

---

# Intelligente Regalsysteme im Lebensmitteleinzelhandel

Bachelorarbeit

*Bachelor of Science* im Studiengang Wirtschaftsinformatik  
an der Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften  
der Technischen Hochschule Köln

vorgelegt von: Marcel Kramer  
Matrikel-Nr.: 11118212  
Adresse: Eupener Straße 160  
50933 Köln  
Makra0195@gmail.com

eingereicht bei: Prof. Dr. Holger Günther  
Zweitgutachter/in: Prof. Dr. Frank Victor

Köln, 15.01.2024

## Erklärung

Ich versichere, die von mir vorgelegte Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Arbeiten anderer oder der Verfasserin/des Verfassers selbst entnommen sind, habe ich als entnommen kenntlich gemacht. Sämtliche Quellen und Hilfsmittel, die ich für die Arbeit benutzt habe, sind angegeben. Die Arbeit hat mit gleichem Inhalt bzw. in wesentlichen Teilen noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Anmerkung: In einigen Studiengängen steht die Erklärung am Ende des Textes.

Köln, 15.01.2024



---

Ort, Datum

---

Rechtsverbindliche Unterschrift

## Kurzfassung/Abstract

Diese Arbeit untersucht die Transformation des Point of Sale im Lebensmitteleinzelhandel durch die Implementierung intelligenter Regalsysteme. Angesichts der zunehmenden Digitalisierung im Einzelhandel konzentriert sich die Untersuchung auf die technische Implementierung sowie die ökonomische und ökologische Bewertung dieser innovativen Systeme.

Die Forschung wurde durch eine Kombination aus Literaturrecherche, Experteninterviews und Feldforschung durchgeführt. Die Literaturrecherche diente dazu, ein fundiertes Verständnis der technischen Grundlagen und Architekturen intelligenter Regalsysteme zu erlangen, während die Experteninterviews tiefe Einblicke in deren praktische Anwendung und ökonomische Implikationen lieferten. Die Feldforschung, fokussiert auf Supermärkte in der Region Köln, validierte die theoretischen Erkenntnisse und bot praktische Perspektiven auf die Nutzung dieser Technologie.

Die Ergebnisse zeigen, dass intelligente Regalsysteme signifikante ökonomische Vorteile bieten, indem sie die Effizienz und Kundenerfahrung verbessern. Allerdings bestehen Herausforderungen bei der Integration in bestehende IT-Infrastrukturen sowie in Bezug auf Datenschutz und Sicherheit. Die ökologische Nachhaltigkeit dieser Systeme wurde kritisch hinterfragt, wobei die Expertenmeinungen variieren.

Die Arbeit prognostiziert, dass intelligente Regalsysteme in den nächsten 5-10 Jahren weiterentwickeln und durch Innovationen wie KI, NLP und Blockchain-Technologie erweitert werden. Diese Entwicklungen prägen den Lebensmitteleinzelhandel und bieten ökonomische Vorteile. Die Vorteile für Nachhaltigkeit lassen sich nach einigen Experten hinterfragen.

Diese Studie leistet einen wichtigen Beitrag zur aktuellen Forschung im Bereich der Wirtschaftsinformatik und bietet praktische Einblicke für Akteure im Lebensmitteleinzelhandel. Sie hebt die Bedeutung einer strategischen Herangehensweise bei der Implementierung dieser Technologien hervor und betont die Notwendigkeit, die Balance zwischen technologischen Innovationen und menschlichen Aspekten des Einkaufserlebnisses zu finden. Die Untersuchung lässt einen Trend hinsichtlich der Entwicklung und Verbreitung intelligenter Regalsysteme erkennen.

### **Abstract**

This thesis examines the transformation of the point of sale in food retailing through the implementation of intelligent shelving systems. In view of the increasing digitalization in retail, the study focuses on the technical implementation as well as the economic and ecological evaluation of these innovative systems.

The research was conducted through a combination of literature review, expert interviews and field research. The literature review was used to gain a sound understanding of the technical principles and architectures of intelligent shelving systems, while the

expert interviews provided deep insights into their practical application and economic implications. The field research, focused on supermarkets in the Cologne region, validated the theoretical findings and offered practical perspectives on the use of this technology.

The results show that intelligent shelving systems offer significant economic benefits by improving efficiency and customer experience. However, there are challenges in terms of integration into existing IT infrastructures as well as data protection and security. The environmental sustainability of these systems has been critically scrutinized, with expert opinions varying.

The paper predicts that intelligent shelving systems will continue to develop over the next 5-10 years and will be enhanced by innovations such as AI, NLP and blockchain technology. These developments are shaping the food retail industry and offer economic benefits. The benefits for sustainability can be questioned according to some experts.

This study makes an important contribution to current research in the field of business informatics and offers practical insights for players in the food retail sector. It highlights the importance of a strategic approach to the implementation of these technologies and emphasizes the need to find the balance between technological innovation and human aspects of the shopping experience. The study reveals a trend in the development and spread of intelligent shelving systems.

# Inhalt

<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Einführung .....	1
1.2 Hintergrund .....	1
1.3 Forschungsfragen.....	2
1.4 Forschungsziele und Methodik .....	3
1.5 Struktur der Arbeit .....	4
<b>2 Grundlagen und Methodik.....</b>	<b>5</b>
2.1 Grundlagen .....	5
2.1.1 Geschichte & Definitionserklärung von KI .....	5
2.1.2 Erklärung des Begriffs Point of Sale.....	20
2.1.3 Definition und Funktionsweise von intelligenten Regalsystemen .....	21
2.2 Methodik .....	26
2.2.1 Literaturrecherche.....	26
2.2.2 Experteninterviews.....	27
2.2.3 Feldforschung .....	29
<b>3 Einsatz von intelligenten Regalsystemen im Point of Sale.....</b>	<b>31</b>
3.1 Anwendungsbereich von intelligenten Regalsystemen .....	31
3.1.1 Bestandsmanagement .....	31
3.1.2 Kundenerfahrung .....	32
3.1.3 Vertrieb.....	33
3.1.4 Diebstahlschutz.....	34
3.1.5 Compliance und Qualitätssicherung.....	35
3.2 Integration und Anpassung im Point of Sale.....	36
3.2.1 Anforderungen an die IT-Infrastruktur .....	36
3.2.2 Anpassung von Geschäftsprozessen und Betriebsabläufen .....	39
3.3 Nachhaltigkeitsaspekte und Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks.....	42
3.3.1 Beitrag zur Reduzierung von Lebensmittelverschwendung.....	42
3.3.2 Energieeffizienz und ressourcenschonende Anwendungen .....	43
3.4 Kundenperspektive und Einkaufsverhalten .....	45
3.4.1 Menschliche Interaktion vs. Technologieeinsatz im Einzelhandel: Auswirkungen auf das Verbraucherverhalten .....	45
3.4.2 Wahrnehmung und Akzeptanz von intelligenten Regalsystemen durch Kunden.....	47
3.4.3 Einfluss auf das Einkaufsverhalten und Kundenzufriedenheit.....	48
<b>4 Potenziale, Herausforderungen und Perspektiven .....</b>	<b>49</b>
4.1 Aktuelle Herausforderungen .....	49

4.1.1 Mangel an Digitalisierung in Läden .....	49
4.1.2 Price-to-Performance.....	49
4.1.3 Wartung.....	50
4.1.4 Abwägung von Kosten und Nutzen .....	51
4.1.5 Sicherheitsbedenken und Datenschutz .....	51
4.2 Aktuelle Trends und Forschungsansätze in der Technologie .....	52
4.3 Prognose für die nächsten 5-10 Jahre.....	55
4.4 Weiterführender Forschungsbedarf .....	58
<b>5 Fazit und Limitation .....</b>	<b>59</b>
5.1 Limitation der Arbeit.....	59
5.2 Fazit .....	59
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>64</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>68</b>
Anhang A: Interview Larissa Rabinovych.....	68
Anhang B: Interview Timucin Acar .....	71
Anhang C: Interview Aad van de Spui.....	73
Anhang D: Interview Mathis Ernst .....	75
Anhang E: Interview Umberto Bergmann.....	78
Anhang F: Interview Alexander Safaric .....	80
Anhang G: Interview Daniel Wolf .....	82
Anhang H: Interview Ralph Lippoldt .....	85
Anhang I: Beobachtungsprotokoll Luxemburgerstraße 150 .....	87
Anhang J: Beobachtungsprotokoll Zeppelinstraße 2 .....	88

