



LGL „Zukunftslabor 2030“- Analytik, künstliche Intelligenz und digitaler
Zwilling – Fleischverderb am aktuellen Beispiel von Hackfleisch

Clara Wimmer, Melanie Pavlovic, Nancy Bretschneider,
Mareike Wenning, Ingrid Huber, Ulrich Busch

Zukunftslabor Lebensmittelhaltbarkeit 2030

ZL2030 – Szenarien eines nachhaltigen, gesundheitlichen Verbraucherschutzes der Zukunft mittels Austausch und quantitativer Auswertung von Qualitäts- und Sicherheitsinformationen von Lebensmitteln entlang der Lieferkette bis zum Konsumenten dank innovativer Messmethoden und sich kontinuierlich aktualisierender KI

Laufzeit: Oktober 2021 – September 2024 (Mai 2025)

Zielsetzung:

- Vorhersage des Frischezustands von Lebensmitteln mittels Digitaler Zwillinge
- Konzeptstudie zur Anwendbarkeit verschiedener innovativer Messmethoden
- Entwicklung einer offenen Plattform zum Austausch von Produkt- und Produktionsdaten und –modellen
- Erstellung prognosefähiger digitaler Zwillinge

Zukunftslabor2030

Zukunftsszenarien für den Verbraucherschutz auf Basis von Qualitäts- und Sicherheitsinformationen von Lebensmitteln, innovativen Messmethoden und KI

Ziele und geplante Innovationen

Das Projekt Zukunftslabor2030 ermittelt potenzielle Zukunftsszenarien, wie Künstliche Intelligenz (KI) Prozesse der Qualitätssicherung in ihrer Ausgestaltung unterstützen können. Dabei werden auch Szenarien berücksichtigt, für deren Umsetzung eine Anpassung der aktuell gültigen Akkreditierungen oder Gesetze erforderlich wären. Parallel wird die Anwendbarkeit verschiedener, innovativer Messmethoden zur Prognose des chemischen und mikrobiellen Verderbs von Lebensmitteln in der Fertigung und entlang der Lieferkette quantifiziert. Die Daten dieser schnellen Messmethoden werden mittels einer digitalen Plattform verfügbar gemacht. Auf Basis dieser Daten und der Daten der Lieferkette erarbeitet das Projekt unter Verwendung von digitalen Zwillingen ein Konzept zur dynamische Bewertung und Prognose des Lebensmittelverderbs.



Projekt

IoT, KI & INNOVATIVE MESSMETHODEN

Nachhaltiger, gesundheitlicher Verbraucherschutz der Zukunft

Im Rahmen des Projektes werden Szenarien entwickelt, wie durch den konsequenten Einsatz des Internet der Dinge und künstlicher Intelligenz (KI) entlang der Lebensmittel-Lieferkette von der Produktion bis zum Konsumenten deutliche Verbesserungen in den Bereichen Verbraucherschutz und -information, in der Überwachung der Lebensmittelqualität und Sicherheit sowie hinsichtlich einer möglichen Reduktion von Lebensmittelverschwendung erzielt werden können.

