

# Künstliche Intelligenz in Bäckereien: Weniger Foodwaste und auch weniger Kosten

von Walter Brenner<sup>1</sup>, Klaus Haake<sup>2</sup>, Tobias Fahse<sup>1</sup> und Stefan Saxer<sup>3</sup>

*Im Rahmen einer Lehrveranstaltung des Masters in Business Innovation im Frühjahr 2021 gelang es, ohne vertiefte Kenntnisse der Bäckereibranche durch Verwendung bereits vorhandener Daten und durch Nutzung von Methoden der Statistik und der Künstlichen Intelligenz die Verkaufsprognosen der Filialleiterinnen und Filialleiter zu übertreffen und die Verkäufe des folgenden Tags mit einer Abweichung von ca. 13% bis 14% vorherzusagen. Diese unerwartet guten Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass der Einsatz von Methoden der Statistik und der Künstlicher Intelligenz auch in KMUs wie Bäckereien in Zukunft wettbewerbsrelevant sein wird. Wenn es gelänge, die Prognosequalität zu verbessern, wäre in Bäckereien Nutzen in zwei Richtungen zu erwarten: Der unternehmerische Erfolg kann gesteigert und der Foodwaste reduziert werden. Allerdings bräuchte es mehr und bessere Daten, weiteren Austausch mit Experten der Domäne sowie geeignete Apps, um datengetriebene Prognosen in den Bäckereien zu implementieren.*

## Foodwaste als gesellschaftliche Herausforderung

Foodwaste ist ein Thema, das immer mehr in den Mittelpunkt der gesellschaftlichen Diskussion kommt. Gemäss dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) fallen in der Schweiz pro Jahr 2,8 Millionen Tonnen Lebensmittelverluste an. Dies entspricht 330 Kilogramm pro Person und Jahr oder etwa einem Viertel der Umweltbelastung, die wir durch unsere Ernährung verursachen. Die Lebensmittelkategorien mit den grössten Umweltauswirkungen durch Foodwaste sind Brote und Backwaren. Wenn alle Beteiligten es schaffen, mindestens ein Drittel der heutigen Lebensmittelverluste zu verhindern, könnte ungefähr die Menge an CO<sub>2</sub> einspart werden, die 500'000 Autos pro Jahr in der Schweiz verursachen<sup>4</sup>.

## Präzise Absatzprognosen als Schlüssel zu mehr Profitabilität

Die Prognose der zu erwartenden Verkäufe ist besonders wichtig, da die Ergebnisse von vielen nachgelagerten Funktionen in einem Unternehmen verwendet werden<sup>5</sup>. Insbesondere Produktionsabteilungen benötigen die Ergebnisse, um einen Produktionsplan für den nächsten Tag zu erstellen und die Maschinenauslastung zu optimieren, sodass die Absatzprognose eine wichtige Rolle beim Senken der Kosten einnimmt<sup>6</sup>. Um möglichst genaue Absatzprognosen zu erreichen, können Vergangenheitsdaten ausgewertet werden, um Muster zu erkennen, die menschlichen

---

<sup>1</sup> Universität St. Gallen

<sup>2</sup> HSP Consulting AG

<sup>3</sup> Stefan Saxer, Zürich

<sup>4</sup> Beretta, C., & Hellweg, S. (2019). Lebensmittelverluste in der Schweiz: Mengen und Umweltbelastung. Wissenschaftlicher Schlussbericht. ETH Zürich. <http://www.bafu.admin.ch/lebensmittelabfaelle>

Beretta, C. (2017). Zu wertvoll für die Tonne: Gesund essen ohne Lebensmittelverluste. Schweizer Zeitschrift Für Ernährungsmedizin. <https://www.rosenfluh.ch/media/ernaehrungsmedizin/2017/02/Zu-wertvoll-fuer-die-Tonne-Gesund-essen-ohne-Lebensmittelverluste.pdf>

<sup>5</sup> Mentzer, J. T., & Bienstock, C. C. (1998). Sales Forecasting Management: Understanding the Techniques, Systems and Management of the Sales Forecasting Process. SAGE Publications.

<sup>6</sup> Doganis, P., Alexandridis, A., Patrinos, P., & Sarimveis, H. (2006). Time series sales forecasting for short shelf-life food products based on artificial neural networks and evolutionary computing. Journal of Food Engineering, 75(2), 196–204.

