



RESOURCE-EFFICIENT, ECONOMIC AND INTELLIGENT FOODCHAIN

Das REIF-Projekt: Mit KI gegen Lebensmittelverschwendung (Schwerpunkt Fleisch)

Prof. Dr.-Ing. Stefan Braunreuther | Hans-Martin Braun | 15.12.2023

Problemstellung und Ziele

- Problemstellung:
 - Ca. 11 Millionen Tonnen Lebensmittel werden jährlich alleine während der Herstellungsprozesse entlang der Wertschöpfungskette in Deutschland vernichtet.
 - Konventionelle Technologien stoßen an ihre Grenzen.
- Ziele:
 - Die Erarbeitung von Potentialen zur Verlustreduzierung mittels KI in Molkerei-, Fleisch- und Backwaren-Branche.
 - Angestrebte ist eine Reduzierung der Lebensmittelverluste um bis zu 90% durch
 - Minimierung von Überproduktion
 - Vermeidung von Ausschuss.
 - Die Entwicklung einer ganzheitlichen Optimierungsstrategie über mehrere Wertschöpfungsstufen und -partner.

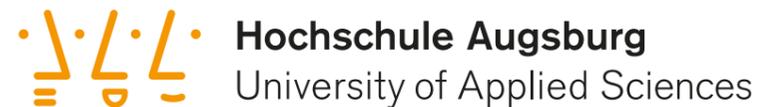


Umsetzung

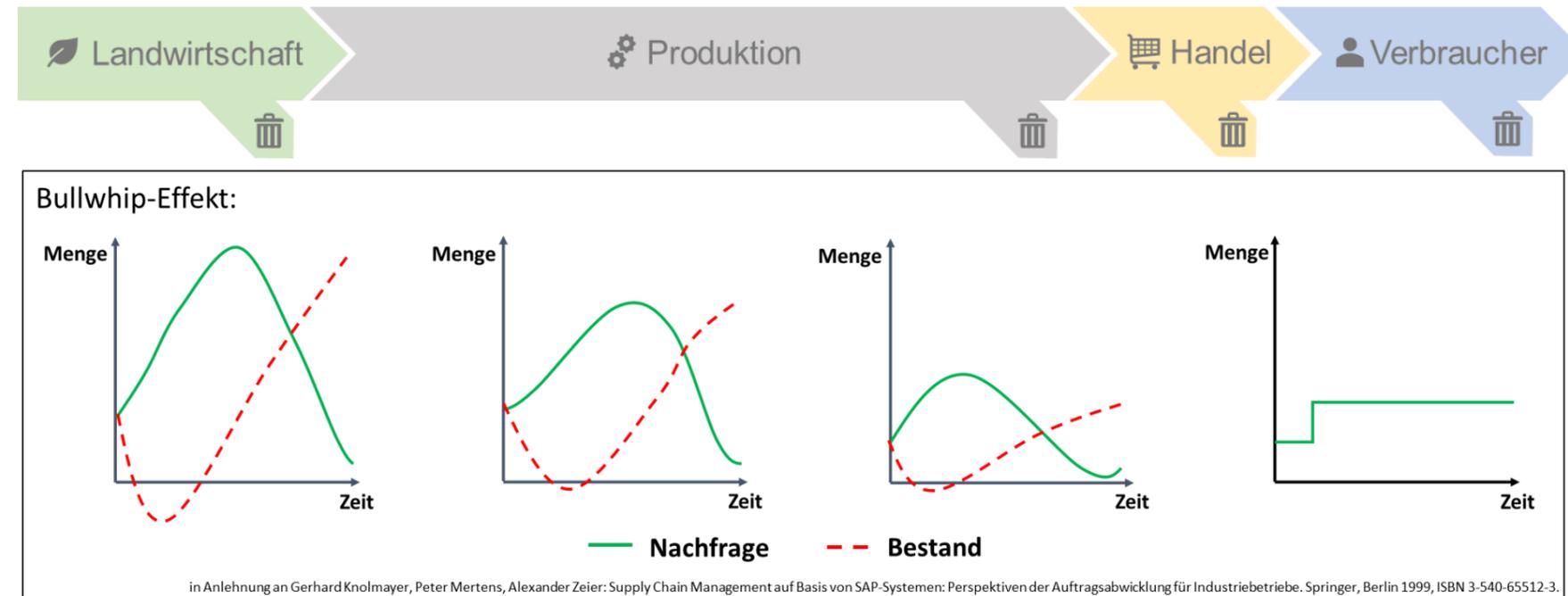
- Projekt im Rahmen der Förderinitiative „Künstliche Intelligenz als Treiber für volkswirtschaftlich relevante Ökosysteme“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi)
- Eines von 16 ausgewählten Projekten unter 132 eingereichten Projektskizzen
- Gesamtfördervolumen ca. 160 Mio. Euro, davon 7,3 Mio Euro für das REIF-Projekt
- Zeitraum: 01.04.2020 – 30.06.2023
- Acht Teilprojekte entlang der Wertschöpfungskette

- Konsortium:
 - 18 Konsortialpartner
 - 13 assoziierte Partner
 - Partner aus Industrie, Verbänden und Forschung – vom Start-up bis zum Markenhersteller

REIF - Projektpartner



Besonderheit der Lebensmittel Supply Chain



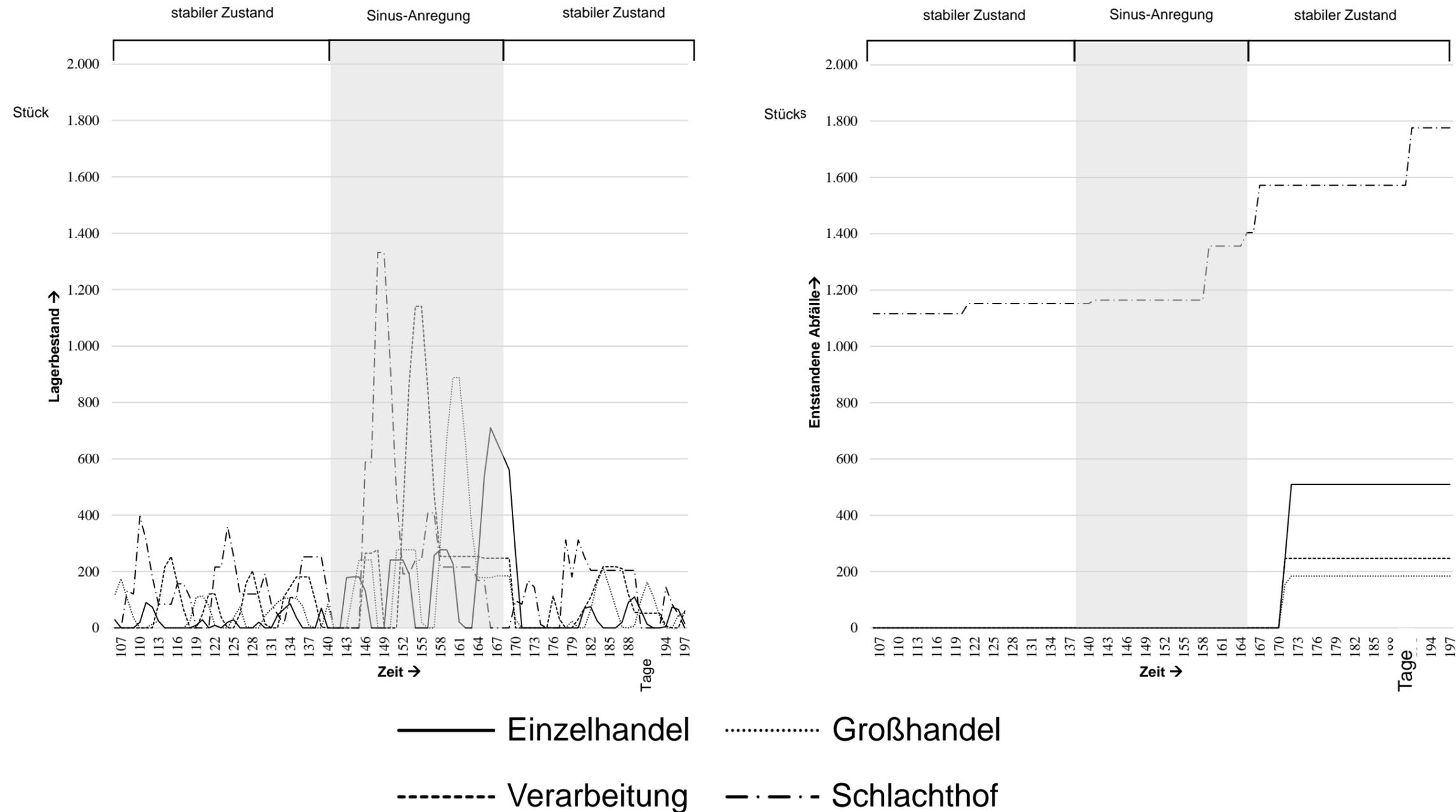
Klassischer Bullwhip-Effekt:

Lebensmittel Supply Chain:

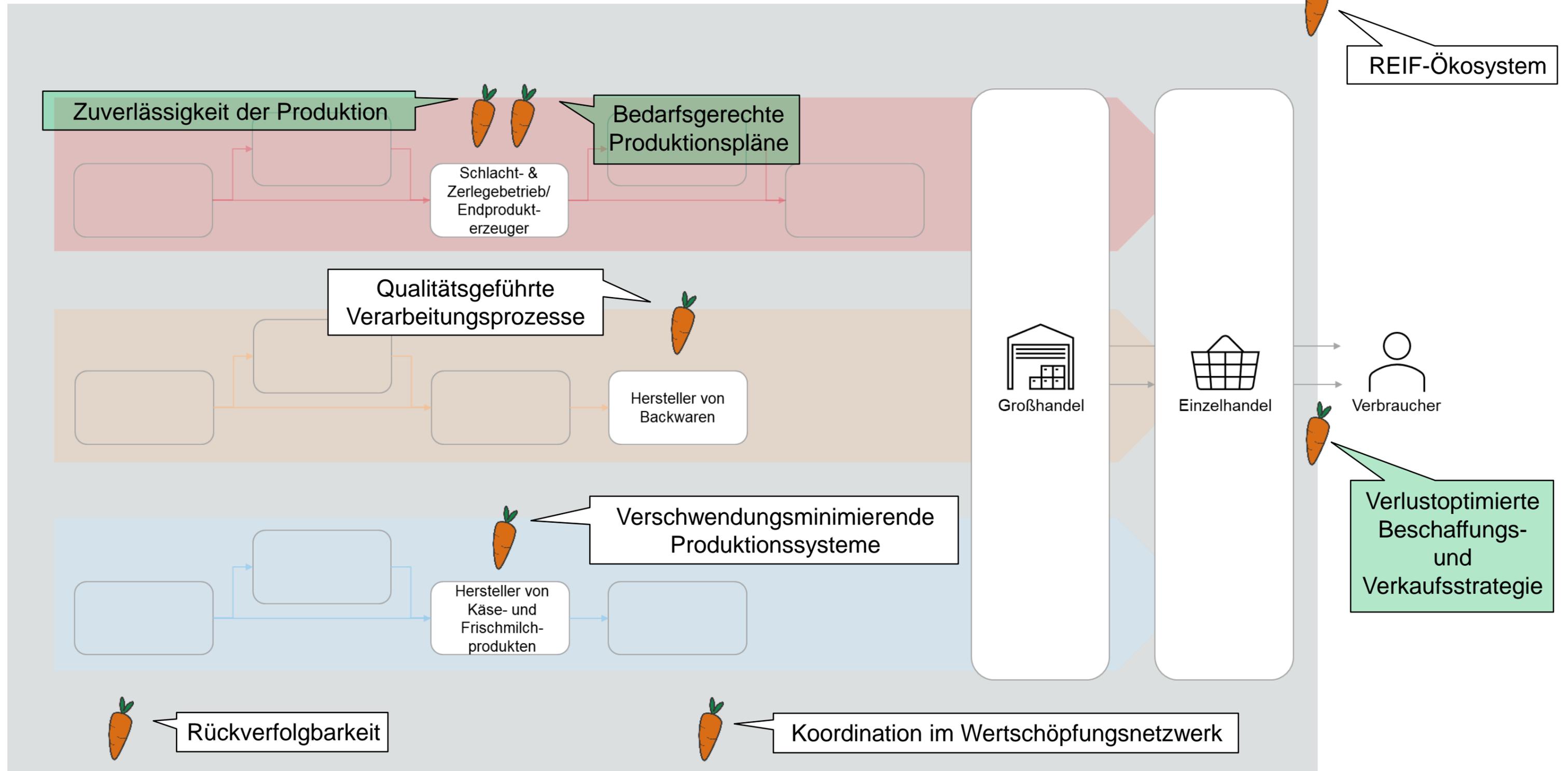
- Anregung (z. B. Hamsterkäufe) führt zum Bullwhip-Effekt
- Bullwhip-Effekt in der Lebensmittel Supply Chain folgt keinem konkreten Muster (chaotisch)
- Ausregelung in der Lebensmittel Supply Chain nicht auf klassischem Wege möglich
- KI-basierter Ansatz unter Verwendung von Multiagentensystemen auf einer Plattform

Besonderheit der Lebensmittel Supply Chain

Bullwhip-Effekt in der Lebensmittel Supply Chain (Bsp. Produkte aus Schweinefleisch):