## Abkürzungsverzeichnis

3D - Dreidimensional

CNN - Convolutional Neuronale Netze

CO<sub>2</sub> - Kohlendioxid

CPU - Central Processing Unit

DNN - Dense Neuronale Netze

DSGVO - Datenschutz-Grundverordnung

ESL - Electronic Shelf Label

IoT - Internet der Dinge

IT - Informationstechnologie

KI - Künstliche Intelligenz

mPOS - Mobile Point of Sale

NLP - Natural Language Processing

POS - Point of Sale

RFID - Radio-Frequency Identification

RL - Reinforcement Learning

SB - Selbstbedienung

VR - Virtual Reality

ML - machine learning

DL – Deep Learning

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Traditionelle Programme versus ML.....	8
Abbildung 2: Machine Learning Techniken (Gronwald, 2023, S. 89) .....	9
Abbildung 3: Darstellung der Lernmodelle anhand des Beispiels der Schuhgröße in Relation zur Körpergröße .....	11
Abbildung 4: Clustering durch Algorithmen (Wittpahl, 2019, S. 28) .....	12
Abbildung 5: Methoden der KI (Wittpahl, 2019, S. 22).....	13
Abbildung 6: Darstellung der Skalierbarkeit von Deep Learning bei steigender Datenmenge (Aggarwal, 2018, S. 3).....	15
Abbildung 7: Vereinfachte Darstellung eines Künstlichen Neuronalen Netzes (KNN) (Wittpahl, 2019, S. 30).....	16
Abbildung 8: Kundendurchlauf eines Just-Walk-out-Stores (Gläß, Künstliche Intelligenz im Handel 2 - Anwendung, 2018, S. 18) .....	23
Abbildung 9: Komponenten einer integrierten Plattform im Handel (Heinemann, H. , Täuber, & Accenture GmbH, 2019, S. 331) .....	38

# 1 Einleitung

In der Einleitung wird das zentrale Thema dieser Bachelorarbeit vorgestellt, seine Relevanz und Aktualität hervorgehoben. Folgend werden die Forschungsfragen und das Forschungsziel vorgebracht. Abschließend wird die Methodik und die Struktur dieser Arbeit beleuchtet.

## 1.1 Einführung

Die Digitalisierung prägt nachhaltig globale Geschäftsumgebungen, wodurch traditionelle Geschäftsmodelle, besonders in als technologisch konservativ geltenden Branchen, beeinflusst werden. Ein Paradebeispiel hierfür ist der Lebensmitteleinzelhandel. Trotz seiner scheinbaren Zurückhaltung gegenüber technologischen Neuerungen steht dieser Sektor an der Schwelle bedeutender Transformationen, getrieben durch das Streben nach Effizienz, Kundenbindung und Nachhaltigkeit.

In diesem Kontext sind intelligente Regalsysteme eine der vielversprechendsten Innovationen. Sie versprechen nicht nur die Optimierung von Lager- und Warenmanagement, sondern auch die Erhöhung der Kundenzufriedenheit und die Unterstützung nachhaltiger Geschäftspraktiken. Doch wie genau wird dieser Mehrwert erzeugt? Und welche Herausforderungen und Chancen sind mit der Implementierung solcher Systeme verbunden?

In dieser Bachelorarbeit wird der Fokus auf die Rolle intelligenter Regalsysteme im Lebensmitteleinzelhandel gelegt, insbesondere im Hinblick auf ihre technologische Implementierung, den daraus resultierenden ökonomischen Nutzen und ihre Bedeutung für eine nachhaltige Geschäftspraxis. Die Arbeit baut auf einer detaillierten Untersuchung der aktuellen Technologielandschaft auf und untersucht die Schnittstelle zwischen Betriebswirtschaft und Informationstechnologie im Kontext des modernen Lebensmitteleinzelhandels.

Ziel ist es, einen umfassenden Überblick über die aktuellen und zukünftigen Potenziale intelligenter Regalsysteme zu bieten und gleichzeitig die wirtschaftlichen und ökologischen Herausforderungen und Chancen zu beleuchten, die sich aus ihrer Einführung und Nutzung ergeben. Es soll ein Beitrag zur aktuellen Forschungsdebatte im Bereich der Wirtschaftsinformatik geleistet und gleichzeitig praktische Erkenntnisse für Akteure im Lebensmitteleinzelhandel geliefert werden.

## 1.2 Hintergrund

In den letzten Jahrzehnten hat die Digitalisierung sämtliche Wirtschaftsbereiche revolutioniert und zu signifikanten Veränderungen in Geschäftsmodellen, Betriebsabläufen und Kundeninteraktionen geführt. Besonders der Lebensmitteleinzelhandel gilt im Point of Sale als weniger technologiegetrieben. Die Händler stehen vor der Herausforderung, sich an die veränderten Marktbedingungen und Kundenanforderungen anzupassen.

Intelligente Regalsysteme repräsentieren einen der innovativen Ansätze, mit denen der Lebensmitteleinzelhandel versucht, diese Herausforderungen zu meistern. Diese Systeme, die auf neuesten Technologien wie Internet of Things (IoT), künstlicher Intelligenz und Big Data basieren, zielen darauf ab, die Effizienz im Warenmanagement zu steigern, das Einkaufserlebnis der Kunden zu verbessern und gleichzeitig Nachhaltigkeitsziele zu unterstützen.

Der Hintergrund dieser Bachelorarbeit fokussiert sich auf die Schnittstelle von Betriebswirtschaft und Informationstechnologie im Kontext des Lebensmitteleinzelhandels. Hierbei stehen insbesondere die Fragen im Vordergrund, wie moderne IT-Systeme, wie die intelligenten Regalsysteme, in den operativen Betrieb integriert werden können, welchen Mehrwert sie gegenüber traditionellen Systemen bieten und welche Herausforderungen bei ihrer Implementierung auftreten. Dabei soll ein Verständnis für die Bedingungen und die Herausforderungen geschaffen werden, die so eine Implementierung darstellt.

Es ist essenziell zu verstehen, dass der Lebensmitteleinzelhandel nicht nur wirtschaftlichen Interessen nachgeht, sondern auch eine soziale und ökologische Verantwortung trägt. Daher ist die Frage nach der Nachhaltigkeit und dem ökologischen Fußabdruck von zentraler Bedeutung. Da der Retail ein Teil der Wertschöpfungskette ist und sowohl Bestellungen an Herstellern aufgibt als auch Ware an den Endkunden verkauft, könnten intelligente Regalsysteme an dieser Stelle eingesetzt werden. Intelligente Regalsysteme könnten hier einen Beitrag leisten, indem sie beispielsweise helfen, Lebensmittelverschwendung zu reduzieren oder den Energieverbrauch zu optimieren, da während der Herstellung über die Zwischenhändler und Logistik bis zum Endkonsumenten CO<sub>2</sub> entsteht.

Vor diesem Hintergrund soll diese Bachelorarbeit einen tiefgreifenden Einblick in die Funktionsweise, Vorteile und Herausforderungen von intelligenten Regalsystemen im Lebensmitteleinzelhandel bieten und dabei die Schnittstelle von Wirtschaft und Technologie beleuchten.

### 1.3 Forschungsfragen

Intelligente Regalsysteme versprechen sowohl ökonomisches als auch ökologisches Potenzial. Vor diesem Hintergrund konzentriert sich diese Arbeit auf die detaillierte Untersuchung der technischen Implementierung sowie der ökonomischen und ökologischen Bewertung solcher Systeme.

Die erste zentrale Frage betrifft die technologische Dimension: Wie funktionieren aktuelle intelligente Regalsysteme im Lebensmitteleinzelhandel und wie integrieren sie sich nahtlos in bestehende IT-Infrastrukturen? Diese Frage zielt darauf ab, ein fundiertes Verständnis der technischen Grundlagen und Architekturen solcher Systeme zu erlangen und gleichzeitig die Kompatibilität und Integration mit der bestehenden technologischen Landschaft sowie die Hardwarekomponenten im Einzelhandel zu untersuchen.

Zweitens, angesichts der beträchtlichen Investitionen, die mit der Implementierung dieser Systeme verbunden sind, ist es unerlässlich zu bewerten, welchen konkreten ökonomischen Mehrwert sie im Vergleich zu traditionellen Regalsystemen bieten. Gleichzeitig eröffnet die Digitalisierung Möglichkeiten zur Verringerung des ökologischen Fußabdrucks, weshalb auch die Frage gestellt wird, wie intelligente Regalsysteme dazu beitragen können.

Abschließend, in einem sich ständig weiterentwickelnden technologischen Umfeld, ist es von entscheidender Bedeutung, vorausschauend zu denken. Daher wird auch die Frage untersucht, wie sich diese Systeme in den nächsten 5-10 Jahren entwickeln könnten und welche innovativen Technologien möglicherweise in den Vordergrund treten werden.

Diese Forschungsfragen bilden das Fundament dieser Bachelorarbeit.

