



LGL

Vorstellung Projekt Digitaler Zwilling

## 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

Verlängerung beantragt

### **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.





ZL2030



Mehr erfahren



Dynamischer Verderbnisanzeiger



# Projekt

IOT, KI &amp; 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**

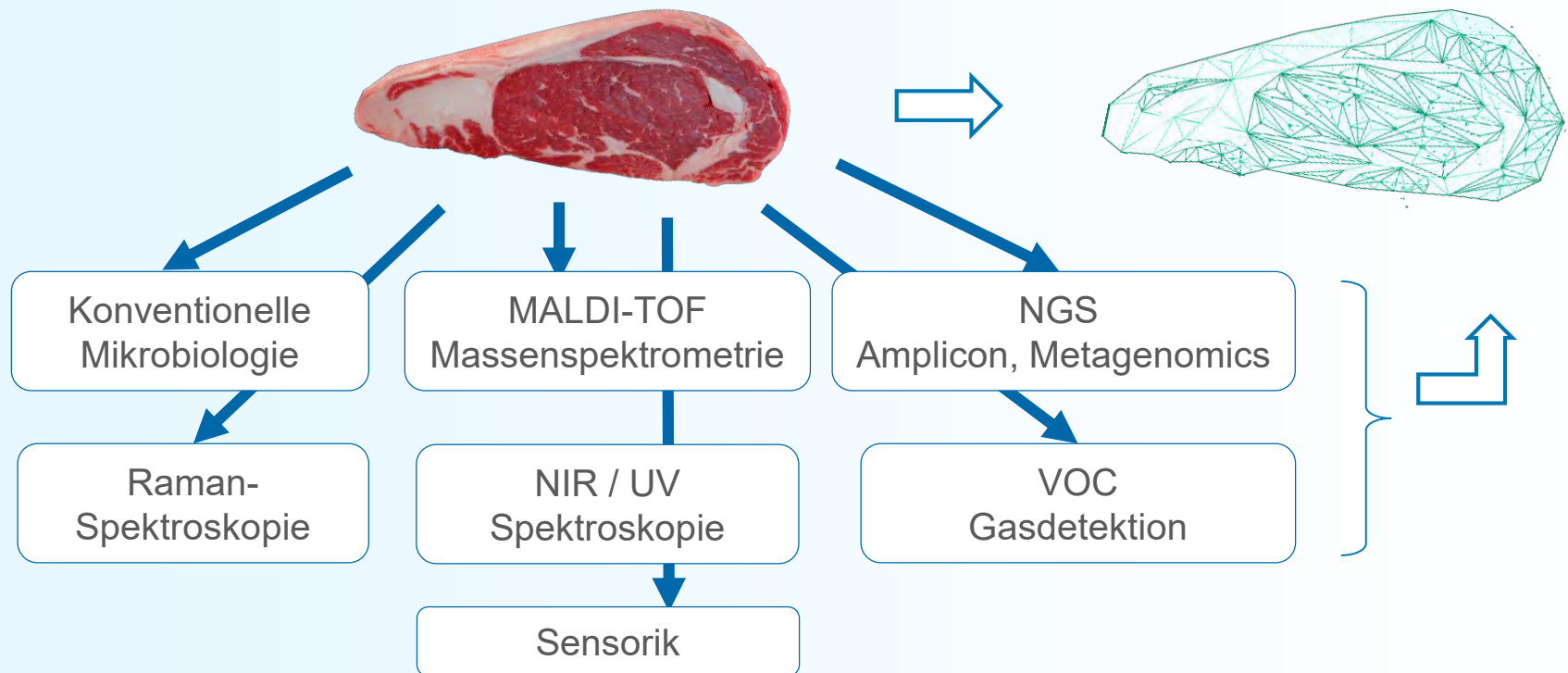
In API wird zunächst die genaue Planung der Messaktivitäten aller innovativen Messmethoden, sowie die erforderlichen Maßnahmen zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit der Messungen erarbeitet. Die Messungen werden anschließend unter Einsatz der innovativen Messmethoden (Spektroskopie, NGS und Massenspektrometrie) 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

---

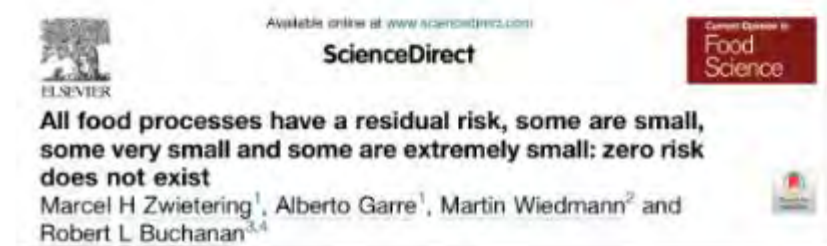
In AP2 wird eine digitale Plattform bereitgestellt, die den Austausch von Messdaten, Metadaten und Modellen ermöglicht. Hierfür müssen zunächst Schnittstellen und eine Infrastruktur für den Datenaustausch etabliert werden. Zudem werden mathematische Modelle entwickelt, die eine Prognose der Lebensmittelhaltbarkeit 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



# Technische Ziele

- Modellierung der Verderbsprozesse von vorverpacktem Schweinehackfleisch
- Erweiterung der analytischen Parameter zur Modellierung und Erfassung des Zustandes des Hackfleischs (Leitparameter)
- Demonstration des Ansatzes (Digitaler Zwilling) in der Praxis sowie Abschätzung von Aufwand und Nutzen