Wertschöpfungsketten und Teilprojekte

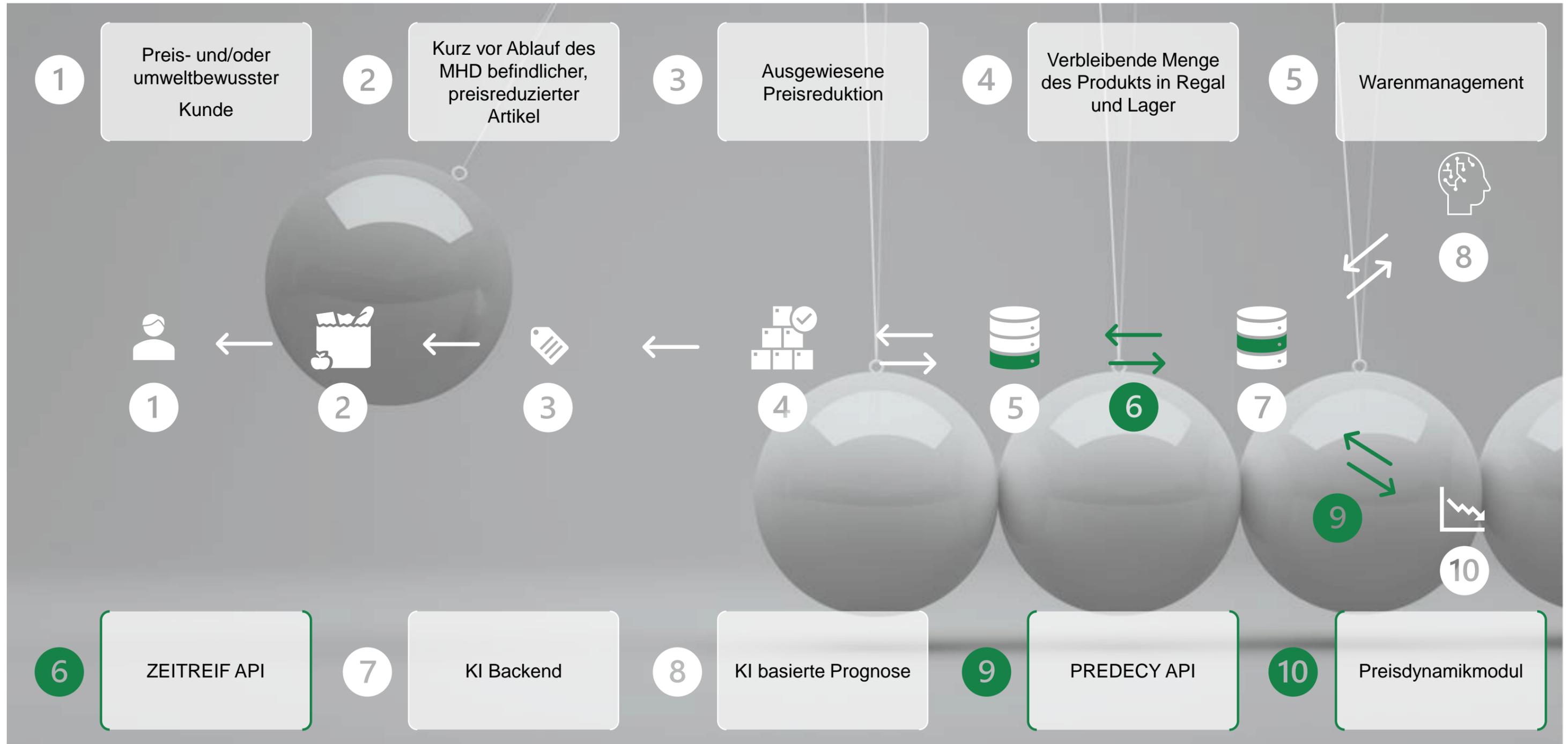


Verlustoptimierte Beschaffungs- und Verkaufsstrategie



Quelle: Marcus Kaufhold

Verlustoptimierte Beschaffungs- und Verkaufsstrategie

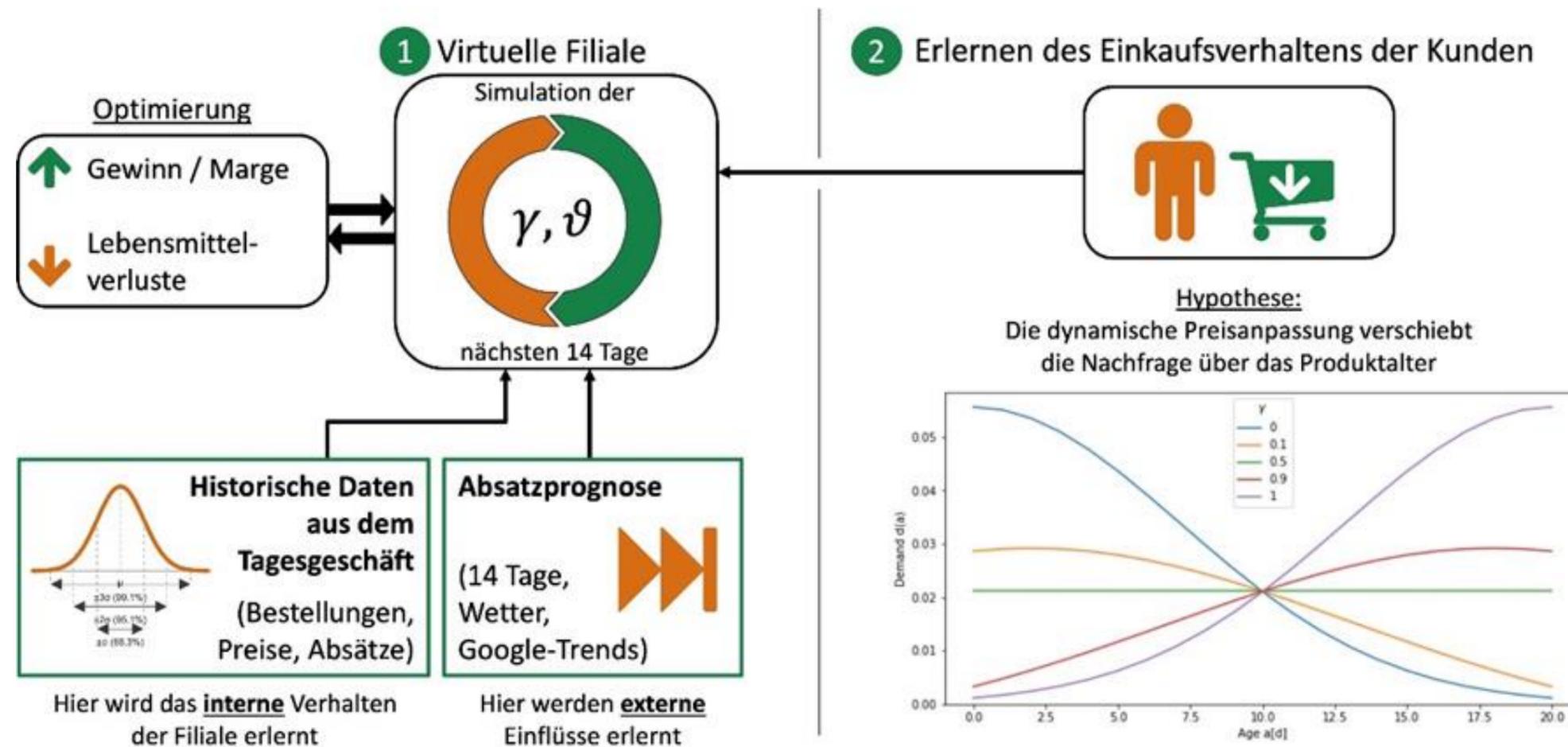


Verlustoptimierte Beschaffungs- und Verkaufsstrategie - Ergebnisse

- **Bedarfsprognose**
 - Berücksichtigung z. B.
 - historischen Verkaufsdaten
 - Wetterprognosen
 - Prognosen anderer Wertschöpfungsstufen
 - Nachvollziehbarkeit durch systematisches Speichern der Trainingsabläufe und Verlinkungen gegeben
 - Monitoringprozesse für den Endanwender integriert
 - Skalierbarkeit hin zur Prognostizierung vieler „Kunden“
 - Aggregation mehrerer Standorte und Kundengruppen zu einer übergeordneten Einheit
 - Prognosehorizont von wenigen Tagen bis hin zu Jahresprognosen

Verlustoptimierte Beschaffungs- und Verkaufsstrategie - Ergebnisse

- **Dynamische Preisanpassung**
 - Ermittlung der zu reduzierenden MHD-Artikel auf Grundlage von
 - internen Daten: Produkt-Bewegungsdaten, Preise, Absätze
 - externe Daten: Wettervorhersage, Google-Trends
 - Berechnung des reduzierten Preises täglich zu Tagesbeginn



Verlustoptimierte Beschaffungs- und Verkaufsstrategie

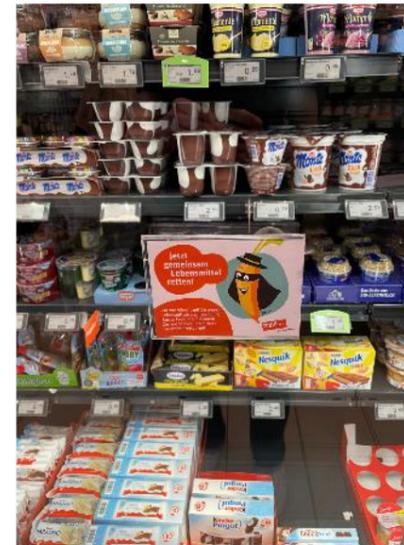
Das Ergebnis aus Sicht des Endverbrauchers



Jetzt gemeinsam Lebensmittel retten!

Zorrero kämpft mit Dir gegen Lebensmittelverschwendung. Suche Produkte mit einem Zorrero Sticker und sichere Dir einen Preisvorteil!

tegut...
gute Lebensmittel



Bekannt aus den tegut...-Märkten Eichenzell, Marburg-Wehrda und Marburg-Cappel: Zorrero

- Potential:
 - Bis zu 21% der Verluste können bei gleichzeitiger Umsatzsteigerung um 3% erreicht werden

Bedarfsgerechte Produktionspläne



Source: Adobe Stock/Salomonus

Bedarfsgerechte Produktionspläne

Übersicht über die entwickelten KI-Prototypen



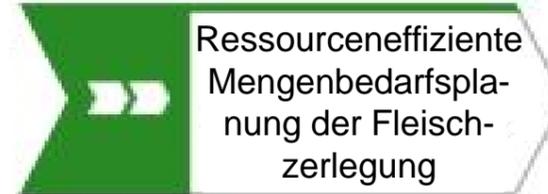
Lieferprognose

Supervised Learning
Tägliche Prognose der Schweinequalitäten

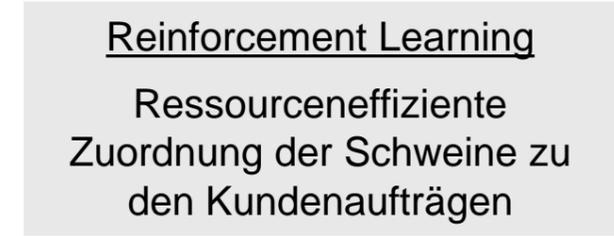


Kurzfristige Anlieferplanung

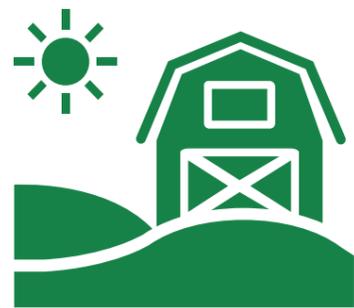
Reinforcement Learning
Lieferung auf Abruf auf Grundlage des KI-Prognose, Vermeidung von Über- und Unterdeckung



Ressourceneffiziente Mengenbedarfsplanung der Fleischzerlegung

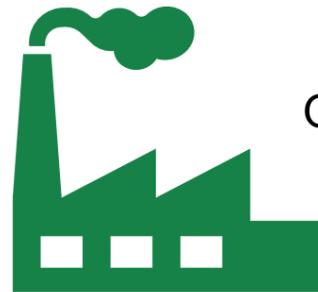


Reinforcement Learning
Ressourceneffiziente Zuordnung der Schweine zu den Kundenaufträgen



Landwirt

Lieferterminierung



Schlachthaus - Kühlhaus-

Qualitätsanforderungen

Quality matrix

Quality A | origin 4xD | HF3

Quality B | origin 3xD | HF1

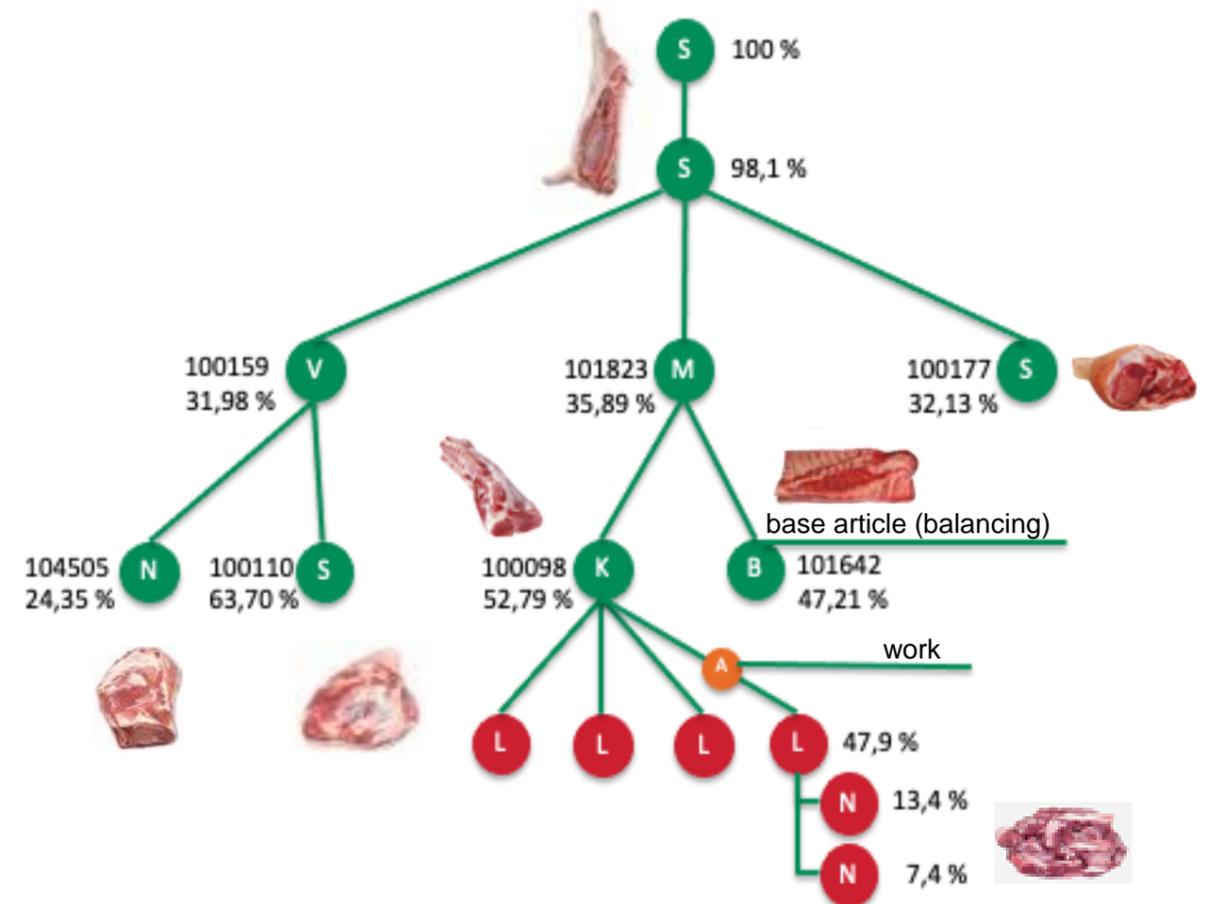
Quality C | origin 4xD | HF4

...

