatur von beispielsweise 1 °C sinkt die relative Luftfeuchte meist auf 40 bis 60 Prozent ab. Die Verpackung von Gemüse und Obst in feuchtedichten Polyethylenbeuteln oder -dosen ist daher zu empfehlen. Sie bewirkt eine Erhöhung der relativen Luftfeuchte um das Lagergut und damit allgemein eine Verlängerung der Haltbarkeit bei

Tabelle 1 enthält Richtwerte

**Tabelle 3: Verlust an Trockensubstanz, Eiweiß und Zucker in Frischgemüse und -obst bei verschiedenen Lagerbedingungen (Bognár, Knaus, 1989; Bognár, Bobling, Fort, 1990) – Lagerdauer 1 bis 240 Tage –**

Lebensmittel	Lagerbedingungen		Verlust in % pro Tag <sup>1)</sup>		
	Temperatur °C	rel. Luftfeuchte %	Trockensubstanz	Eiweiß	Gesamtzucker
Blumenkohl	4–8a)	60–80	0,0	3,0	0,0
	10–15b)	80–90	0,0	7,0	<0,2
	16–24c)	50–80	2,0	8,0	6,0
Endivie	10–14b)	–	0,0	3,0	0,0
	16–24c)	–	0,0	3,0	1,0
Kopfsalat	4–8a)	–	4,0	3,0	–
	10–14b)	–	5,0	5,0	3,0
	16–24c)	–	6,0	5,0	5,0
Grüne Bohnen	0	77–88	0,6	–	0,0
	4	78–88	0,8	–	0,0
	10–15b)	80–90	2,0	0,3	3,0
	16–24c)	50–80	2,5	0,3	3,0
Grüne Erbsen ohne Schale	0	76–87	0,6	–	1,0
	4	82–90	0,9	–	3,3
	12–18b)	64–78	–	–	11,0
Spinat	4–8a)	60–80	0,5	1,0	1,0
	10–15b)	80–90	1,0	3,0	4,0
	16–24c)	50–80	2,0	4,0	4,0
Tomaten	4–8a)	60–80	1,0	3,0	4,1
	10–15b)	80–90	1,0	4,0	3,4
	16–24c)	50–80	1,0	4,0	2,7
Süßkirschen	4–8a)	60–80	0,2	–	4,0
	10–15b)	80–90	1,5	–	5,0
	16–24c)	50–80	1,5	–	4,0
Apfel (verschiedene Sorten)	0d)	93–96	–	–	0,08
	0e)	93–96	–	–	0,05
	3,5d)	93–96	–	–	0,08
	3,5e)	93–96	–	–	0,07

- 1) Mittelwerte berechnet aufgrund von linearen Regressionsanalysen der Literaturangaben (Korrelationskoeffizient > 0,800)  
a) Konventioneller Haushaltskühlschrank; Lagerdauer: 7 – 14 Tage  
b) Keller; Lagerdauer: 7 – 14 Tage  
c) Vorratsraum; Lagerdauer: 1 – 4 Tage  
d) Lagerraum mit künstlicher Befuchtung; Lagerdauer: 180 – 240 Tage  
e) Lagerraum mit kontrollierter Atmosphäre (3 % – 6 % O<sub>2</sub> + 1 % – 3 % CO<sub>2</sub> + 91 % – 96 % N<sub>2</sub>); Lagerdauer: 180 – 240 Tage; – = es liegen keine Angaben vor

**Tabelle 4: Vitamin-C-Verluste in Frischgemüse und -obst bei verschiedenen Lagerbedingungen (Bognár, Knaus, 1989; Bognár, Bobling, Fort, 1990) – Lagerdauer 1 bis 21 Tage –**

Lebensmittel	Verlust in % pro Tag <sup>1)</sup>							
	0°C–2°C		4°C–8°C		9°C–14°C		16°C–25°C	
	rF <sup>2)</sup> 80%–98%	rF <sup>3)</sup> 50%–75%	rF <sup>4)</sup> ~98%	rF <sup>5)</sup> 50%–75%	rF <sup>6)</sup> 80%–90%	rF <sup>7)</sup> 60%–76%	rF <sup>8)</sup> 50%–70%	
Blumenkohl	0,1	–	–	3,5	–	–	11,0	
Chinakohl	0,9	–	–	–	–	–	–	
Endivie	–	–	–	–	–	8,0	–	
Grünkohl	0,5	4,4	–	–	–	–	22,0	
Kopfsalat	4,8*	9,5	5,5*	–	7,0**	15,0	21,0	
Lauch	–	–	–	15,0	10,0	–	–	
Petersilie	2,2*	4,5	2,2*	9,0	9,5**	–	16,0	
Rosenkohl	–	–	–	6,0	–	10,0	22,0	
Spargel	–	7,0	–	5,0	–	–	25,0	
Spinat	–	5,0	3,0	–	6,0	17,0	26,0	
Weißkohl	–	–	–	2,5	–	–	3,0	
Wirsing	–	–	–	–	–	12,0	–	
Grüne Bohnen	1,9*	7,0	3,0*	5,0	5,0**	17,0	22,0	
Grüne Erbsen <sup>#)</sup>	1,0	2,0	–	15,0	–	6,0	12,0	
Grüne Erbsen <sup>##)</sup>	–	5,5	–	4,0	–	10,0	10,0	
Süßkirschen	–	–	–	7,0	–	21,0	21,0	

