

Empfehlungen zur Kühlung von Lebensmitteln - ein Review

Astrid Klingshirn, Lilla Brugger, Beate Kölzer, Amelie Reinold, Rainer Stamminger, Harald Wucher

Kurzfassung

Um die sichere und nachhaltige Lagerung im privaten Haushalt umsetzen zu können, sind Verbraucher auf einheitliche Lagerempfehlungen in Kühlgeräten angewiesen. Bisherige Empfehlungen unterschiedlichster Stakeholder setzen dabei Angaben zur Lagersystematik umfassend und strukturiert um. Verallgemeinernde Aussagen zu den zu erwartenden Temperaturbereichen im Kühlgerät sowie fehlende oder abweichende Aussagen zur einzustellenden Lagertemperatur konterkarieren anderweitige Bemühungen zur Vermeidung von Lagerverlusten und der Verbesserung der Lebensmittelsicherheit. Eine harmonisierte Empfehlung einer Lagertemperatur von 4 °C erweist sich als zwingend erforderlich, ebenso wie die weitere Förderung und Bewerbung von Mehrzonengeräten.

Schlagwörter: Kühlung, Lagertemperatur, Lagersystematik, Lagerempfehlung, Lebensmittel

A review of recommendations for refrigerator food storage in Germany

Abstract

In order to be able to assure safe and sustainable food storage in private homes, consumers rely on standardized refrigerator storage recommendations. Current recommendations from a wide variety of stakeholders provide input on refrigerator storage systematics in a comprehensive and structured manner. General statements on the temperature ranges in the refrigerator as well as missing or deviating statements on the recommended temperature setting counteract other efforts to avoid storage losses and improve food safety. A harmonized recommendation of a storage temperature of 4 °C has proven to be imperative, as is the further promotion of multi-zone devices.

Keywords: refrigerator storage, storage temperature, storage system, storage recommendations, food

Empfehlungen zur Kühlung von Lebensmitteln - ein Review

Astrid Klingshirn, Lilla Brugger, Beate Kölzer, Amelie Reinold, Rainer Stamminger, Harald Wucher

Kühlgeräte gehören zur Standardausstattung von Haushalten unabhängig von der Haushaltsgröße: Die Marktsättigung in Deutschland liegt bei 100 % (HEA 2020), d. h. jeder Haushalt verfügt über ein oder mehrere Kühlgeräte. Die Kühlung sichert die zeitlich entkoppelte Versorgung mit verderblichen Lebensmitteln: Durch die Absenkung der Lagertemperatur werden Verderbsprozesse deutlich verlangsamt oder kommen ganz zum Erliegen. Zwei Drittel aller konsumierten Lebensmittel werden vor dem Verzehr in Kühlgeräten gelagert (VHK 2017) - sie spielen damit die zentrale Rolle bei der sicheren und nachhaltigen Versorgung mit Lebensmitteln. Doch nur durch die richtige Gerätenutzung können die Vorteile der Kühlung für alle gelagerten Lebensmittel gleichermaßen sichergestellt und vollumfänglich genutzt werden.

Dem Verbraucher werden über unterschiedlichste Informationsquellen Empfehlungen zur Gerätenutzung und Lebensmittellagerung gegeben. Die Empfehlungen umfassen Angaben zur Lagersystematik, zu den Temperaturbereichen im Kühlgerät und der Einstelltemperatur. Eine einheitlich gültige Empfehlung wird zunehmend anspruchsvoller, aufgrund der Vielzahl im Markt verfügbarer Kühlgerätevarianten und herstellereinspezifischer Lagerzonen.

Ausgehend von einer Zusammenfassung der Hauptverderbsparameter, die es je Lebensmittelgruppe und -kategorie zu berücksichtigen gilt, erfolgt eine Übersicht der derzeitigen Lagerempfehlungen und Informationen zu vorherrschenden Temperaturen und einzustellenden Temperaturen unterschiedlichster Stakeholder aus den Bereichen öffentlicher Institutionen, von Herstellern, seitens des Lebensmitteleinzelhandels und verschiedener Onlineportale.

Defizite in der bisherigen Verbraucherkommunikation werden aufgezeigt sowie Optionen einer optimierten Verbraucherinformation und ein Best-Practice-Leitfaden zur optimalen Gerätenutzung abgeleitet. Weitere Optionen hin zu einer verbesserten Gerätenutzung werden dargelegt.

Bedeutung der Kühlung für Frische- und Qualitätserhalt von Lebensmitteln

Die Ermöglichung der kurz- bis mittelfristigen Lagerung von verderblichen Lebensmitteln und damit die zeitliche Entkoppelung von Einkauf und Verzehr, der Erhalt der Lebensmittelsicherheit und Produktqualität sowie der nachhaltige Umgang mit verderblichen Frischeprodukten unter Vermeidung von Lagerverlusten wird durch

die Kühlung ermöglicht. Durch die Absenkung der Temperatur werden mikrobiologische, chemische, biochemische sowie physikochemische Verderbsmechanismen verlangsamt oder ganz zum Erliegen gebracht (Kurzhaus 2007).

Die Zielerreichung optimaler Lagerbedingungen ist letztlich aber nur dann möglich, wenn den Lageranforderungen der Lebensmittel entsprochen wird. Je Lebensmittelkategorie sind dabei spezifische Lagertemperaturbereiche einzuhalten sowie weitere Lagerklimafaktoren wie Feuchterückhaltung, insbesondere durch geeignete Produktverpackung, oder eine Beeinflussung der Gasatmosphäre zu berücksichtigen. Nur so sind die Verzögerung bzw. Unterbindung von Verderbsmechanismen umzusetzen und damit der Qualitätserhalt und die Aufrechterhaltung der Verzehrbarkeit sicherzustellen. Tab. 1 fasst die je Lebensmittelkategorie dominierenden Hauptverderbsfaktoren zusammen.

Tab. 1: Hauptverderbsfaktoren bei der Kühlung je Lebensmittelgruppe

Verderbsursachen	Mikroorganismen	Fettoxidation	Verfärbungen (chemisch)	Enzymatische Bräunung	Enzymabbau (Glykolyse, Proteolyse, Lipolyse)	Auströcknung / Verdunstung	Migration von flüssigen Komponenten	Kaltlagerschäden	Retrogradation	Synärese
Gemüse	x			x		x		x		
Obst	x			x		x		x		
Fleisch	x	x			x					
Fisch	x	x			x	x				
Fleischwaren	x	x	x		x	x				
Fischwaren	x				x					
Milch, Milchprodukte	x	x			x					x
Käse	x					x				
Eier	x									
Dauerbrot, Backwaren	x						x		x	

Der mikrobielle Verderb während der Kühlung wird durch psychrophile und psychrotolerante pathogene Mikroorganismen (z. B. Clostridien, *Listeria monocytogenes*) und Verderbniserreger (z. B. *Pseudomonas* spp.) bestimmt. Diese kälteliebenden Mikroorganismen wachsen bevorzugt in einem Temperaturbereich von -5 bis +25 °C. Der Verderb wird neben der Anfangskeimbelastung von intrinsischen Lebensmitteleigenschaften wie der Wasseraktivität oder dem *pH*-Wert bestimmt (Krämer & Prange 2016), aber insbesondere von der Lagertemperatur.