Push

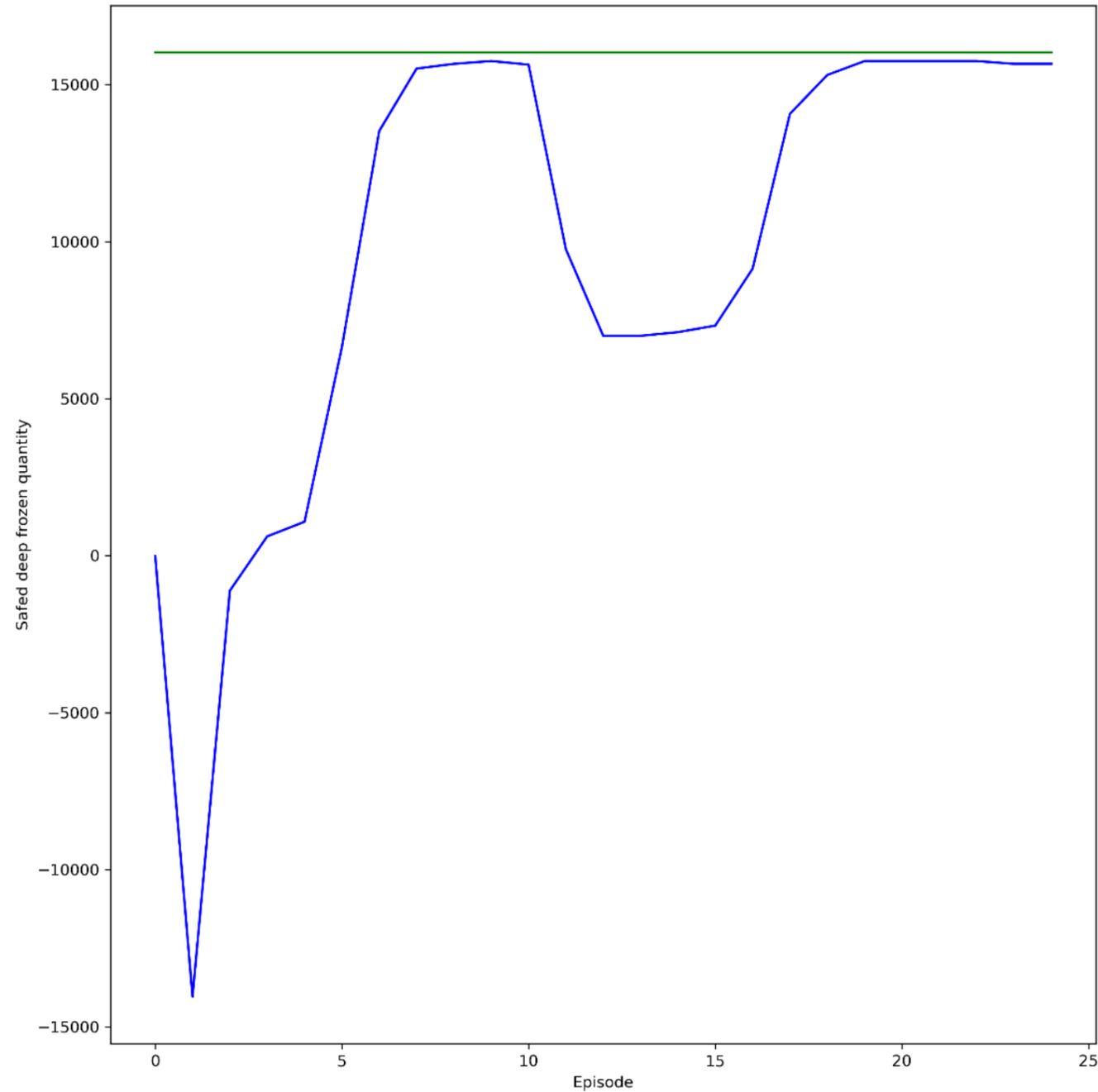
Pull

Planungsalgorithmus



Bedarfsgerechte Produktionspläne

Lernverhalten des KI-Modells

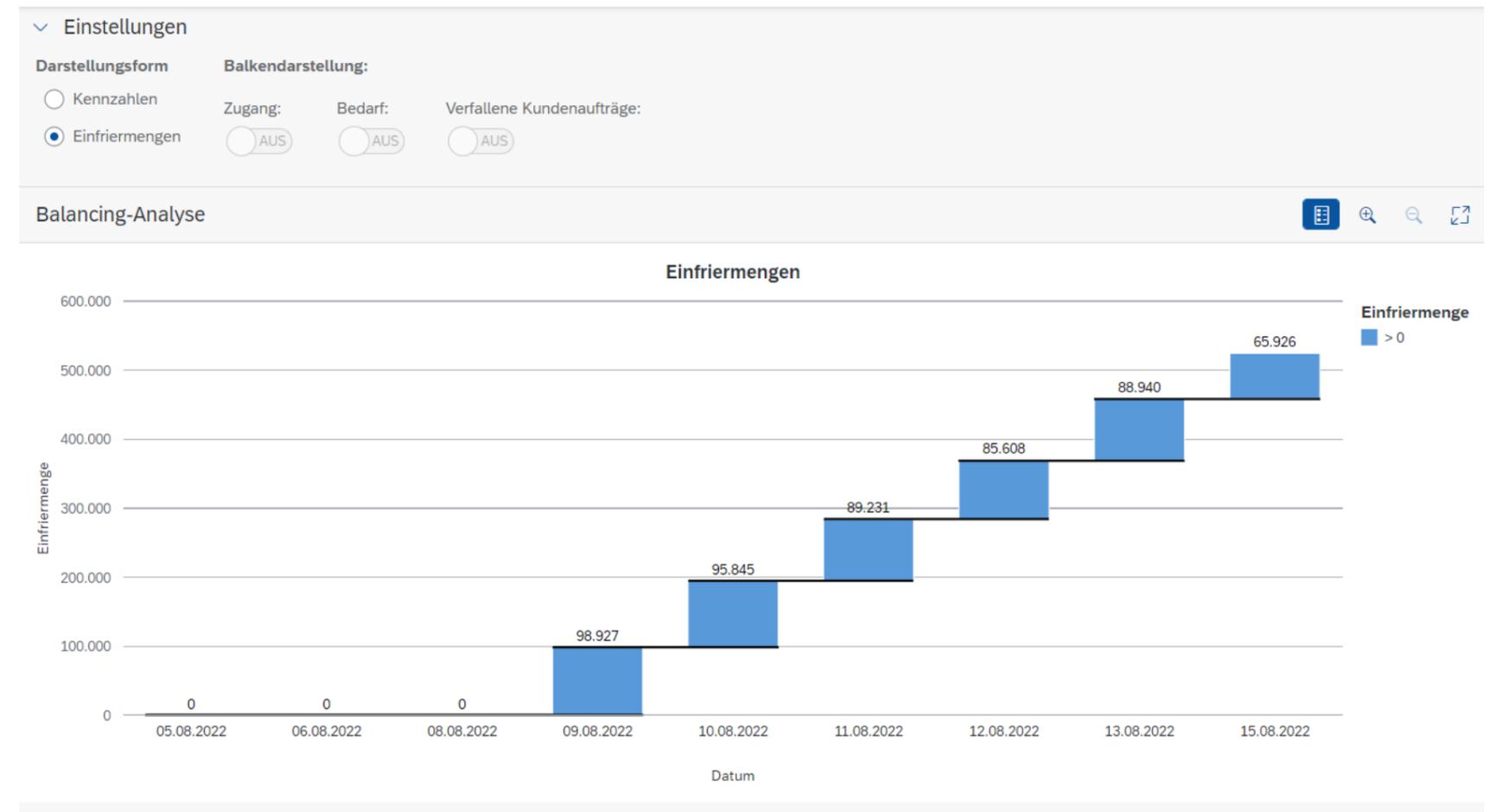


- Optimierungszielgröße: Einfriermenge
- Maximal mögliche Verbesserung: 16.020 Stück
- Verbesserung KI-Prototyp: 15.754 Stück

Bedarfsgerechte Produktionspläne

Ergebnisse aus Anwendersicht

- Applikation „Kundenaufträge“
 - Darstellung der Planungsanpassungen der Kundenaufträge
- Applikation „Balancing Analyse“
 - Darstellung zur Visualisierung und Analyse der von der KI berechneten Kennzahlen
 - Ausgabe des durch die KI zu minimierende Kennzahl „Einfriermenge“



Zuverlässigkeit der Produktion



Source: Adobe Stock/Gitusik

Zuverlässigkeit der Produktion

- Ziel: KI-gestützte Optimierung zur Steigerung der Mindesthaltbarkeit von Fleischerzeugnissen aus einem Mischer
 - Stellgrößen: z. B. Mischdauer, zusätzlich eingebrachte Kühlung, Energieeintrag, Chargierung
 - Rückführgröße: Mindesthaltbarkeitsdatum/Alterungsgeschwindigkeit
- Problem: Messung der Mindesthaltbarkeit der Mischchargen muss inline erfolgen, um genügend Daten für das Training des KI-Modells zu generieren
 - > Entwicklung einer at-line-Messung für die Mindesthaltbarkeit und die Mischqualität