- 1) Mittelwerte berechnet aufgrund von linearen Regressionsanalysen der Literaturangaben (Korrelationskoeffizienten > 0,850)  
2) Lagerraum mit künstlicher Befuchtung; konventioneller Haushaltskühlschrank, Lebensmittel in feuchtedichten Kunststoffbeuteln bzw. -dosen verpackt  
3) Konventioneller Haushaltskühlschrank  
4) Konventioneller Haushaltskühlschrank, Lebensmittel in feuchtedichten Kunststoffbeuteln bzw. -dosen verpackt  
5) Konventioneller Haushaltskühlschrank  
6) Keller mit Lehmboden, dunkel, belüftbar  
7) Keller mit betoniertem Boden, dunkel, belüftbar  
8) mit Hülse; ##) ohne Hülse; rF = relative Luftfeuchte; – = es liegen keine verwertbaren Angaben vor; \* = in Polyethylenbeutel verpackt; rF ~ 98%; \*\* = in Polyethylenbeutel verpackt, gelagert bei 10 °C; rF ~ 98%

**Tabelle 5: Vitamin-C-Verluste in Kohl-, Wurzel- und Knollengemüse bei verschiedenen Lagerbedingungen (Bognár, Bobling, Fort, 1990; Bucko, Obonova, Ambrova, 1977; Zacharias, 1975; Kejbets, 1990) – Lagerdauer 28 bis 224 Tage –**

Lebensmittel	Verlust in % pro Tag <sup>1)</sup>				
	0°C–2°C	0°C–10°C	4°C–8°C	4°C–14°C	7°C–15°C
	rF 75%–90% <sup>2)</sup>	rF n.b. <sup>3)</sup>	rF 50%–75% <sup>4)</sup>	rF 80%–90% <sup>5)</sup>	rF 60%–76% <sup>6)</sup>
Weißkohl	0,10	0,1	2,5	0,2	1,6
Möhren	0,05	0,4	1,0	–	1,5
Kohlrabi	–	0,1	0,2	–	–
Sellerie	–	0,3	–	–	–
Kartoffeln	0,15 <sup>7)</sup>	–	–	0,3	0,4

- 1) Mittelwerte berechnet aufgrund von linearen Regressionsanalysen der Literaturangaben (Korrelationskoeffizienten > 0,850)  
2) Lagerraum; 3) Miete; 4) Konventioneller Haushaltskühlschrank  
5) Tiefkeller mit Lehmboden, belüftbar, dunkel  
6) Keller, halbhoch mit betoniertem Boden  
7) Lagerraum bei 6 °C und rF ~ 98 %  
rF = rel. Luftfeuchte; n.b. = nicht bekannt; – = es liegen keine Angaben vor

**Tabelle 6: Vitamin-C-Verluste in Äpfeln, Orangen und Ananas bei verschiedenen Lagerbedingungen (Bognár, Bobling, Fort, 1990) – Lagerdauer 7 bis 210 Tage –**

Lagerbedingungen			Verlust in % pro Tag <sup>1)</sup>					
Temperatur °C	Atmosphäre	relative Luftfeuchte %	Äpfel <sup>2)</sup>		Orangen <sup>3)</sup>		Ananas <sup>3)</sup>	
			x	von-bis	x	von-bis	x	von-bis
			0	Luft	86–90	0,27	0,13–0,40	–
0	Luft	92–95	–	–	0,87	–	0,60	–
0	CA <sup>4)</sup>	93–96	0,14	0,01–0,27	–	–	–	–
2,5–3,5	Luft	86–90	–	–	–	–	–	–
2,5–3,5	CA <sup>4)</sup>	93–96	0,25	0,03–0,40	–	–	–	–
5	Luft	92–95	–	–	0,40	–	0,60	–
10–15	Luft	92–95	–	–	0,38	0,33–0,43	0,40	0,33–0,47
16–25	Luft	50–70	5,50	3,00–8,00	–	–	–	–
20–30	Luft	92–95	–	–	0,63	0,53–0,73	0,60	0,57–0,63