Ebenso können Fettoxidationen und Verfärbungen (z. B. bei gegarten Fleischprodukten oder frischem Gemüse) als chemische Reaktionen, enzymatische Bräunung

(verfärbungsempfindliches Obst und Gemüse), Glykolyse, Proteolyse und Lipolyse als biochemische Reaktionen, d. h. der Abbau von Zucker, Protein und Fett im Zuge des enzymatischen Verderbs, die Qualität der Lebensmittel stark negativ beeinflussen. Auf der Basis dieser Vorgänge als weiterführende Reaktion, oder als alleinige physikochemische Reaktion, können bei der Kühlung eine Migration von flüssigen Komponenten, Transpirationsprozesse, Kaltlagerschäden (z. B. bei tropischen und subtropischen Obstsorten) oder eine Synärese bei dickgelegten Milchprodukten, welche durch Molkaustritt aus dem Gel sichtbar wird, auftreten.

Bei Backwaren spielt die Retrogradation eine Rolle: Die im Mehl befindliche Stärke gibt, insbesondere beschleunigt bei Temperaturen unter 12 – 14°C, die physikalisch gebundene Flüssigkeit teilweise wieder ab und geht in einen kristallinen Zustand über, was sensorisch als „Altbackenwerden“ wahrgenommen wird. Alle Veränderungen bringen unerwünschte Struktur-, Textur-, Aussehens-, Geruchs- oder Geschmacksveränderung mit sich, und sind somit qualitätsmindernd für das Produkt. Lediglich bei Fleisch-, Milch- und Fischprodukten ist der enzymatische Abbau von Glykogen, Proteinen und Fetten bei Reifeprozessen bis zu einem gewissen Maß erwünscht (Kurzthals 2007).

Je nach Zusammensetzung lassen sich Lebensmittel in die drei unterschiedlichen Haltbarkeitskategorien „hochverderblich“, „verderblich“ und „lagerstabil“ einteilen (Tab. 2).

Tab. 2: Verderbskategorien von Lebensmitteln (nach Robertson 1992)

Kategorie	Lebensmittel
Hochverderbliche Lebensmittel	Fleisch und Fleischwaren, Fisch und Fischprodukte, Milchprodukte (Rohmilchwaren), roheihaltige Speisen, Lebensmittelreste und zubereitete Speisen, frisches Obst und Gemüse, einige Backwaren
Verderbliche Lebensmittel	Hartkäse, Eier, geräucherte und gepökelte Fleisch- und Fischwaren, einige Obst- und Gemüsesorten, eingelegtes Gemüse
Lagerstabile Lebensmittel	Konserven, getrocknete Lebensmittel, Getreideprodukte, Nüsse, Saaten, Nudeln, Reis, gefrorene Lebensmittel

Während bei lagerstabilen Produkten mit niedrigem a_w -Wert wie Dauerbackwaren, Nüssen, Nudeln oder Reis vor allem die Feuchteresorption zu unterbinden und damit eine luftdichte Lagerung entscheidend sowie je nach Zusammensetzung auch der Lichteinfluss zu vermeiden ist, setzt der mikrobielle Verderb bei verderblichen und hochverderblichen Lebensmitteln sehr rasch ein; die Lagertemperatur ist der entscheidende Lagerklimaparameter.

Vereinfachend gilt, dass für Fleisch und Wurstwaren sowie Fisch, Milchprodukte, kälteunempfindliche Obst- und Gemüsesorten, zubereitete Speisen und Fertiggerichte der optimale Temperaturbereich nahe dem Gefrierpunkt liegt. Bei Obst und Gemüse liegt die optimale relative Feuchte zwischen 90 und 100 % (aid 2016).

Kühlgeräte: Lagertemperaturbereiche, kältetechnische Systeme

Im Markt ist ein vielfältiges Angebot an Kühlgeräten verfügbar, das unterschiedlichste Bauformen, Größen, Leistungsmerkmale und Designs umfasst. Die für das Kühlfach definierten Lagerbereiche umfassen einen Temperaturbereich von -3 bis +20 °C (EN 62552 -2-2020, Tab. 3).

Tab. 3: Temperaturzonen in Haushaltskühlgeräten (nach EN 62552-2:2020)

Lagerfach	Temperaturbereich	Verwendung
Lagerfach für frische Lebensmittel	0 bis 8 °C	Lagerung von frischen Lebensmitteln
Kaltlagerfach	-3 bis +3 °C	Lagerung von leicht verderblichen Lebensmitteln
Kellerfach	2 bis 14 °C	Lagerung von Lebensmitteln oder Getränken, die auch bei leicht erhöhten Temperaturen haltbar sind
Speisekammerfach	14 bis 20 °C	Fach für die Lagerung von speziellen Nahrungsmitteln und Getränken oberhalb der Temperatur des Kellerfachs.

Bei Geräten, die keine Sonderlagerzonen wie Kalt- oder Kellerlagerfächer beinhalten, umfasst der Temperaturbereich für frische Lebensmittel 0 bis +8 °C; der Einstellbereich liegt meist bei +2 bis +8 °C. Im Weiteren ist das Kaltlagerfach, mit einem Temperaturbereich von -3 bis +3 °C, für hochverderbliche Lebensmittel definiert. Die europäischen Normanforderungen an die Lagertemperaturbedingungen eines Kaltlagerfaches stellen sicher, dass der Temperaturbereich unabhängig von der eingestellten Lagertemperatur des Kühlfachs und der Umgebungstemperatur aufrechterhalten wird. Je nach Herstellerumsetzung kann die Temperatur durch den Verbraucher separat eingestellt und so auf das individuelle Lagerverhalten angepasst werden. Kellerlagerfächer decken den Temperaturbereich von +2 bis +14 °C ab und bieten so auch Lagerbedingungen für temperaturempfindliche Produkte und Getränke.

Die kältetechnische Versorgung der Lagerbereiche kann dabei über statische und dynamische Kühlung erfolgen. Bei der statischen Kühlung ist der Verdampfer an der Innenseite der Rückwand des Gerätes angeordnet und kühlt die Luft ab. Aufgrund der höheren Dichte kalter Luft sinkt diese im Kühlgerät nach unten. Die warme Luft steigt gegenläufig auf und erfährt am Verdampfer wiederum den Wärmeentzug. Durch diese natürliche Konvektion entsteht im Innenraum eine gewisse Temperaturschichtung. Durch die Auslegung des Verdampfers und Ventilatoren im Kühlraumbereich kann die Temperaturschichtung reduziert werden.

