

Hochschule für angewandte Wissenschaften München
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

Studienfach

Seminar Systeme im Wintersemester 2023/24

Seminararbeit

Einsatz von Künstlicher Intelligenz zur
Abfallvermeidung in der Lebensmittelindustrie

Von: Patricia Sonner
Dozent: Prof. Dr. Gregor Feiertag
Abgabetermin: 8. Januar 2024

Kurzfassung

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Abkürzungsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	IV
1 Einleitung	1
2 KI zur Bekämpfung von Lebensmittelverschwendung	4
2.1 Milch- und Molkereiprodukte	4
2.2 Wurst- und Fleischindustrie	5
2.3 Backwaren	5
3 Projekte	6
3.1 PigVisio	6
3.2 REIF	6
4 Fazit	7
Literaturverzeichnis	I

Abkürzungsverzeichnis

KI	künstliche Intelligenz
FAO	Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen
HPLC	Hochleistungsflüssigchromatographie
FTIR	Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie

Abbildungsverzeichnis

1	Lebensmittelabfälle in Deutschland im Jahr 2020	1
2	Lebensmittelverluste entlang der Wertschöpfungskette	3

Tabellenverzeichnis

1 Einleitung

Der Lebensmitteleinkauf wird oft nicht von einer geplanten Liste oder zwingenden Notwendigkeiten bestimmt, sondern von spontanen Impulsen und verlockenden Angeboten. Die Folge, viele Produkte landen im Wagen, die vor Ablauf ihres Mindesthaltbarkeitsdatums niemals verbraucht werden können oder verderben - vom Regal direkt in die Tonne. Diese nichtige Entsorgung von Lebensmitteln, auch bekannt als Food Waste, ist weltweit ein ernstzunehmendes Problem. Spezifischen Schätzungen zufolge werden in Deutschland jährlich etwa 11 Millionen Tonnen Lebensmittel weggeworfen, etwa die Hälfte davon vermeidbar [1].

Lebensmittelabfälle zählen zu den Verlusten, die sich durch die gesamte Lieferkette ziehen, von der landwirtschaftlichen Produktion zur Verarbeitung in der Nahrungsmittelindustrie, vom Einzelhandel bis hin zum Endverbraucher.

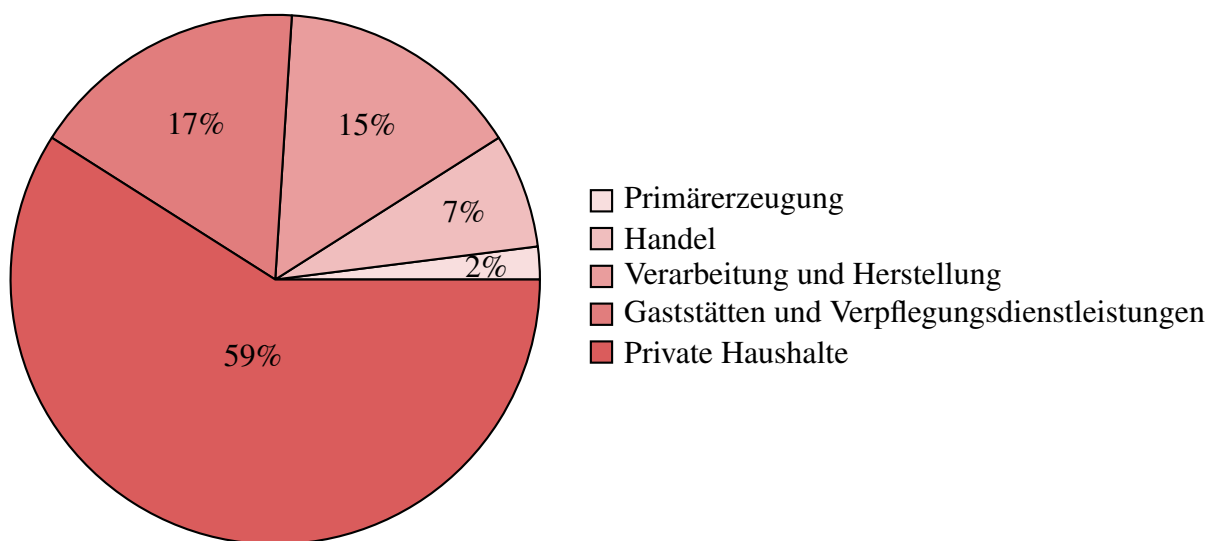


Abbildung 1: Lebensmittelabfälle in Deutschland im Jahr 2020 [2]