Zuverlässigkeit der Produktion

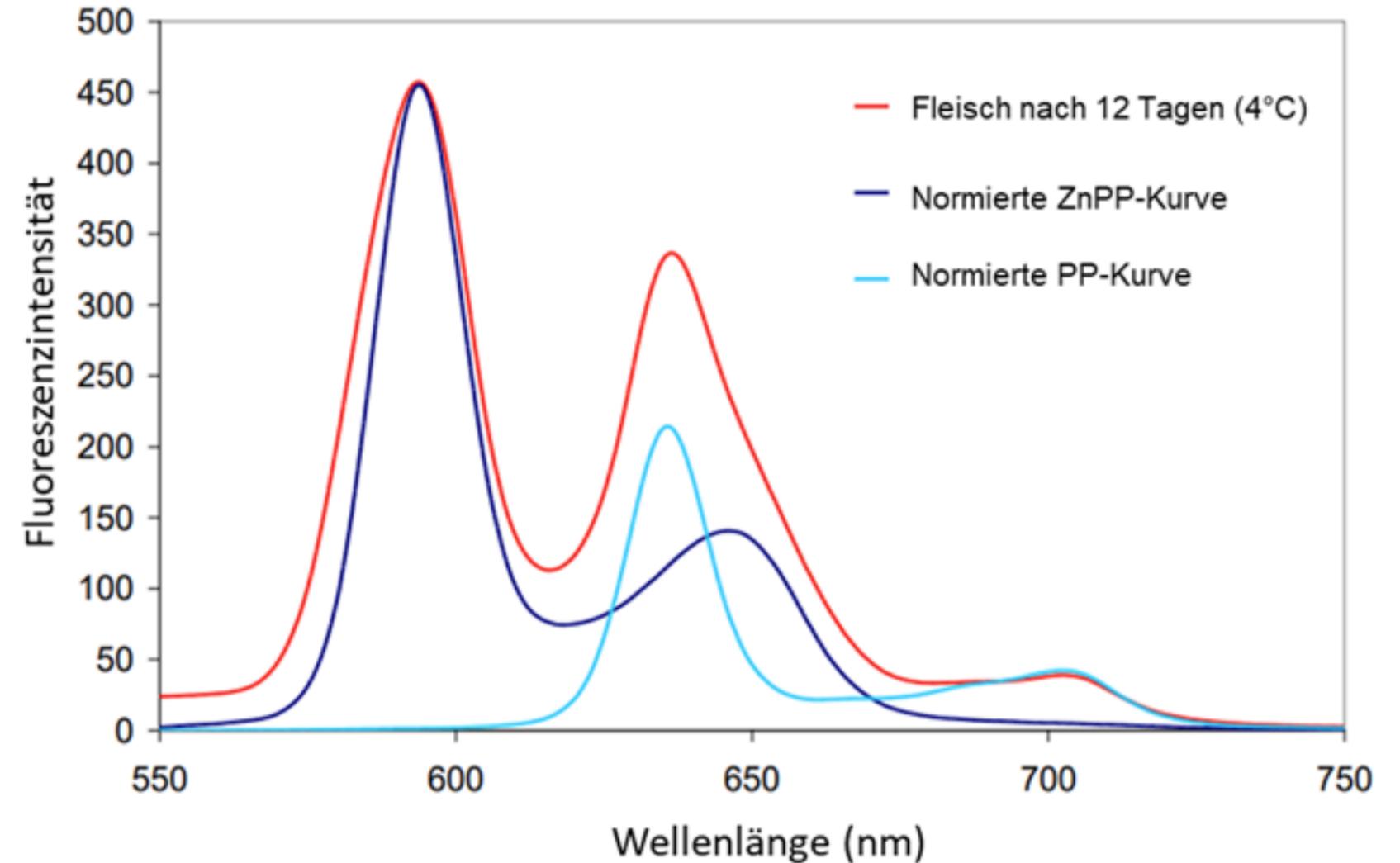
Entwicklung der at-line-Messung der Mindesthaltbarkeit

- Bestimmung der Alterung des Fleisches durch Analyse der Zink-Protoporphyrin-Bildung
 - Zn-PP-Bildung hauptsächlich durch
 - Enzymatisch induziert Substitution von FE (II) aus Häm mit Zn (II) durch endogene Ferrochelatase (Alterung des Fleisches nach Tod des Tieres)
 - Bakterien induzierte enzymatische Reaktion
 - Analyse durch
 - UV-VIS-Fluoreszenzspektroskopie (Fleischalterungsprozess, Zn-PP)

Zuverlässigkeit der Produktion

Entwicklung der at-line-Messung der Mindesthaltbarkeit

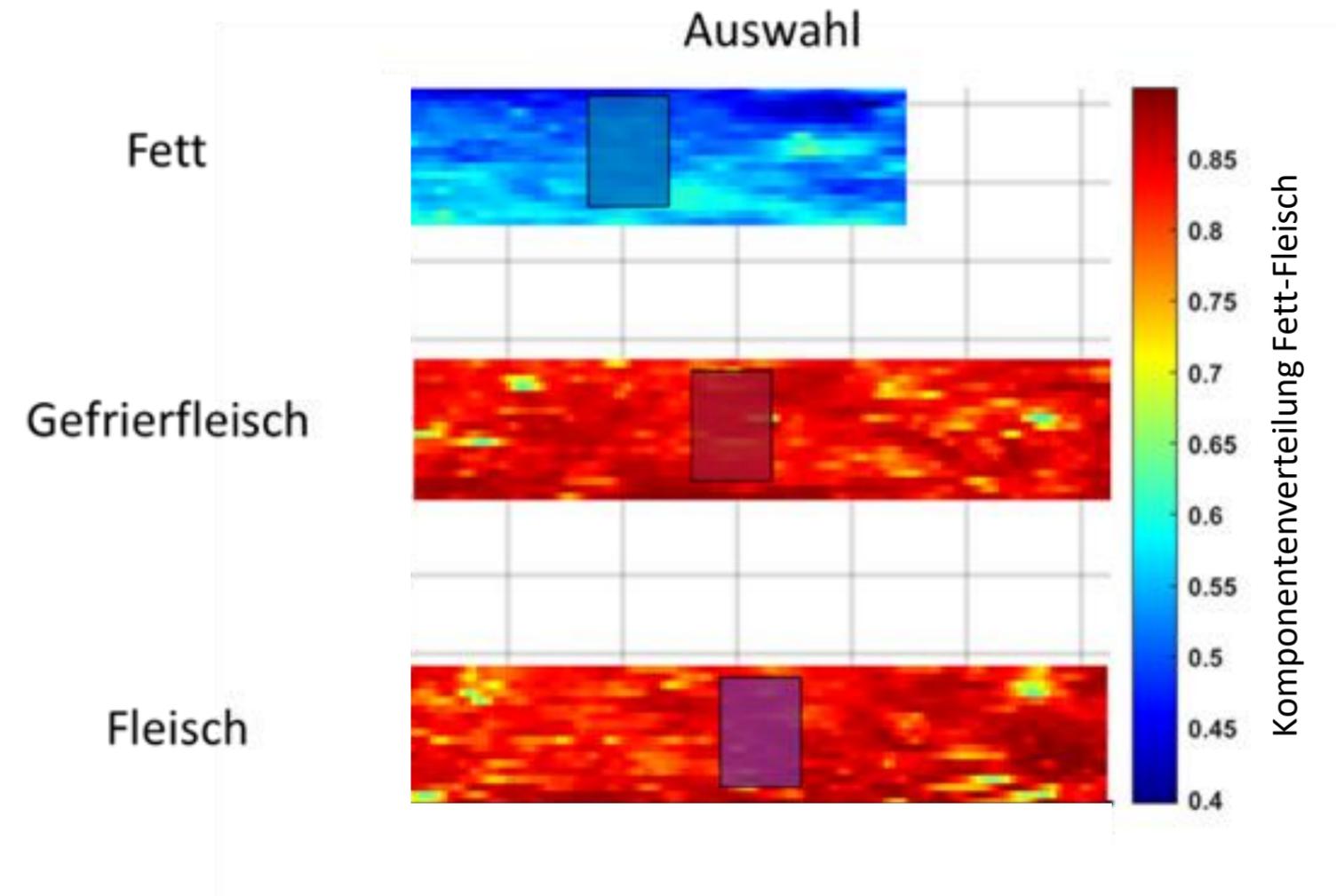
- Fluoreszenzspektroskopie
 - Probe für 12 Tage 4°C gelagert
 - Anregung mit Wellenlänge = 415nm
 - Fluoreszenzmaxima bei
 - $592 \pm 3\text{nm}$
 - $636 \pm 2\text{nm}$
 - $705 \pm 1\text{nm}$



Zuverlässigkeit der Produktion

Entwicklung der at-line-Messung der Mischqualität

- Bestimmung der Mischqualität durch Erfassung der Probenbestandteile
 - Homogenität (Protein, Wasser und Fett)
 - Eiweißaufschluss
- Analyse durch NIR-Absorptionsspektroskopie
 - Eindringtiefe ermöglicht eine Messung durch eine geeignete Verpackung hindurch
 - Spektralbereich 1000 nm bis 1600 nm