<https://zukunftslabor2030.de/>

Arbeitspakete

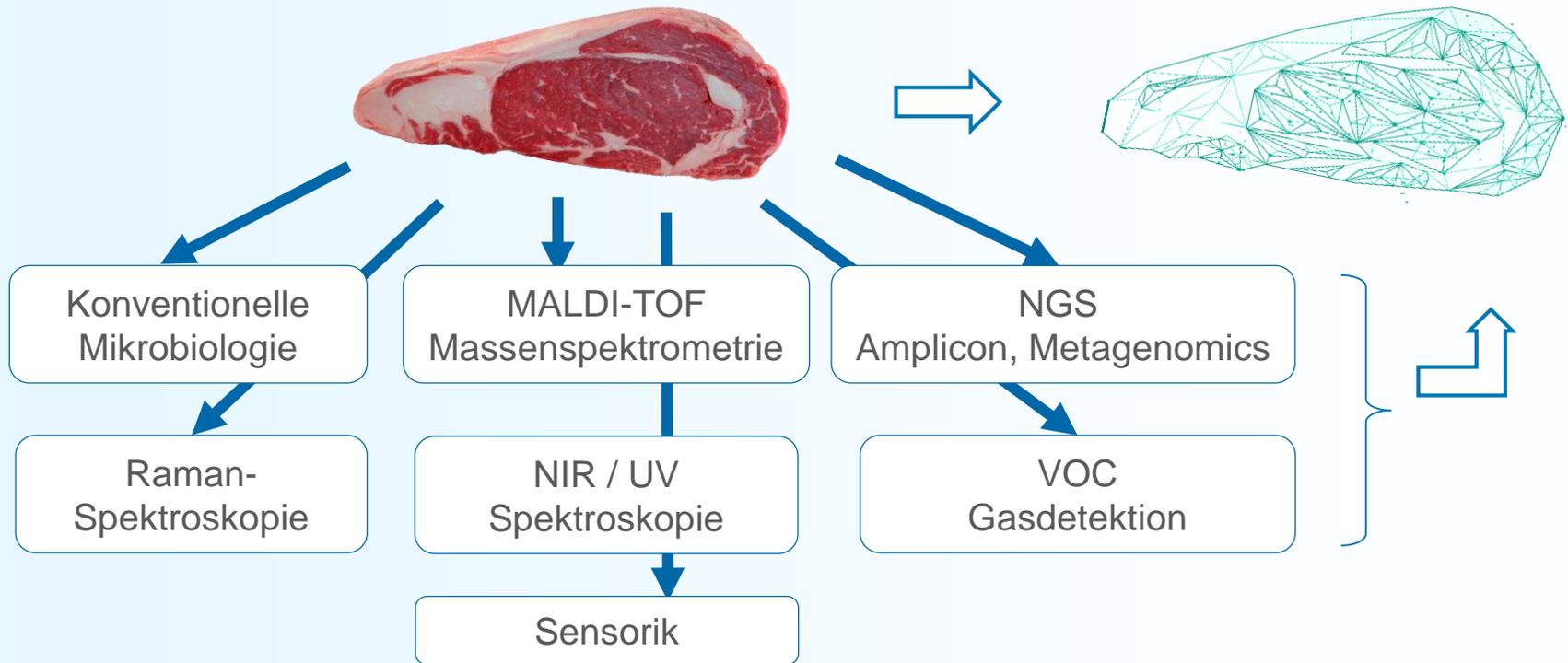
API Planung Messaktivitäten

In API wird zunächst die genaue Planung der Messaktivitäten aller innovativen Messmethoden, sowie die erforderlichen Maßnahmen zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit der Messungen erarbeitet. Die Messungen werden anschließend unter Einsatz der innovativen Messmethoden (Spektroskopie, NGS und Massenspektrometrie) durchgeführt. Das Zusammenspiel der innovativen Messmethoden wird im Anschluss mit KI-Methoden ausgewertet und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit den derzeitig amtlich anerkannten Methoden untersucht.