#### 1.4 Forschungsziele und Methodik

Das primäre Ziel dieser Bachelorarbeit ist die systematische Analyse des ökonomischen Mehrwerts intelligenter Regalsysteme, mit besonderem Fokus auf deren Vergleich zu traditionellen Regalsystemen im Lebensmitteleinzelhandel. Ein weiteres zentrales Untersuchungsziel betrifft die Evaluierung der Potenziale dieser Systeme hinsichtlich der Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks von Supermärkten. Es wird untersucht, wie intelligente Regalsysteme simultan ökologische und ökonomische Vorteile generieren können. Angesichts der schnellen technologischen Entwicklungen in der Informations- und Kommunikationstechnologie werden zudem die zu erwartenden Entwicklungen für intelligente Regalsysteme im Zeitraum der nächsten 5 bis 10 Jahre sowie die dabei prägenden Technologien eruiert. Diese Arbeit soll einen fundierten Beitrag zur aktuellen Forschung im Bereich der Wirtschaftsinformatik im Kontext des Lebensmitteleinzelhandels leisten.

Für die Untersuchung der genannten Aspekte stützt sich diese Arbeit auf eine Kombination aus sorgfältiger Literaturrecherche, strukturierten Experteninterviews und gezielter Feldforschung. Die Literaturrecherche dient als Grundlage, um das bestehende Wissen über die technische Implementierung, ökonomische und ökologische Auswirkungen intelligenter Regalsysteme zu erfassen. Die Experteninterviews ermöglichen eine tiefere Einsicht in die praktische Anwendung und die damit verbundenen Herausforderungen dieser Systeme im Lebensmitteleinzelhandel, mit einem besonderen Schwerpunkt auf ökonomischem Mehrwert und Nachhaltigkeit. Die Feldforschung ergänzt die Literatur- und Interviewergebnisse durch konkrete Beobachtungen über den Einsatz dieser Systeme in Supermärkten. Diese methodische Triangulation gewährleistet eine umfassende und fundierte Untersuchung des gewählten Themas. Angesichts der ständigen Weiterentwicklung im Lebensmitteleinzelhandel und in der Technologie ist es essenziell, aktuelle und relevante Informationen zu verwenden. Jede Quelle und Information wird daher kritisch geprüft. Besonders bei den Experteninterviews ist zu beachten, dass Meinungen und Erkenntnisse durch persönliche Erfahrungen der Interviewten beeinflusst sein können. Daher ist es wichtig, die Ergebnisse aus den Interviews kritisch zu betrachten und

mit den Erkenntnissen aus der Literaturrecherche und der Feldforschung abzugleichen, um eine ausgewogene und objektive Analyse sicherzustellen.

## 1.5 Struktur der Arbeit

Diese Bachelorarbeit ist in verschiedene thematische Kapitel unterteilt, die sich intensiv mit dem Einsatz intelligenter Regalsysteme im Point of Sale des Lebensmitteleinzelhandels auseinandersetzen.

Das zweite Kapitel legt den Fokus auf die fundamentalen Grundlagen und die angewandte Methodik. Hier wird zunächst der Terminus KI präzise definiert und grundlegend untersucht. Im Anschluss daran wird eine tiefgehende Analyse der KI-Technologien vorgenommen, die für die Implementierung intelligenter Regalsysteme essenziell sind. Weiterführend wird der Begriff „Point of Sale“ im Kontext des Lebensmitteleinzelhandels erörtert, wobei besonderes Augenmerk auf das Regalmanagement gelegt wird. Abschließend in diesem Kapitel wird der Begriff der intelligenten Regalsysteme sowohl in seiner Definition als auch in seinen technologischen Komponenten vertieft. Nach Klärung dieser Grundlagen wird die in dieser Arbeit verwendete Methodik präsentiert und begründet.

Das dritte Kapitel widmet sich dem praktischen Einsatz von intelligenten Regalsystemen im Point of Sale. Hierbei werden zunächst die relevanten Anwendungsbereiche innerhalb der Branche beleuchtet. Darauf aufbauend erfolgt eine Betrachtung der Integration und Adaptierung dieser Systeme im Point of Sale. Dabei werden insbesondere die Anforderungen an die IT-Infrastruktur und notwendige Anpassungen in Geschäftsprozessen thematisiert. Ein weiterer Abschnitt dieses Kapitels analysiert den ökonomischen Nutzen dieser Technologie. Dabei stehen insbesondere Aspekte wie Kosten-Nutzen-Relationen, mögliche Umsatzsteigerungen und Kundenbindung im Fokus. Im Kontext der Nachhaltigkeit wird anschließend diskutiert, inwiefern intelligente Regalsysteme zur Reduktion des ökologischen Fußabdrucks beitragen können. Abschließend wird im dritten Kapitel die Kundenperspektive und das resultierende Einkaufsverhalten analysiert.

Das vierte Kapitel richtet den Blick auf das Potenzial, die Herausforderungen und die zukünftigen Perspektiven der intelligenten Regalsysteme. Aktuelle technologische Trends und Forschungsansätze werden ebenso thematisiert wie die Prognose möglicher Entwicklungen in den kommenden 5 bis 10 Jahren.

Im abschließenden Fazit werden die zentralen Erkenntnisse der Arbeit zusammengefasst und eine Gesamtbewertung zum Einsatz intelligenter Regalsysteme im Point of Sale des Lebensmitteleinzelhandels vorgenommen. Darüber hinaus werden konkrete Handlungsempfehlungen für Entscheidungsträger im Einzelhandel abgeleitet.

## 2 Grundlagen und Methodik

In diesem Abschnitt erfolgt eine fundierte Einführung in das zentrale Thema der Arbeit. Dabei liegt der Schwerpunkt auf den wissenschaftlichen Grundlagen der Künstlichen Intelligenz sowie der zugrundeliegenden Technologie. Zusätzlich wird die Methodik, die dieser Arbeit zugrunde liegt, detailliert vorgestellt.

### 2.1 Grundlagen

Im nachfolgenden Abschnitt wird tiefgehend auf die wissenschaftlichen Grundlagen intelligenter Regalsysteme im Rahmen des POS eingegangen. Anfangs erfolgt eine präzise Definition der KI. Weiterhin wird der Terminus „Point of Sale“ im Kontext dieser fortschrittlichen Systeme umfassend erläutert. Abschließend wird die Schnittstelle zwischen KI und POS durch die Ausführungen zur Technologie der intelligenten Regalsysteme verdeutlicht.

#### 2.1.1 Geschichte & Definitionserklärung von KI

KI hat sich in den letzten Jahren als interdisziplinäres Forschungsfeld etabliert, welches in diversen Sektoren, darunter Medizin, Automobilwesen, Finanzsektor und Robotik, an Bedeutung gewonnen hat. Mit der Einführung und Popularität von KI-gesteuerten Programmen wie DALLE, ChatGPT und Midjourney ist KI vermehrt in den Vordergrund gerückt. ChatGPT zog besonders viel Aufmerksamkeit auf sich und verzeichnete innerhalb kürzester Zeit über eine Million Aufrufe.<sup>1</sup> Dies führte zu einer Welle von durch KI generierten Inhalten, die von Artikeln bis zu Videos reichten. Diese Entwicklungen entlasteten viele Arbeitsbereiche beispielsweise im Journalismus, führten aber auch zu Debatten und Bedenken bezüglich Glaubwürdigkeit von Inhalten oder drohendem Jobverlust.<sup>2 3</sup>

Der Terminus "Künstliche Intelligenz" wird im Alltag inflationär und vage verwendet, was zu Konfusionen führen kann.<sup>4</sup> Daher ist es essenziell, KI präzise zu definieren. Grundsätzlich beschreibt KI die Kapazität von Maschinen, menschliche Denk- und Handlungsprozesse nachzubilden oder zu automatisieren.<sup>5</sup> Es gibt verschiedene Definitionen und Ansätze in Bezug auf KI, doch alle haben eines gemein: Sie versuchen, ein autonomes System zu konzipieren, welches komplexe Herausforderungen bewältigen kann.<sup>6</sup>

Die Kompetenz, komplexe Aufgaben zu meistern, stützt sich auf eine Bandbreite von Disziplinen, einschließlich Mathematik, Linguistik, Philosophie und Neurowissenschaften. KI-Systeme, sei es durch Machine Learning, Deep Learning oder Natural Language

<sup>1</sup> (Hannemann, 2023)

<sup>2</sup> (Schreiber, 2023)

<sup>3</sup> (Wittenhorst, 2023)

<sup>4</sup> (Rainsberger, 2021, S. 1)

<sup>5</sup> (EU Parlament, 2021)

<sup>6</sup> (Wittpahl, 2019, S. 21)

Processing, sind in der Lage, Entscheidungen zu treffen, Sprachen zu interpretieren, autonom zu lernen und sich an dynamische Umgebungen anzupassen.<sup>7</sup>

KI-Definitionen können variieren, je nachdem, ob der Schwerpunkt auf der Nachahmung menschlicher Intelligenz oder der Automatisierung von Tätigkeiten liegt. Unabhängig davon bleibt KI ein interdisziplinärer Bereich, der Maschinen befähigt, durch Datenanalyse, Lernen und Anpassung komplexe Fragestellungen zu bearbeiten.<sup>8</sup> Diese Arbeit stützt sich auf die KI-Definition von Wittpahl und ergänzt weitere technologische Aspekte durch die Arbeit von Russel & Norvig.