Bei dynamisch gekühlten Geräten versorgt entweder ein zentrales Verdampfer-element einen oder mehrere Lagertemperaturbereiche, oder die Bereiche des Kühl- und Gefrierfachs werden über separate Verdampfer-elemente versorgt. Über die Anzahl und Positionierung der Austrittsöffnungen des Kühlluftkanals wird eine homogenere Temperaturverteilung im gesamten Kühlfachbereich angestrebt.

Verallgemeinernde Aussagen zur Temperaturverteilung in Kühlgeräten sind aufgrund der individuellen Geräteauslegung je Hersteller nicht möglich. Grundlegende technisch-physikalische Erläuterungen zur Kältetechnik finden sich im Handbuch Küche und Technik (Schlich & Klingshirn 2020).

Überblick über bestehende Lagerempfehlungen zur Lebensmittellagerung in Kühlgeräten

Lagerempfehlungen zur Lebensmittellagerung in Kühlgeräten stehen Verbrauchern in Deutschland über unterschiedliche öffentliche Institutionen, Verbraucherorganisationen, Fachbücher, Zeitschriften sowie Apps oder Onlineformate des Einzelhandels, von Kühlgeräte-, Haushaltswarenherstellern oder Kochportalen zur Verfügung. Zudem ist auf verpackten, kühlbedürftigen Lebensmitteln im Zuge der weiteren Spezifikation zum Verbrauchs- bzw. Mindesthaltbarkeitsdatum der empfohlene Lagertemperaturbereich hinterlegt.

Es zeigt sich eine sehr uneinheitliche Umsetzung der grundsätzlichen Angaben zur optimalen Lagerung in Kühlgeräten: Meist beschränken sich die Angaben auf die Lagersystematik, d. h. den Lagerort je Lebensmittelkategorie im Kühlgerät. Daneben werden Hinweise zur Kontaminationsvermeidung, bezogen auf die Lebensmittelsicherheit aber auch den Geruchstransfer und Hinweise zur Vermeidung einer Überbeladung aufgegriffen. Weitere Quellen führen vornehmlich die anzunehmenden Temperaturen je Lagerbereich auf, oder benennen die einzustellende Lagertemperatur. Zum Teil wird eine Hilfestellung zur Ermittlung des benötigten Nutzvolumen für den Kühl- und Gefrierlagerbereich gegeben. Weiterhin wird zudem die einzustellende Temperatur mit angegeben.

Im Folgenden werden typische Lagerempfehlungsangaben zur Lagersystematik, den zu erwartenden Temperaturen je Lagerbereich sowie zur einzustellenden Lagertemperatur zusammengefasst und hinsichtlich ihrer Eignung zur Best-Practice-Verbraucheranleitung diskutiert.

Empfehlungen zur Lagersystematik

Eine Zusammenstellung der Empfehlungen zu den Lagerorten aus elf unterschiedlichen Informationsquellen zeigt auf, dass sich die Angaben für die Lagerorte der Gemüseschale und der unteren Abstellfläche gleichen, zum Teil mit zusätzlicher

Spezifikation der Produktgruppen (Tab. 4). Unterschiede der Empfehlungen lassen sich zwischen mittlerem und oberem Kühlfach sowie zwischen diesen beiden Lagerbereichen und dem Lagerbereich in der Tür feststellen; einige Produkte werden daher doppelt aufgeführt. Dies sind: Angebrochene Lebensmittel, Eier, Eingelegtes, Käse, Kuchen, Marmelade, Milchprodukte und Milch sowie Wurst. Der Türbereich wird bei einigen Empfehlungen nicht berücksichtigt.

Stets gilt der Grundsatz, Lebensmittel derselben Produktkategorie im gleichen Lagerbereich einzulagern: Die schnelle Wiederfindung, der Überblick über den Lagerbestand sowie die Vermeidung von Kreuzkontaminationen sind so gewährleistet.

Angaben zur einzustellenden Lagertemperatur sind bei den in Tab. 4 aufgeführten Quellen zur Lagersystematik nicht hinterlegt.

Tab. 4: Zusammenstellung von Empfehlungen zur Platzierung von Lebensmitteln im Kühlgerät

Lagerort	Lebensmittel	Quelle*	Lagerort	Lebensmittel	Quelle*
Oben	Angebrochene Lebensmittel	5	Unten	Fisch	1a, 1b, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11
	Eingelegtes, Eingemachtes	4, 6, 7, 9		Fleisch	1a, 1b, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11
	Geräuchertes	3, 6, 11		Wurst	2, 3, 4, 5, 10, 11
	Käse	1a, 1b, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11	Gemüsefach	Gemüse	1a, 1b, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11
	Kuchen	2, 9		Küchenkräuter	11
	Marmelade	1a, 2, 4, 6, 7, 8		Obst	1a, 1b, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11
	Milchprodukte	1a		Salat	2, 6, 8, 10, 11
	Soße	2	Tür	Butter, Margarine	1a, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11
	Speisereste	1b, 6, 7, 8		Dosen	3
	trockene Rohwurstwaren	10		Dressings	2, 4, 7
	Zubereitetes	2, 3, 5, 6, 9, 10, 11		Eier	1a, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10
	Mitte	Angebrochene, offene LM		6, 9	Eingelegtes
Eier		2, 11		Getränke	1a, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11
Fertiggerichte		11		Glaskonserven	2
Frischkäse		3, 6		Käse	9
Joghurt		2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10	Ketchup, Senf, Mayonnaise	1a, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	
Käse		4, 6	Marmelade	3, 7, 10, 11	
Kuchen		11	Milch	1a, 3, 4, 6	
Mayonnaise		11	Saft	3, 7	
Milch		2, 5, 7, 10, 11	Saucen	4, 5, 6	
Milchprodukte		1a, 1b, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11	*Quellen 1a Bundeszentrum für Ernährung, Türanhänger 1b Bundeszentrum für Ernährung, Hörfunkbeitrag 2 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 3 Verbraucherzentrale NRW 4 Deutsche Welthungerhilfe 5 EATSMARTER 6 Chefkoch 7 Emsa 8 Rewe 9 Lidl 10 Edeka 11 Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz		
Pudding		4, 6			
Quark		2, 3, 4, 5, 7, 8, 10			
Sahne		2, 3, 5, 8			
Saucen, Dips		2, 6, 9			
Schmand		6			
Speisereste	1a				
Wurst	1a, 6, 9				

In einigen Quellen werden neben den Angaben zur Lagersystematik auch die zu erwartenden Temperaturbereiche je Lagerbereich aufgeführt. Tab. 5 fasst dabei die Angaben öffentlicher Institutionen, des Lebensmitteleinzelhandels sowie eines Kochportals zusammen.