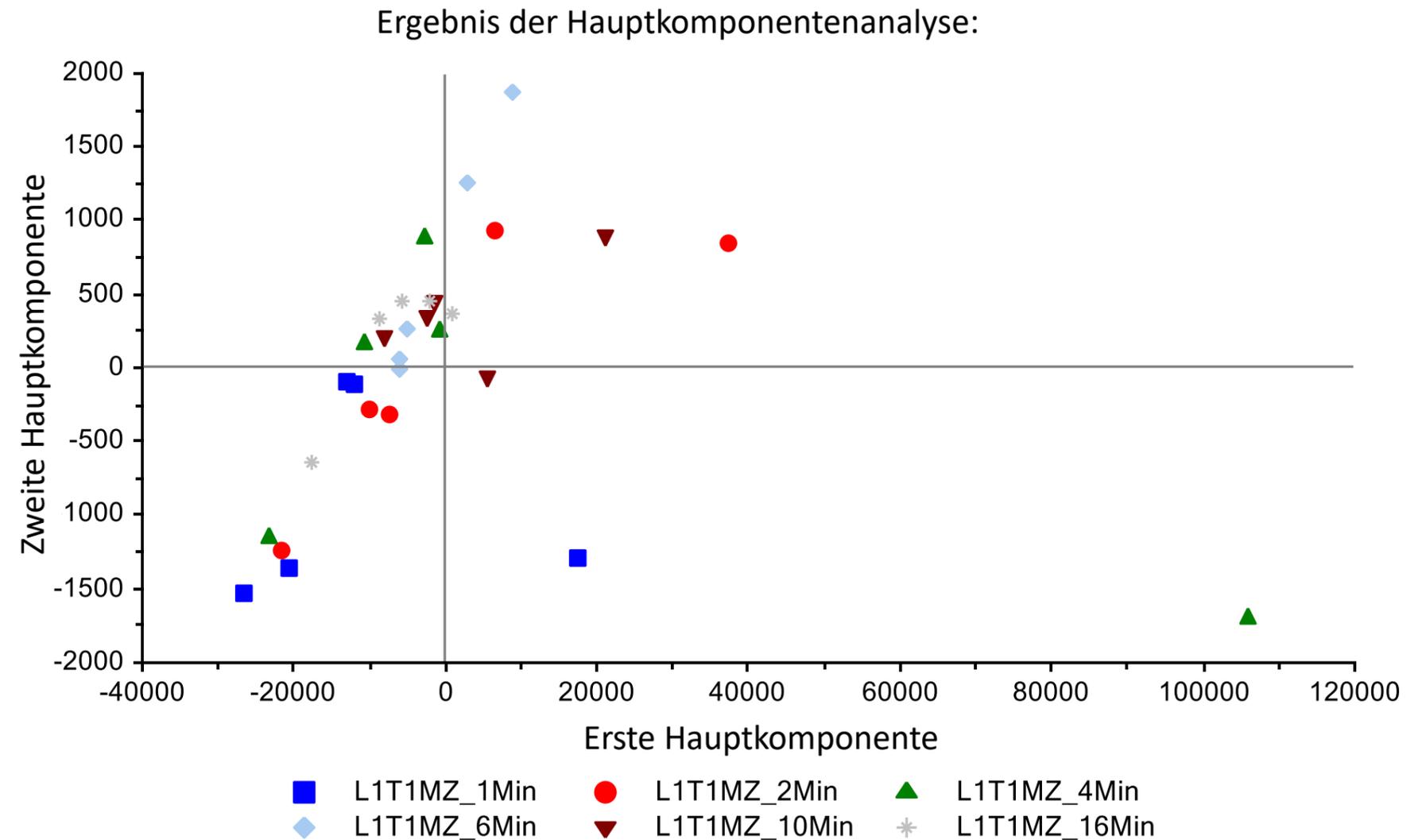


Zuverlässigkeit der Produktion

Ergebnisse der Hauptversuche - Fluoreszenzspektroskopie

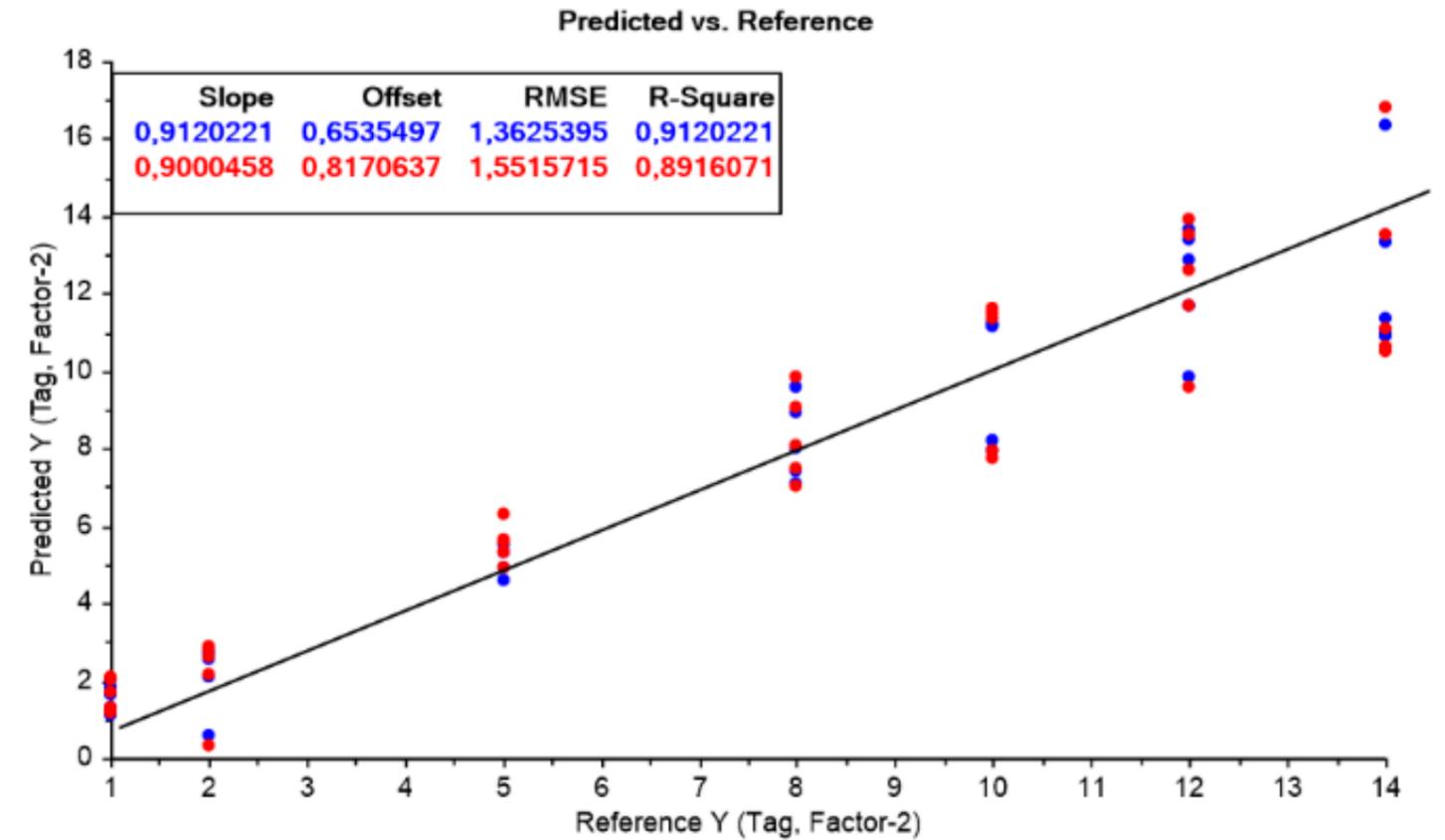
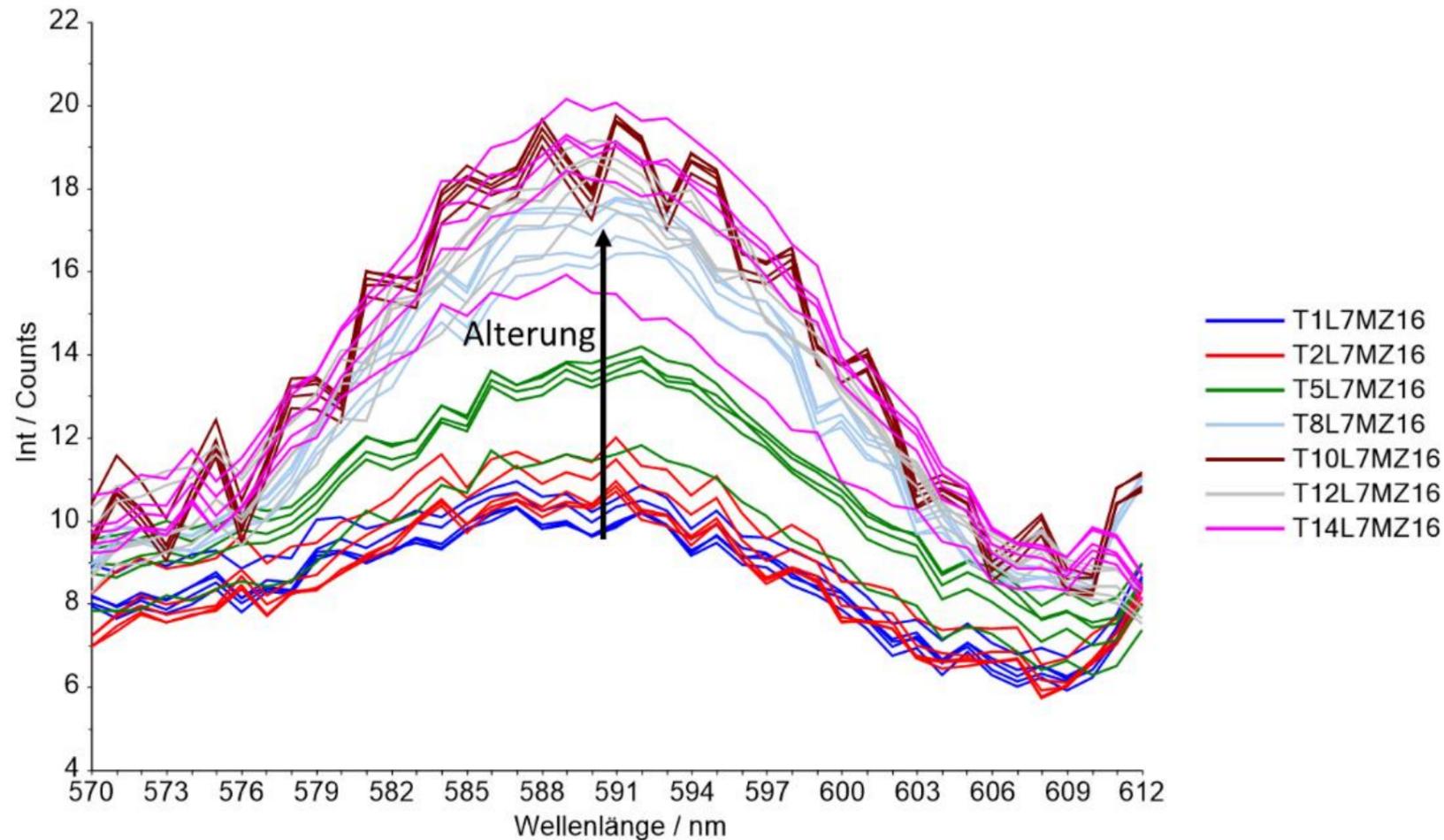
- Fluoreszenzspektroskopie
 - Messungen von Tag 1 bis Tag 14
 - Für Mischzeiten von 1 bis 16 Minuten