- 1) Mittelwert und Schwankungsbreite berechnet aufgrund von linearen Regressionsanalysen der Literaturangaben (Korrelationskoeffizienten > 0,850)  
2) Jonagold, Gloster, Idared, Golden Delicious (Lagerdauer 7 bis 240 Tage)  
3) in Polyethylenbeutel verpackt (Lagerdauer 7 bis 56 Tage)  
4) CA = Kontrollierte Atmosphäre (3 % bis 6 % CO<sub>2</sub> + 1 % bis 3 % O<sub>2</sub> + 91 % bis 96 % N<sub>2</sub>); – = es liegen keine Angaben vor

**Tabelle 7: Einfluß der Temperatur und relativen Luftfeuchte auf den Gehalt an Vitamin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> und B<sub>6</sub> in Frischgemüse und -obst bei der Lagerung im Kühlschrank (Bognár, Knaus, 1989) – Lagerdauer 3 bis 14 Tage –**

Vitaminart/Lebensmittel	Gehalt mg/100g <sup>1)</sup>	Verlust in % pro Tag <sup>2)</sup>						
		unverpackt			verpackt <sup>6)</sup>			
		1 °C <sup>3)</sup>	5 °C <sup>4)</sup>	10 °C <sup>5)</sup>	1 °C	5 °C	10 °C	
<b>Vitamin B<sub>1</sub></b>	Kopfsalat	0,044	4,7	4,7	1,6	0,6	0,6	0,7
	Petersilie	0,016	8,2*	8,2*	8,2*	5,0*	5,0*	5,0*
	Grüne Bohnen	0,036	–	–	–	–	–	–
	Möhren	0,050	–	–	–	–	–	–
	Rote Johannisbeeren	0,012	–	–	–	–	–	–
<b>Vitamin B<sub>2</sub></b>	Kopfsalat	0,088	5,4	5,4	1,8	2,4	2,4	2,6
	Petersilie	0,048	3,9*	3,9*	9,5*	1,1*	1,1*	4,6*
	Grüne Bohnen	0,067	–	–	–	–	–	–
	Möhren	0,029	–	–	–	–	–	–
	Rote Johannisbeeren	0,006	–	–	–	–	–	–
<b>Vitamin B<sub>6</sub></b>	Kopfsalat	0,066	2,9	2,4	0,9	0,4	0,4	1,0
	Petersilie	0,092	1,8	2,5	1,8	–	–	–
	Grüne Bohnen	0,068	1,8	1,0	0,6	0,4	0,5	1,2
	Möhren	0,118	1,6	0,6	0,2	–	–	–
	Rote Johannisbeeren	0,024	–	–	–	–	–	–

- 1) Gehalt in verzehrbare Menge (1 Tag nach der Ernte)  
2) Mittelwerte berechnet aufgrund von linearen Regressionsanalysen der Literaturangaben (Korrelationskoeffizient > 0,850)  
3) Relative Luftfeuchte: 40 % – 60 %; 4) Relative Luftfeuchte: 55 % – 70 %; 5) Relative Luftfeuchte: 60 % – 80 %  
6) In Polyethylenbeuteln; relative Luftfeuchte in der Verpackung ~ 98 %; – = keine signifikante Veränderung nach 14-tägiger Lagerung; \* = Zunahme

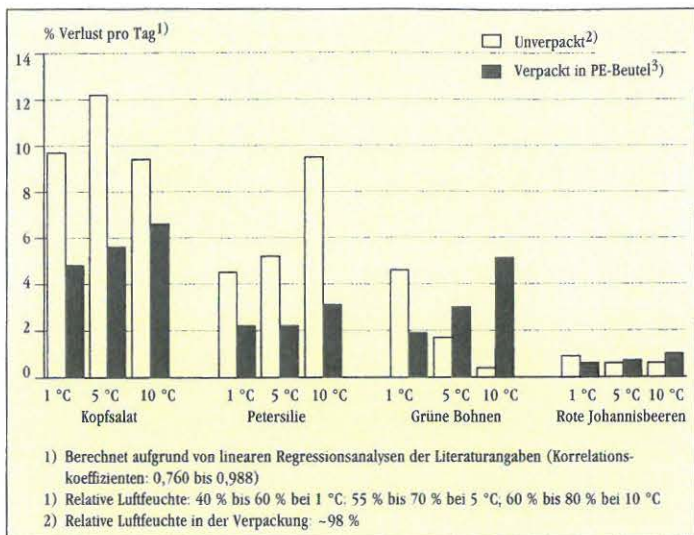


Abbildung 5: Einfluß der Temperatur und relativen Luftfeuchte auf den Gehalt an Vitamin C in ausgewähltem Gemüse und Obst bei der Vorratshaltung im Kühlschrank (Bognár, Knaus 1989) – Lagerdauer 3 bis 14 Tage –