# 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

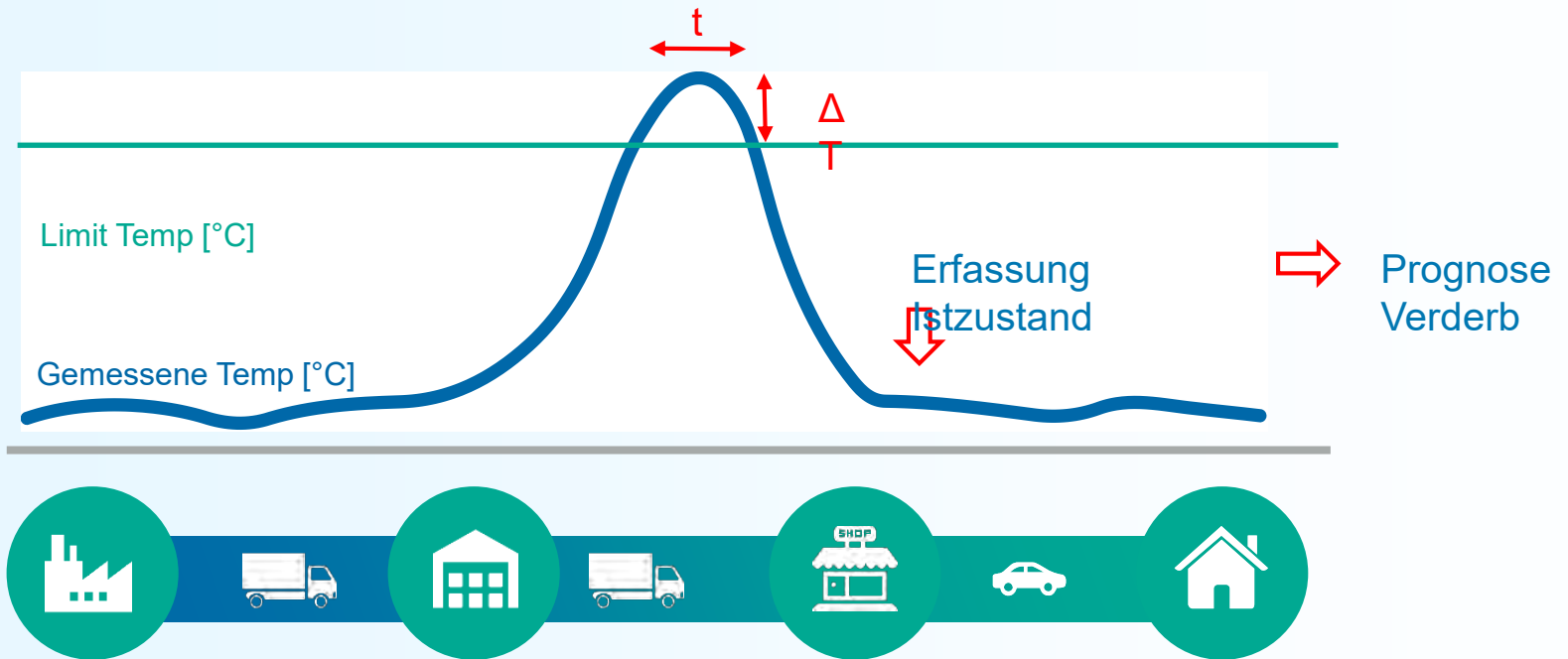
- (1) Lebensmittelunternehmer, die in der Primärproduktion tätig sind und die in Anhang I aufgeführten damit zusammenhängenden allgemeinen Hygienevorschriften gemäß Anhang I Teil A sowie etwaige spezielle Anforderungen der Verordnung (EG) Nr. 853/2004 zu erfüllen.
- (2) Lebensmittelunternehmer, die auf Produktions-, Verarbeitungs- und Vertriebsstufen von Lebensmitteln tätig sind, die den Arbeitsgängen gehen haben die allgemeinen Hygienevorschriften gemäß Anhang II sowie etwaige spezielle Anforderungen der Verordnung (EG) Nr. 853/2004 zu erfüllen.
- (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 Temperaturkontrollanforderungen 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