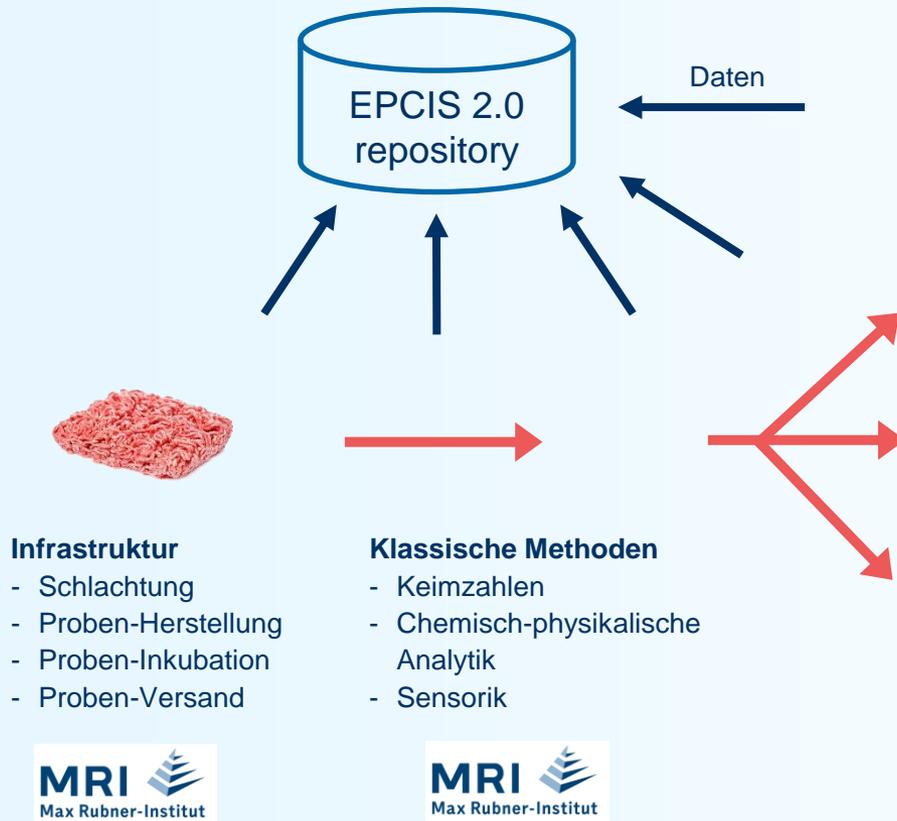
AP2 Digitale Plattform

In AP2 wird eine digitale Plattform bereitgestellt, die den Austausch von Messdaten, Metadaten und Modellen ermöglicht. Hierfür müssen zunächst Schnittstellen und eine Infrastruktur für den Datenaustausch etabliert werden. Zudem werden mathematische Modelle entwickelt, die eine Prognose der Lebensmittelhaltbarkeit und -qualität auf Basis von Lebensmittelmess- und Sensordaten unterstützen sollen. Abschließend soll ein selbstlernender Digitaler Zwilling entwickelt werden, der anhand kontinuierlich erweiterter Datensätze eine Prognosefähigkeit, über den aktuellen und zukünftigen Zustand eines Lebensmittels bzgl. Lebensmittelhygiene, -qualität und -sicherheit entlang der Lieferkette bis zum Verzehr, ermöglichen soll.

Digitale Zwillinge zur Vorhersage des Frischegrads von Fleisch



Aktuelle Projektergebnisse - Übersicht



NGS

- Metatranskriptomik
- Metagenomik
- Diversität



Maldi-ToF

- Mikrobielle Diversität
- Food Metabolom



Spektroskopie

- Fluoreszenz/VIS
- Raman
- Nahinfrarot



Analytik volatiler Marker

- Chemisch-analytisch
- Digitale Sensoren



VERORDNUNG (EG) Nr. 852/2004 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES

vom 29. April 2004

über Lebensmittelhygiene

KAPITEL I

ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

Artikel 1

Geltungsbereich

- (1) Diese Verordnung enthält allgemeine Lebensmittelhygienevorschriften für Lebensmittelunternehmer unter besonderer Berücksichtigung folgender Grundsätze:
- a) Die Hauptverantwortung für die Sicherheit eines Lebensmittels liegt beim Lebensmittelunternehmer.
 - b) Die Sicherheit der Lebensmittel muss auf allen Stufen der Lebensmittelkette, einschließlich der Primärproduktion, gewährleistet sein.
 - c) Bei Lebensmitteln, die nicht ohne Bedenken bei Raumtemperatur gelagert werden können, insbesondere bei gefrorenen Lebensmitteln, darf die **Kühlkette** nicht unterbrochen werden.