Die Temperatur im unteren Bereich des Kühlgeräts wird im Bereich zwischen 0 bis + 5 °C, in der Mitte zwischen 4 bis 7 °C, im oberen Bereich zwischen 6 bis 10 °C und in der Türe stets im Bereich $\geq 8^\circ\text{C}$ angegeben. Die Temperatur der Gemüschale wird, mit einer Ausnahme, stets mit Temperaturen im Bereich von $\geq 8^\circ\text{C}$ spezifiziert und damit als wärmster bzw. zweitwärmster Temperaturbereich im Kühlgerät ausgewiesen.

Die Geräteeinstellung für die angegebenen Temperaturbereiche ist nicht spezifiziert. Damit ist nicht nachvollziehbar, ob sich die Temperaturangaben auf ein Gerätesetting oder den gesamten Einstellbereich beziehen. Für den Verbraucher sind die Angaben so nur bedingt brauchbar. Insbesondere ungeschulte Verbraucher können nicht ableiten, dass die Geräteeinstellung einen Einfluss auf die vorherrschenden Temperaturen je Lagerbereich hat.

Tab. 5: Zusammenstellung von Angaben zu Lagertemperaturen je Lagerbereich im Kühlgerät

Medium	Temperaturangabe in °C je Lagerbereich im Kühlgerät					Quelle*
	Kühlraum					
	Gemüse-fach	unten	Mitte	oben	Tür	
Infographik „Den Kühlschrank richtig einräumen“	10 - 13	4 - 5	6 - 7	7 - 10	-	1
Artikel „Richtig gekühlt hält länger“	5 - 8	~ 0 - 2	3 - 6	-	7 - 10	2
Buch „Lagerungs-ABC für Obst und Gemüse“	~ 9	~ 2	~ 5	~ 9	~9 - 11	3
Infographik, Artikel „Lagerung von Lebensmitteln im Kühlschrank“	8 - 10	3	5	8 - 10	9	4
Schaubild und Artikel „Lebensmittellagerung - Speisekammer oder Kühlschrank?“	8 - 10	2 - 3	5	8 - 10	8	5
Infographik „Nachhaltigkeit - Was lagert wo am besten?“	8 - 10	2	4 - 5	6 - 8	-	6
Video „Ordnung im Kühlschrank – so bleiben Lebensmittel frisch“	~ 9	2 - 3	~ 5	6 - 8	wärmster Ort	7
* 1 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2 Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz 3 Verbraucherzentrale NRW 4 Eat Smarter 5 Chefkoch 6 Alnatura 7 Rewe						

Der Hinweis, dass im Kühllagerbereich je nach kältetechnischer Umsetzung unterschiedliche Temperaturbereiche vorliegen, ist zur Umsetzung der bestmöglichen Lagerbedingungen je Produktgruppe wichtig. Die vorliegenden Angaben weisen Temperaturunterschiede zwischen der wärmsten und kältesten Stelle im Kühlgerät zwischen minimal 6 bis 7 K und maximal 7 bis 10 K aus. Obgleich keine repräsen-

tativen Daten unterschiedlicher Gerätekategorien vorliegen, zeigen die verfügbaren Daten zur Temperaturspreizung dennoch auf, dass die vorliegenden Verallgemeinerungen die Realität nicht abbilden; sowohl die minimalen als auch maximalen Temperaturunterschiedsangaben übersteigen die verfügbaren Messwerte:

Lufttemperaturmessungen von Laguerre et al. (2002) zeigen für den Kühllagerbereich von Kühl-Gefrierkombinationen und Standkühlgeräten im Mittel einen Temperaturunterschied der wärmsten zur kältesten Stelle von 3,4 bis 3,7 K.

Lufttemperaturmessungen des WRAP-Programmes zeigen für fünf unterschiedliche, statisch gekühlte Kühlschränke und Kühlgefrier-Kombinationen einen Temperaturunterschied zwischen der wärmsten und der kältesten Stelle von 1,9 bis 8,3 K (WRAP 2010). Aktuellere Daten, insbesondere von dynamisch gekühlten Geräten, sind nicht verfügbar.

Die bisherigen Angaben suggerieren, dass der heutige Standard aller kältetechnischen Geräte mit großen Temperaturunterschieden im Innenraum verknüpft ist. Obgleich in einigen Quellen darauf verwiesen wird, dass Geräte mit dynamischer Kühlung keine bzw. eine geringere Temperaturschichtung aufweisen, fehlen hierzu konkretisierende Angaben.

Der Verweis auf die Berücksichtigung unterschiedlicher Temperaturbereiche im Kühllagerbereich muss erfolgen, eine Verallgemeinerung mit konkreten Temperaturangaben ist jedoch nicht zielführend. Herstellerseitige gerätespezifische Angaben zur Verdeutlichung der Temperaturverteilung im vorliegenden Kühlgerät stellen eine wichtige Fortentwicklungsoption dar, um dem Verbraucher eine bestmögliche Gerätenutzung zu ermöglichen.

Empfehlungen zur einzustellenden Lagertemperatur

Neben den Spezifikationen zur Lagersystematik und zu erwartenden Temperaturbereichen wird in manchen Quellen alternativ oder zusätzlich die einzustellende Lagertemperatur angegeben. Diese Angabe ist in Verbindung mit der Lagersystematik dringend erforderlich. Nur in Verbindung beider Angaben kann der Verbraucher das Kühlgerät richtig nutzen, um so die Lebensmittelsicherheit der gelagerten Produkte und einen optimalen Qualitätserhalt zu erzielen.

Tab. 6 zeigt einen Überblick über Empfehlungen zur einzustellenden Lagertemperatur unterschiedlicher Quellen. Ausgewählt werden dabei sowohl nationale als auch internationale Institutionen sowie Hersteller.

Tab. 6: Überblick zu Empfehlungen der einzustellenden Lagertemperatur im Kühlgerät

Empfohlene Lagertemperatur		Quelle
Institutionen / Verbraucherorganisationen/ Testinstitute Deutschland	7 °C	Umweltbundesamt, 2020
	4 °C / 6 °C	Stiftung Warentest, 2020
	≤ 7 °C	Verbraucherzentrale e.V., 2018
	< 5 °C, max. 7 °C	Bundesinstitut für Risikobewertung, 2017
Institutionen / Behörden Ausland	≤ 4 °C	U.S. Food & Drug Administration, 2018
	< 5 °C	WHO, 2006
Hersteller	5 °C	Electrolux, 2020
	4 °C	Bosch, 2020
	5 °C	Liebherr, 2020
	6 °C	Samsung, 2020
	≤ 4 °C	Beko, 2020
	0 – 4 °C	Whirlpool, 2020

Grundsätzlich lassen sich die Empfehlungen unterteilen in Vorgaben, die die Lebensmittelsicherheit und Lebensmittelqualität im Fokus haben und vor dem Hintergrund Lagertemperaturen von 5 °C oder darunter empfehlen. Herstellerseitig ist meist 4 °C als Werkseinstellung hinterlegt.