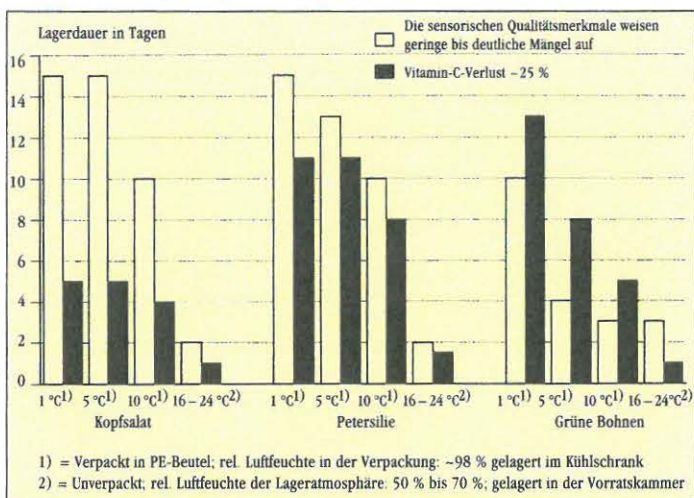


Abbildung 6: Richtwerte für die Lagerdauer von ausgewählten Gemüsen aufgrund der Genußwerterhaltung und der Vitamin-C-Verluste unter verschiedenen Lagerbedingungen

1 °C bis 5 °C. Bei höheren Temperaturen begünstigt eine hohe relative Feuchte allerdings die Schimmelbildung und Fäulnis. Es ist dann mit einer kürzeren Haltbarkeit von verpacktem Obst und Gemüse zu rechnen.

Ein Einfrieren der Lebensmittel sollte wegen negativer Veränderungen, vor allem der Textur, vermieden werden (Bognár, Knaus, 1989; Bognár, Bohling, Fort, 1990; Bognár, 1991; Hansen, 1985).

## Gewichtsveränderung und Putzabfall

Gewichtsschwund während der Lagerung von rohem Gemüse und Obst wird hauptsächlich durch

Transpiration verursacht. Um die Verdunstung von Wasser zu verhindern, müßte die Lageratmosphäre mit Wasserdampf gesättigt sein. Für die Kühlung dieser Produktgruppe werden deshalb 90 bis 100 Prozent relative Luftfeuchte in der Lageratmosphäre als optimal angesehen.

Bei der kurzfristigen Vorratshaltung von unverpacktem Gemüse bestand zwischen Gewichtserhaltung und Lagerdauer bei allen Lagertemperaturen eine signifikante negative Korrelation (Bognár, Knaus, 1989; Bognár, Bohling, Fort, 1990; Bognár, 1991). Der Einfluß der Lagertemperatur auf den Gewichtsschwund bei der Lagerung von unverpacktem Gemüse im Haushalts-

kühlschrank ist am Beispiel von Kopfsalat, Petersilie, grünen Bohnen und Möhren in Abbildung 2 dargestellt. Die mittleren Gewichtsschwundschwankungen je nach Gemüseart und Lagertemperatur zwischen 0,3 und 17 Prozent pro Tag Lagerdauer. Die höchsten Gewichtsschwundschwankungen zeigten Kopfsalat, Petersilie und Radieschen im konventionellen Kühlschrank bei 4 °C bis 8 °C und relativer Luftfeuchte von 58 bis 78 Prozent (Tabelle 2).

Bei der langfristigen Vorratshaltung von Gemüse und Obst im Keller wiesen Kartoffeln, Rot- und Weißkohl sowie Äpfel unabhängig von den Lagerbedingungen den geringsten Gewichtsschwund pro Zeiteinheit auf (Abbildung 3). Die kompakten Blätter und festen Schalen scheinen auch bei niedriger relativer Luftfeuchte vor Austrocknung zu schützen. Die verzehrbare Menge von rohem Gemüse und Obst wird nicht nur durch den Gewichtsschwund, sondern auch durch den Putzabfall bestimmt. Ein deutlicher Anstieg des Putzabfalls wurde bei

der Lagerung von Blattgemüse im konventionellen Kühlschrank bei 1 °C bis 5 °C und relativer Luftfeuchte von 40 bis 70 Prozent festgestellt, da die ausgetrockneten, verwelkten Blätter nicht mehr zum Verzehr geeignet waren. So war zum Beispiel die nicht mehr verzehrbare Menge von unverpacktem Kopfsalat bereits nach eintägiger Lagerung bei 1 °C bis 5 °C fast doppelt so hoch wie bei der erntefrischen Ausgangsware. Bei der Lagerung von verpacktem Gemüse (relative Luftfeuchte 98 ± 2 Prozent) erhöhte sich dagegen der Putzabfall auch nach 14tägiger Lagerung bei 1 °C bis 5 °C nur geringfügig.

## Nährwert

Die Abnahme des Eiweiß-, Fett-, Kohlenhydrat- und Ballaststoffgehaltes während der Vorratshaltung von Gemüse und Obst wurde meist über die Bestimmung der Trockensubstanz summarisch ermittelt (Bognár, Knaus, 1989; Bognár, Bohling, Fort, 1990).