Allgemeine und spezifische Hygienevorschriften

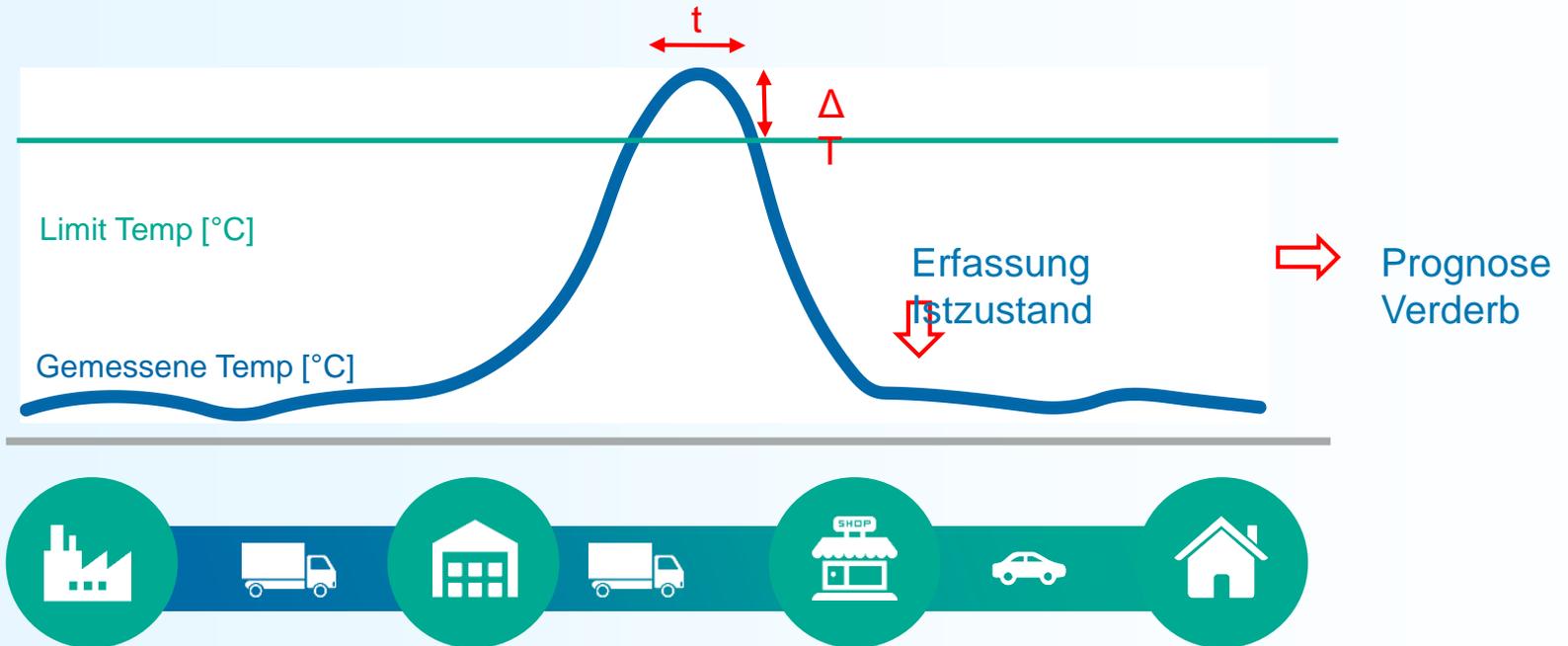
- (1) Lebensmittelunternehmer, die in der Primärproduktion tätig sind und die in Anhang I aufgeführten damit zusammenhängenden V allgemeinen Hygienevorschriften gemäß Anhang I Teil A sowie etwaige spezielle Anforderungen der Verordnung (EG) Nr. 853/2004 zu erfüllen.
- (2) Lebensmittelunternehmer, die auf Produktions-, Verarbeitungs- und Vertriebsstufen von Lebensmitteln tätig sind, die den Arbeitsgängen ge haben die allgemeinen Hygienevorschriften gemäß Anhang II sowie etwaige spezielle Anforderungen der Verordnung (EG) Nr. 853/2004 zu erfül
- (3) Lebensmittelunternehmer treffen gegebenenfalls folgende spezifischen Hygienemaßnahmen:
 - a) Erfüllung mikrobiologischer Kriterien für Lebensmittel;
 - b) Verfahren, die notwendig sind, um den Zielen zu entsprechen, die zur Erreichung der Ziele dieser Verordnung gesetzt worden sind;
 - c) Erfüllung der Temperaturkontrollerfordernisse für Lebensmittel;
 - d) Aufrechterhaltung der **Kühlkette**;

KAPITEL IX

Vorschriften für Lebensmittel

5. Rohstoffe, Zutaten, Zwischenerzeugnisse und Enderzeugnisse, die die Vermehrung pathogener Mikroorganismen oder die Bildung von Toxinen fördern können, dürfen nicht bei Temperaturen aufbewahrt werden, die einer Gesundheitsgefährdung Vorschub leisten könnten. Die **Kühlkette** darf nicht unterbrochen werden. Es darf jedoch für begrenzte Zeit von den Temperaturvorgaben abgewichen werden, sofern dies aus praktischen Gründen bei der Zubereitung, Beförderung und Lagerung sowie beim Feilhalten und beim Servieren von Lebensmitteln erforderlich ist und die Gesundheit des Verbrauchers dadurch nicht gefährdet wird. Lebensmittelunternehmen, die Verarbeitungserzeugnisse herstellen, bearbeiten und umhüllen, müssen über geeignete, ausreichend große Räume zur getrennten Lagerung der Rohstoffe einerseits und der Verarbeitungserzeugnisse andererseits und über ausreichende, separate Kühlräume verfügen.