Entscheidungsträgern verborgen geblieben wären. In diesem Kontext sieht McKinsey's Global AI Survey in der Absatzprognose eine der wichtigsten Wertversprechen von Künstlicher Intelligenz<sup>7</sup>.

### Zielsetzung und Aufbau der Lehrveranstaltung an der Universität St. Gallen

Vor diesem Hintergrund beschäftigten wir uns in einer Lehrveranstaltung<sup>8</sup> im Rahmen des Masters für Business Innovation an der Universität St. Gallen im Frühjahrssemester 2021 damit, ob es durch Einsatz Künstlicher Intelligenz möglich wäre, in zwei Bäckereien<sup>9</sup> in der Ostschweiz den Absatz von Backwaren durch den Einsatz Künstlicher Intelligenz vorherzusagen.

Die Bäckerei Lichtensteiger betreibt 11 Standorte im Kanton St. Gallen und verfolgt neben dem Filialgeschäft eine gezielte Lieferstrategie. Über die so erreichten grossen Absatzmengen wird versucht, von Lern- und Erfahrungseffekten zu profitieren. Hierbei muss permanent zwischen Volumen bzw. Rendite und einer Abhängigkeit von Abnehmern der Lieferungen abgewogen werden. Die Bäckerei Mohn betreibt 8 Standorte im Kanton Thurgau. Zuletzt wurde am Hauptsitz Sulgen ein «Drive-in Café» eröffnet, das in der Schweiz viel Beachtung fand. Beide Betriebe sind inhabergeführt, gehören zum Segment der Klein- und Mittelunternehmen (KMU) und bekommen regelmässig Auszeichnungen für hervorragende Unternehmensleistungen. Abbildung 1 zeigt Verkaufsräume der beiden Bäckereien.



Abbildung 1: Verkaufsräume der Bäckereien Mohn (links) und Lichtensteiger (rechts)

Der konkrete Arbeitsauftrag an die Studierenden lautete: «Prognose der zu erwartenden Verkäufe (in Stück) für ausgewählte Backprodukte, für ausgewählte Filialen und bestimmte Zeiträume unter Nutzung von Verfahren der Statistik und Künstlichen Intelligenz». Diese Aufgabenstellung stiess von Anfang an sowohl bei beiden Bäckereien als auch bei den Studierenden auf grosses Interesse.

Den Unternehmen ermöglichen es bessere Verkaufsprognosen, ihre Backprogramme zu verbessern, damit Kosten zu sparen und gleichzeitig einen Beitrag zur Nachhaltigkeit zu leisten. Die Studierenden schätzten die Möglichkeit, Erfahrungen im praktischen Einsatz Künstlicher Intelligenz zu sammeln und gleichzeitig ökonomischen und ökologischen Nutzen zu erzeugen. Konkretes Ziel der Lehrveranstaltung war es, für ausgewählte Backprodukte den Absatz durch Nutzung ausgewählter Methoden der Künstlichen Intelligenz für bestimmte Tage vorherzusagen. Die Bäckerei Lichtensteiger stellte einen Datensatz mit etwa 500'000 Transaktionen von Januar 2018 bis Dezember 2020 und die Bäckerei Mohn einen Datensatz mit etwa 11 Millionen Transaktionen von März 2016 bis Oktober 2020 zur Verfügung. Beim

<sup>7</sup> Cam, A., Chui, M., & Hall, B. (2019). Global AI Survey: AI proves its worth, but few scale impact. McKinsey Analytics.

<sup>8</sup> Folgende Studierende haben an der Lehrveranstaltung teilgenommen: Ronny Abt, Alexandra Barth, Philipp Bauer, Jonas Brahms, Wanja Butz, Alexander Dodel, Luca Serratore und Tim Weiss

<sup>9</sup> Wir danken Urs Lichtensteiger von der Bäckerei Lichtensteiger und Roger Mohn sowie Urs Zuberbühler von der Bäckerei Mohn für die gute Zusammenarbeit im Rahmen der Lehrveranstaltung und die Daten, die sie uns zur Verfügung stellten.