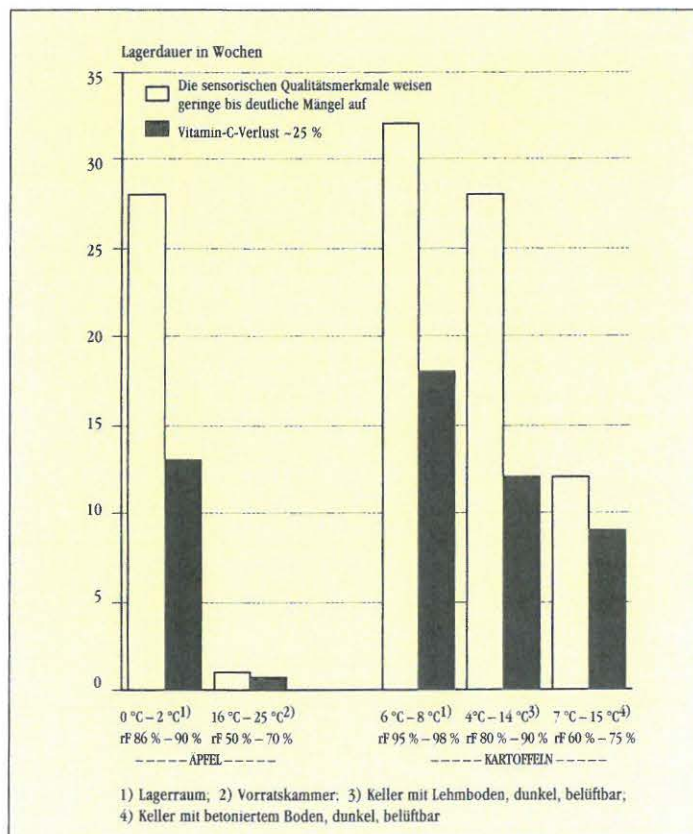


Abbildung 7: Richtwerte für die Lagerdauer von Äpfeln und Kartoffeln aufgrund der Genußwerterhaltung und der Vitamin-C-Verluste unter verschiedenen Lagerbedingungen

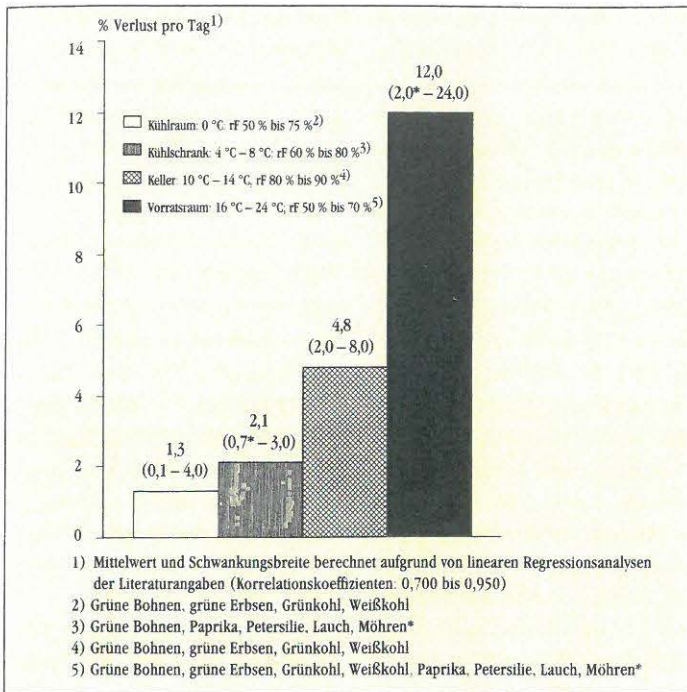


Abbildung 8:  $\beta$ -Carotin-Verluste in Frischgemüse bei verschiedenen Lagerbedingungen (Bognár, Bohling, Fort, 1990) – Lagerdauer 2 bis 21 Tage –

Bei der kurzfristigen Vorratshaltung von unverpacktem und verpacktem Gemüse (Kopfsalat, Petersilie, grünen Bohnen und Möhren) im Haushaltskühlschrank bei 1 °C bis 10 °C schwankten die Trockensubstanzverluste zwischen 0,1 und 1,8 Prozent pro Tag Lagerdauer (Abbildung 4). Der Einfluß der Verpackung, und damit der relativen Luftfeuchte, war bei den meisten Gemüsearten gering. So-

wohl bei den unverpackten als auch bei den verpackten Proben erfolgte der Abbau bei 10 °C im Mittel schneller als bei 1 °C und 5 °C. Die Verluste wurden hauptsächlich durch den Abbau von Eiweiß und Zuckern verursacht (Tabelle 3).