benelog 



**MRI**   
Max Rubner-Institut  
Bundesforschungsinstitut für  
Ernährung und Lebensmittel

**FLMR**  
Forschungsstelle für  
Deutsches und Europäisches  
Lebensmittelrecht der  
Universität Bayreuth



**Fraunhofer**  
IVV

**tsenso**

 **BfR**  
Bundesinstitut für Risikobewertung

Bayerisches Landesamt für  
Gesundheit und Lebensmittelsicherheit





## 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

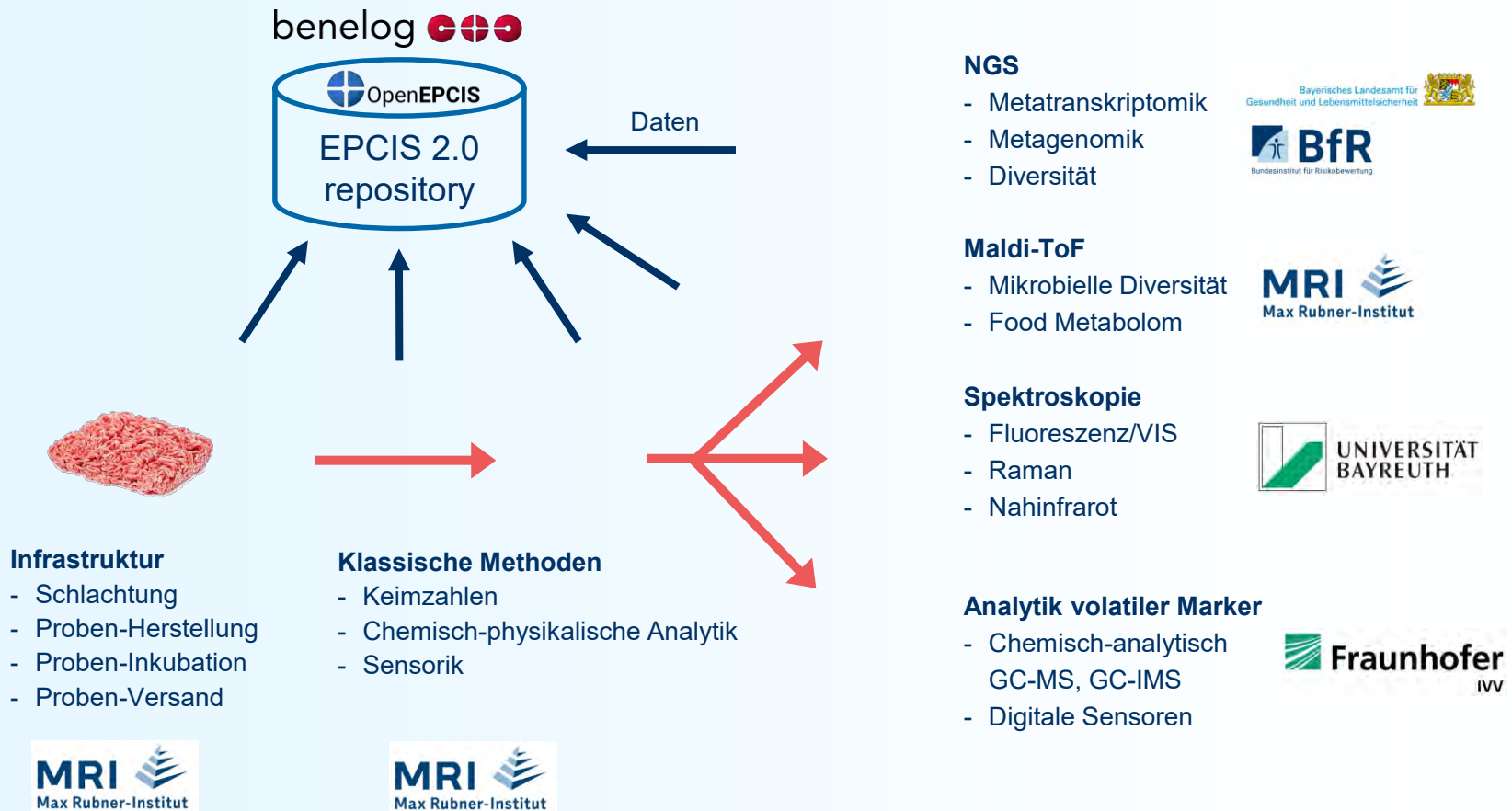
- Ermittlung des Profils aller exprimierten Gene
- *Was machen sie gerade?*

## Lagerversuche

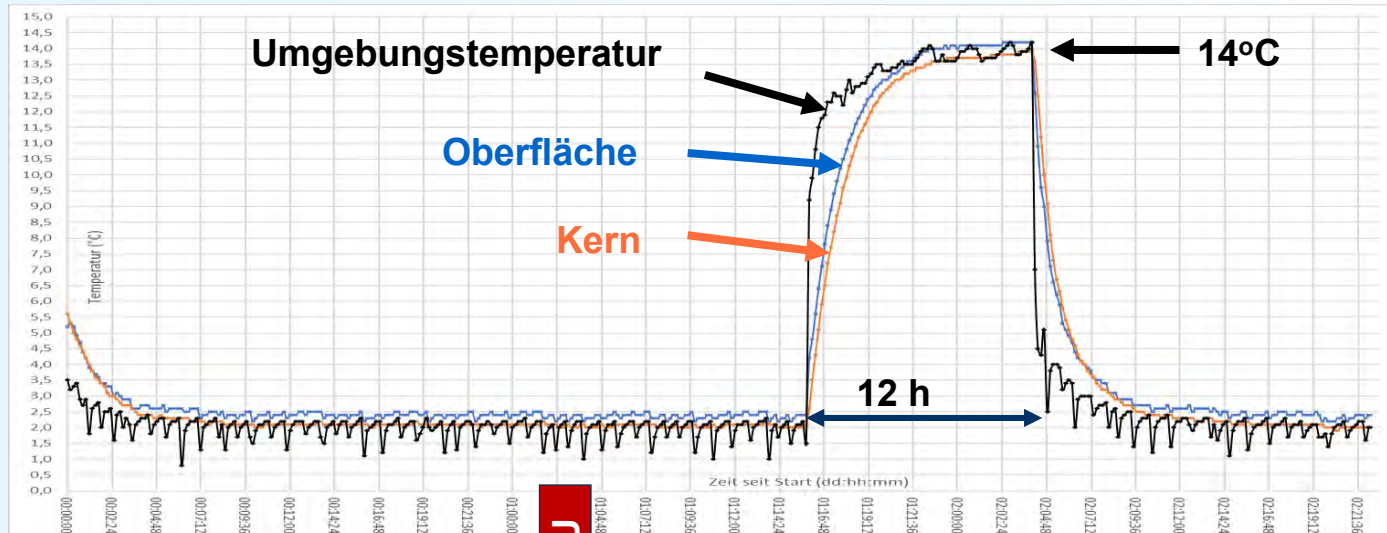
- Lagerversuche von Modellprodukten (Hackfleisch) über die Zeit
- Variation von:
  - Atmosphäre MAP:  $N_2/CO_2$  und  $O_2/CO_2$  jeweils 70% / 30%
  - Temperatur: 2°C bis 14°C
  - Rohmaterial: immer schlachtfrisch



# Datenerhebung mit klassischen & modernen Methoden



# Beispielszenario – Effekte bei Unterbrechung der Kühlkette



**Herstellung:**  
- MRI  
- Industrie

Lagerung  
bei 2 °C



Probenahme – Tage: chemisch-physikalische Qualitätsparameter etc.



## 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/>

# 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.

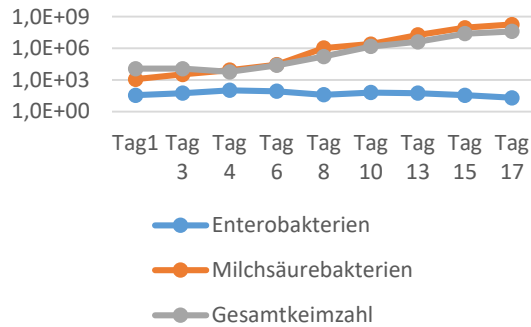
Dabei erfährt sie, was oft länger gut ist und wie wir Verbraucher\*innen das mit unseren Sinnen ganz einfach überprüfen können. Toni findet außerdem heraus, was der Unterschied zwischen dem Mindesthaltbarkeitsdatum und dem Verbrauchsdatum ist und warum einige Lebensmittel kein Mindesthaltbarkeitsdatum 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?"