KI hat eine zentrale Rolle im POS eingenommen, insbesondere bei der Einführung und Implementierung von intelligenten Regalsystemen. Diese Systeme, oft als "Smart Shelves" bezeichnet, nutzen fortschrittliche KI-Technologien mit verschiedenen Anwendungen innerhalb des Systems. Dabei sollte vor allem auch ein Blick auf die Historie von KI geworfen werden. In den Anfangsphasen der KI lag der Schwerpunkt vorwiegend auf Spielen sowie auf mathematischen Systemen zur Repräsentation von Wissen und Entscheidungsfindung. Mit dem Aufkommen des maschinellen Lernens (ML) gegen Ende des 20. Jahrhunderts und insbesondere durch die jüngsten Fortschritte im Bereich des tiefen Lernens (DL) hat das Interesse an KI signifikant zugenommen.<sup>9</sup>

Die ursprünglichen KI-Methoden basierten auf den Grundprinzipien der mathematischen Logik. Innerhalb der Aussagenlogik werden einfache logische Operatoren wie UND, ODER und NICHT verwendet, um Aussagen einen bestimmten Wahrheitswert (WAHR oder FALSCH) zuzuweisen. Die Prädikatenlogik hingegen ermöglicht die Formulierung von Argumenten und deren Überprüfung auf Wahrheitsgehalt. Frühe KI-Systeme nutzten diese logischen Repräsentationssysteme, um einfache Schlussfolgerungen zu ziehen. Ein Beispiel hierfür wäre die Kombination der Aussagen "Die erste KI-Konferenz wurde 1956 am Dartmouth College abgehalten" und "Claude Shannon nahm an der ersten KI-Konferenz teil", woraus die Schlussfolgerung "Claude Shannon war 1956 am Dartmouth College" abgeleitet werden kann.

Ein prominentes Anwendungsgebiet der KI stellt seit jeher das Feld der menschlichen Spiele dar. Dieser Ansatz erscheint intuitiv, da die Leistungsfähigkeit einer KI effektiv daran gemessen werden kann, inwieweit sie menschliche Spieler herausfordern oder gar übertreffen kann. Ein entscheidender Vorteil von Spielen als Benchmark für KI liegt in ihrer charakteristischen Struktur: Sie verfügen in der Regel über ein klar definiertes Regelwerk und klar umrissene Handlungsoptionen, bieten jedoch eine Vielzahl von Spielverläufen und Strategien.<sup>10</sup>

Ein Paradebeispiel hierfür ist das Schachspiel. Trotz seines vergleichsweise simplen Regelwerks bietet Schach schätzungsweise  $10^{120}$  mögliche Züge. Diese Zahlen liegen

<sup>7</sup> (Russel & Norvig, 2021, S. 19)

<sup>8</sup> (Russel & Norvig, 2021, S. 659 ff., S. 801 ff., S. 874 ff.)

<sup>9</sup> (Wittpahl, 2019, S. 22)

<sup>10</sup> (Wittpahl, 2019, S. 23)

in einer Dimension, die das menschliche Denken und seine Vorstellung übersteigt. Somit stellt dieses Problem eine Herausforderung für die Entwicklung von Algorithmen dar, die alle potenziellen Spielzüge evaluieren sollen. Die Komplexität ergibt sich aus der Tatsache, dass jede Entscheidung, also jeder Zug im Schach eine Kaskade von weiteren Entscheidungsmöglichkeiten auslöst, wobei jede nachfolgende Entscheidung auf einer veränderten Spielsituation basiert.

Diese Entscheidungsvarianten lassen sich als Entscheidungsbaum (Decision Tree) darstellen. Auch Chatbots lassen sich so darstellen.<sup>11</sup> Bei einem Decision Tree stellt jeder Knoten eine Entscheidungsmöglichkeit (einen Spielzug) dar, von dem aus sich neue Verzweigungen ergeben. Dieser Baum wächst kontinuierlich, wobei sich die möglichen Spielzüge in immer neue Verzweigungen ausdifferenzieren. Die Analyse solcher Entscheidungsbäume und die effiziente Suche innerhalb dieser verzweigten Strukturen sind zentrale Forschungsthemen in den Bereichen Mathematik und Informatik.<sup>12</sup>

### 2.1.1.1 *Machine Learning*

Im Laufe der Erforschung von KI wurden verschiedene Ansätze entwickelt. Ein zentrales Element dieser KI-Revolution ist das ML. Durch das Lernen aus historischen Daten können ML-Modelle Vorhersagen über zukünftige Bestandsanforderungen treffen, wodurch Einzelhändler in die Lage versetzt werden, Lagerkosten zu minimieren und den Bestand proaktiv zu verwalten. In Kombination mit Bilderkennung und Computer Vision können Produkte über Kameras in Echtzeit identifiziert und überwacht werden. Dies ist besonders nützlich, um sicherzustellen, dass Produkte korrekt und ansprechend präsentiert werden. Dabei kann eine Optimierung der Produktplatzierung auf Basis der Kundenverhalten und Verkaufsdaten erfolgen.

Das Kernprinzip von Machine Learning lässt sich nach Gronwald folgendermaßen formulieren: „Wie kann ein Computerprogramm, das für eine definierte Aufgabenstellung entwickelt wurde, in die Lage versetzt werden, aus vorangegangenen Erfahrungen zu lernen und diese gewonnenen Erkenntnisse nutzen, um die besagte Aufgabe in nachfolgenden Durchläufen optimierter auszuführen?“<sup>13</sup> Ein signifikanter Unterschied zu konventionellen Programmen besteht darin, dass die Entscheidungskriterien durch eine kontinuierliche Rückmeldung basierend auf dem erworbenen Wissen adaptiert werden. Gemäß Wittpahl lassen sich im Gesamtprozess der Datenverarbeitung verschiedene Komponenten identifizieren. Es ist essenziell zu betonen, dass Wittpahls Kategorisierung lediglich einen Ansatz darstellt, um die verschiedenen Prozesskomponenten zu charakterisieren, und nicht als exklusive Definition verstanden werden sollte. Konventionelle Software-Architekturen gliedern sich typischerweise in die Elemente Daten, statischer Code und Resultat. In diesem Kontext ist eine autonome Optimierung nicht

<sup>11</sup> (Rainsberger, 2021, S. 97)

<sup>12</sup> (Wittpahl, 2019, S. 23)

<sup>13</sup> (Gronwald, 2023, S. 89)

realisierbar. Sollte das Resultat durch Erfahrungswerte modifiziert werden, erfordert dies eine manuelle Anpassung des Codes.<sup>14</sup>

Im Gegensatz dazu präsentiert das ML eine differenzierte Struktur. Wittpahl unterteilt dieses Prinzip in vier zentrale Komponenten und berücksichtigt zudem eine Feedback-Schleife. Die Grundlage im maschinellen Lernen bilden ebenfalls Daten. Auf diese folgt ein Algorithmus, welcher die essenziellen Instruktionen für die Datenverarbeitung enthält. Basierend darauf wird eine Hypothese erstellt, die schließlich in ein Resultat mündet. Durch kontinuierliche Resultate erhält das System Rückmeldungen, welche den Algorithmus fortlaufend optimieren. Dies führt zu einem stetigen Lernprozess, der durch iterative Feedback-Mechanismen ermöglicht wird. Eine grafische Darstellung dieses Prinzips wird nachfolgend dargestellt.<sup>15</sup>

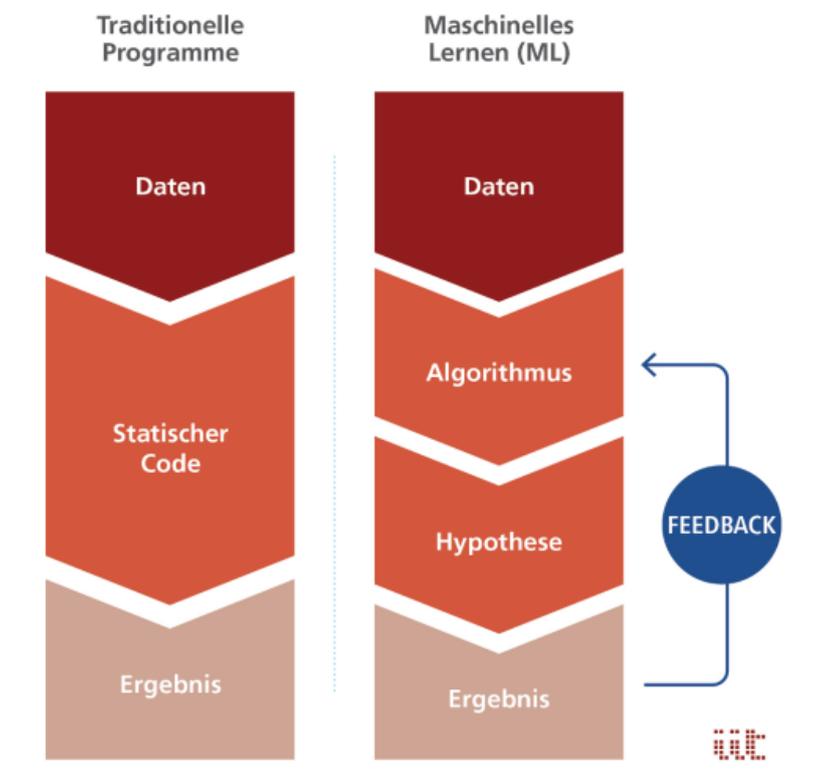


Abbildung 1: Traditionelle Programme versus ML

ML gliedert sich in drei zentrale Kategorien: überwachtes Lernen (Supervised Machine Learning), unüberwachtes Lernen (Unsupervised Machine Learning) und verstärktes Lernen (Reinforcement Machine Learning). Diese Kategorien, außer Reinforcement Machine Learning, werden in der folgenden Abbildung dargestellt. Des Weiteren wird zwischen Offline- und Online-Lernsystemen differenziert.<sup>16</sup> Bei Offline-Lernsystemen erfolgt der Lernprozess initial getrennt vom eigentlichen Anwendungskontext.<sup>17</sup> Nach