Verluste an Mineralstoffen sind bei der Vorratshaltung von Gemüse und Obst nicht zu erwarten, da Mineralstoffe nicht abgebaut werden. Nachgewiesen wurden le-

diglich Verlagerungen von Mineralstoffionen innerhalb eines Pflanzenorganes, zum Beispiel in Weißkohl und Blumenkohl (Bucko, Obonova, Ambrova, 1977). Diese sind jedoch für die Nährwerterhaltung bezogen auf den eßbaren Anteil von nur geringer Bedeutung.

Wie zahlreiche Befunde bestätigen, hängt die Vitaminerhaltung im wesentlichen von folgenden Faktoren ab:

- Art der Vitamine
- innere Eigenschaften von Gemüse und Obst (pH-Wert des Zellsaftes, Gehalt an Oxidationsenzymen)
- äußere Beschaffenheit der Ware
- Unversehrtheit der Pflanzenzellen
- Lagertemperatur und -zeit
- relative Luftfeuchte und Sauerstoffgehalt in der Lageratmosphäre

Auch die Anbaubedingungen und der Erntezeitpunkt wirken sich bei Blattgemüse offensichtlich auf die Erhaltung des Vitamin-C-Gehaltes aus. In Frühlings- und Herbstspinat waren zum Beispiel die täglichen Verluste an Vitamin C fast doppelt so hoch wie in Winterpinat (Bognár, Bohling, Fort, 1990; Bognár, 1991).

Vitamin C ist das empfindlichste Vitamin gegenüber Lagerungseinflüssen. Die vorliegenden Befunde über die Verluste an Vitamin C bei der kurzfristigen Vorratshaltung von Gemüse und Obst sind in Tabelle 4 zusammengefaßt.

Daraus läßt sich ableiten, daß der Vitamin-C-Abbau in Gemüse und Obst um so schneller erfolgt, je niedriger die relative Luftfeuchte und je höher die Temperatur der Lageratmosphäre ist. Der schnellere Abbau unter den genannten Bedingungen wird vorwiegend mit den beschleunigten Stoffwechselfvorgängen sowie mit dem durch Verwelken bzw. Austrocknen verursachten physiologischen Streß der Pflanzenteile erklärt (Bognár, Knaus, 1989; Bognár, Bohling, Fort, 1990; Bognár, 1991). Die Wirkung der Lagertemperatur und der relativen

Luftfeuchte (Verpackung) auf die Vitamin-C-Verluste wird am Beispiel von Kopfsalat, Petersilie, grünen Bohnen und roten Johannisbeeren in Abbildung 5 dargestellt. Bei der Vorratshaltung von Gemüse und Obst in der Vorratskammer bei Zimmertemperatur ist in der Regel mit fünf- bis zehnmal höheren Vitamin-C-Verlusten zu rechnen als bei optimalen Lagerbedingungen bei 0 °C bis 2 °C und 90 bis 98 Prozent relativer Luftfeuchte. Die vergleichsweise geringen Vitamin-C-Verluste pro Tag Lagerung bei der langfristigen Vorratshaltung von Weißkohl, Möhren, Kohlrabi, Sellerie und Kartoffeln sowie von Äpfeln, Orangen und Ananas in Kühlraum, Miete oder Keller lassen erkennen, daß die Abbaugeschwindigkeit von Ascorbinsäure durch die äußere Beschaffenheit (wie Schale, kompakte Blätter) und die innere Zusammensetzung von Gemüse und Obst beeinflusst wird (Tabellen 5 und 6).

Gemüse und Obst sind nach wie vor die wichtigsten Quellen für die Versorgung des Menschen mit Vitamin C. Der Verlust an diesem Vitamin dient deshalb neben der Verminderung des Genußwertes häufig als begrenzender Faktor für die Lagerungsdauer. Wird ein Vitamin-C-Verlust von rund 25 Prozent als noch tolerierbarer Grenzwert für die Haltbarkeit angenommen, so ergeben sich für die Vorratshaltung von Gemüse und Obst kürzere Lagerzeiten als in bezug auf die Genußwerterhaltung. Die Abbildungen 6 und 7 veranschaulichen die Unterschiede zwischen der empfohlenen Lagerdauer bezüglich Genußwert- und Vitamin-C-Erhaltung am Beispiel von Kopfsalat, Petersilie, grünen Bohnen, Weißkohl, Kartoffeln und Äpfeln. Während Blattgemüse (Kopfsalat, Petersilie, Spinat) auch unter optimalen Lagerbedingungen höchstens eine Woche auf Vorrat gehalten werden sollten, können Kartoffeln, Weißkohl und Äpfel auch hinsichtlich ihres Vitamin-C-Gehalts relativ lange gelagert werden.

