



Von Puten und Daten: Wie die nachhaltige Logistik intelligenter wird

Damit die Wende zum nachhaltigen Wirtschaften ganzheitlich gelingen kann, muss nach den Rohstoffen und der Produktion schließlich die Logistik ins Auge gefasst werden. Beim besseren Austausch von Daten zwischen den einzelnen Gliedern der Lieferkette sowie bei der Regulierung von Prozessen und Aufwänden in den verschiedenen Produktionsstufen wird Künstliche Intelligenz eine zentrale Rolle einnehmen. Besonders die Fleischerzeugung mit ihren hygienischen und zunehmend tierethischen Anforderungen wird von der digitalen Wende profitieren.

Schlüsselwörter

nachhaltige Lebensmittellieferkette, Transparenz, Vermeidung Lebensmittelverschwendung, Künstliche Intelligenz, Interoperabilität



Corinna Köters, M. Sc. ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Hochschule Niederrhein im Fachbereich Oecotrophologie sowie Doktorandin an der Universität Witten/Herdecke, Fakultät Gesundheit



Prof. Dr.-Ing. Maik Schürmeyer ist Professor für Lebensmittellogistik an der Hochschule Niederrhein, Fachbereich Oecotrophologie.



Prof. Dr. Dr. Dr. habil. Alexander Prange ist apl. Professor für Mikrobiologie am Lehrstuhl für Virologie und Mikrobiologie Universität Witten/Herdecke sowie Professor für Mikrobiologie und Lebensmittelhygiene an der Hochschule Niederrhein im Fachbereich Oecotrophologie.

Kontakt

corinna.koeters@hs-niederrhein.de

www.hs-niederrhein.de/oecotrophologie

DOI: 10.30844/I4SD.24.1.70

Nachhaltige Lebensmittellieferketten durch Künstliche Intelligenz

Konzeptionelle Visualisierung am Beispiel von Puten zur Förderung von Tierwohl und Lebensmittelqualität

Corinna Köters, Hochschule Niederrhein und Universität Witten/Herdecke,
Maik Schürmeyer, Hochschule Niederrhein, Alexander Prange, Hochschule Niederrhein
und Universität Witten/Herdecke

Das Konzept visualisiert eine nachhaltige Lebensmittellieferkette durch den Einsatz von Künstlicher Intelligenz am Beispiel von Puten zur Förderung von Tierwohl und Lebensmittelqualität. Als Treiber wird der „Technology Push“ durch Künstliche Intelligenz entlang der Lebensmittellieferkette identifiziert. Im „Market Pull“ wird deutlich, dass Stakeholder Transparenz und Vermeidung von Lebensmittelverschwendung fordern. Im Fokus stehen die Parameter Produktionsprozesse, Ressourceneinsatz und das Ableiten möglicher positiver Effekte. Die Zielgruppe umfasst Stakeholder der Lebensmittellieferkette und schließt Produzenten der Verarbeitungs- und Produktionsstufen, Vertrieb, Handel und Verbraucher ein.

gebnisse der KI erklärbar darstellen und das Vertrauen fördern [3].

Zum anderen wird Entwicklungspotenzial basierend auf einem „Market Pull“ erkannt. Stakeholder wie politische Entscheidungsträger, Lieferanten, Produzenten und Verbraucher interessieren sich vermehrt für nach-

Treiber für nachhaltige Lebensmittellieferketten

Zum einen können die Entwicklungen durch Künstliche Intelligenz (KI) als „Technology Push“ verstanden werden. In der Lieferkette wird KI derzeit vor allem für Optimierungen in den Bereichen Design, Planung, Terminierung sowie zur Vorhersage von Produktionsmengen eingesetzt [1, 2]. So wurden in den vergangenen Jahren vor allem Zeitreihen- oder Big-Data-Analysen durchgeführt, um Anomalien in Produktionsdaten zu erkennen. Die Anwendungen umfassen also vor allem strategische Bereiche, weniger operative. Außerdem ist festzustellen, dass KI-Anwendungen bisher punktuell angelegt sind und weniger übergreifend entlang der gesamten Lieferkette realisiert werden. Um das zu ändern, sind Daten, Vertrauen sowie ein Kulturwandel erforderlich [1]. Der Einsatz einer nachvollziehbaren KI (XAI) kann den Nutzern die Er-

gebnisse der KI erklärbar darstellen und das Vertrauen fördern [3].