Wie in Abbildung 1 zu sehen, ist mit 59% (6,5 Mio. t) der größte Anteil der Lebensmittelabfällen in Deutschland den privaten Haushalten zuzuordnen, dies entspricht etwa 78 kg pro Person und Jahr. Einen weiteren großen Anteil mit 17% (1,9 Mio. t) besitzt die Außer-Haus-Verpflegung. Auch entlang der Herstellung fällt viel Abfall an, wobei die Primärproduktion einen Anteil von 2% (0,2 Mio. t), die Verarbeitung 15% (1,6 Mio. t) und der Handel 7% (0,8 Mio. t) den geringeren Teil ausmachen. Es ist deutlich, dass die Lebensmittelabfallproblematik in verschiedenen Phasen der Lieferkette und insbesondere im häuslichen Umfeld signifikante Ausmaße annimmt.

Die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) hat in ihren statistischen Veröffentlichungen deutlich gemacht, dass etwa ein Drittel der Lebensmittel, die für den Verzehr produziert werden, verschwendet wird. Dies entspricht nahezu 1,3 Mrd. t. an Lebensmittelabfällen [3]. Darüber hinaus verursacht dies jährlich Kosten in Höhe von 936 Milliarden US-Dollar für die globale Wirtschaft [4].

Diese beeindruckenden Zahlen erscheint besonders besorgniserregend, wenn man die weltweit 735 Millionen Menschen in Betracht zieht, die unter Hunger leiden [5]. Diese Problematik hat nicht nur schwerwiegende Auswirkungen auf die Umwelt, sondern beeinflusst auch soziale und ökonomische Aspekte in beträchtlichem Maße.

Die Folgen erstrecken sich über verschiedene Ebenen, die Ressourcen, die für die Produktion dieser Lebensmittel eingesetzt werden, gehen verloren, was ökologische sowie ökonomische Konsequenzen nach sich zieht. Ebenso spielt eine optimierte Logistik sowie Lagerhaltung zum Handel sowie abschließend bis zum Endverbraucher eine entscheidende Rolle. Die Implementierung neuer Maßnahmen ist daher essenziell, um das Problem der Lebensmittelverschwendung anzugehen und einen positiven Einfluss auf die Ernährungssicherheit und die Reduzierung der Umweltbelastung auszuüben.

Die Reduzierung von Lebensmittelabfällen sollte in sämtlichen Phasen der Wertschöpfungskette Priorität haben. Obwohl viele Aspekte rund um die Produktion und den Handel von Lebensmitteln optimiert werden könnten, ist es angesichts des enormen Volumens und des täglichen Bedarfs kaum möglich, nicht verwendbare Lebensmittelabfälle vollständig zu vermeiden. Eine Verbesserung der Produktions- und Logistikprozesse, insbesondere in Verbindung mit einem bewussteren Umgang und einer höheren Wertschätzung von Lebensmitteln im Allgemeinen, kann jedoch zu Fortschritten führen und die Menge an verschwendeten Nahrungsmitteln reduzieren. Der Großteil der oft unnötigen Lebensmittelabfälle entsteht beim Endverbraucher.

Die Lebensmittelverarbeitung kann nun zyklisch erfolgen, dennoch entsteht eine komplexe Lieferkette, wie sie in Abbildung 2 zu sehen ist und erfordert einen neuen Ansatz. Die Integration von künstlicher Intelligenz (KI)-Technologien bietet eine vielversprechende Perspektive, um innovative Lösungen für die Überwachung, Analyse und Optimierung der Lebensmittelproduktions- und Lieferketten bereitzustellen. Es besteht das Potenzial, das Bewusstsein zu schärfen und weltweit nachhaltige Praktiken zu fördern, um die Herausforderungen der Lebensmittelverschwendung zu bewältigen. KI-