<sup>14</sup> (Wittpahl, 2019, S. 24 f.)

<sup>15</sup> (Wittpahl, 2019, S. 24 f.)

<sup>16</sup> (Russel & Norvig, 2021, S. 669 ff.)

<sup>17</sup> (Gronwald, 2023, S. 90 f.)

Abschluss dieses Lernprozesses wird das erworbene Wissen in der Anwendung eingesetzt, ohne dass weitere Modifikationen vorgenommen werden. Im Gegensatz dazu adaptieren Online-Lernsysteme ihr Verhalten kontinuierlich innerhalb des Anwendungskontexts.<sup>18</sup>

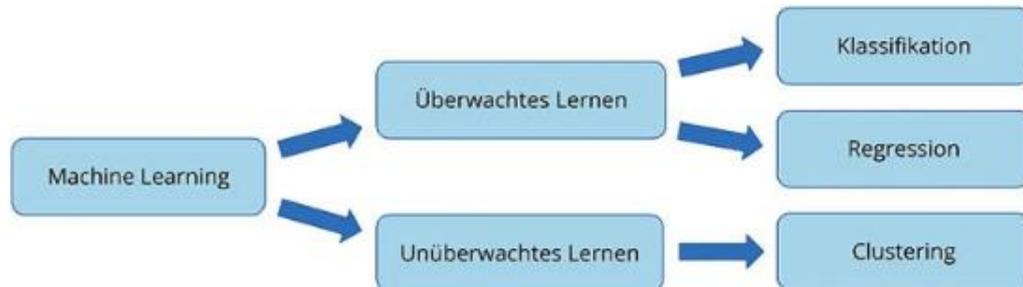


Abbildung 2: Machine Learning Techniken (Gronwald, 2023, S. 89)

Im Rahmen des überwachten Lernens werden Computerprogrammen bekannte Datenmuster vorgegeben, und sie werden darauf trainiert, eine spezifische Interpretation und die zugehörige Ausgabe zu generieren. Das primäre Ziel besteht darin, allgemeingültige Regeln zu identifizieren, die die vorgegebenen Eingabedaten mit den gewünschten Ausgabedaten korrelieren. Nach erfolgreicher Identifikation dieser Regeln können sie genutzt werden, um basierend auf neuen Eingabedaten entsprechende Ausgaben zu generieren. In diesem Kontext hat das Computerprogramm spezifisches Wissen erworben, welches zur Prognose zukünftiger, bislang unbekannter Datenmuster herangezogen werden kann.<sup>19</sup> Dies resultiert in einem autonomen Verhalten des Programms. Folgend werden die Lernmethoden der Klassifizierung und des Clusterings erläutert, da sie für intelligente Regalsysteme relevant sind, falls diese mit Machine Learning implementiert werden. Die Lernmethode der Regression kann genutzt werden, wird allerdings bewusst ausgelassen, da dies den Rahmen der Untersuchung sprengen würde.

### 2.1.1.2 Klassifizierung als überwachtes Lernmodell

Im Bereich des maschinellen Lernens stellt die Klassifikation eine Schlüsselaufgabe dar, die darauf abzielt, Objekte anhand ihrer Merkmale in definierte Klassen einzuordnen. Diese Methode findet breite Anwendung in Bereichen wie Mustererkennung, Textklassifizierung oder Bildanalyse und ist auch in der Wirtschaftsinformatik von Bedeutung, beispielsweise zur Verbesserung von Kundenbeziehungen, Erkennung von Betrug oder Optimierung von Geschäftsprozessen.<sup>20</sup> Die Basis für die Klassifikation bildet ein Datensatz, bestehend aus Instanzen, die jeweils durch einen Merkmalsvektor repräsentiert werden. Diese Merkmale können verschiedenartig sein, wie numerische, kategorische oder binäre Werte. Ein wichtiger Schritt ist die sorgfältige Auswahl und Vorbereitung

<sup>18</sup> (Wittpahl, 2019, S. 25 f.)

<sup>19</sup> (Russel & Norvig, 2021, S. 671 ff.)

<sup>20</sup> (Gronwald, 2023, S. 91 f.)

dieser Merkmale, da sie einen wesentlichen Einfluss auf die Leistung des Klassifikationsmodells haben.<sup>21</sup> Hierzu gehören Datenbereinigung, Umgang mit fehlenden Werten und Normalisierung der Merkmalskalen.<sup>22</sup> Für die Klassifikation gibt es diverse Algorithmen, wie logistische Regression,<sup>23</sup> Support-Vektor-Maschinen (SVM), Entscheidungsbäume, Random Forests und neuronale Netzwerke. Jeder dieser Algorithmen hat spezifische Stärken und Schwächen und eignet sich für unterschiedliche Datentypen und Problemstellungen. Die Wahl des passenden Modells sollte auf einer genauen Analyse der Daten und Problemstellung beruhen.<sup>24</sup> Zur Bewertung der Modelleleistung werden Metriken wie Genauigkeit, Präzision, Sensitivität und Spezifität herangezogen. Auch Konfusionsmatrizen sind ein hilfreiches Instrument, um die Leistung übersichtlich darzustellen. Die Bewertung der Modelleleistung ist entscheidend, um die Eignung des Modells für die spezifische Aufgabe zu beurteilen und Verbesserungspotenziale zu identifizieren.<sup>25</sup>

Die Überanpassung (Overfitting) ist eine zentrale Herausforderung in der Klassifikation im Bereich des maschinellen Lernens. Overfitting tritt auf, wenn ein Modell die Trainingsdaten zu genau lernt, sodass es die spezifischen Eigenheiten der Trainingsdaten statt der allgemeinen Struktur erfasst. Dies führt zu einer schlechten Generalisierung auf neue, unbekannte Daten. In der Praxis zeigt sich Overfitting durch eine niedrige Fehlerrate auf den Trainingsdaten, aber eine hohe Fehlerrate auf Validierungs- oder Testdaten.<sup>26</sup> Um Overfitting zu bekämpfen und die Robustheit des Modells zu erhöhen, können verschiedene Strategien angewendet werden. Eine gängige Methode ist die Kreuzvalidierung, bei der der Trainingsdatensatz in mehrere Untergruppen aufgeteilt und das Modell abwechselnd auf verschiedenen Teilsätzen trainiert und validiert wird. Dies ermöglicht eine realistischere Einschätzung der Modelleleistung auf unbekanntem Daten und hilft, Overfitting zu identifizieren.<sup>27</sup> Eine weitere wichtige Strategie gegen Overfitting ist die Regularisierung, die die Komplexität des Modells einschränkt, indem sie eine Strafe in die Verlustfunktion einführt. Es gibt verschiedene Formen der Regularisierung, wie L1- und L2-Regularisierung, die helfen, die Gewichte im Modell zu reduzieren und so die Komplexität zu verringern. Auch die Auswahl von Merkmalen (Features) und die Reduzierung der Modellkomplexität durch einfachere Modelle oder Beschränkung der Modellkapazität können Overfitting entgegenwirken.<sup>28</sup>

Ein sorgfältiger Umgang mit der Modellkomplexität, eine gründliche Validierung und die Anwendung von Regularisierungstechniken sind somit entscheidend, um ein Gleichgewicht zwischen Anpassung an die Trainingsdaten und Generalisierung auf neue Daten

<sup>21</sup> (Rainsberger, 2021, S. 13 ff.)

<sup>22</sup> (Wittpahl, 2019, S. 26)

<sup>23</sup> (Wittpahl, 2019, S. 27)

<sup>24</sup> (Russel & Norvig, 2021, S. 710 ff.)

<sup>25</sup> (Russel & Norvig, 2021, S. 727 ff.)