Über den Einfluß der Lagerbedingungen auf den Gehalt ande-

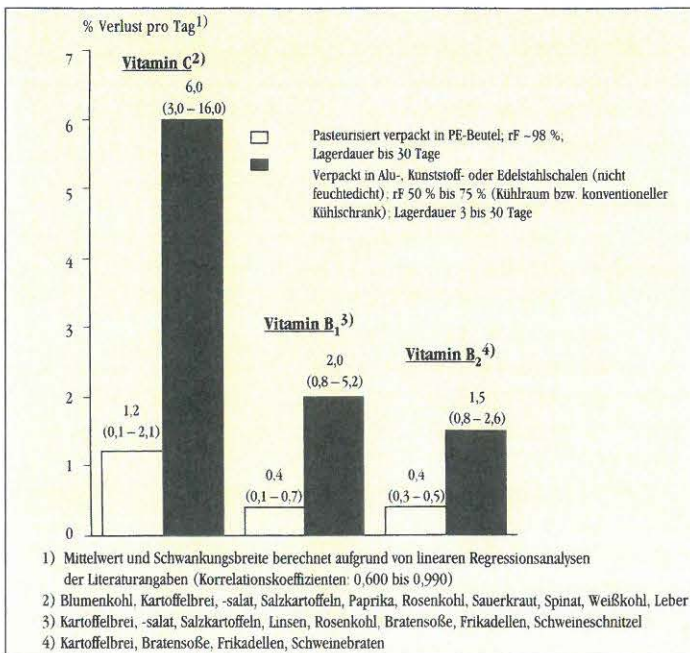


Abbildung 9: Verluste an Vitamin C, B<sub>1</sub> und B<sub>2</sub> in Gemüse-, Kartoffel- und Fleischspeisen bei 2 °C Lagerung (Bognár, Zacharias, 1979)

**Tabelle 8: Richtwerte für die Lagerdauer von Frischfleisch, -fisch, -geflügel und -ei bei der Vorratshaltung im Haushalt (Zacharias, Dürr, 1992; Bognár, 1991; Krämer, 1987)**

Lebensmittel	Lagerdauer <sup>1)</sup>	
	bei -1 °C bis +1 °C	bei 2 °C bis 6 °C
Rindfleisch	14 Tage	2 - 5 Tage
Schweinefleisch	7 Tage	2 - 3 Tage
Hackfleisch	12 Stunden	6 - 8 Stunden
Hähnchen	10 Tage	2 - 5 Tage
Fisch	2 Tage	12 - 24 Stunden
Eier	-	3 - 4 Wochen

<sup>1)</sup> Voraussetzung für eine gute Qualitätserhaltung ist die Verwendung feuchtedichter Verpackung (Kunststoffbeutel oder -dosen); relative Luftfeuchte in der Verpackung ~ 98 %

rer in Pflanzen vorkommender Vitamine wurden bisher nur wenige Untersuchungen durchgeführt. Der Gehalt an den Vitaminen B<sub>1</sub> und B<sub>2</sub> veränderte sich in grünen Bohnen, grünen Erbsen, Möhren, Spinat und Johannisbeeren während 14-tägiger Lagerung bei 1 °C bis 10 °C nicht oder nur geringfügig (Tabelle 7). Die Veränderungen lagen innerhalb des Streubereiches der Ausgangsproben, die ± 10 Prozent betragen. In Kopfsalat nahm dagegen der Gehalt an den beiden Vitaminen linear mit der Lagerungsdauer ab. Bei 1 °C und 5 °C waren die Verluste bei den unverpackten Proben mit rund 5 Prozent pro Tag zwei- bis dreimal höher als bei 10 °C, was als Auswirkung des Welkens zu deuten ist. Im verpackten Kopfsalat traten nur noch etwa 0,6 bis 2,5 Prozent Verluste an Vitamin B<sub>1</sub> bzw. B<sub>2</sub> auf. Ein bemerkenswertes Phänomen zeigte sich bei Petersilie, wo während der Lagerung ein mehr oder weniger deutlicher Anstieg des Gehaltes an Vitamin B<sub>1</sub> und B<sub>2</sub> zu verzeichnen war. Der Erhalt von Vitamin B<sub>1</sub> und B<sub>2</sub> während der Lagerung erweist sich damit als stark lebensmittelabhängig. Dies erschwert eine allgemein gültige Vorhersage.

Der Gehalt an Vitamin B<sub>6</sub> nahm in den unverpackt gelagerten Gemüsen um 0,2 bis 2,9 Prozent pro Tag ab. Aufgrund des stärkeren Verwelkens verlief der Abbau bei 1 °C und 5 °C deutlich schneller als bei 10 °C. In verpacktem Kopfsalat und grünen Bohnen waren dagegen die Verluste bei 1 °C und 5 °C deutlich geringer als bei 10 °C. In verpackter Petersilie und Möhren

sowie in roten Johannisbeeren blieb der Vitamin-B<sub>6</sub>-Gehalt auch nach 14-tägiger Lagerung nahezu unverändert.