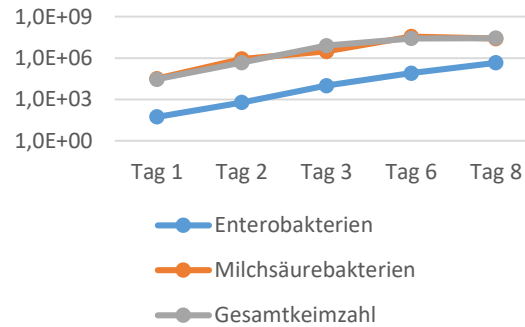
# Entwicklung der Keimzahlen über die Lagerdauer

KbE/g

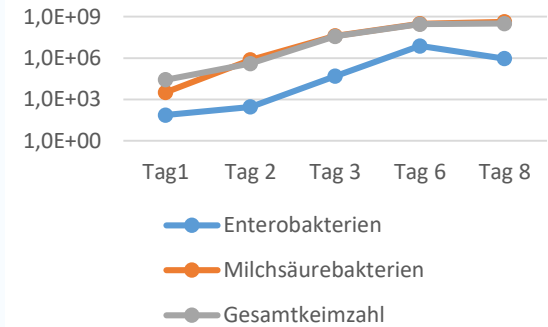
2°C



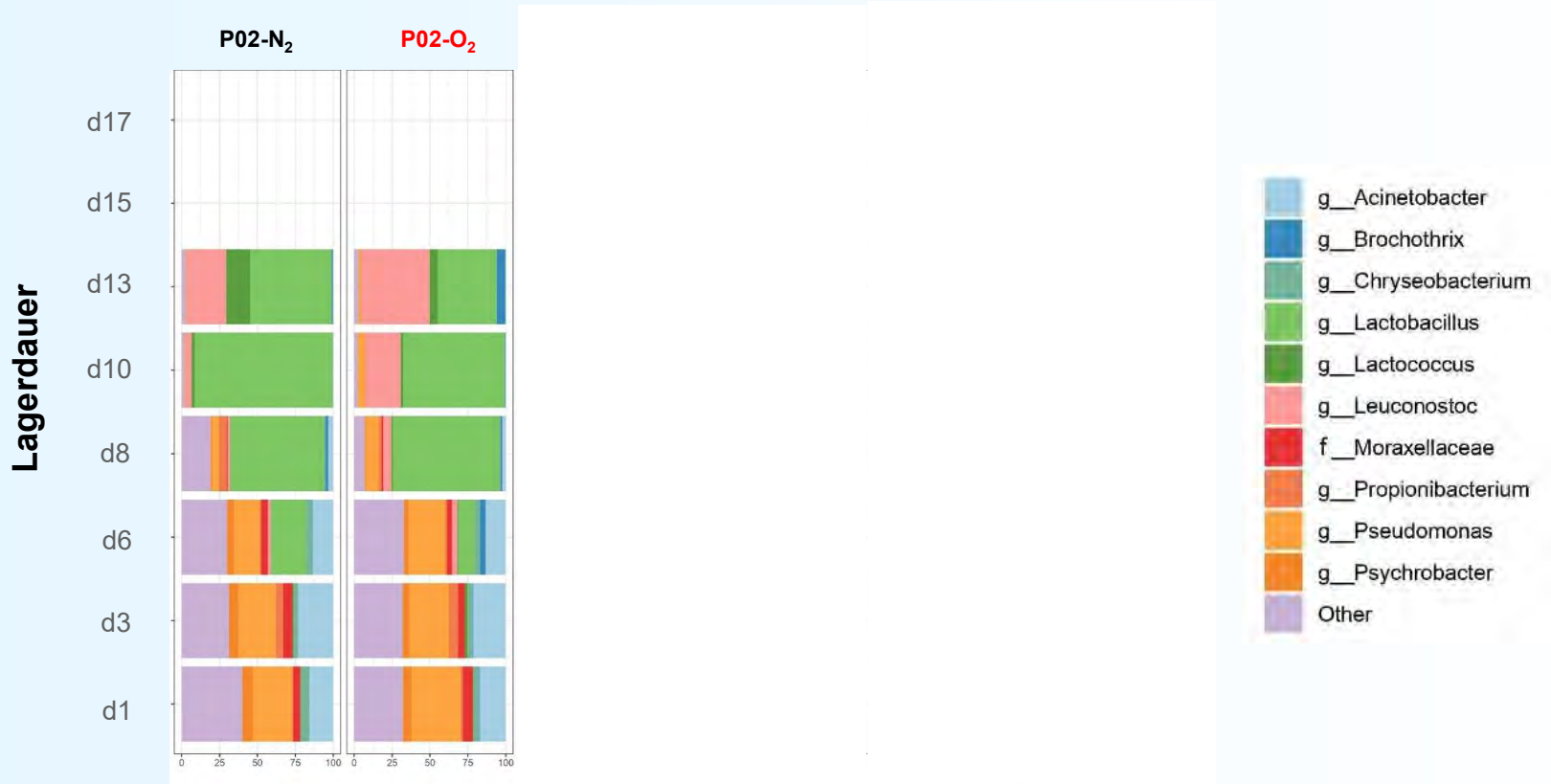