<sup>26</sup> (Russel & Norvig, 2021, S. 673)

<sup>27</sup> (Säfken, Silbersdorff, & Weisser, 2020, S. 3 ff.)

<sup>28</sup> (Säfken, Silbersdorff, & Weisser, 2020, S. 3 ff.)

zu erreichen. In der folgenden Abbildung wird die Klassifikation als Lernmodell zum besseren Verständnis veranschaulicht.

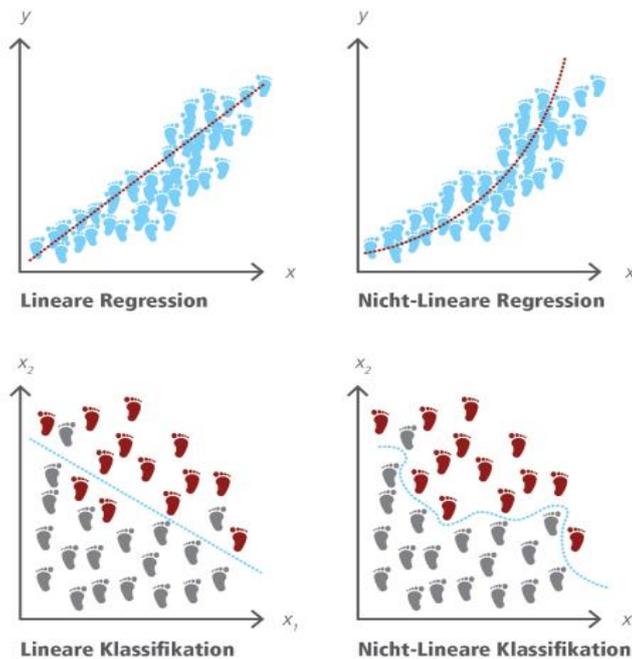


Abbildung 3: Darstellung der Lernmodelle anhand des Beispiels der Schuhgröße in Relation zur Körpergröße

### 2.1.1.3 Clustering als unüberwachtes Lernmodell

Clustering im maschinellen Lernen ist eine unüberwachte Technik, die darauf abzielt, Strukturen in Daten zu identifizieren, indem ähnliche Objekte gruppiert werden. Diese Technik ist entscheidend, um Einsichten aus Daten zu gewinnen, ohne auf vorheriges Wissen oder Aufsicht angewiesen zu sein. Clustering wird in vielen Bereichen wie Kunden-Segmentierung, Anomalie-Erkennung und Bildanalyse eingesetzt und ist ein wesentliches Werkzeug im maschinellen Lernen.<sup>29</sup> Der Kern des Clustering liegt in der Gruppierung von Datenpunkten basierend auf ihrer Ähnlichkeit, gemessen durch Distanzmetriken wie euklidische oder Manhattan-Distanz. Ziel ist es, intragruppale Ähnlichkeiten zu maximieren und intergrupale Distanzen zu minimieren. Ein prominenter Algorithmus in diesem Bereich ist der k-Means-Algorithmus, der Daten iterativ in k unterschiedliche Cluster aufteilt. Trotz seiner Einfachheit und Effizienz hat k-Means Nachteile, wie die Notwendigkeit, die Anzahl der Cluster im Voraus festzulegen und die Empfindlichkeit gegenüber der Auswahl der initialen Clusterzentren.<sup>30</sup> Neben k-Means gibt es andere Clustering-Methoden wie hierarchisches Clustering, DBSCAN und spektrales Clustering, die verschiedene Ansätze zur Gruppierung von Daten verfolgen. Diese Methoden behandeln unterschiedliche Datentypen und -strukturen, wobei die Wahl des

<sup>29</sup> (Wittpahl, 2019, S. 26 ff.)

<sup>30</sup> (Russel & Norvig, 2021, S. 705 ff.)

geeigneten Algorithmus von der spezifischen Problemstellung und den Datensatzanforderungen abhängt.<sup>31 32</sup>

Clustering-Ergebnisse können zur Identifikation von Kundenpräferenzen oder Anomalien genutzt werden, was weiterführende Untersuchungen erfordert. Die Effektivität des Clustering hängt von der Datenqualität und der richtigen Auswahl von Distanzmetriken und Algorithmen ab. Eine sorgfältige Datenvorverarbeitung, Algorithmenauswahl und Validierung der Ergebnisse sind entscheidend für zuverlässige und aussagekräftige Cluster.<sup>33 34</sup> Datenanalytiker und Maschinenlernexperten stehen beim Clustering vor Herausforderungen wie der Bestimmung der richtigen Anzahl von Clustern, der Qualität der Eingabedaten, der Wahl des geeigneten Clustering-Algorithmus, der Interpretierbarkeit der Ergebnisse, dem Umgang mit Ausreißern und der Skalierung der Features. Zudem können Rechenzeit und Speichereffizienz in größeren Datensätzen Herausforderungen darstellen.<sup>35</sup> Die Evaluation der Clustering-Ergebnisse kann ohne Ground Truth-Labels schwierig sein, und Änderungen in den Daten über die Zeit können die Relevanz der Clusterstrukturen beeinflussen.<sup>36</sup> Clustering erfordert daher eine sorgfältige Betrachtung und Anpassung für aussagekräftige Ergebnisse. Diese Lernmethode wird in der folgenden Abbildung visualisiert.

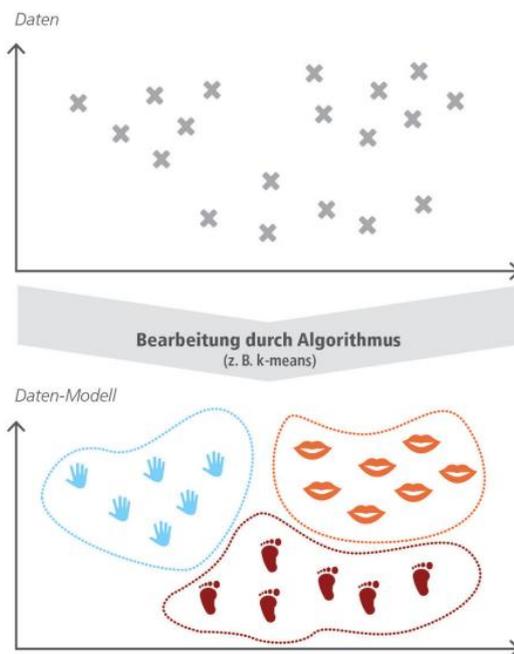


Abbildung 4: Clustering durch Algorithmen (Wittpahl, 2019, S. 28)

<sup>31</sup> (Russel & Norvig, 2021, S. 705)

<sup>32</sup> (Acar, 2023)

<sup>33</sup> (Acar, 2023)

<sup>34</sup> (Russel & Norvig, 2021, S. 452 ff.)

<sup>35</sup> (Wittpahl, 2019, S. 36 ff.)

<sup>36</sup> (Russel & Norvig, 2021, S. 671 ff.)

### 2.1.1.4 Deep Learning

Deep Learning, oft als ein Unterbereich des maschinellen Lernens betrachtet, hat in den letzten Jahren erhebliche Aufmerksamkeit in der wissenschaftlichen Gemeinschaft und der Industrie erlangt. In der folgenden Grafik wird der Bezug zu KI, Machine Learning und Deep Learning veranschaulicht.

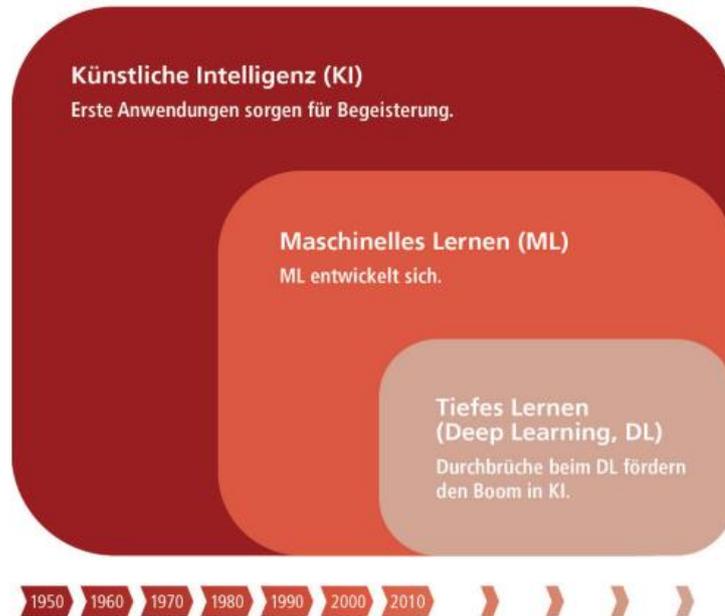


Abbildung 5: Methoden der KI (Wittpahl, 2019, S. 22)

In jüngster Zeit hat Deep Learning eine maßgebliche Transformation in den Domänen des maschinellen Lernens und der künstlichen Intelligenz herbeigeführt. Unter Ausnutzung umfangreicher Datensätze und potenzierteter Computerhardware entfaltet Deep Learning die Kapazität, komplexe Datenmuster zu decodieren, die für konventionelle maschinelle Lernalgorithmen unerreichbar bleiben.<sup>37</sup> Die Distinktion von Deep Learning liegt in seiner intrinsischen Fähigkeit, direkt aus Rohdaten zu lernen und automatisierte Merkmalsextraktion zu vollziehen, was es zu einem Instrument für eine breite Palette von Anwendungen macht.<sup>38</sup> Diese reichen von Bild- und Spracherkennung über autonome Fahrzeugsysteme bis hin zur natürlichen Sprachverarbeitung, um nur einige zu illustrieren. Die wegweisenden Erfolge von Deep Learning in diesen Sphären haben die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten innerhalb der KI-Community intensiviert und die Antizipation bezüglich der Potenziale der KI in der nahen Zukunft markant gesteigert.<sup>39</sup>

Tiefe neuronale Netze sind besonders nützlich für komplexe Bilderkennungsaufgaben, wie bspw. die Identifizierung von Produkten in einem dicht gepackten Regal.<sup>40</sup> Darüber

<sup>37</sup> (Aggarwal, 2018, S. 338 ff.)