Empfehlungen einer einzustellenden Lagertemperatur von 6 °C oder 7 °C werden vor dem Hintergrund des Energieverbrauchs proklamiert. Die Stiftung Warentest gibt hierzu zwei Empfehlungen aus: 6 °C als Lagerempfehlung mit dem Fokus auf die Energieverbrauchssenkung und 4 °C für alle Verbraucher, die Fleisch und Fisch, also hochverderbliche Produkte, lagern (Stiftung Warentest 2020).

Damit ein Verbraucher relevante ganzheitliche Ableitungen zum Energiemehrverbrauch in Abhängigkeit von der Kühlgeräteeinstellung vornehmen kann, sind für diesen Mehrverbrauch die jährlich anfallenden zusätzlichen Kosten aufzuführen und auch eine Bewertung auf den Einfluss auf Lagerqualität und -dauer für die typischerweise eingelagerten Lebensmittel vorzunehmen.

Die nachfolgende Tab. 7 stellt den Energiemehrverbrauch bei Absenkung der Temperatureinstellung von 7 °C auf 4 °C sowie die anfallenden Strommehrkosten beispielhaft für einen Einbaukühlgerät und eine No-Frost Kühl-Gefrierkombination der Energieeffizienzklasse D (EEK, (EU) 2019/2016) dar. Als Referenz der Energieeffizienzklasse wird damit eine Klasse mittlerer Effizienz herangezogen.

Der Energiemehrverbrauch kann abgeschätzt werden, indem die Temperaturdifferenz zwischen Kühlfachtemperatur und Umgebungstemperatur ins Verhältnis gesetzt wird. Um die Energieverbrauchsreferenzwerte, die Türöffnungen und das Einlagern warmer Ware nicht berücksichtigen, zu kompensieren, wird von einer Umgebungstemperatur von 25 °C ausgegangen. Damit ist von einem Energiemehrverbrauch von ca. 15 % für den Kühlfachbereich auszugehen. Bei der Kühl-Gefrierkombinationen müssen ca. 30 % der Energie für den Kühlfachbereich aufgewendet werden, so dass der Energiemehrverbrauch bei ca. 4,5 % liegt.

Tab. 7: Energiemehrverbrauch und Strommehrkosten bei Reduktion der eingestellten Kühlgerätetemperatur von 7 °C auf 4 °C anhand zweier Gerätebeispiele

	Energiemehrverbrauch (Kühlfach-T: 7 °C → 4 °C)		Strommehrkosten bei 0,30 €/kWh (BMWI 2021)
	%	kWh/a	€/a
Einbaukühlgerät Nutzvolumen: 200 L EEK D, Grenzwert 80 kWh/a	15	12	3,60
No-Frost-Kühl-Gefrierkombination Nutzvolumen: 260 L Kühlfach, 100 L Gefrierfach EEK D, Grenzwert 200 kWh/a	4,5	9	2,70

Vor dem Hintergrund der sich durch die Reduktion der Lagertemperatur ergebenden Verlängerung der Lagerdauer relativiert sich die Energieeinsparung bei der Wahl einer höheren Kühltemperatur: Die WRAP-Studie zu den „Auswirkungen einer effektiveren Nutzung von Kühl- und Gefrierschrank“ zeigt, dass bei einer Reduktion der eingestellten Lagertemperatur von 7 auf 4 °C die Haltbarkeit je nach Produkt um 26 bis 67 % erhöht wird, was einer Lagerzeitverlängerung von 2 bis 3 Tagen entspricht. Die zusätzliche Verbrauchsflexibilisierung ist gerade bei Produkten wie Fleisch und Fisch entscheidend, um Lebensmittelverschwendung zu vermeiden. Die Kosten des Energiemehrverbrauchs wären dabei bereits bei einmaliger Vermeidung einer Überlagerung hochverderblicher Fleisch- oder Fischprodukte bei höherer Lagertemperatur kompensiert.

Eine harmonisierte Kommunikation, die 4 °C als Referenzeinstelltemperatur ausgibt, ist angezeigt. Der Energiemehrverbrauch wird durch die Verlängerung der Lagerdauer und Erhöhung der Lebensmittelsicherheit innerhalb der Lagerdauer mehr als kompensiert.

Perfektes Kühlgerät vs. optimale Nutzung des Gerätebestandes

Um für alle Lebensmittel die jeweils optimalen Lagerbedingungen umsetzen zu können, müssten alle Temperaturzonen nach EN 62552-2:2020 (Tab. 2) in Haushaltskühlgeräten umgesetzt werden. Ein Kühlgerät, das die Umsetzung eines Kaltlagerfachs und eines Kellerlagerfaches neben dem Kühlfach vorsieht, kann die Lagerdauer eines durchschnittlichen gelagerten Warenkorbs um Faktor 3 bis 4 erhöhen (VHK 2017). Eine weitere Förderung der Verbreitung von Mehrzonengeräten ist aus Gründen der Lebensmittelsicherheit unabdingbar: Derzeit ist nur in ca. 15 % der verfügbaren Gerätemodelle ein Kaltlagerfach vorhanden, die Anzahl von Geräten mit Kellerlagerfächern ist vernachlässigbar.

Ein harmonisierter Best-Practice-Leitfaden zur Lagersystematik und Geräteeinstellung muss jedoch kurz- und mittelfristig zunächst auf die typischen im Markt verfügbaren und im Haushalt bestehenden Gerätevarianten ausgerichtet sein. Eine einheitliche, leicht verständliche Leitlinie kann sicherstellen, dass das Wissen zur sicheren und nachhaltigen Lebensmittellagerung aufgebaut bzw. gefestigt wird.

Als Empfehlung zur optimalen Lagersystematik bietet sich eine Vereinfachung der Zuordnungen an (Abb. 1):

- Als Lagerbereich für Obst und Gemüse sowie frische Kräuter ist die Gemüseschale auszuweisen. Der zusätzliche Verweis auf die Berücksichtigung der feuchtekontrollierten Lagerung, durch verpackte Lagerung oder aber die Anschaffung sowie richtige Nutzung einer feuchtekontrollierten Gemüseschublade sind zu berücksichtigen. Der Verweis erfolgt heute meist nicht. Da Verbraucher frisches Obst und Gemüse zu 2/3 unter nicht optimalen Feuchtebedingungen lagern, sind Lagerverluste infolge von Austrocknung unvermeidbar (Plumb et al. 2012). Nur über die Berücksichtigung der Lagertemperatur und die Bereitstellung einer hohen Luftfeuchte kann auch für die kurzfristige Lagerung der Qualitätserhalt pflanzlicher Frischwaren gewährleistet werden (Klingshirn et al. 2019). Ist ein Kaltlagerfach oder Kellerlagerfach vorhanden, sind die ausgewiesenen zusätzlichen Lagerbereiche zu berücksichtigen.
- Der Lagerbereich oberhalb der Gemüseschale ist für rohes Fleisch, Fisch, Eier und Wurstwaren auszuloben. Die Fixierung des Lagerbereichs unterhalb der anderen Lagerebenen gewährleistet, dass Kreuzkontaminationen von rohen und verarbeiteten Produkten minimiert werden. Für die Lagerung von Eiern ist in den meisten Geräten im Türbereich ein Eierlagerbereich vorgesehen. Eine Umerziehung zur temperaturseitig optimaleren Lagerung auf der untersten Ebene wird ohne Fixierung der Eiablageschalen im unteren

Bereich durch den Hersteller schwer umsetzbar sein. Wird die Einstellempfehlung von 4 °C berücksichtigt, ist eine Beibehaltung des Lagerbereichs in der Tür als unkritisch einzustufen. Ist ein Kaltlagerfach vorhanden, sind die dort ausgewiesenen zusätzlichen Lagerbereiche zu berücksichtigen.