Zum anderen wird Entwicklungspotenzial basierend auf einem „Market Pull“ erkannt. Stakeholder wie politische Entscheidungsträger, Lieferanten, Produzenten und Verbraucher interessieren sich vermehrt für nachhaltige Lebensmittellieferketten. Mögliche Maßnahmen zu deren Erzielung wären umweltverträgliche Entscheidungen, Optimierung der Vertriebswege und Umstrukturierung [4]. Konsumententrends zeigen auf, dass Transparenz als stärkster Trend zu verstehen ist. Sie hat bedeutenden Einfluss auf die Logistik, da dieser Trend die gesamte Wertschöpfungskette beeinflusst. Zudem wird Food Waste Awareness (Vermeidung von Lebensmittelverschwendung), welches entsorgte Lebensmittel sowie durch ineffiziente Prozesse und Verarbeitungsschritte verursachte Verluste innerhalb der Logistikkette umfasst, ebenfalls durch starkes Wachstum in Konsumententrends bedeutsam [5].

Ganzheitliche Datenvernetzung in Lieferketten

In der Automobilindustrie wird durch das eigene Datenökosystem Catena-X, das auf GAIA-X basiert, eine Zusammenarbeit innerhalb eines Industriezweigs ermöglicht [6, 7]. Dies fördert eine datengetriebene, sich den Herausforderungen der Branche stellende Wertschöpfungskette. Ein weiterer bestehender Lösungsansatz ist die Manufacturing-X-Initiative, welche mit einem intelligent vernetzten Datennetzwerk über Industriebranchen hinweg Nachhaltigkeit, Resilienz sowie Wettbewerbsfähigkeit der Industrie stärkt [8].



Die ORCID-Identifizierungsnummern der Autoren dieses Beitrags sind einsehbar unter <https://doi.org/10.30844/I4SD.24.1.70>.

Dies ist ein Open-Access-Artikel unter den Bedingungen der Creative Commons Attribution License, die die Nutzung, Verbreitung und Reproduktion in jedem Medium erlaubt, sofern das Originalwerk ordnungsgemäß zitiert wird.



Bild 1: Klassische Lebensmittellieferkette, uneingeschränkte Lebensmittelqualität, ohne KI-Einbindung (eigene Darstellung 2023).

Lieferkette Nutztier Pute zum Lebensmittel Putenfleisch

Basierend auf der beschriebenen Ausgangssituation fokussiert das vorliegende Konzept die Parameter Produktionsprozesse und Ressourceneinsatz entlang der Wertschöpfungskette vom Nutztier Pute zum verarbeitenden Lebensmittel Putenfleisch, um eine nachhaltige Lebensmittellieferkette durch Einsatz von KI zu visualisieren. Nach Karwowska gibt es nur wenige Daten zur Verschwendung von Lebensmitteln in der Fleischindustrie. Gleichzeitig wird die Fleischindustrie durch einen negativen Einfluss auf die Umwelt charakterisiert [9]. Aus dem Fleischatlas des Jahres 2021 geht hervor, dass vermeidbare Verluste innerhalb der Lebensmittellieferkette von Nutztieren zum Lebensmittel vor allem in den Prozessschritten bis zur Schlachtung vorliegen [10].

Visualisierung nachhaltiger Lebensmittellieferketten

Das nachfolgende **Bild 1** visualisiert eine klassische Lebensmittellieferkette, bestehend aus Akteuren unterschiedlicher Wertschöpfungsstufen, welche zusammenarbeiten. In der Lieferkette besteht ein Material sowie

ein Informationsfluss [11] (gekennzeichnet durch die Transportprozesse). Die Visualisierung umfasst die Lebensmittellieferkette und schließt Produzenten, Verarbeitungs- und Produktionsstufen bis hin zum Vertrieb über den Handel an den Endverbraucher ein.

Eine mögliche Herausforderung innerhalb der ersten Prozesse der Lebensmittellieferkette, welche nicht prädictiv erkannt wird, kann zur Folge haben, dass diese entlang des Materialflusses weitergeführt wird. Beim Erkennen einer solchen Eventualität ist ein nicht zentraler Informationsaustausch hinderlich. Gegebenenfalls werden Maßnahmen nicht ausreichend zeitnah eingeleitet, sodass das Problem nicht mehr behoben wird und der Verbraucher die eingeschränkt sicheren Lebensmittel verzehrt. Dies wird mittels **Bild 2** visualisiert:

Die konzeptionell entwickelte nachhaltige Lieferkette basiert auf einem lieferkettenübergreifenden Vernetzen aller Akteure. In diesem Zusammenschluss besteht die Möglichkeit einer zentralen Speicherung und intelligenten Verknüpfung von Produktionsdaten der Prozessbeteiligten und die Möglichkeit zum Austausch der Akteure untereinander entlang der Lebensmittellieferkette. Daneben kann ein Austausch aller Akteure über Prozessabläufe das Verständnis über die Bedürfnisse, Anforderungen und Abläufe anderer fördern. Durch den Einsatz von KI (sowohl der Lieferkette übergeordnet als

Bild 2: Klassische Lebensmittellieferkette, eingeschränkte Lebensmittelqualität, ohne KI-Einbindung (eigene Darstellung 2023).