-> Homogenität ab Mischzeiten von 10 Minuten erreicht



Zuverlässigkeit der Produktion

Ergebnisse der Hauptversuche - Fluoreszenzspektroskopie

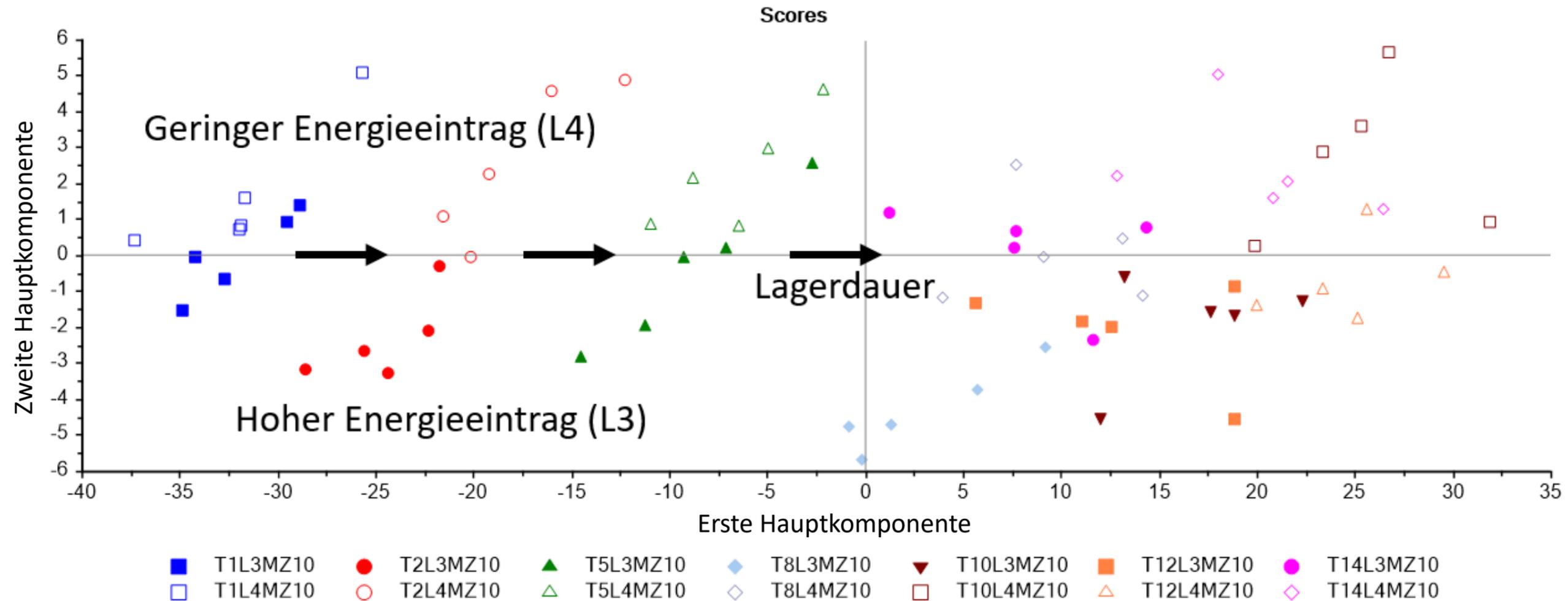


■ Vorhersagegenauigkeit:

- mögliche Lagerungszeit der Fleischproben kann auf ca. 36 Stunden genau vorhergesagt werden
- Für einzelne Durchläufe war eine Vorhersagegenauigkeit von ca. 19 Stunden möglich

Zuverlässigkeit der Produktion

Ergebnisse der Hauptversuche - Fluoreszenzspektroskopie

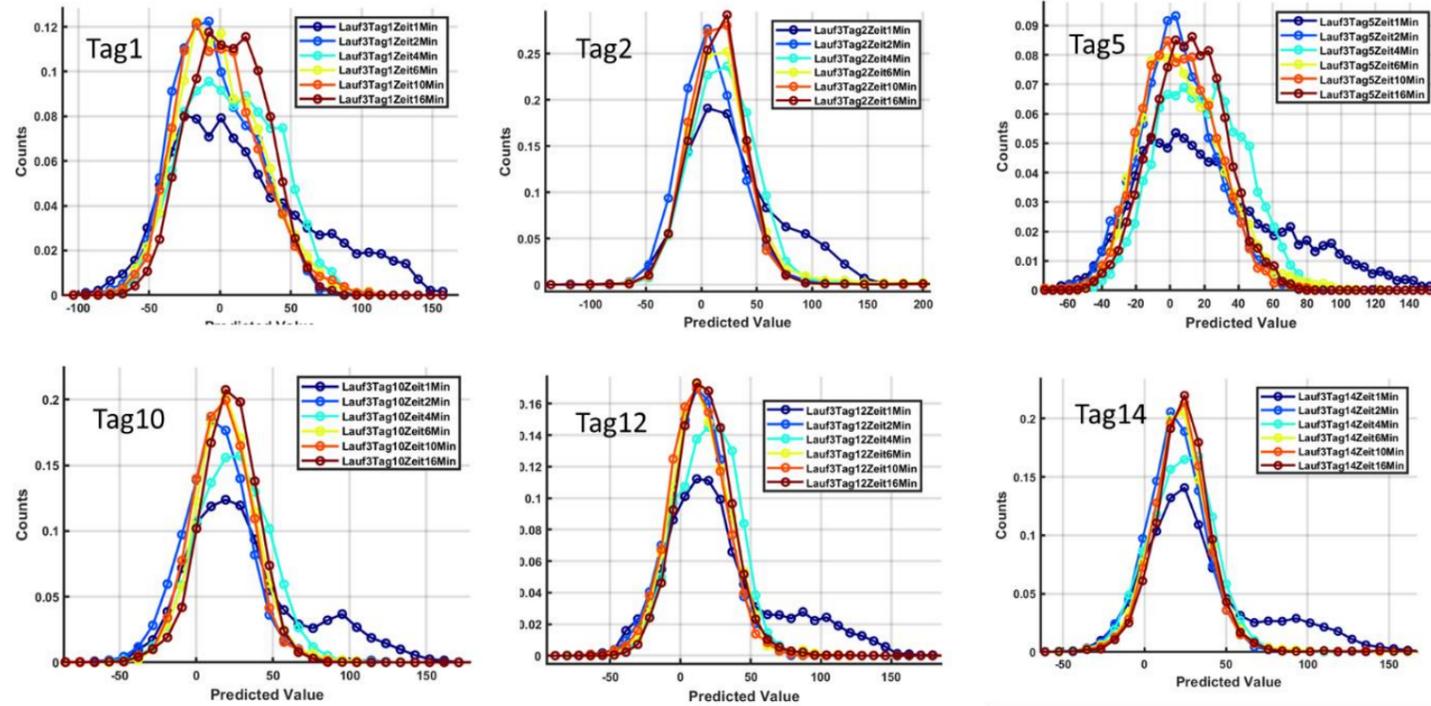


■ Ergebnisse:

- Hoher Energieeintrag führt zu einer schnelleren Alterung
- Hoher Energieeintrag führt zu vermehrter bakterieller Bildung von Zn-PP