Anwendung digitaler Zwillinge bei Kühlkettenunterbrechungen



Zukunftslabor Lebensmittelhaltbarkeit 2030

Partner



Next-Generation-Sequencing (NGS) zur Mikrobiomanalyse

Amplicon Seq

- Ermittlung des Mikrobioms über Erfassung des 16S rRNA Profils
- *Wer ist da?*

Metagenom

- Charakterisierung vorhandener MO über Sequenzierung der Gesamt-DNA
- *Was können sie machen?*

Transkriptom

- Ermittlung des Profils aller exprimierten Gene
- *Was machen sie gerade?*

Lagerversuche

- Lagerversuche von Modellprodukten (Hackfleisch) über die Zeit
- Variation von:
 - Atmosphäre MAP: N_2/CO_2 und O_2/CO_2 jeweils 70% / 30%
 - Temperatur: 2°C bis 14°C
 - Rohmaterial: immer schlachtfrisch

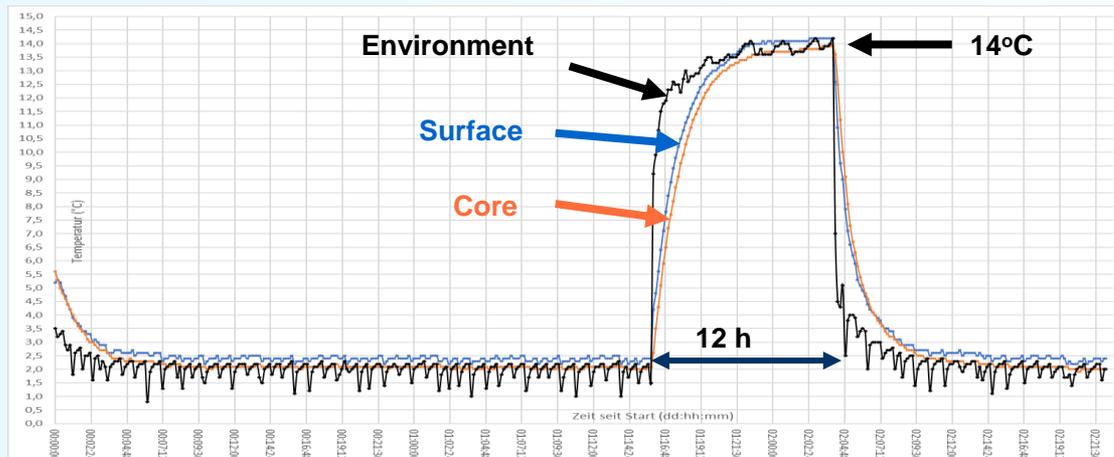


Empfohlene Lagerdauer und Lagerbedingungen für Hackfleisch

Lebensmittel	Lagerbedingungen	Lagerdauer
Hackfleisch unter Schutzatmosphäre	Kühlschrank, kälteste Stelle *, 2 bis 4 °C	Verbrauchsdatum beachten
Hackfleisch, roh, lose Ware	Kühlschrank, kälteste Stelle *, 2 bis 4 °C	am Tag des Einkaufs, max. 24 Stunden
Hackfleisch, durchgebraten	Kühlschrank, 2 bis 6 °C	1 bis 2 Tage
Hackfleisch, selbst tiefgefroren	Gefriergeräte, mindestens -18 °C	1 bis 3 Monate
* nahe der Rückwand oder auf der Abdeckplatte des Obst- und Gemüsefaches		

<https://www.bzfe.de/lebensmittel/zubereitung/mit-hackfleisch-richtig-umgehen/>

Interruption of cold chain (CCI)



2 °C →



Integration der Konsumenten

- Erhebung des zu erwartenden Handlings-Fehlers auf Seiten des Konsumenten
 - Heimtransport
 - Kühlschrank
- Information/Schulung zur Bedeutung der Einhaltung der Kühlkette einschließlich Transport und Kühlschrank



Kühlschranktemperatur in Privathaushalten in Deutschland

06.12.2024 [🔗](#) [Meldungen](#) [Slideshow](#)

Ergebnisse einer bundesweiten Erhebung

Um die mikrobiologische Sicherheit leicht verderblicher Lebensmittel während der Haltbarkeitsdauer besser beurteilen zu können, sind Daten über die realen Kühlbedingungen erforderlich. Diese fließen auch in EU-weite Belastungstests mit *Listeria monocytogenes* ein. Das Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie am MRI hat gemeinsam mit dem Bundesinstitut für Risikobewertung eine umfassende Erhebung der Kühlschranktemperatur in Privathaushalten in Deutschland durchgeführt. Dazu wurden die Kühlschranktemperaturen per Datenlogger in mehr als 1000 Haushalten über rund 30 Tage aufgezeichnet.

Die Temperatur in der Kühlschrankmitte betrug im Durchschnitt 6,6 Grad Celsius. Dies entspricht der Temperaturempfehlung, die für den mittleren Kühlbereich bei 5 bis 7 Grad Celsius liegt. Bei 80 Prozent der untersuchten Kühlschränke wurden Temperaturen zwischen 4 und 10 Grad Celsius gemessen.