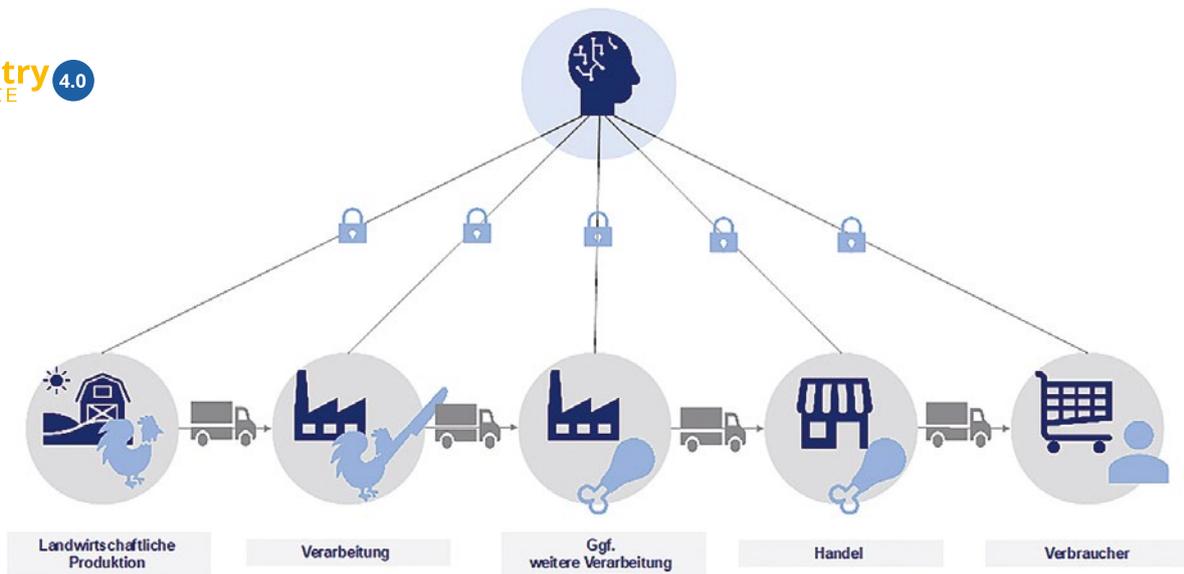


Bild 3: Nachhaltige Lebensmittellieferkette, uneingeschränkte Lebensmittelqualität, mit KI-Einbindung (eigene Darstellung 2023).

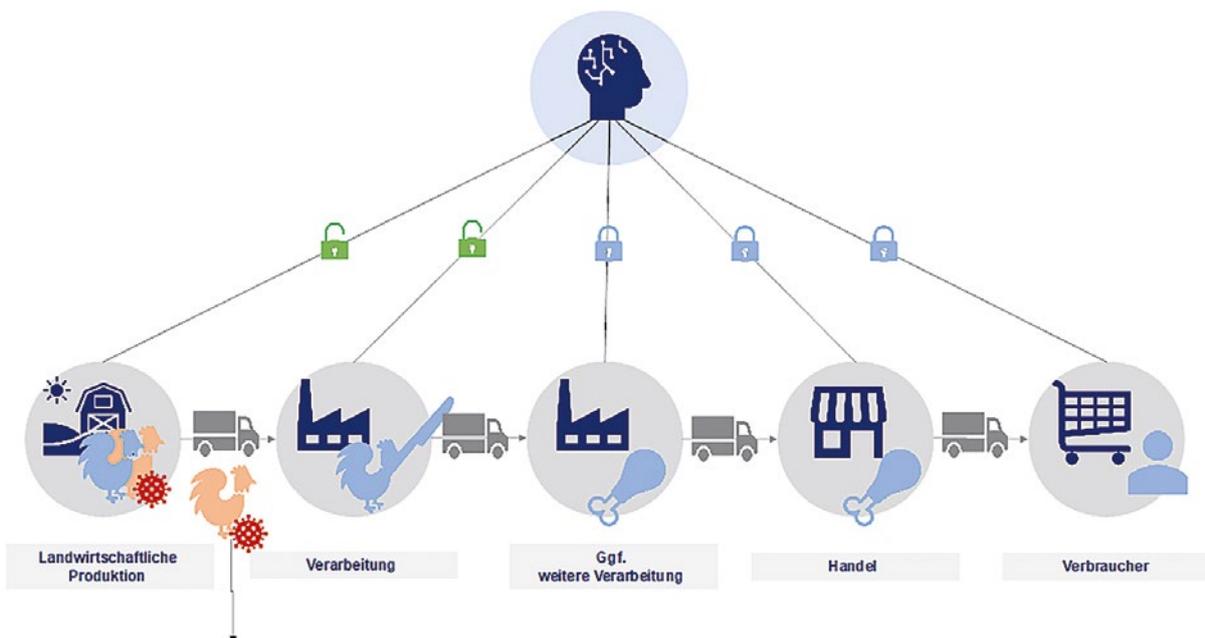
auch in deren einzelnen Sektoren) werden zum einen dazu Möglichkeiten geschaffen, prädiktiv Herausforderungen zu erkennen und zu beheben. Zum anderen kann durch Vernetzung und Austausch von Daten ebenfalls ein zentraler Informationsfluss gefördert werden, sodass eingeschränkt sichere Lebensmittel frühzeitig aus dem Prozess entfernt und ein Verzehr dieser durch den Verbraucher eliminiert werden kann. Das vorliegende **Bild 3** visualisiert den Ansatz.