<sup>38</sup> (Aggarwal, 2018, S. 2)

<sup>39</sup> (Rainsberger, 2021, S. 10)

<sup>40</sup> (Gronwald, 2023)

hinaus können sie beschädigte oder fehlerhafte Produkte erkennen, was für den Lebensmitteleinzelhandel von entscheidender Bedeutung ist. Dies wird durch das Lernen mit großen Datensätzen ermöglicht, die eine erhöhte Genauigkeit aufweisen. Deep Learning kann diesen Anwendungsfall über den „Computer Vision-Ansatz“ erfüllen. Das bedeutet konkret, dass Kameras in der Filiale über Videoaufnahmen die Bestandsveränderung nachverfolgen können. Das „Deep Learning-System“ im Hintergrund verarbeitet dann auf Grundlage seiner großen Datensätze, welches Produkt wann aus dem Regal genommen wurde oder wieder zurück ging.<sup>41</sup>

Während Machine Learning Muster und Daten erkennt, ist Deep Learning dagegen vom Aufbau anders entwickelt. Hier wird der ein besonderes Augenmerk auf den Algorithmus gelegt, der gezielt in mehreren Netzwerkschichten dargestellt wird und von neuronalen Netzen im menschlichen Gehirn inspiriert ist. Die Tiefe der Schichten geben diesem Ansatz seinen Namen „Deep Learning“. Diese tiefen Netzwerke sind in der Lage, komplexe Hierarchien von Merkmalen aus den Daten zu extrahieren, wobei jede Schicht in der Hierarchie Merkmale von zunehmender Abstraktion und Komplexität lernt.<sup>42</sup> Der Hauptunterschied zwischen traditionellen maschinellen Lernmethoden und Deep Learning liegt in der Art und Weise, wie Datenmerkmale verarbeitet und genutzt werden. Während traditionelle Methoden oft manuell erstellte oder handgefertigte Merkmale verwenden, sind Deep Learning-Modelle dafür bekannt, dass sie "End-to-End"-Lernansätze verfolgen. Das bedeutet, dass sie direkt von Rohdaten lernen und während des Trainingsprozesses automatisch relevante Merkmale extrahieren.<sup>43</sup> Ein weiterer entscheidender Aspekt ist die Fähigkeit von Deep Learning, mit großen Datenmengen und komplexen Datenstrukturen umzugehen. Während herkömmliche maschinelle Lernmethoden bei kleinen Datenmengen effektiv sein können, skaliert Deep Learning oft besser mit der Datenmenge und kann von sehr großen Datensätzen profitieren. Eine Veranschaulichung wird in einer folgenden Grafik dargestellt.<sup>44</sup>

<sup>41</sup> **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.**

<sup>42</sup> (Aggarwal, 2018, S. 38 ff.)

<sup>43</sup> (Gronwald, 2023, S. 89 f.)

<sup>44</sup> (Aggarwal, 2018, S. 3 f.)

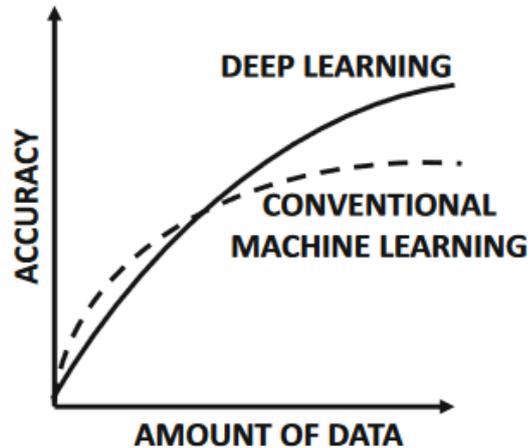


Abbildung 6: Darstellung der Skalierbarkeit von Deep Learning bei steigender Datenmenge (Aggarwal, 2018, S. 3)

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Deep Learning eine spezialisierte Methode des maschinellen Lernens darstellt, die sich durch den Einsatz tiefer neuronaler Netzwerke und die Fähigkeit zur automatischen Merkmalsextraktion auszeichnet. Es hat das Potenzial, in vielen Anwendungen herkömmliche Methoden zu übertreffen, insbesondere wenn große Mengen an Trainingsdaten verfügbar sind. Wichtig ist auf der anderen Seite die Limitierung von Deep Learning zu erwähnen. Wie man aus der vorigen Abbildung entnehmen kann, ist für Deep Learning eine große Menge an Daten nötig und ein ausgereiftes Neuronales Netzwerk aus mehreren Schichten, die eine Tiefe erreichen, um die Problemstellung zufriedenstellend zu lösen. Vor allem während des Lernprozesses mit den Daten wird ersichtlich, dass bei einer großen Datenmenge die Rechenintensivität erhöht ist und damit hardwareintensiv ist.<sup>45</sup>

Da „Deep Learning“ sich an den Aufbau von menschlichen neuronalen Netzwerken orientiert, folgt eine kleine Erläuterung, um „Deep Learning“ weiter zu veranschaulichen. Im Rahmen der Forschung im Bereich der Neurowissenschaften wurden bedeutende Fortschritte erzielt, die ein umfassendes Verständnis für die Funktionsweise biologischer Neuronen ermöglichen. Diese Erkenntnisse sind von entscheidender Bedeutung, um die Grundlagen von Deep Learning zu verstehen, da Deep Learning Systeme oft von biologisch inspirierten Konzepten und Modellen abgeleitet sind. In diesem Zusammenhang werden in der folgenden Abbildung, die grundlegenden Prozesse der Informationsverarbeitung in biologischen neuronalen Netzwerken veranschaulicht.<sup>46 47</sup>

<sup>45</sup> (Wittpahl, 2019, S. 33 f.)

<sup>46</sup> (Aggarwal, 2018, S. 1 ff.)

<sup>47</sup> (Wittpahl, 2019, S. 30)

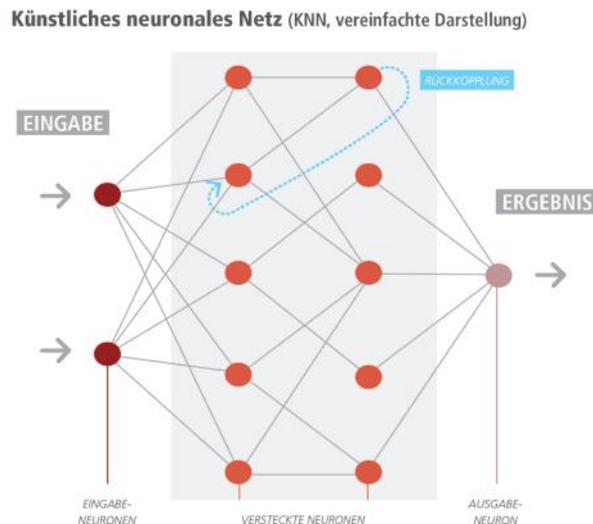


Abbildung 7: Vereinfachte Darstellung eines Künstlichen Neuronales Netzes (KNN) (Wittpahl, 2019, S. 30)

Ein einzelnes biologisches Neuron, auch als Gehirnzelle bekannt, stellt die elementare Einheit des neuronalen Systems dar. Seine Fähigkeit zur Verarbeitung und Weitergabe von Informationen bildet das Herzstück im menschlichen Gehirn. Dieser Prozess beginnt, wenn vorgeschaltete Neuronen elektrische Impulse über chemische Potenziale an die Synapsen eines nachgeschalteten Neurons übertragen. Während diese Impulse einlaufen, erfolgt im nachgeschalteten Neuron eine schrittweise Ladungsaufbau. Dieser Prozess erstreckt sich bis zu dem Punkt, an dem ein Schwellenpotenzial erreicht wird. Sobald dieses Schwellenpotenzial erreicht ist, sendet das Neuron einen eigenen Impuls entlang seines Axons aus. Das Axon kann als ein umfassendes Datenkabel betrachtet werden, das den Impuls an sein Ende weiterleitet. An diesem Punkt werden die Impulse über die Synapsen des Neurons erneut an nachgeschaltete Zellen übertragen. Dieser wiederholte Prozess der Impulsübertragung ist entscheidend für die Informationsverarbeitung in biologischen neuronalen Netzwerken.<sup>48 49</sup>