Diese Daten ermöglichen erstmals fundierte Aussagen zu den Kühlschranktemperaturen in Privathaushalten in Deutschland. Sie bilden außerdem eine entscheidende Grundlage für die Durchführung von Belastungstests mit *Listeria monocytogenes*.

Weitere Informationen zum Projekt:

[🔗 Deutschlandweite Erhebung der Kühlschranktemperatur in Privathaushalten](#)



© stock.adobe.com/ Gorodenkoff
Productions OU

[Zurück](#)

<https://www.mri.bund.de/de/aktuelles/meldungen/meldungen-einzelansicht/deutschlandweite-erhebung-der-kuehlschranktemperatur-in-privathaushalten/>

Deutschlandweite Erhebung der Kühlschranktemperatur in Privathaushalten



© stock.adobe.com/ Gorodenkoff
Productions OU

Datengrundlage für Belastungstests mit *Listeria monocytogenes* unter realen Kühlbedingungen

Bei frischen und leicht verderblichen Lebensmitteln wie Fleisch oder Fisch, aber auch bei Fertigprodukten ist die Lagertemperatur ein entscheidender Faktor für die Haltbarkeit. Kalte Temperaturen verlangsamen zwar im Allgemeinen das Wachstum von Mikroorganismen, einige

Bakterien wie *Listeria monocytogenes* können sich aber auch bei niedrigen Temperaturen vermehren und so zu Lebensmittelinfektionen führen. Besonders gefährdet sind laut Robert Koch-Institut abwehrgeschwächte Personen wie Neugeborene, alte Menschen, Patienten mit chronischen Erkrankungen (zum Beispiel Tumoren, AIDS) oder Transplantierte und Schwangere.

Um die mikrobiologische Sicherheit und Haltbarkeitsdauer leicht verderblicher Lebensmittel besser beurteilen zu können, sind Daten über die realen Kühlbedingungen erforderlich. Diese fließen auch in EU-weite Belastungstests mit *Listeria monocytogenes* ein, bei denen die Lebensmittelhersteller die Lagerung von Produkten im Zeitraum der Haltbarkeit simulieren. Das Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie am MRI hat deshalb gemeinsam mit dem Bundesinstitut für Risikobewertung eine umfassende Erhebung der Kühlschranktemperatur in privaten Haushalten in Deutschland durchgeführt.

Listeria monocytogenes

Das Bakterium *Listeria monocytogenes* kommt nahezu überall vor und hat geringe Wachstumsansprüche an die Umgebung. Es kann die Erkrankung Listeriose verursachen, eine Zoonose, die vom Tier auf den Menschen übertragen wird. Die Aufnahme von *Listeria monocytogenes* erfolgt im Wesentlichen durch den Verzehr von kontaminierten Lebensmitteln. Neben tierischen Produkten wie Rohmilchkäse oder Erzeugnissen aus rohem Fleisch können die Bakterien auch auf pflanzlichen Lebensmitteln vorkommen, etwa wenn diese bei der Verarbeitung verunreinigt wurden. Infektionen werden in der Regel durch eine relativ hohe Aufnahmemenge ausgelöst, die in den meisten Fällen erst durch die Vermehrung der Bakterien im Lebensmittel während der Lagerung entsteht.

Kontakt

Dr. Christina Böhnlein

Telefon: +49 0431 609-2383

✉ christina.boehnlein@mri.bund.de

🔗 Zur Person

Dr. Jan Kabisch

Telefon: +49 0431 609-2351

✉ jan.kabisch@mri.bund.de

🔗 Zur Person

Kalt erwischt *

Wie eisig ist das kalte Herz deutscher Haushalte eigentlich? Eine Studie von BfR und MRI deckt Kühlschranktemperaturen und Kühl-Gewohnheiten auf.



© Kira/AdobeStock

Wenn Lebensmittel richtig gekühlt werden, verlangsamt das die Vermehrung der meisten Bakterien oder stoppt sie ganz. Das kann das Risiko für Lebensmittelinfektionen verringern. Jedes Jahr werden in Deutschland etwa 100.000 Erkrankungen gemeldet, die durch Mikroorganismen (insbesondere Bakterien, Viren oder Parasiten) in Lebensmitteln verursacht worden sein können. Für Menschen, deren Immunsystem noch nicht vollständig ausgebildet oder geschwächt ist (kleine Kinder, Schwangere, ältere Menschen oder Personen mit Vorerkrankungen) können sie im Extremfall lebensbedrohlich sein.