10°C



14°C



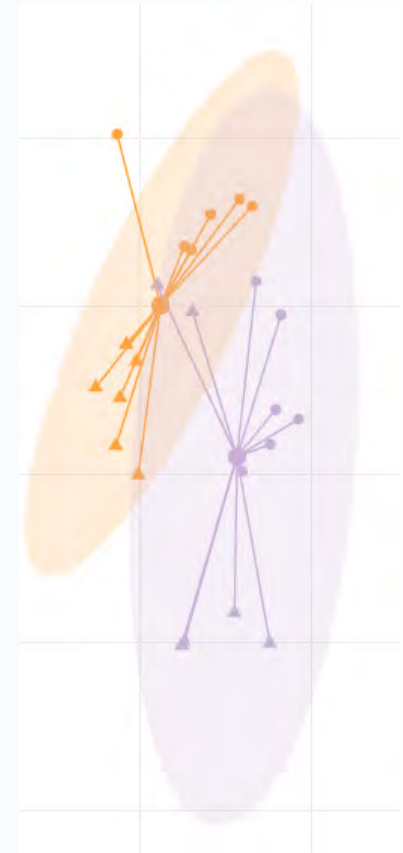
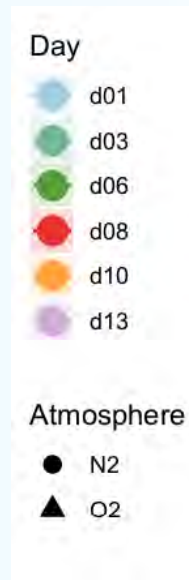
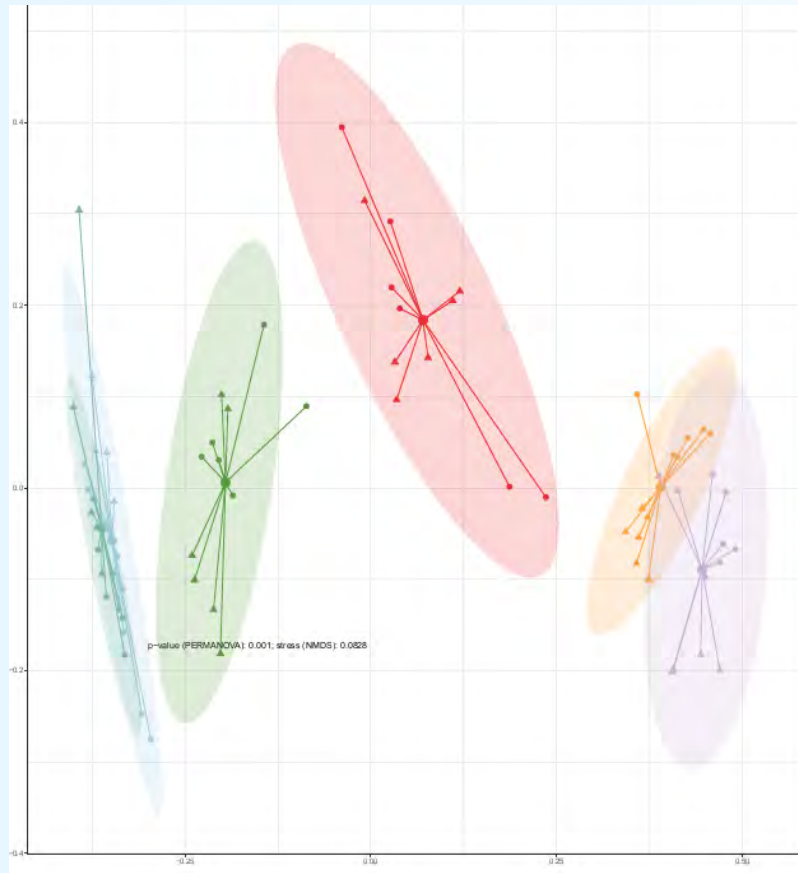
# Veränderung des Mikrobioms von Hackfleisch bei 2°C