- Die weiteren Lagerbereiche sind für Milchprodukte, Aufstriche, Saucen, zubereitete Speisen und kühlbedürftige Backwaren sowie Getränke vorzusehen. Einheitliche Lagerorte je Produktkategorie sind zur Gewährleistung eines optimalen Lagermanagements umzusetzen. Ordnungssysteme im Kühlfach z. B. über Getränkeablagen oder weitere Schubfächer etc. können dies weiter unterstützen.

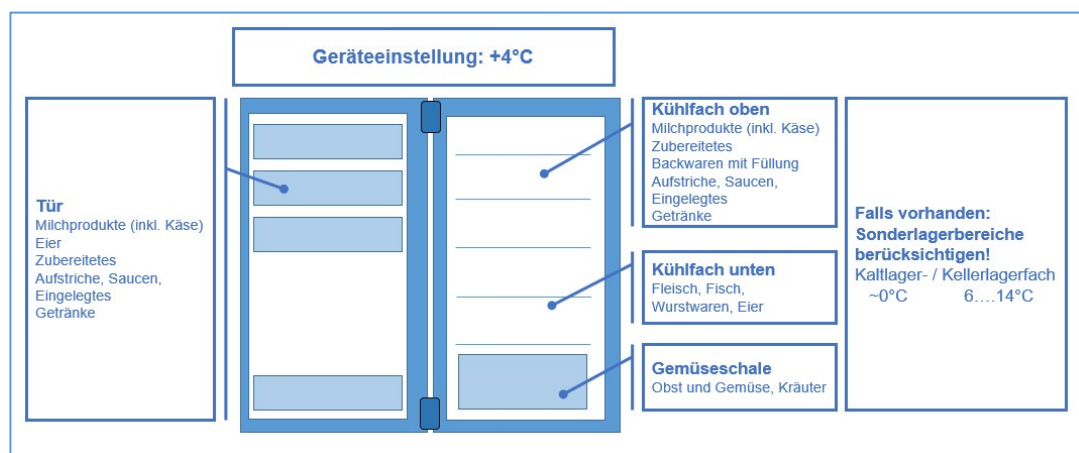


Abb. 1: Vereinfachte Lagerbereichsspezifikation für Kühlgeräte

Folgende Hinweise zum Lagermanagement, zur Kontaminationsvermeidung und zur Sicherstellung der Gerätefunktion sind sinnvoll (Tab. 8).

Tab. 8: Ergänzende Empfehlungen zur guten Kühlgerätepraxis

Empfehlungscluster	Detailempfehlungen
Lagermanagement	<ul style="list-style-type: none"> – Anwendung des „first in first out-Prinzips“. – Regelmäßige Kontrolle des Mindesthaltbarkeitsdatums. – Produkttrennung, um Qualitätsminderungen und Verunreinigungen zu verhindern, nach Örtlichkeiten durch Lagerung in getrennten Kühlfächern.
Hinweise zur Kontaminationsvermeidung	<ul style="list-style-type: none"> – Auf einwandfreie Ausgangsqualität des Produktes achten, insb. bei Obst und Gemüse sind vor der Einlagerung beeinträchtigte Produkte / Produktteile zu entfernen. – Vermeiden von häufigem Umpacken. – Möglicherweise auftretendes Kondensat ist regelmäßig zu entfernen. – Regelmäßige Gerätereinigung. – Feuchtekontrolle von Obst und Gemüse sicherstellen, um Austrocknungserscheinungen zu vermeiden. Sonstige Lebensmittel in verschließbaren Gefäßen aufbewahren oder abgedeckt in das Kühlgerät einstellen, um Geruchstransfer und das Kontaminationsrisiko zu reduzieren.
Sicherung der optimalen Gerätefunktion	<ul style="list-style-type: none"> – Überbeladung vermeiden, Luftzirkulation sicherstellen. – Abkühlen von warmen Speisen vor Einlagerung.

Eine Einstellempfehlung von 4 °C ist einheitlich vorzugeben. Vor dem Hintergrund des mangelnden Wissens über Lebensmittelverderb und insbesondere den Zusammenhang von Lagerklimaparametern und der Verderbsgeschwindigkeit, vor allem im Bereich des mikrobiellen Verderbs (Lagendijk 2008, Moeser & Yildiz, 2015), sind höhere Einstelltemperaturen nicht empfehlenswert.

Zudem wird durch eine Lagertemperaturvorgabe von 4 °C der nachhaltige Umgang mit Lebensmitteln und die Reduktion von Lebensmittelverlusten sinnvoll unterstützt, zumal Lebensmittelverluste vor allem auf den nicht fristgerechten Verbrauch und unzureichende Lagerbedingungen zurückzuführen sind (Schmidt et al., 2018; EPRS, 2014; FAO, 2011). Dies trifft insbesondere auch auf pflanzliche Frischwaren zu, die den größten Anteil der vermeidbaren Lagerverluste ausmachen (VHK 2017).

Eine Einstellempfehlung von 4 °C ermöglicht zudem, die seitens der Lebensmittelindustrie vorgegebenen Lagertemperaturempfehlungen im Zuge des MHDs bzw. des Verbrauchsdatums für zu kühlende Lebensmittel einzuhalten. Das Verbrauchsdatum weist für Fleisch und Fisch meist eine Lagertemperatur von kleiner gleich 2°C aus. Angaben des Mindesthaltbarkeitsdatums weisen in Abhängigkeit der Produktgruppe typischerweise Lagertemperaturvorgaben im Bereich zwischen 4 und 8 °C aus. Dies gilt z. B. auch für das stark wachsenden Produktsegment der gekühlten (Teil-) Convenienceprodukte wie verzehrfertige Salatmischungen, deren Verbrauchsdatum auf Lagerbedingungen von maximal +4 °C referenziert (Rösch & Icking 2020; Luo Y et al. 2010, LZ 2018).