Es kommt also auf die richtige Kühlung an. Dabei sollte man sich an die auf Lebensmittelverpackungen angegebene Lagertemperatur halten. Häufig beträgt sie zwischen 4 und 8 Grad Celsius (°C). Doch wenn der heimische Kühlschrank die Temperatur nicht anzeigt, wird es ungewiss. „Wie die Studie ergab, haben weniger als die Hälfte (41 %) der Kühlschränke in Deutschland eine Temperaturanzeige oder ein separates Thermometer“, sagt Martina Hoffmann, Psychologin und Leiterin der Studie am BfR. „So können viele Verbraucherinnen und Verbraucher die konkrete Temperatur ihres Kühlschranks gar nicht ablesen.“ Lediglich bei rund einem Drittel (34 %)

der Geräte lässt sich eine Temperatur gezielt einstellen, zeigt die Studie – die große Mehrzahl verfügt über Temperaturstufen (etwa per Zahlen-Regler).

ALLES WARMKÜHLER?

Um mehr Klarheit in die Kühlung zu bringen, haben das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) und das Max Rubner-Institut (MRI) im Verlauf eines Jahres Standort, Temperatur, Beladung und Öffnungsdauer von Kühlschränken in knapp 1.400 repräsentativ ausgewählten Haushalten ermittelt. Erstmals deutschlandweit und jeweils einen Monat lang. Neben Temperaturmessern und Nutzungsprotokollen kamen Befragungen zu Temperatureinschätzungen sowie zum Umgang mit zu kühlenden Lebensmitteln zum Einsatz.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Menschen in Deutschland bei Standort, Nutzung und Temperaturwahl

mehrheitlich einig sind. In fast allen Haushalten (94 %) befindet sich der Kühlschrank in der Küche. Weitere Standorte sind bei wenigen der Hauswirtschaftsraum beziehungsweise die Speise- oder Abstellkammer oder der Wohnbereich (jeweils 2 %) sowie der Flur (1 %).

ACHT GRAD, UND ES WIRD NOCH KÄLTER

In rund der Hälfte der Haushalte könnten angrenzende Geräte die Kühlschranktemperatur möglicherweise beeinflussen: Bei einem Viertel (24 %) steht Kleinelektronik wie Mikrowelle, Kaffeemaschine oder Toaster unmittelbar neben dem Kühlschrank. In 18 Prozent der untersuchten Haushalte befinden sich ein Ofen oder Backofen und in 11 Prozent der Haushalte ein Herd direkt daneben.

Die ermittelten Temperaturen zeigen, dass sich 80 % der Haushalte zwi-

schen 4 und 10 °C im Kühlschrank einpendeln. Bei einer Mehrheit (32 %) herrschten zwischen 6 und 8 °C, bei einem Viertel (24 %) zwischen 8 und 10 °C. Der Mittelwert lag bei 6,6 °C.

Diese Werte decken sich zum Teil mit den Einschätzungen der Befragten: Mehr als die Hälfte (63 %) gaben an, dass die ideale Kühlschranktemperatur zwischen 4 und 7 °C läge. Knapp ein Viertel (22 %) gingen von 8 °C und höher aus. Nur 4 Prozent gaben eine ideale Kühlschranktemperatur von unter 4 °C an. „Das BfR empfiehlt, die Kühlschranktemperatur auf maximal 7 °C einzustellen und regelmäßig an verschiedenen Stellen im Kühlschrank zu überprüfen“, sagt Martina Hoffmann. „Grundsätzlich sollte bei vorverpackten Lebensmitteln immer die Kühlempfehlung der Hersteller beachtet werden.“

Ein Kühlschrank hat unterschiedlich kalte Bereiche. Doch ist das in den Privathaushalten überhaupt bekannt? 52 Prozent aller Befragten gaben an, unten im Kühlschrank sei es am kältesten. Den mittleren Bereich nahmen 22 Prozent und den oberen ein weiteres Fünftel (21 %) als am kältesten an. „Richtig ist: Der unterste Kühlbereich, über dem Obst- und Gemüsefach, ist der kälteste und geeignet für Fleisch, Fisch und Wurst“, sagt Martina Hoffmann. „Die Fächer in der Kühlschranktür sind übrigens die am wenigsten kalten Bereiche.“

TÜR AUF, TÜR ZU

Die Studienteilnehmenden sollten auch für einen 24-Stunden-Zeitraum notieren, wie häufig sie ihren Kühlschrank öffnen. Im Durchschnitt klappte die Tür 11,9 Mal auf und zu. Maximal wurde der Kühlschrank in einem Haushalt 46 Mal geöffnet, das Geringste war ein Mal in 30 Haushalten.