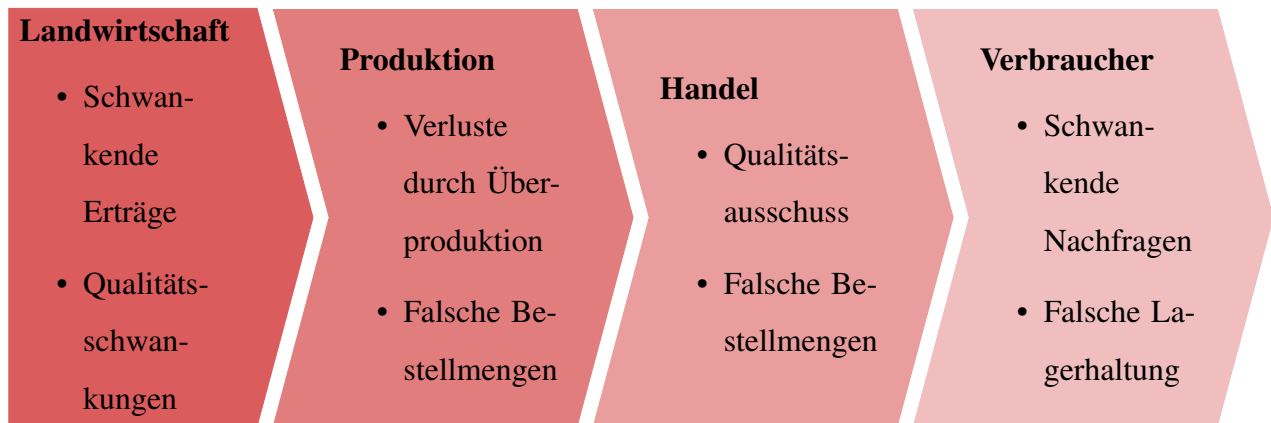


Abbildung 2: Lebensmittelverluste entlang der Wertschöpfungskette [6]

Technologien können effektive Überwachungsmechanismen etablieren, Engpässe identifizieren und Prozesse optimieren, um Ressourcen effizienter zu nutzen und Verschwendung zu reduzieren.

Ein besonderes Augenmerk soll in dieser Seminararbeit auf die Betrachtung von verderblichen Lebensmitteln im Herstellungsprozess geworfen werden. Dort treten häufig erhebliche Lebensmittelverluste auf, vor allem aufgrund der empfindlichen Verderblichkeit der Produkte. Darüber hinaus geht die Herstellung und Verarbeitung dieser Produkte mit einem erheblichen Aufwand einher, was zu hohen Produktionskosten führt.

2 KI zur Bekämpfung von Lebensmittelverschwendung

künstliche Intelligenz (KI) repräsentiert die Nachahmung menschlicher Denkfähigkeiten, wie logisches Denken, Lernen, Planen und Kreativität, durch eine Maschine nachzuahmen [7]. Diese sich entwickelnde Technologie beeinflusst Regierungen sowie traditionelle politische und wirtschaftliche Ansätze, um weltweite Herausforderungen zu bewältigen. Die jüngsten Fortschritte in KI-Technologien wie Deep Learning, Bilderkennung, maschinelles Lernen und Sprachverarbeitung verdeutlichen, dass diese Technologien weiterhin einen erheblichen Einfluss auf den Alltag haben werden [8].

Über die letzten Jahre hinweg hat der Lebensmittelsektor erhebliche Investitionen in die Verarbeitung von Lebensmitteln getätigt, wobei der Schwerpunkt verstärkt auf Lieferketten und Logistik liegt. Diese Entwicklung führt zu einer Veränderung der Konsummuster und ermöglicht die Prognose der Marktsituation, insbesondere für Produkte mit kürzerer Haltbarkeit. Obwohl die Einführung von KI und Big Data noch nicht flächendeckend erfolgt ist, zeigt sie bereits Unterschiede in der Gewinnrealisierung im Vergleich zu herkömmlichen Methoden und Techniken.

2.1 Milch- und Molkereiprodukte

Bei der Handhabung und Produktion von Milch- und Molkereiprodukte entstehen hohe Anforderungen an Qualität. Aufgrund ihrer leicht verderblichen Eigenschaften entstehen zudem erhöhte Transportkosten. Forschungsstudien zeigen, dass die Vorhersage der Milchproduktionserträge möglich ist [9]. Genauere Vorhersagen über Produkte liefern Informationen über Mangel, Effizienz und die Gesundheit der Kühe. Moderne Technologien in der Milchbeschaffung, Abrechnung, Produktzusammensetzung, Verpackung, Lieferkettenintegration und Rückverfolgbarkeit ermöglichen eine präzise Datenimplementierung zur Reduzierung von Zeit und Kosten. Durch physiologische Faktoren wie Herzfrequenz und Körpertemperatur sowie verschiedene Umweltfaktoren können mit Hilfe von KI gesammelt und ausgewertet werden und bei den anschließenden Ergebnissen mit berücksichtigt werden. So wurde beispielsweise Hitzestress als Hauptursache für den Rückgang der Milchproduktion identifiziert [10]. Dabei wurden verschiedene Parameter wie pH-Wert, Prozentsatz löslichen Stickstoffs sowie Bakterien-, Hefe- und Schimmelzählungen berücksichtigt [11]. Das Modell erweist sich als effizient, zeitsparend und hilfreich für die Lebensmittelsicherheit der Verbraucher.