Sichten der Daten war klar, dass die Daten des Jahres 2020 aufgrund der Auswirkungen der Pandemie nicht zur Vorhersage herangezogen werden können. Das Teaching-Team, das methodisch und inhaltlich verantwortlich war, bestand aus dem Autorenteam dieses Artikels. Weder die Studierenden noch die Dozierenden der Universität St. Gallen - mit Ausnahme von Klaus Haake – verfügten über vertiefte Kenntnisse der Bäckereibranche. Während der Veranstaltung wurden auch keine Interviews mit den Besitzern oder Mitarbeitenden der Bäckereien durchgeführt. Ziel war es, nur durch Arbeit mit den Daten Absatzprognosen für Backwaren zu erstellen.

### Vorgehen bei der Erstellung der Prognosen

Die Lehrveranstaltung wurde entsprechend dem CRISP-DM-Modell<sup>10</sup>, einem etablierten Prozessmodell für Data Analytics und den Einsatz Künstlicher Intelligenz, durchgeführt. Abbildung 2 zeigt das Modell im Überblick.

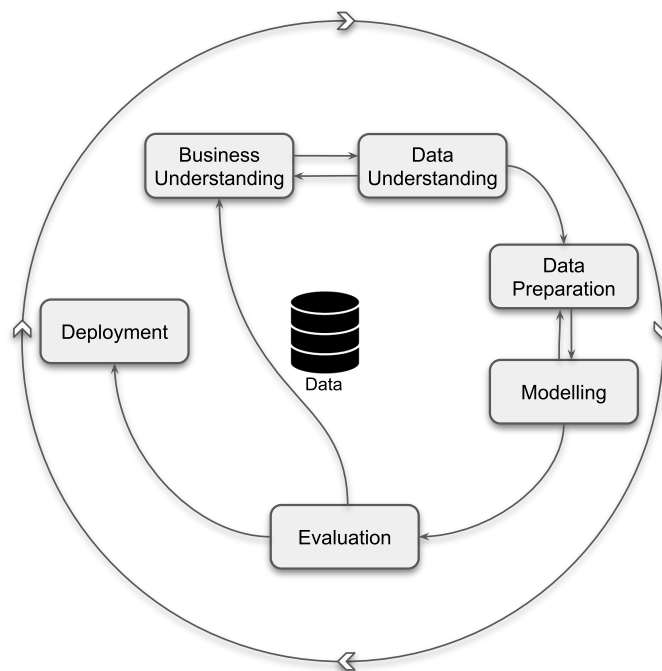


Abbildung 2: CRISP-DM-Modell im Überblick<sup>11</sup>

Dieses schon mehr als 20 Jahre alte Modell zwingt alle Beteiligten zu einem strukturierten Vorgehen und stellt gleichzeitig sicher, dass kein wichtiger Schritt ausgelassen wird<sup>12</sup>. In diesem Artikel gehen wir kurz auf die Ergebnisse der einzelnen Schritte ein und wenden uns anschliessend im Sinne des Titels dieses Aufsatzes den Erfahrungen mit dem Einsatz Künstlicher Intelligenz und den konkreten Ergebnissen zu.

Im Schritt «Business Understanding» wurden mehrere Gespräche mit Verantwortlichen der Bäckereien geführt, um das Problem aus einer geschäftlichen Sicht zu betrachten und besser zu verstehen. Bei diesen Gesprächen schärfte sich das Verständnis für den bisherigen Prozess der Erstellung des

<sup>10</sup> Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., Shearer, C., & Wirth, R. (2000). CRISP-DM 1.0: Step-by-step Data Mining Guide. SPSS Inc, 9, 13.

<sup>11</sup> Eigene Darstellung basierend auf: Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., Shearer, C., & Wirth, R. (2000). CRISP-DM 1.0: Step-by-step Data Mining Guide. SPSS Inc, 9, 13.

<sup>12</sup> Einen Überblick über verschiedene Data Analytics Prozessmodelle sowie weiterführende Informationen zum Management Künstlicher Intelligenz finden sich in: Brenner, W., van Giffen, B., Koehler, J., Fahse, T., & Sagodi, A. (2021). Bausteine eines Managements Künstlicher Intelligenz: Eine Standortbestimmung. Springer Fachmedien Wiesbaden.