Die Studienergebnisse liefern wissenschaftliche Anhaltspunkte für politische Entscheidungsträger, etwa zur Festlegung von Kühlvorgaben für die Lebensmittelindustrie. —

Mehr erfahren



BfR-FAQ
„Korrektes Kühlen
von Lebensmitteln
im Privathaushalt“



In 94 % der Haushalte steht der Kühlschrank in der Küche, bei jeweils 2 % im Hauswirtschaftsraum bzw. in der Speise-/Abstellkammer oder im Wohnbereich, bei 1 % im Flur.

TIPPS

ZUM RICHTIGEN KÜHLEN

- ✓ Leicht verderbliche tierische und pflanzliche Lebensmittel (wie Fleisch, Käse, Milch, Eier, Fisch sowie geschnittene Gemüsesalate und geschnittenes Obst) nach dem Einkauf schnellstmöglich nach Hause transportieren und im Kühlschrank aufbewahren
- ✓ Zum Transport bei warmen Temperaturen Kühlboxen nutzen
- ✓ Kühlschrank nicht überfüllen, damit die kühle Luft zirkulieren kann
- ✓ Kühlschranktemperatur auf max. +7 °C (besser unter +5 °C) einstellen und Temperatur regelmäßig überprüfen
- ✓ rohes Fleisch, Geflügel und rohen Fisch ganz unten im Kühlschrank, oberhalb des Gemüsefachs und nahe der Rückwand oder in einem 0 °C-Fach lagern
- ✓ Kühlschrank mehrmals im Jahr innen reinigen

COOL FACTS ZUM KÜHLSCHRANK



Auf max. 7 °C
sollte die Temperatur eingestellt werden.

Knapp 12 Mal

wurde der Kühlschrank in einem Haushalt innerhalb von 24 h im Durchschnitt geöffnet.



MORGEN BEGINNT HEUTE - DER UMWELT UND VERBRAUCHER PODCAST

THEMENBEREICH VERBRAUCHERSCHUTZ

Haltbarkeit von Lebensmitteln: Ist das noch gut oder muss das weg?



Mindestens haltbar bis... letzte Woche. Oft sind wir uns nicht sicher, ob abgelaufene Lebensmittel noch gut sind - einiges landet deshalb in der Tonne, obwohl es noch problemlos genießbar wäre. Das soll sich ändern! In dieser Folge schaut sich Moderatorin Toni Scheurlen in einem Supermarkt in München um. Zusammen mit Dr. Ulrich Busch vom Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit nimmt sie verschiedene Lebensmittel unter die Lupe.

Dabei erfährt sie, was oft länger gut ist und wie wir Verbraucher*innen das mit unseren Sinnen ganz einfach überprüfen können. Toni findet außerdem heraus, was der Unterschied zwischen dem Mindesthaltbarkeitsdatum und dem Verbrauchsdatum ist und warum einige Lebensmittel kein Mindesthaltbarkeitsdatum haben. Später trifft sie auf den Bayerischen Staatsminister für Umwelt- und Verbraucherschutz Thorsten Glauber. Er gibt den Hörer*innen hilfreiche Tipps und erklärt, was sich in der Politik beim Thema Lebensmittelverschwendung verändern muss.

zur Folge "Haltbarkeit von Lebensmitteln: Ist das noch gut oder muss das weg?"

Kontrolle der Pathogenitätsfaktoren

Untersuchte Pathogene

- EHEC
- Salmonellen
- Listerien

Bisher gefundene Pathogene

- V07 (2°C): *Listeria monocytogenes*
- V08 (2°C): EHEC (*stx2* positiv)

Zusammenfassung

- Unter sauerstoffreicher Atmosphäre ist das Mikrobiom diverser
- Das Mikrobiom bei 2°C trennt sich klar von den höheren Temperaturen ab
 - Bei 2°C lenken die Milchsäurebakterien und die Pseudomonaden den Verderb
 - Bei 10°C findet man zunehmend Enterobacteriaceen im Verderbsmikrobiom
 - Und bei 14°C dominieren die Enterobacteriaceen das Mikrobiom
- Es liegen doch stärkere Unterschiede in Abhängigkeit von der Ausgangsbelastung vor

Ausblick

- Zusammenführung der Daten und Berechnung erster Modelle
- Transkriptomanalysen
- Modellversuche mit weiterer Matrix (zukünftige Projekte)

Herzlichen Dank

Clara Wimmer,
Nadera Hanifi,
Katrin Roth
Mareike Wenning,
Melanie Pavlovic,
Nancy Bretschneider und Ingrid Huber

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit



www.lgl.bayern.de