2.2 Wurst- und Fleischindustrie

Der Ablauf des Ausbeinen, Herauslösen der Knochen aus dem Fleisch, sowie Zerlegen von Schlachtieren verläuft in einigen Schlachthöfen bereits voll automatisiert [12], auch die Weiterverarbeitungen werden schrittweise umgerüstet. Nur mit Hilfe der Bilderkennung und direkten Auswertung ist dies möglich. Damit können den Menschen in der Fleischindustrie schwere arbeiten abgenommen werden. Ein weiterer Vorteil beruht darauf, dass durch präzises und schnelles arbeiten die Hygiene weiter verbessert werden kann.

Die Fleischindustrie benötigt moderne Analysemethoden zur schnellen Quantifizierung von Indikatoren, um geeignete Verarbeitungsverfahren für ihre Rohmaterialien zu bestimmen und die verbleibende Haltbarkeit ihrer Produkte vorherzusagen. In den vergangenen Jahren wurden relevante Analysen- und Screening-Methoden für Fleisch mithilfe von Hochleistungsflüssigchromatographie (HPLC) sowie Gaschromatographie-Massenspektrometrie durchgeführt [13]. Es werden verschiedene Methoden basierend auf analytischen Instrumentaltechniken wie der Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie (FTIR) erforscht. Diese Methode zielt darauf ab, durch die Stoffwechselaktivität von Mikroorganismen auf Fleisch verursachte biochemische Veränderungen und die Bildung von Stoffwechselprodukten zu erfassen, die als einzigartige "Signatur" dienen und somit Informationen über Art und Geschwindigkeit des Verderbens liefern [14].

2.3 Backwaren

Die Qualität von Backwaren wird durch viele Parameter bestimmt. Während der Produktion lassen sich dabei mittels Dichte- und Strukturanalysen Rückschlüsse auf die Zwischen- und Endproduktqualität ziehen. Die Veränderung der Dichte und Struktur von Teigen und Massen beeinflusst somit sowohl die Verarbeitbarkeit als auch die Qualität des Endprodukts.

3 Projekte

3.1 PigVisio

Das Projekt PigVisio, entwickelt von der Hochschule Kempten, konzentriert sich so beispielsweise auf die Organbegutachtung von Schlachtschweinen, bei der die Organe auf potenzielle Krankheiten untersucht werden. Auffälligkeiten führen dazu, dass die Organe nicht in den Lebensmittelkreislauf gelangen dürfen. Dieser Prozess ist entscheidend für die Lebensmittelsicherheit und liefert auch wichtige Erkenntnisse zum Tierwohl. Jährlich werden etwa 10 Millionen von rund 52 Millionen geschlachteten Schweinen mit Organbefunden identifiziert. Die erkannten Befunde werden an die jeweiligen Landwirte weitergegeben und dienen als wichtiges Werkzeug zur weiteren Verbesserung des Tierwohls in den Betrieben. Die Organbegutachtung wird derzeit manuell von Fachpersonal wie amtlichen Tierärzten durchgeführt, was einige Herausforderungen mit sich bringt. Das intelligente Kamerasystem ist darauf trainiert, Organe und die dazugehörigen Krankheiten zu identifizieren. Es analysiert die Organe direkt im Förderband nacheinander in Sekundenschnelle. Die durch KI erkannten Befunde werden mittels eines Ampelsystems dem Fachpersonal leicht verständlich visuell angezeigt. Bei Auffälligkeiten wird eine gelbe oder rote Beleuchtung aktiviert, woraufhin das Fachpersonal entsprechende Maßnahmen einleitet. Die Lösung PigVisio ermöglicht so eine zuverlässige und objektive Organbefundung, standardisiert und beschleunigt den Qualitätssicherungsprozess und entlastet das Fachpersonal. Die automatische Dokumentation sorgt für Transparenz und stärkt das Vertrauen über die gesamte Wertschöpfungskette. [15]

3.2 REIF

Das Projekt REIF der Technischen Hochschule Augsburg in Zusammenarbeit mit 31 Projektpartner hat den Einsatz von KI entlang der gesamten Wertschöpfungskette betrachtet, um die Verschwendung von Lebensmitteln deutlich zu reduzieren, insbesondere bei Fleisch- bzw. Wurstwaren, Milchprodukten und Backwaren.