Produktionsauftrags, wodurch wichtige Hintergrundinformationen für das weitere Projekt gesammelt werden konnten. Besonders entscheidend war die Klärung des Prognosehorizonts: Wie weit in die Zukunft muss der erwartete Absatz prognostiziert werden, damit die Prognose für die Bäckereien wertstiftend ist? Als Ergebnis wurde ein Horizont von einem Tag gewählt, da so den bestehenden Produktionszyklen der Bäckereien optimal Rechnung getragen wird. Zusätzlich wurde festgelegt, dass sich dieses Projekt auf die Prognose von Backwaren fokussiert, da diese verderblich und somit im Kontext von Foodwaste von besonderer Bedeutung sind. Kaffeeprodukte als Gegenbeispiel sind keine verderbliche Ware, weshalb uns deren Prognose sowohl aus unternehmerischer Sicht als auch im Kontext von Foodwaste wenig sinnvoll erschien. Im Rahmen der Lehrveranstaltung konnten aus Kapazitätsgründen nicht für alle im Sortiment der beiden Bäckereien befindlichen Produkte Prognosen erstellt werden. Bei der Bäckerei Mohn wurden die «Mohn 11» und drei weitere Produkte ausgewählt. Die «Mohn 11» werden im Verkauf besonders forciert. Bei der Bäckerei Lichtensteiger wurden besonders verkaufsstarke Produkte ausgewählt.

In der anschließenden Phase des «Data Understanding» wurden erste Analysen erstellt, um potentielle Zusammenhänge zu erkennen. Auf diese Weise konnten einflussreiche Variablen für die später erstellten Prognosemodelle ermittelt werden, wie beispielsweise die Variablen «Wochentag» oder «Feiertag».

Die Daten, die von den beiden Bäckereien zur Verfügung gestellt wurden, konnten nicht unmittelbar für die Prognoseerstellung verwendet werden. In Sinne des Schritts «Data Preparation» wurden die Daten vorbereitet. So wurden die Kassendaten, die jede beinhalten, auf den jeweiligen Tag und die verschiedenen Produkte aggregiert. Dies war nötig, da es sich auch um eine Tagesprognose handeln sollte. Anschliessend wurden die Daten gefiltert, da nicht alle Produkte für die Prognose im Fokus stehen sollten. Weiterhin mussten alle Daten ab März 2020 entfernt werden, da die Auswirkungen der Covid-19-Pandemie einen solch gravierenden Einfluss auf das Bäckereigeschäft hatten, dass diese Daten die Prognose stark verzerrt hätten. Um noch weitere Informationen heranzuziehen, wurden zusätzlich externe Datenquellen eingebunden. Hierbei spielte der Zeitstempel der Transaktionen eine zentrale Rolle, auf dessen Basis Wetterdaten (Niederschlag, Globalstrahlung und Lufttemperatur), Wochentage, Feiertage, Schulferien und besondere Ereignisse (z.B. Fasnacht) hinzugefügt werden konnten. Zusätzlich wurden Lag-Variablen (Lags: 1 Tag, 2 Tage, 7 Tage) und der durchschnittliche Absatz der Vorwoche abgeleitet und in das Modell aufgenommen.

Mit dem vorbereiteten Datensatz wurden die Prognoserechnungen durchgeführt. Es wurden keine Umsatzprognosen erstellt, sondern Prognosen in Stück erstellt, da das primäre Ziel der Lehrveranstaltung die Optimierung des Backprogramms und nicht die Optimierung des Deckungsbeitrages war.

### **Eingesetzte Methoden der Statistik und der Künstlichen Intelligenz**

Für die Prognosen wurden verschiedenen Methoden der Statistik und der Künstlichen Intelligenz verwendet:

- Multiple Lineare Regression
- Random Forest und Gradient Boosting
- Neuronales Netz

Die verschiedenen Verfahren der Statistik und Künstlichen Intelligenz wurden im Zuge des Schritts «Modeling» konkurrierend eingesetzt. Ziel war es, die Methode zu identifizieren, die die besten Ergebnisse liefert. Hierzu wurden die verfügbaren Daten in 75% Trainings- und 25% Testdaten aufgeteilt.

### **Ergebnisse**

Das konkrete Ziel, das den Studierenden gesetzt wurde, war die Vorhersage der Verkäufe in Stück für den folgenden Tag auf Basis der Vergangenheitsdaten für ausgewählte Produkte. Abbildung 3 zeigt die

Ergebnisse der Prognosen für «Maisgipfeli» in einer Filiale der beiden Bäckereien, die mit den unterschiedlichen Methoden erzielt wurde. Es werden die durchschnittlichen absoluten Abweichungen in Prozent und in Stück pro Tag angegeben.