Außerdem besteht die Möglichkeit, Daten entlang der Lebensmittellieferkette zentral zu speichern, ohne dass weitere Akteure Einsicht erhalten, wodurch die Datensouveränität der einzelnen Akteure in der Lieferkette gewahrt wird. Das heißt, dass jedes Glied in der Wertschöpfungskette über den Erhalt und den Nutzen

entscheiden kann [12]. Eine Standardisierung, Kompatibilität und Interoperabilität der Systeme sowie Prozesse fördern jedoch die Effektivität innerhalb der Lieferkette [13]. Der sich daraus ergebene Nutzen wird im folgenden **Bild 4** dargestellt.

Visualisiert wird, wie beispielsweise ein erkranktes Tier, welches nach weiteren Verarbeitungsprozessen eine nicht akzeptable Lebensmittelqualität darstellen würde, durch den Einsatz von KI in der landwirtschaftlichen Produktion erkannt wird. Durch einen direkten Informationsaustausch zur Verarbeitung wird so veranlasst, dass dieses Tier nicht verarbeitet und aus der Lieferkette entfernt wird. Die KI kann sich hierbei an optischen Merkmalen orientieren, indem mit Bildklassifikation, Bildsegmentierungen und Objekterkennung gearbeitet

Bild 4: Nachhaltige Lebensmittellieferkette, eingeschränkte Lebensmittelqualität, mit KI-Einbindung (eigene Darstellung 2023).



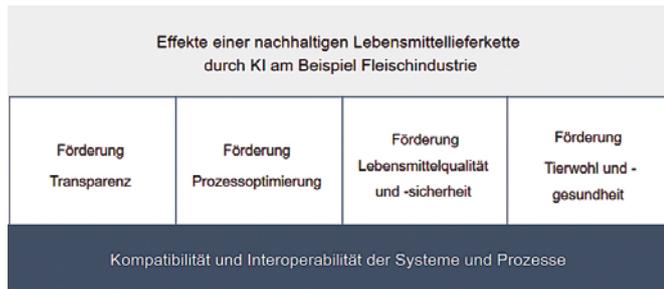


Bild 5: Effekte einer nachhaltigen Lebensmittellieferkette mit KI-Einbindung (eigene Darstellung 2023).

wird. So können nichtkonforme Vorkommnisse effizient und frühzeitig erkannt werden. Für die KI relevant sind ebenfalls Produktions- und Verbrauchsparameter, um rechtzeitig Prozesse zu erkennen, welche außerhalb des idealen Bereiches liegen. Dies kann durch Regression, Zeitreihenanalysen oder Erkennung von Anomalien erreicht werden.

Effekte einer nachhaltigen Lebensmittellieferkette

Durch Implementierung nachhaltiger Lebensmittellieferketten anhand des Beispiels vom Nutztier Pute zum verarbeiteten Lebensmittel Putenfleisch werden vier mögliche Effekte abgeleitet. Diese Effekte können als Förderung von Transparenz, Prozessoptimierung, Lebensmittelqualität und Lebensmittelsicherheit sowie von Tierwohl und Tiergesundheit zusammengefasst werden. **Bild 5** visualisiert diese und stellt dar, dass die Kompatibilität und Interoperabilität der Systeme und Prozesse entlang der Lieferkette erfüllt werden sollen, um eine möglichst hohe Effektivität sicherzustellen [13].