Die bisherigen Angaben zu den im Kühlgerät je Lagerort vorherrschenden Temperaturangaben (Tab. 5) sollten entfallen, vermitteln sie doch dem Verbraucher, dass ausschließlich auf der untersten Ebene die für die meisten Produkte als optimal spezifizierten Lagertemperaturen herrschen. Für Verbraucher, die über kein Wissen optimaler Lagertemperaturen verfügen, wird zudem durch Temperaturangaben wie z. B. für die Gemüseschale, die in den aufgezeigten Quellen stets Temperaturen > 8 °C ausweisen, darauf hingewiesen, dass dies akzeptable und übliche Lagerbedingungen sind.

Nicht mehr zutreffende oder zu pauschalisierende Angaben der zu erwartenden Lagertemperaturen je Bereich konterkarieren die aktuellen Aktivitäten zur Verbrauchersensibilisierung zum nachhaltigen Umgang mit Lebensmitteln und dem Aufbau der Verbraucherkompetenz im Bereich der Lebensmittelsicherheit, die zu meist auf optimale Lagertemperaturen von kleiner gleich 4 – 5 °C referenzieren (BFR 2017, WHO 2005).

Zudem ist eine Sensibilisierung der Verbraucher bereits bei der Gerätebeschaffung nötig, die auch die Relevanz von Sonderlagerzonen wie dem Kalt- oder Kellerlagerfach aufzeigt. Dem Verbraucher muss verdeutlicht werden, dass durch die Aufteilung von Lebensmitteln auf verschiedene Kühlzonen die Lagerzeit verlängert und so eine weitere Flexibilisierung zwischen Einkauf und Verzehr möglich wird. Gleichzeitig gilt es das Angebot von Mehrzonengeräten zu fördern – nur durch die Etablierung von Mehrzonengeräten als Gerätestandard kann eine schrittweise Penetration im Verbraucherhaushalt realisiert werden.

Frischhalteperformance im Fokus

Verbraucher nutzen bereits heute die herstellerseitig vorgegebenen Lagerbereiche überwiegend richtig (Thomas 2007). Der weitere Ausbau der richtigen Gerätenutzung, z. B. durch Mehrzonengeräte, zusätzliche Geräteunterteilungen oder die gezielte Anleitung zu nutzender Lagerbereiche durch Piktogramme können dies sinnvoll unterstützen.

Die weitere Optimierung der Lagerbedingungen durch Hersteller wird auch normseitig vorangetrieben. Die im Juni 2020 veröffentlichte IEC-Norm 63169:2020 "Electrical household and similar cooling and freezing appliances - Food preservation" greift als erste Norm konkret die Frischhalteperformance von Kühlgeräten auf. Weitere Normungsaktivitäten in diesem Bereich laufen, was zugleich auch den herstellerseitigen Wettbewerb weiter vorantreibt.

Eine Harmonisierung der Lagerempfehlungen bleibt dennoch als Kernparameter entscheidend. Zu fixieren ist neben den Angaben zur Lagersystematik die einzustellende Temperatur. Herstellerseitig sind Hilfestellungen in der Bedienungsanleitung oder der Kurzanleitung im Gerät zu hinterlegen, die basierend auf der Einstellempfehlung von 4 °C die Temperaturverteilung im Gerät mit berücksichtigen und aufzeigen. Eine Angleichung der Kommunikation zur guten Lagerpraxis aller beteiligten Stakeholder ist wichtig, um eine Verunsicherung des Verbrauchers zu vermeiden.

Literaturverzeichnis

aid infodienst e.V. (2016): Haltbarmachen und Lagern von Lebensmitteln. Lebensmittelverarbeitung im Haushalt (2. Auflage). Bonn: aid infodienst Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz e.V.

Alnatura Produktions- und Handels GmbH (2019): Lagerung von Obst und Gemüse. <https://www.alnatura.de/de-de/kochen-und-geniessen/warenkunde/l/lagerung-von-obst-und-gemuese> (zuletzt abgerufen am 11.07.2020).

- BMWI, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020): Den Kühlschrank richtig einräumen. https://www.deutschland-machts-effizient.de/KAENEF/Redaktion/DE/PDF-Anlagen/A-kuehlen-richtig%20einraeumen.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (zuletzt abgerufen am 09.01.2021).
- BMWI, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021): Energiepreise und Transparenz für Verbraucher. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/strompreise-bestandteile.html> (zuletzt abgerufen am 07.01.2021).
- Böhmer T, Wicke L (1998): Energiesparen im Haushalt – So schonen Sie Umwelt und Geldbeutel. Deutscher Taschenbuchverlag.
- Chefkoch GmbH. (o. J.). Gewusst wie. Lebensmittellagerung - Speisekammer oder Kühlschrank?: <https://www.chefkoch.de/magazin/artikel/1523,0/Chefkoch/Lebensmittellagerung-Speisekammer-oder-Kuehlschrank.html> (zuletzt abgerufen am 11.07.2020).
- Deutsche Welthungerhilfe e.V. (o.J.). *Lebensmittel richtig lagern*. von <https://www.welthungerhilfe.de/aktuelles/publikation/detail/lebensmittel-richtig-lagern/> (zuletzt abgerufen am 01.03 2021).
- Dietz A (2019): Richtig gekühlt hält länger. Was bei der Lagerung im Kühlschrank zu beachten ist. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg). <https://www.vis.bayern.de/ernaehrung/lebensmittelsicherheit/hygiene/kuehlschrank.htm>. (zuletzt abgerufen am 07.07.2020).
- EAT SMARTER (27. 12 2018). Lagerung von Lebensmittel im Kühlschrank. <https://eat-smarter.de/ernaehrung/news/lagerung-von-lebensmitteln-im-kuehlschrank> (zuletzt abgerufen am 11.07.2020).
- EPRS: European Parliamentary Research Service (2014): Tackling food waste. The EU's contribution to a global issue. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/bibliotheque/briefing/2014/130678/LDM_BRI\(2014\)130678_REV1_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/bibliotheque/briefing/2014/130678/LDM_BRI(2014)130678_REV1_EN.pdf) (zuletzt abgerufen am 11.07.2020).
- FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations (2011): Global food losses and food waste – extend causes and prevention. <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e.pdf>. (zuletzt abgerufen am 11.07.2020).
- HEA – Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung e.V. (2020): Fachwissen Kühl- und Gefriergeräte: <https://www.hea.de/fachwissen/kuehl-und-gefriergeraete> (zuletzt abgerufen am 07.07.2020).
- Kenma R, Lee P, Sims E (2017): Optimal food storage conditions in refrigeration appliances. Preparatory/review study on Commission Regulation (EC) No. 643/2009 and Commission Delegated Regulation (EU) No. 1060/2010. European Union. <https://www.vhk.nl/downloads/Reports/2017/VHK%20563%20FINAL%20REPORT%20Optimal%20food%20storage%20conditions%20in%20refrigeration%20appliances%20VHK%2020170217.pdf> (zuletzt abgerufen am 09.07.2020).
- Klein M (2018): A-Z: Obst und Gemüse richtig lagern. Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen e.V. (Hrsg.). <https://www.mehrwert.nrw/richtiglagern> (zuletzt abgerufen am 12.01.2020).
- Klingshirn A, Brugger L, Gienger M, Dietz LM (2019): Performancebewertung von feuchtegeregelten Gemüseschalen in Kühlgeräten. *Hauswirtschaft und Wissenschaft* 67 (2019), ISSN 2626-0913. doi: [10.23782/HUW_14_2019](https://doi.org/10.23782/HUW_14_2019)
- Krämer J, Prange A (2016): *Lebensmittel-Mikrobiologie*. Stuttgart: Ulmer.