	Lineare Regression	Random Forest	Neuronale Netze	Gradient Boosting
Abweichung in %	13.33	13.67	14.29	14.03
Abweichung in Stück	10.58	10.85	11.34	11.13

Abbildung 3: Ergebnisse der Prognosen für «Maisgipfeli» in einer ausgewählten Filiale

Die Ergebnisse sind angesichts des Vorwissens und der kurzen Bearbeitungszeit von ca. 3 Monaten erstaunlich. Alle eingesetzten Methoden erlauben es, im Falle des Produkts «Maisgipfeli», mit einer Abweichung von ca. 13.8% und ca. 11 Stück den Absatz für den nächsten Tag vorherzusagen. Wenn davon ausgegangen wird, dass in den Bäckereifilialen ein Präsentationsbestand von mehreren Stück bis zum Ende des Tages vorgehalten werden muss, kommen die Prognosen der Realität sehr nahe.

In einer weiteren Analyse im Zuge des Schritts «Evaluation» wurden die Prognosen der Filialleiterinnen und Filialleiter in einer Filiale mit den Prognosen, die mit Hilfe der Statistik und Künstlichen Intelligenz (Algorithmus: Gradient Boosting) erstellt wurden, verglichen. Ergebnis war, dass Statistik und Künstliche Intelligenz bei 10 der 14 ausgewählten Produkte bessere Prognosen als die Filialleiterinnen und Filialleiter produzierte. In einer weiteren Prognose wurden die Vorhersagen der Filialleiterinnen und Filialleiter in die algorithmische Prognose, der Linearen Regression, in Form einer Inputvariable mit einbezogen. Ergebnis war, dass bei 12 der ausgewählten Produkte das Mensch-Maschine-System bessere Prognosen als die Filialleiterinnen und Filialleiter produzierte.

Diese Ergebnisse sind für die weitere Arbeit an Prognosen für Backwaren sehr ermutigend. Die Prognosen unter Einsatz von Methoden der Statistik und Künstlichen Intelligenz übertrafen bei vielen Produkten die Prognosen der Verkaufsleiterinnen. Eine Kombination aus einer Prognose der Filialleiterinnen und Filialleiter und dem Einsatz von statistischen Verfahren und Künstlicher Intelligenz lieferte die besten Ergebnisse.

Die ökonomischen Auswirkungen der algorithmischen Prognose können ebenfalls abgeschätzt werden. Für die 10 Fokus-Produkte, bei denen die algorithmischen Prognosen genauer als die menschlichen Prognosen sind, ergibt sich in der Fokus-Filiale aus den genaueren Prognosen des Algorithmus ein jährliches Sparpotential von ungefähr 2'500 CHF. Dies entspricht etwa 1% des Jahresumsatzes dieser Filiale mit den 10 betrachteten Produkten, für die der Algorithmus Gradient Boosting die menschliche Prognose im nach der Anzahl verkaufter Einheiten gewichteten Durchschnitt um circa 20% übertrifft. Für die Berechnungen wurde eine Marge von 70% zu Grunde gelegt<sup>13</sup> und die menschliche Prognose nicht als Inputvariable verwendet. Nicht in die Berechnung eingeflossen sind nicht realisierte Verkäufe, die durch eine zu geringe menschliche Prognose entsteht. Hier könnte es bei einem realen Einsatz des Modells noch weitere positive ökonomische Effekte geben. Die Zeitersparnis für die menschlichen Entscheidungsträger bei Verwendung des Modells ist ebenfalls nicht berücksichtigt. Insgesamt könnte es noch deutlich mehr Einsparpotential geben, da die Filiale insgesamt über 1500 verschiedene Produkte führt, von denen einige weitere verderblich und somit für eine Absatzprognose besonders interessant sind.

Besonders spannend ist, dass, entgegen der Vermutungen der Experten aus der Bäckereibranche, das Wetter keinen grossen Einfluss auf die Verkäufe der Backwaren zu haben scheint. Auf den Verkauf von

<sup>13</sup> SBC. (2019). Branchenspiegel für das Bäckerei-, Konditorei- und Confiserie-Gewerbe. Schweizerischer Bäcker-Confiseurmeister-Verband (SBC).

anderen Produkten, zum Beispiel Tee oder Kaffee, hat das Wetter jedoch teilweise einen erheblichen Einfluss.