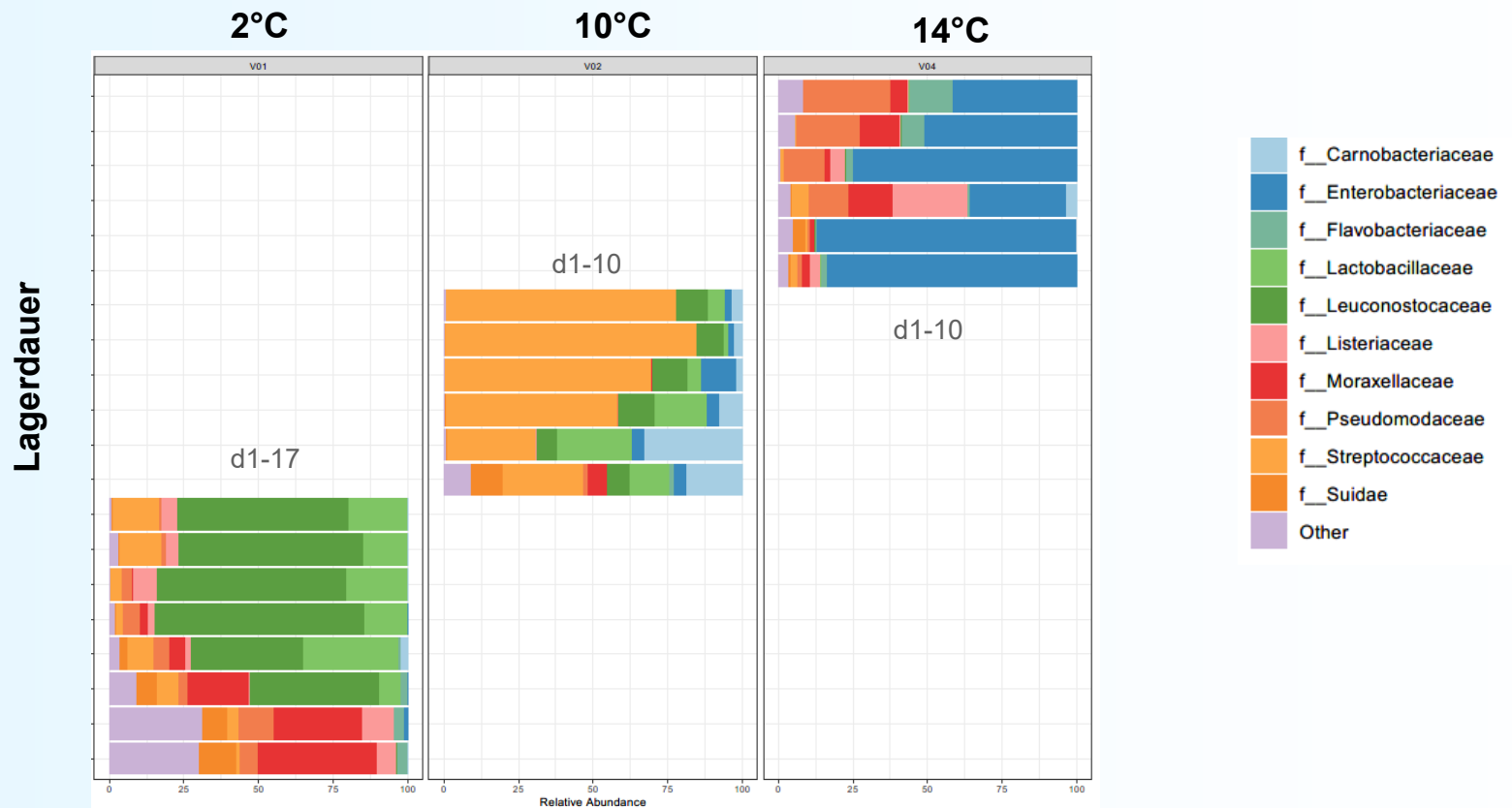


# NMDS Plot: nicht metrische multidimensionale Skalierung

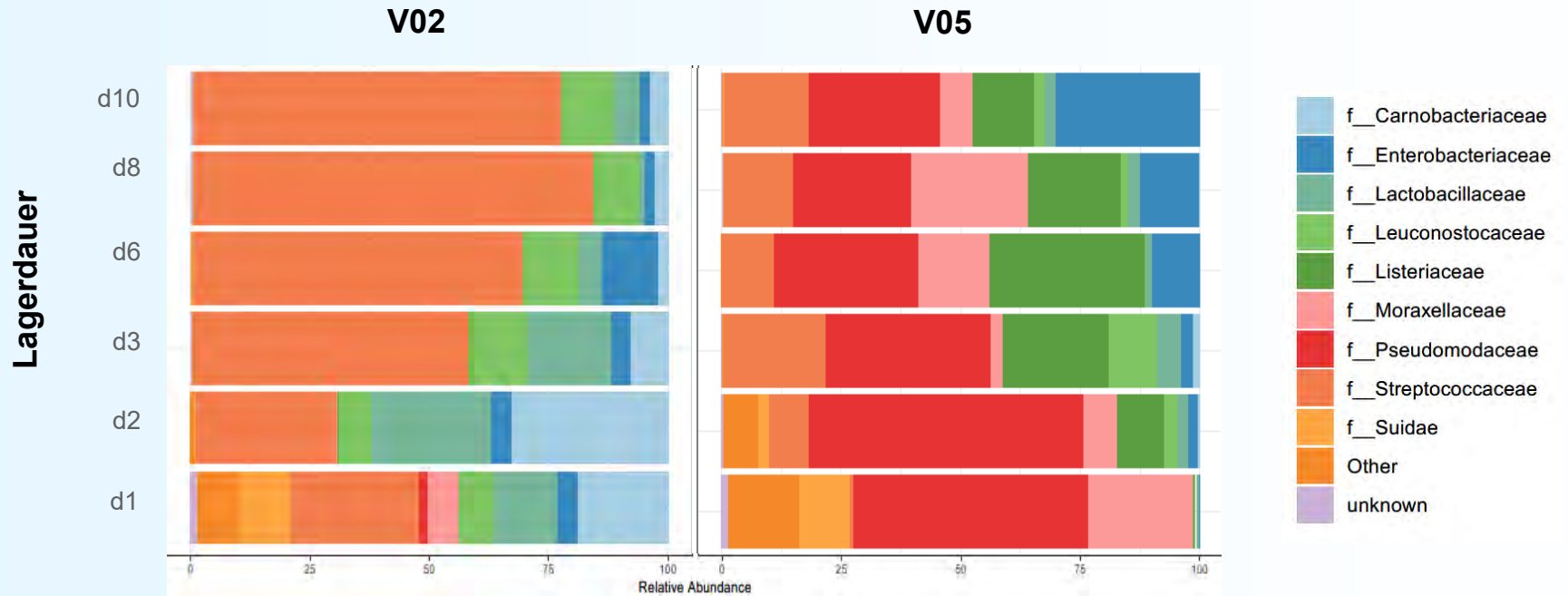
## Einfluss der Atmosphäre bei 2°C



# Veränderung des Mikrobioms von Hackfleisch bei O<sub>2</sub>-Atmosphäre

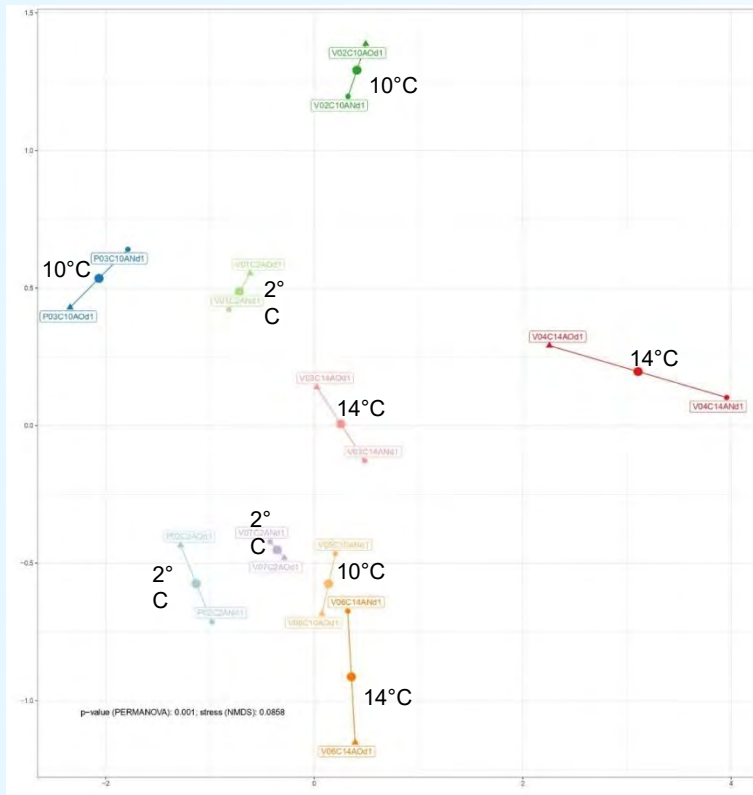


# Veränderung des Mikrobioms von Hackfleisch bei 10°C und O<sub>2</sub>-Atmosphäre

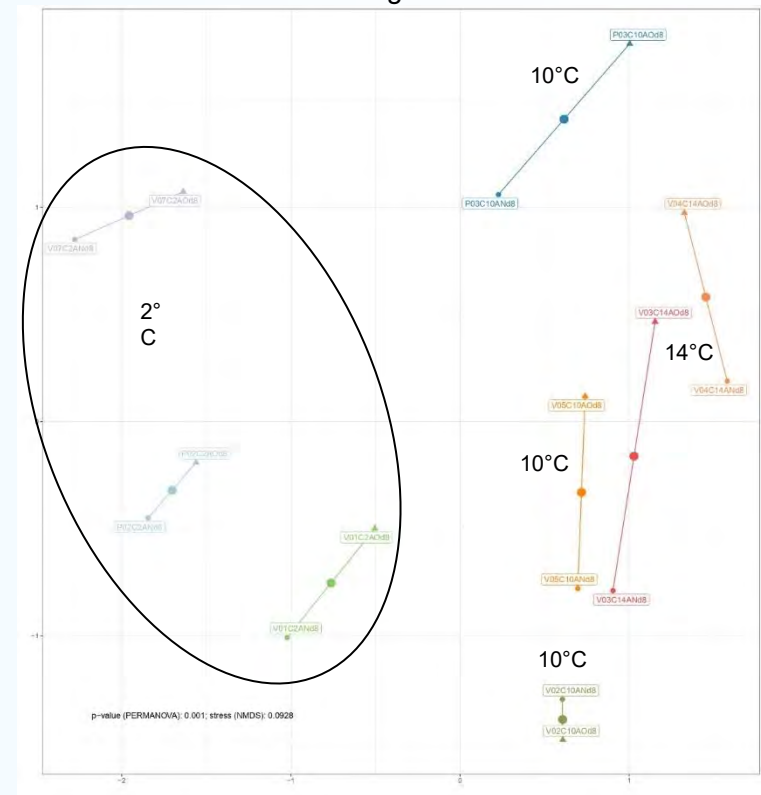


# Einfluss von Atmosphäre, Temperatur und Lagerdauer auf das Mikrobiom

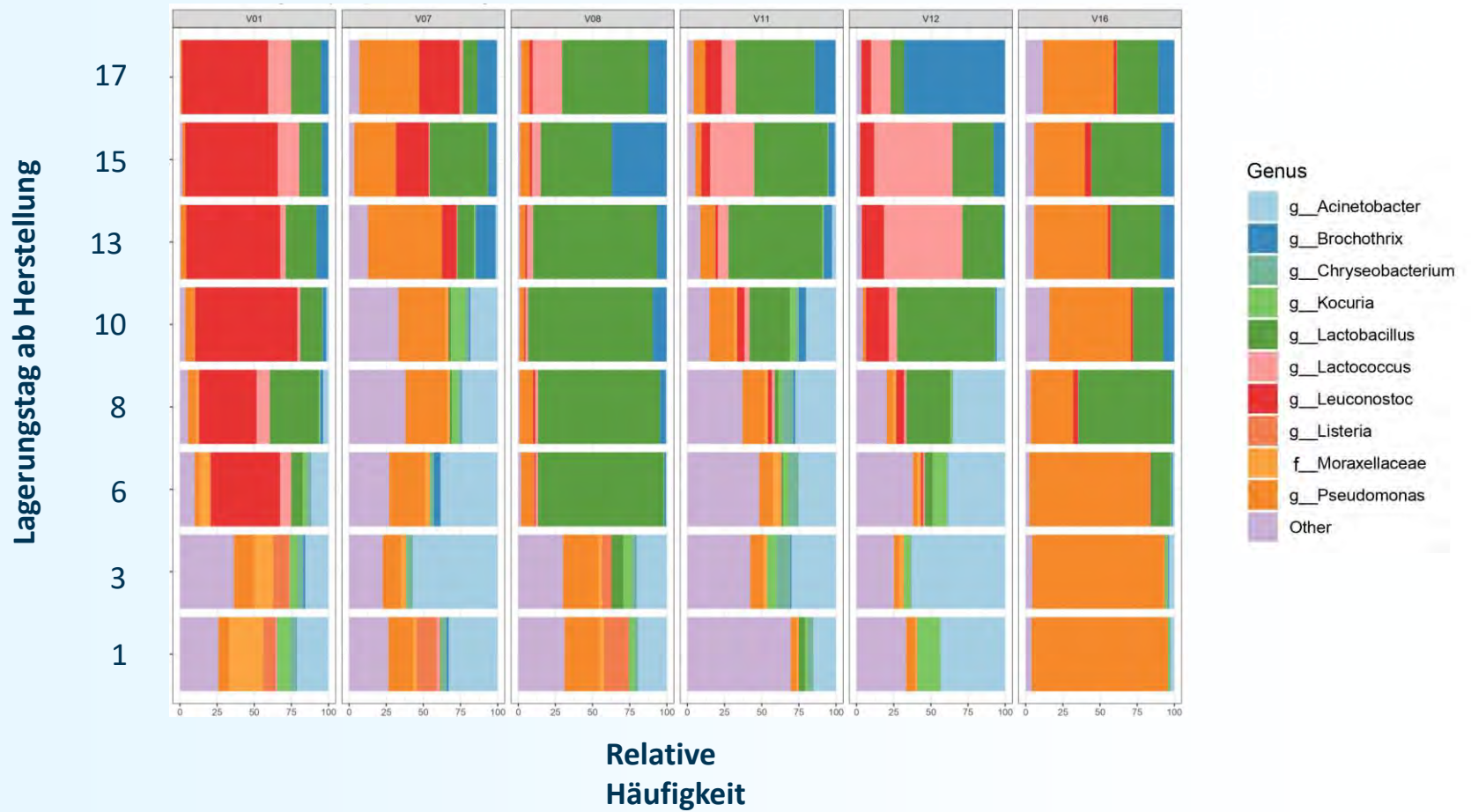