Mögliche Effekte der Transparenzförderung können das Durchführen eines zentralen Informationsaustausches oder die Reduzierung von Arbeitsaufwand aufgrund des Vorliegens stetiger Informationen sein. Anhand einer erhöhten Datentransparenz können entlang der Lebensmittellieferkette Prozessschritte optimiert geplant und durchgeführt werden. Als Beispiel sei die Distribution von Puten aus der Mastphase zum Schlachthof angeführt. Die Transparenz über die Gewichtsdaten der Tiere ermöglicht eine effiziente Routenplanung innerhalb der Lieferkette. Hierdurch können Puten mit idealem Schlachtgewicht ausgestallt werden, was nicht nur die Kosten senkt, sondern die Mast zudem nachhaltiger gestaltet und somit auch dem Tierwohl zuträglich ist.

Als Argumente für die Förderung der Lebensmittelqualität können das prädiktive Erkennen von möglichen Herausforderungen sowie die Reduzierung von Aus-

schüssen entlang der Lieferkette ins Feld geführt werden. Die Verbesserung von Tiergesundheit und Steigerung von Tierwohl forciert vor allem die landwirtschaftliche Produktion sowie weiterführende Prozesse. Als messbare Größe für diesen Effekt dient beispielsweise die frühzeitige Erkennung möglicher Erkrankungen.

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Projekts „Künstliche Intelligenz für nachhaltige Lebensmittelqualität in Lieferketten (KINLI)“ das von dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) unter dem Kennzeichen 28DK124C20 gefördert wird.

Literatur

- [1] Pournader, M. u. a.: Artificial Intelligence Applications in Supply Chain Management. In: International Journal of Production Economics 241 (2021). URL: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527321002267, Abrufdatum 06.11.2023.
- [2] Toorajipour, R. u. a.: Artificial Intelligence in Supply Chain Management: A Systematic Literature Review. In: Journal of Business Research 122 (2021), S. 502-517. URL: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014829632030583X, Abrufdatum 06.11.2023.
- [3] Sofianidis, G. u. a.: A Review of Explainable Artificial Intelligence in Manufacturing. URL: arxiv.org/abs/2107.02295, Abrufdatum 06.11.2023.
- [4] Paciarotti, C.; Torregiani, F.: The Logistics of the Short Food Supply Chain: A Literature Review. In: Sustainable Production and Consumption 26 (2021). S. 428-442. URL: www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352550920302876, Abrufdatum 06.11.2023.
- [5] Nitsche, B.; Figiel, A.: Zukunftstrends in der Lebensmittellogistik – Herausforderungen und Lösungsimpulse. Berlin 2016.
- [6] Gaia-X. European Association for Data and Cloud AISBL: Gaia-X Architecture Document – 22.10 Release. URL: docs.gaia-x.eu/technical-committee/architecture-document/22.10/, Abrufdatum 06.11.2023.
- [7] Catena-X. The First Open and Collaborative Data Ecosystem: Catena-X Operating Model Whitepaper Release V2 – 21.11.2022. URL: catena-x.net/fileadmin/user_upload/Publikationen_und_WhitePaper_des_Vereins/CX_Operating_Model_Whitepaper_02_12_22.pdf, Abrufdatum 06.11.2023.
- [8] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK): „Manufacturing-X“ Eckpunkte für die Umsetzung von „Manufacturing-X“ im produzierenden Gewerbe zur Sicherung des Wettbewerbsstandortes Deutschland (2022). Whitepaper. URL: www.plattform-i40.de/IP/Navigation/DE/Manufacturing-X/Initiative/initiative-manufacturing-x.html, Abrufdatum 06.11.2023.
- [9] Karwowska, M. u. a.: Food Loss and Waste in Meat Sector – Why the Consumption Stage Generates the Most Losses? In: Sustainability 13 (2021), S. 1. URL: www.mdpi.com/2071-1050/13/11/6227, Abrufdatum 06.11.2023.
- [10] Benning, R.: Fleischatlas: Daten und Fakten über Tiere als Nahrungsmittel. 1. Auflage. Berlin 2021.
- [11] Hohmann, S.: Logistik und Supply Chain Management: Grundlagen, Theorien und quantitative Aufgaben, 1. Auflage. Wiesbaden 2022.
- [12] Rohde, M. u. a.: Datenwirtschaft und Datentechnologie: Wie aus Daten Wert entsteht. Berlin 2022.
- [13] Viswanadham, N. (Hrsg): Achieving Rural & Global Supply Chain Excellence. The Indian Way. Centre for Global Logistics and Manufacturing Strategies, Gachibowli, Hyderabad 2006.