An dieser Stelle schliesst sich der Kreislauf des CRISP-DM. Die oben beschriebenen Erkenntnisse und Evaluationen wurden im Rahmen eines Projektabschlusses den Auftraggebern, den beiden Bäckereien, präsentiert. In diesem Vorgang spiegelt sich der iterative Charakter von CRISP-DM wider: In einem weiteren «Business Understanding» könnte abgewogen werden, bei welchen Produkten und in welchem Rahmen eine Implementierung des Algorithmus sinnvoll und wertstiftend sein könnte. Ebenfalls könnte das Modell in den weiteren Schritten weiter optimiert werden. Nicht zum Umfang dieser Veranstaltung gehörte das «Deployment», also die konkrete Implementierung in den Betrieben.

### **Defizite und Relativierung**

Die beschriebenen Ergebnisse sind im Rahmen einer Lehrveranstaltung zustande gekommen. Sie dürfen nicht ungeprüft verallgemeinert werden. Um die realen Effekte auf die Vermeidung von Foodwaste und die wirtschaftlichen Ergebnisse der beiden Bäckereien abschätzen zu können, sind weitere Analysen und Auswertungen notwendig. So könnte die Einbindung in die reale IT-Landschaft der Bäckereien genauere Erkenntnisse darüber liefern, welchen Effekt eine algorithmische Prognose des Absatzes in der Realität auf die Kosten und Prozesse des Unternehmens hat. Hierbei wäre vor allem der Effekt auf entgangene Verkäufe höchst interessant. Mit der aktuellen Datenbasis können nur vermeidbare Retouren quantifiziert werden. In wie vielen Fällen aufgrund der menschlichen Prognose zu wenig produziert wurde, sodass potentielle Verkäufe nicht realisiert werden konnten, ist mit den zur Verfügung stehenden Daten nicht beantwortbar. Diese Frage könnte mit einem realen «Deployment» beantwortet werden, wofür eine Schnittstelle zur Kassensoftware und ein Interface, über das die Filialleiterinnen und Filialleiter die algorithmischen Prognosen für den nächsten Tag abrufen können, nötig wären. In diesem Kontext müsste auch darüber nachgedacht werden, ob Devices wie Tablets benötigt werden, um den Informationsübergang effizient zu gestalten. Weiterhin könnte eine Ausbildung für die Filialleiterinnen und Filialleiter sinnvoll sein, damit das Prognosemodell richtig eingesetzt wird. Hierbei ist entscheidend, ob das Modell als Empfehlungssystem (die Menschen können die Prognose abändern) oder als Entscheidungssystem (die menschliche Prognose ist eine Inputvariable für das Modell) implementiert werden soll. Weitere Tests können dabei helfen, die Interaktion zwischen dem Menschen und dem Algorithmus optimal zu gestalten und zwischen einem Entscheidungssystem und einem Empfehlungssystem zu entscheiden.

Zudem braucht es mehr Daten und ein besseres Verständnis der Bäckereibranche, um die Prognoseergebnisse weiter zu verbessern. Die Menge der Daten könnte einerseits durch einen längeren Erhebungszeitraum, oder andererseits durch eine grössere Anzahl an Features erhöht werden. Für einige Produkte gibt es eine zu geringe Menge an Trainingsdaten, um besondere Ereignisse, wie Schulferien oder Feiertage berücksichtigen zu können. Für diese Produkte wäre ein längerer Erhebungszeitraum hilfreich. Weitere Features, zum Beispiel die Information, ob ein Produkt besonders beworben wurde, könnten ebenfalls nützlich sein. Durch ein besseres Verständnis der Bäckereibranche könnten beispielsweise sich zueinander substitutiv oder komplementär verhaltende Produkte entdeckt werden. Das Berücksichtigen dieser Effekte im Modell könnte die Prognosequalität weiter verbessern.

Insgesamt hat sich gezeigt, dass Künstliche Intelligenz einen Beitrag zur Verringerung von Foodwaste leisten kann. Erste Abschätzungen mit realen Daten legen auch einen positiven ökonomischen Nutzen nahe. Insgesamt konnte gezeigt werden, dass durch den Einsatz Künstlicher Intelligenz sowohl ökologischer als auch ökonomischer Nutzen erzeugt werden kann. Der wertstiftende Einsatz in der Realität wirft jedoch noch einige offene Fragen auf. Diese zu beantworten ist Gegenstand unserer zukünftigen Forschung.