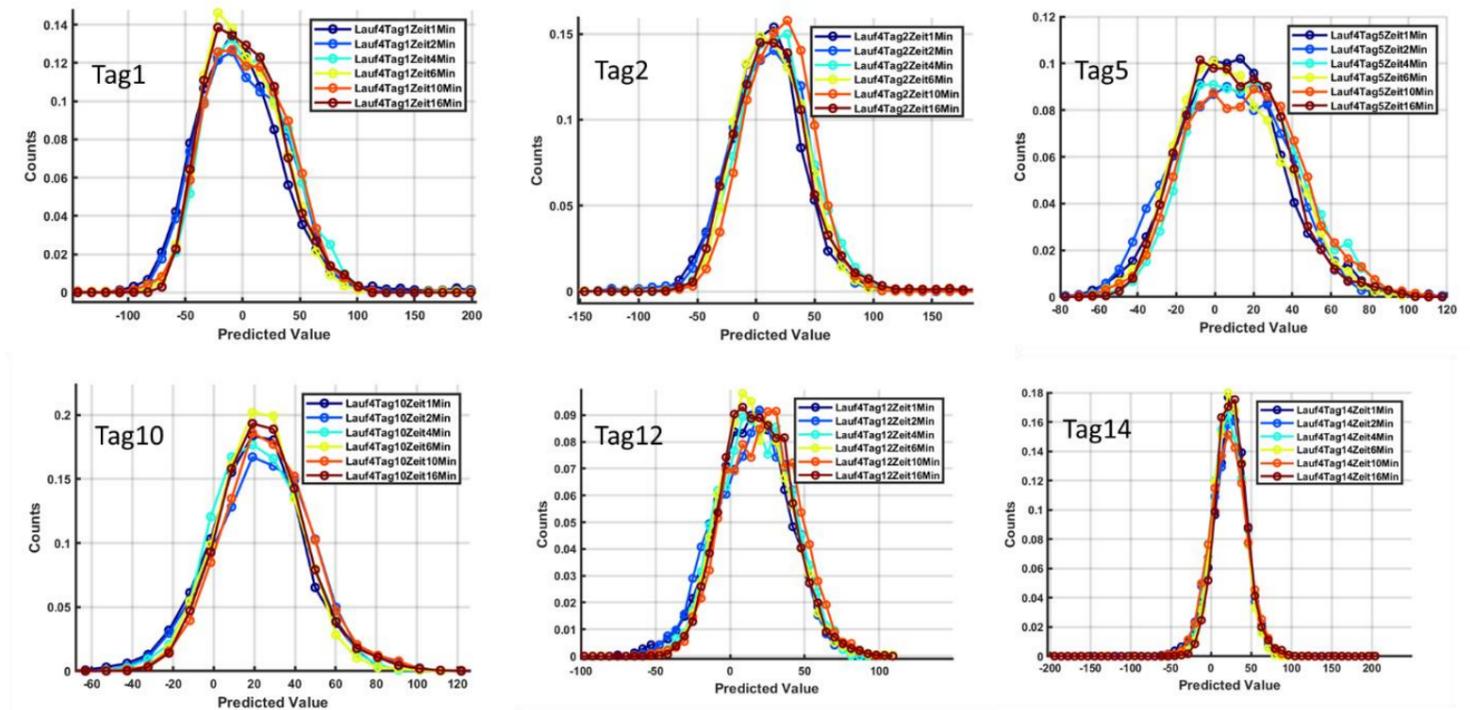
Zuverlässigkeit der Produktion

Ergebnisse der Hauptversuche - NIR-Absorptionsspektroskopie



Hoher Energieeintrag

- Starke Abhängigkeit der Homogenität von der Mischzeit
- Homogenität nimmt mit Alter zu



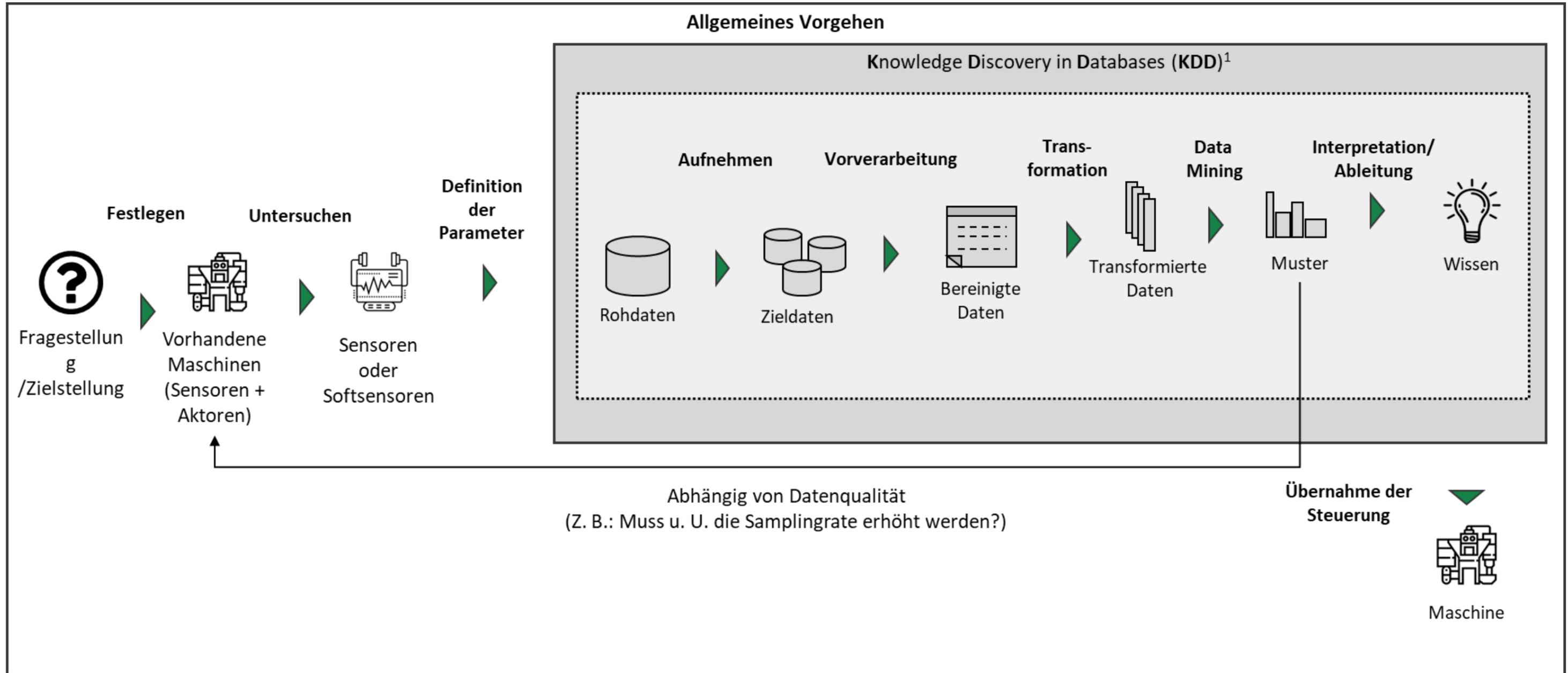
Niedriger Energieeintrag

- Keine Abhängigkeit der Homogenität von der Mischzeit
- Zunahme der Homogenität mit Alter nicht ersichtlich

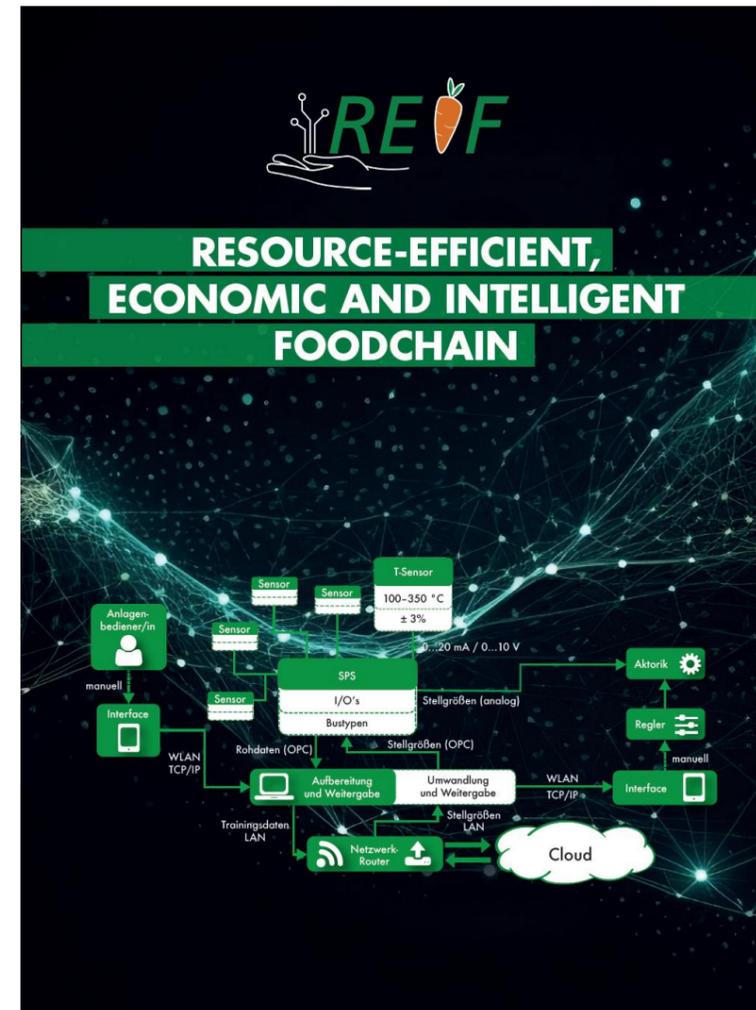
-> Bei minimalem Energieeintrag nimmt die Mischzeit eine weniger bedeutende Rolle ein

Zuverlässigkeit der Produktion

Generalisiertes Vorgehen



Bücher von und aus REIF:



Das Abschlussbuch zum REIF-Projekt
hier:
www.tha.de/fmv/KI-gegen-Lebensmittelverschwendung



Data Governance
ISBN 978-3-662-67555-7
ISBN 978-3-662-67556-4 (eBook)

Besuchen Sie unsere Internetseiten



Lebensmittel retten!

Wie funktioniert der Marktplatz?

KI-Services ▾

Kontakt

MARKTPLATZ

A background image of a laboratory setting. A person wearing a white lab coat and blue gloves is holding a glass vial. In the foreground, there are several glass beakers and a pipette. The text is overlaid on this image.

Jetzt gemeinsam Lebensmittel retten!
Mit unserem KI-Marktplatz

www.ki-lebensmittelretter.de

www.tha.de/fmv/KI-gegen-Lebensmittelverschwendung

Get in touch with us!



Prof. Dr.-Ing. Stefan Braunreuther

Consortium leader

Hochschule für angewandte Wissenschaften Augsburg
An der Hochschule 1
86161 Augsburg

+49 821 5586-3186

Stefan.Braunreuther@tha.de

www.tha.de



Hans-Martin Braun, M. Sc.

Research associate

Hochschule für angewandte Wissenschaften Augsburg
An der Hochschule 1
86161 Augsburg

+49 821 5586-3622

Hans-Martin.Braun@tha.de

www.rha.de