4 Fazit

Methoden der KI sind bisher in den Bereichen der Milch, Fleisch und Backwaren wenig vertreten, besitzen aber Potenzial, die Verschwendung signifikant zu reduzieren. Nicht nur die Vermeidung von Ausschuss und Überproduktion, sondern auch die

Literaturverzeichnis

- [1] Thomas G. Schmidt u. a. *Lebensmittelabfälle in Deutschland - Baseline 2015*. Bd. 71. Thünen-Report. Braunschweig: Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut, 2019. ISBN: 978-3-86576-198-9. DOI: 204462. URL: <http://d-nb.info/1195065183/>.
- [2] Statistisches Bundesamt. *Internationales: 735 Millionen Menschen weltweit haben nicht genug zu essen*. 2022. URL: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Internationales/Thema/landwirtschaft-fischerei/Unterernaehrung.html>.
- [3] Christel Cederberg und Ulf Sonesson. *Global food losses and food waste: Extent, causes and prevention; study conducted for the International Congress Save Food! at Interpack 2011, [16 - 17 May], Düsseldorf, Germany*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011. ISBN: 978-92-5-107205-9.
- [4] Husna Jamaludin, Hashim Suliman Elshreef Elmaky und Sarina Sulaiman. „The future of food waste: Application of circular economy“. In: *Energy Nexus* 7 (2022). ISSN: 27724271. DOI: 10.1016/j.nexus.2022.100098.
- [5] Statistisches Bundesamt. *Lebensmittelabfälle in Deutschland: Lebensmittelabfälle in Deutschland im Berichtsjahr 2020 (vorläufiges Ergebnis)*. 2022. URL: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Tabellen/lebensmittelabfaelle.html>.
- [6] Projekt REIF. *Anwendungspotentiale künstlicher Intelligenz zur Anwendungspotentiale künstlicher Intelligenz zur Verlustvermeidung in der Lebensmittelwertschöpfungskette*. URL: https://ki-reif.de/wp-content/uploads/2019/10/REIF_whitepaper_v8_upload.pdf.
- [7] Europäisches Parlament. *Was ist künstliche Intelligenz und wie wird sie genutzt? Was ist künstliche Intelligenz?* 2020. URL: <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20200827STO85804/was-ist-kunstliche-intelligenz-und-wie-wird-sie-genutzt>.
- [8] Saurabh Sharma u. a. „Sustainable Innovations in the Food Industry through Artificial Intelligence and Big Data Analytics“. In: *Logistics* 5.4 (2021). DOI: 10.3390/logistics5040066.
- [9] Howard Ho, Hrsg. *2015 IEEE International Conference on Big Data: Oct 29-Nov 01, 2015, Santa Clara, CA, USA : proceedings*. Piscataway, NJ: IEEE, 2015. ISBN: 978-1-4799-9926-2. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=7347101>.

-
- [10] Sugiono Sugiono, Rudy Soenoko und Lely Riawati. „Investigating the Impact of Physiological Aspect on Cow Milk Production Using Artificial Intelligence“. In: *International Review of Mechanical Engineering (IREME)* 11.1 (2017), S. 30. ISSN: 1970-8734. DOI: 10.15866/ireme.v11i1.9873.
- [11] Sumit Goyal und Gyanendra Kumar Goyal. „Intelligent Artificial Neural Network computing models for predicting shelf life of processed cheese“. In: *Intelligent Decision Technologies* 7.2 (2013), S. 107–111. ISSN: 18724981. DOI: 10.3233/IDT-130154.
- [12] Rob Buckingham und Peter Davey CBE. „This robot’s gone fishing“. In: *Industrial Robot: An International Journal* 22.5 (1995), S. 12–14. ISSN: 0143-991X. DOI: 10.1108/01439919510147790.
- [13] Vassilis S. Kodogiannis, Theodore Pachidis und Eva Kontogianni. „An intelligent based decision support system for the detection of meat spoilage“. In: *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 34 (2014), S. 23–36. ISSN: 09521976. DOI: 10.1016/j.engappai.2014.05.001.
- [14] George-John E. Nychas u. a. „Meat spoilage during distribution“. In: *Meat science* 78.1-2 (2008), S. 77–89. ISSN: 0309-1740. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.06.020.
- [15] Visionpier. „Wie kann die Qualitätssicherung im Schlachthof durch Automatisierung optimiert werden?“ In: (). URL: <https://de.visionpier.com/blog-item/optimization-quality-assurance-slaughterhouse.html>.