Über den Einfluß der Lagerung auf den Gehalt an  $\beta$ -Carotin in rohem Gemüse und Obst liegen von verschiedenen Autoren Untersuchungsergebnisse vor (Bognár, Bohling, Fort, 1989). Die Verluste schwankten zwischen 0,1 und 22 Prozent pro Tag, je nach Temperatur und Art der Ware (Abbildung 8). Niedrige Lagerungstemperaturen wirkten sich günstig auf die Carotinerhaltung aus. Neben der Temperaturabhängigkeit wurde auch ein Einfluß der relativen Luftfeuchte nachgewiesen. Rasches Verwelken erhöhte auch die Verluste an  $\beta$ -Carotin.

## Frischfleisch, -geflügel, -fisch und -ei

Fleisch, Geflügel, Fisch und Ei sind aufgrund ihrer chemischen und physikalischen Beschaffenheit ein idealer Nährboden für Mikroorganismen, deshalb leicht verderblich und häufig auch an Lebensmittelvergiftungen beteiligt (Heiß, Eichner, 1984; Krämer, 1987). Der mikrobiologische Verderb erfolgt vorwiegend durch Fäulnisbakterien. Entscheidend für die Haltbarkeit bei hoher relativer Luftfeuchte ist die Temperatur. So verdirbt zum Beispiel Fleisch bei 5 °C etwa zweimal, bei 10 °C fünfmal und bei 20 °C zehnmals schneller als bei 0 °C (Heiß, Eichner, 1984).

## Genußwert

Die wichtigsten nicht mikrobiellen Veränderungen, die während der Kühlung von Fleisch auf-

treten können, sind das Dunkelwerden der Farbe infolge der Austrocknung der Fleischoberfläche und der chemischen Umwandlung des hellroten Oxymyoglobins zum bräunlichen Methmyoglobin. Durch die nach der Schlachtung ablaufenden Reifungsprozesse können bei der Kühlung Geruch, Geschmack und vor allem die Zartheit insbesondere von Rindfleisch verbessert werden (Heiß, Eichner, 1984). Neben diesen als positiv zu bewertenden Veränderungen können jedoch durch andere biochemische Reaktionen unangenehm faulig riechende Eiweißabbauprodukte entstehen, die den Genußwert negativ beeinflussen (Haut goût). Bei längerer Lagerdauer bilden sich auch ranzige Geruchs- und Geschmackstoffe durch Autoxidation der Fette.

Die Haltbarkeit von frischen Fischen wird neben dem mikrobiellen Verderb vor allem durch Geruchs- und Geschmackseinbußen, bedingt durch enzymatische Hydrolyse von Eiweiß sowie Oxidation und Hydrolyse der Fette, begrenzt.

Bei Eiern verursacht eine zu lange Lagerdauer deutliche Veränderungen von Geruch und Geschmack.

Da im Handel gekauftes Frischfleisch, -geflügel, -fisch und -ei häufig eine Vorlagerung hinter sich hat, werden für die Vorratshaltung im Haushaltskühlschrank die in Tabelle 8 zusammengefaßten Lagerzeiten empfohlen. Um den mikrobiellen Verderb zu verhindern bzw. möglichst lange hinauszuzögern, sollte die Vorratshaltung bei -1 °C bis +2 °C erfolgen. Zur Verminderung der Austrocknung der Oberfläche und der Aufnahme von Fremdgeruch und -geschmack wird die Verwendung einer gasdichten Verpackung (zum Beispiel PE-Beutel oder -Behälter) empfohlen (Heiß, Eichner, 1984).

## Gewicht

Gewichtsverluste können durch Wasserverdunstung an der

Fleischoberfläche oder durch Heraustreten von Tropfsaft entstehen. Sie betragen im Fleisch 1 bis 3 Prozent pro Tag Lagerung bei 0 °C bis 1 °C und 80 bis 90 Prozent relativer Luftfeuchte (Heiß, Eichner, 1984).

## Nährwert

Verluste im Gehalt an Nährstoffen und Mineralstoffen sowie Vitaminen traten bei der kurzfristigen Vorratshaltung von Frischfleisch, -geflügel und -fisch nur durch den Tropfsaft auf. Sie lagen meist unter 5 Prozent (Heiß, Eichner, 1984).

Literatur liegt der Red. vor

## Die Autoren:



Prof. Dr. Antal Bognár  
Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Institut für Chemie und Biologie  
Garbenstraße 13  
70599 Stuttgart

Frau Professor Dr. Rosmarie Zacharias war als promovierte Lebensmittelchemikerin eine der ersten professionellen Oecotrophologinnen. Sie veröffentlichte zwei bedeutende Handbücher: „Lebensmittelverarbeitung im Haushalt“ und „Sensorische Prüfverfahren für Koch-, Brat- und Backgeräte“. Sie starb am 17. September 1997 im Alter von 76 Jahren.