Tag 1



Tag 8

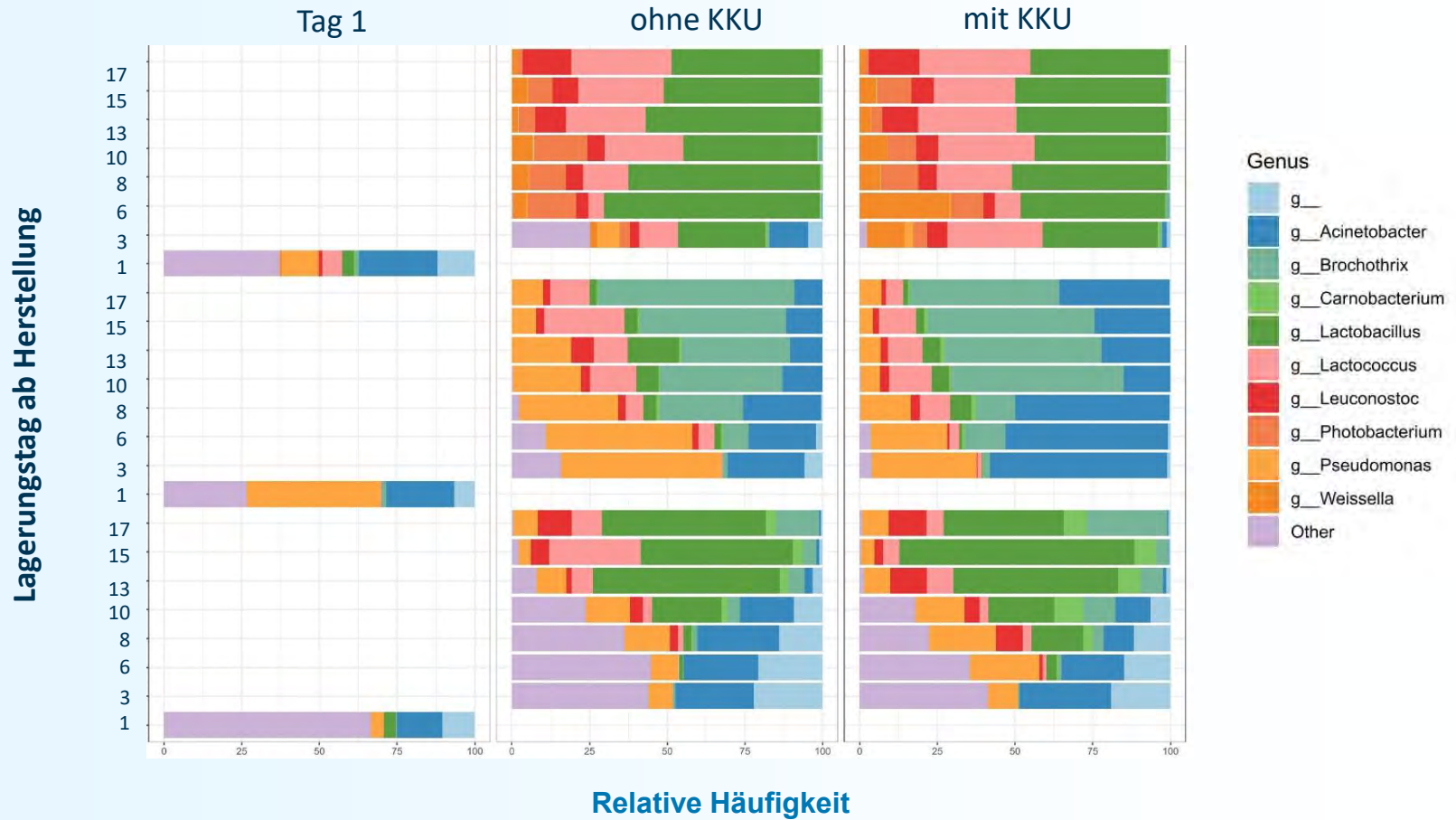


# Varianz der Mikrobiomzusammensetzung





# Mikrobiomzusammensetzung – kultivierungsunabhängig



# Kontrolle der Pathogenitätsfaktoren

## Untersuchte Pathogene

- EHEC
- Salmonellen
- Listerien

## Bisher gefundene Pathogene

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

# Zusammenfassung

- Geringe Verkürzung der Haltbarkeit bei KKU von 12 h
- Die Mikrobiomverschiebung ist beschleunigt, aber die Gattungszusammensetzung ist konstant
- Es liegen stärkere Unterschiede in Abhängigkeit von der Ausgangsbelastung vor

# Ausblick

Die Zusammenführung der Daten mit Keimzahlen, sensorischer Bewertung und biochemischen Analysen soll eine Prognose ermöglichen, inwieweit z.B. Kühlkettenunterbrechungen Auswirkungen auf die Einhaltung des MHD oder Verbrauchsdatums haben.

# Herzlichen Dank

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



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit



[www.lgl.bayern.de](http://www.lgl.bayern.de)