- Kranert M et al. 2012. Ermittlung der weggeworfenen Lebensmittelmengen und Vorschläge zur Verminderung der Wegwerfrate bei Lebensmitteln in Deutschland. Stuttgart.
- Kurzhals H (2007): Kühlen und Gefrieren von Lebensmitteln. Hamburg: B. Behr's Verlag GmbH & Co. KG.
- Lagendijk E, Asséré A, Derens E, Carpentier B (2008): Domestic refrigeration practices with emphasis on hygiene: analysis of a survey and consumer recommendations. *Journal of Food Protection*, Vol. 71, No. 9, 1898–1904. <https://jfoodprotection.org/doi/abs/10.4315/0362-028X-71.9.1898>.
- Laguerre O, Derens E, Palagos B (2002): Study of domestic refrigerator temperature and analysis of factors affecting temperature: A French survey. *Intl J Refrig* 25:653–9.
- Luo Y, He Q, McEvoy J (2010): Effect of Storage Temperature and Duration on the Behavior of *Escherichia coli* O157:H7 on Packaged Fresh-Cut Salad Containing Romaine and Iceberg Lettuce. *Journal of Food Science* Vol. 75, Nr. 7, 2010.
- LZ - Lebensmittelzeitung (2018): Umsatz mit Convenienceerzeugnissen im Lebensmittel-einzelhandel in Deutschland nach Produktgruppen in den Jahren 2016/17 und 2017/18. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/294791/umfrage/umsatz-mit-convenience-im-leh-in-deutschland-nach-produktgruppen/> (zuletzt abgerufen am 10. Januar 2021).
- Moeser A, Yildiz J (2015): Still edible? Consumer behaviour and knowledge on handling food. *Ernaehrungs-Umschau*, Vol. 62 No. 4, M204–M210. https://www.ernaehrungs-umschau.de/fileadmin/Ernaehrungs-Umschau/pdfs/pdf_2015/04_15/EU04_2015_Yildiz_englisch.pdf
- Noleppa et al. 2015: Das große Wegschmeißen - Vom Acker bis zum Verbraucher: Ausmaß und Umwelteffekte der Lebensmittelverschwendung in Deutschland. Berlin. WWF Deutschland.
- Plumb A, Downing P, Parry A (2012): Consumer Attitudes to Food Waste and Food Packaging. WRAP final report: http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Report%20-%20Consumer%20attitudes%20to%20food%20waste%20and%20packaging_0.pdf (zuletzt abgerufen am 13.07.2020).
- REWE Markt GmbH (o.J.): Lebensmittel richtig lagern. <https://www.rewe.de/ernaehrung/lebensmittel-richtig-lagern/> (zuletzt abgerufen am 10. Januar 2021).
- Rimbach G, Möhring J, Erbersdobler H (2010): Lebensmittel-Warenkunde für Einsteiger. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Robertson G (1992): Food Packaging: Principles and Practice. Chapter 12: Shelf Life of Foods. New York: Marcel Dekker: 339ff.
- Rösch R, Icking J (2020): Salate: Zubereitung und Lagerung. Bundeszentrum für Ernährung. <https://www.bzfe.de/inhalt/salate-zubereitung-und-lagerung-6561.html> (zuletzt abgerufen am 12.07.2020).
- Schlich E, Klingshirn A (2020): Grundlagen der Kältetechnik. In: Küche und Technik – Handbuch für gewerbliche Küchen. Teil II (1.0/2020): 41-58. Fachausschuss Haushaltstechnik in der Deutschen Gesellschaft für Hauswirtschaft e. V. (Hrsg.). *Hauswirtschaft und Wissenschaft* 68 (2020). doi: [10.23782/HUW_14_2020](https://doi.org/10.23782/HUW_14_2020).

Schmidt T, Schneider F, Claupein E (2018): Lebensmittelabfälle in privaten Haushalten in Deutschland – Analyse der Ergebnisse einer repräsentativen Erhebung 2016/2017 von GfK SE. Thuenen Working Paper 92, Braunschweig.

Thomas S (2007): Erhebung des Verbraucherverhaltens bei der Lagerung verderblicher Lebensmittel in Europa. Shaker, Herzogenrath; Schriftenreihe der Haushaltstechnik Bonn.

VHK (2017): Van Holsteijn en Kemna B.V.: Optimal food storage conditions in refrigeration appliances, 2017, Niederlande. <http://www.ecodesignfridges.eu/Documents/Complementary%20research%20refrigeration%20and%20food%20waste.pdf> (zuletzt abgerufen am 08.01.2021).

WRAP - Waste and Resources Action Programme (2010): Reducing food waste through the chill chain. WRAP: <http://www.wrap.org.uk/content/report-insights-around-domestic-refrigerator> (zuletzt abgerufen am 07.01.2021).

WRAP - Waste and Resources Action Programme (2013): Impact of more effective use of fridge and freezer. <http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/More%20effective%20use%20of%20fridge%20freezer.pdf> (zuletzt abgerufen am 07.01.2021).

Autoren

Prof. Dr. Astrid Klingshirn^a (Korrespondenzautorin), Dipl. Ing. Lilla Brugger^a, Beate Kölzer MSc^b, Amelie Reinold BSc^a, Prof. Dr. rer. nat. Rainer Stamminger^b und Harald Wucher MSc^a

^a Fakultät Life Sciences, Hochschule Albstadt-Sigmaringen, Anton-Günther-Str. 51, 72488 Sigmaringen

^b Institut für Landtechnik, Sektion Haushalts- und Verfahrenstechnik, Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn

Kontakt: klingshirn@hs-albsig.de



© A. Klingshirn

Interessenkonflikt

Die Autorinnen und Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt vorliegt.

Zitation

Klingshirn A, Brugger L, Kölzer A, Reinold A, Stamminger R, Wucher H (2021): Empfehlungen zur Kühllagerung von Lebensmitteln - ein Review. Hauswirtschaft und Wissenschaft (69) 2021, ISSN 2626-0913. doi: 10.23782/HUW_04_2021