Die Struktur dieser Netzwerke kann stark variieren und reicht von einfachen Reflexbögen bis hin zu hochkomplexen, mehrschichtigen Konfigurationen. Neben der Netzwerkstruktur ist die Verschaltungsstärke oder Gewichtung eines Neurons eine wesentliche Eigenschaft.<sup>50</sup> Jedes Neuron kann individuell variierende Verschaltungsstärken aufweisen, die die Effizienz der Informationsübertragung beeinflussen.<sup>51</sup> Diese Verschaltungsstärke ist nicht starr, sondern kann sich im Laufe der Zeit dynamisch anpassen. Diese Anpassungsfähigkeit ist von entscheidender Bedeutung, da sie es dem neuronalen Netzwerk ermöglicht, sich an wechselnde Umweltbedingungen anzupassen und Lernprozesse zu unterstützen. Das Verständnis dieser grundlegenden Prozesse ist nicht nur für die Neurowissenschaften von Bedeutung, sondern hat auch in der Wirtschaftsinformatik,

<sup>48</sup> (Aggarwal, 2018, S. 1 ff.)

<sup>49</sup> (Wittpahl, 2019, S. 30 f.)

<sup>50</sup> (Gronwald, 2023, S. 93)

<sup>51</sup> (Wittpahl, 2019, S. 31 f.)

insbesondere im Kontext des maschinellen Lernens und neuronaler Netzwerke, erhebliche Relevanz.<sup>52</sup>

Der Perzeptron-Algorithmus wurde in den späten 1950er Jahren als ein hypothetisches Nervensystem konzipiert, das darauf abzielt, die Funktionsweise des menschlichen Gehirns nachzuahmen. Einige Jahre später, genauer gesagt 1969, wurde ein bedeutendes Werk mit dem Titel "Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry" veröffentlicht. In diesem Werk wurde dargelegt, dass Perzeptrons lediglich in der Lage sind, Probleme zu lösen, die linear separierbar sind. Ein klassisches Beispiel für ein Problem, das nicht linear separierbar ist, ist die boolesche XOR-Funktion. Hierbei gibt die Funktion nur dann einen wahren Output aus, wenn genau einer ihrer Inputs wahr ist, jedoch nicht beide. Es wurde festgestellt, dass Multi-Layer neuronale Netze in Kombination mit dem Backpropagation-Verfahren in der Lage wäre, solche komplexen Probleme zu bewältigen. Allerdings existierten zu dieser Zeit keine effizienten Algorithmen, um solche Netzwerke zu trainieren. Dieser Mangel an Fortschritt und Lösungen führte zu einer Phase des Desinteresses an neuronalen Netzen, die oft als "AI-Winter" der 1980er Jahre bezeichnet wird. Dieser Zeitraum war geprägt von einem starken Rückgang sowohl des Interesses als auch der Finanzierung in diesem Bereich. Dennoch kann es hilfreich sein, die Grundlagen des Deep Learning anhand von booleschen Operatoren zu verstehen, wobei man mit Single-Layer Neuronen für Funktionen wie AND und OR beginnt und schließlich das XOR-Problem durch den Einsatz von Multi-Layer neuronalen Netzwerken angeht.<sup>53</sup>

Das Training tiefgehender neuronaler Netzwerke stellt eine zentrale Komponente im Deep Learning dar. Kern dieses Trainingsprozesses ist das sogenannte Backpropagation-Verfahren. Durch Backpropagation werden die Fehler, die am Ausgang des Netzwerks gemessen werden, rückwärts durch das Netzwerk ausgegeben. Dies ermöglicht es, die Gewichtungen der einzelnen Neuronen so anzupassen, dass der Gesamtfehler des Netzwerks minimiert wird.<sup>54</sup> In Kombination mit dem Gradientenabstieg, einem Optimierungsverfahren, wird systematisch die Richtung bestimmt, in der die Gewichtungen angepasst werden müssen, um den Fehler zu reduzieren.<sup>55</sup>

Während das Training von neuronalen Netzwerken viele Vorteile bietet, birgt es auch Herausforderungen. Genau wie bei der Klassifikation stellt Overfitting auch für Deep Learning ein Problem dar. Um dieses Problem zu beheben, werden verschiedene Techniken eingesetzt.<sup>56</sup> Eine prominente Methode ist das sogenannte "Dropout". Hierbei werden während des Trainings zufällig ausgewählte Neuronen "ausgeschaltet" oder andere verstärkt, was das Netzwerk robuster gegenüber Overfitting macht.<sup>57</sup> Zusätzlich kann

<sup>52</sup> (Wittpahl, 2019, S. 32 ff.)

<sup>53</sup> (Gronwald, 2023, S. 92 ff.)

<sup>54</sup> (Wittpahl, 2019, S. 32 ff.)

<sup>55</sup> (Gronwald, 2023, S. 98 ff.)

<sup>56</sup> (Russel & Norvig, 2021, S. 673)

<sup>57</sup> (Russel & Norvig, 2021, S. 717 ff.)

Regularisierung angewendet werden, bei dem bestimmten Termen zur Verlustfunktion hinzugefügt werden, um die Komplexität des Modells zu beschränken und somit Overfitting zu verhindern.<sup>58</sup>

Ein weiterer Aspekt beim Einsatz von Deep Learning ist die genutzte Architektur. Dabei hat jede Architektur Vorteile und Grenzen für entsprechende Bereiche. Diese Arbeit legt den Fokus auf 2 Architekturen, die für den konkreten Einsatz von intelligenten Regalsystemen von hoher Relevanz sind.

#### 2.1.1.5 Architekturmodelle von Deep Learning

Dichte Neuronale Netze (DNNs, Dense Neural Networks) stellen einen fundamentalen Ansatz im Rahmen des Deep Learning dar. Charakteristisch für DNNs ist ihre Struktur, die aus mehreren Schichten von Knoten oder Neuronen besteht. Jede dieser Schichten ist mit der vorherigen und der nächsten Schicht vollständig verbunden. Diese vollständige Verbindung ermöglicht eine umfassende Wechselwirkung der Merkmale zwischen den Schichten, was zur Entdeckung komplexer Muster in den zugrunde liegenden Daten beiträgt. Die Anwendung von DNNs eignet sich insbesondere für Szenarien mit tabellarischen Daten sowie für allgemeine Klassifikations- und Regressionsprobleme.<sup>59</sup>

In diesen Kontexten können DNNs durch das Training auf großen Datensätzen eine erhebliche Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit erzielen. Die Modellarchitektur der DNNs ermöglicht eine flexible Anpassung an die spezifischen Anforderungen der jeweiligen Problemstellung. Durch die Variation der Anzahl der Neuronen in den einzelnen Schichten sowie der Anzahl der Schichten selbst, kann die Komplexität des Modells gesteuert werden. Dies erlaubt eine optimale Balance zwischen Modellgenauigkeit und Komplexität, wodurch Overfitting vermieden und die Generalisierbarkeit des Modells gefördert werden kann.<sup>60</sup>

Die Trainierbarkeit von DNNs auf großen Datensätzen stellt eine wesentliche Stärke dar. Sie können komplexe, nicht-lineare Beziehungen in den Daten erkennen und für Vorhersagen nutzen. Im Rahmen des Trainingsprozesses werden die Gewichtungen der Verbindungen zwischen den Neuronen systematisch angepasst, um den Fehler zwischen den Vorhersagen des Netzwerks und den tatsächlichen Werten zu minimieren. Dieser iterative Optimierungsprozess, typischerweise realisiert durch den Einsatz von Backpropagation und Gradientenabstiegsverfahren, fördert die Entdeckung von relevanten Merkmalen und Mustern in den Daten.<sup>61</sup> DNNs bilden somit eine robuste und flexible Modellklasse innerhalb des Deep Learning Ansatzes. Ihre Fähigkeit, aus Daten zu lernen und komplexe Muster zu erkennen, macht sie zu einem leistungsstarken Werkzeug für eine Vielzahl von Anwendungen im Bereich des maschinellen Lernens und der künstlichen Intelligenz.

<sup>58</sup> (Russel & Norvig, 2021, S. 698 ff.)

<sup>59</sup> (GARDNER & DORLING, 1998, S. 2627 ff.)

<sup>60</sup> (Aggarwal, 2018, S. 89 ff.)

<sup>61</sup> (Aggarwal, 2018, S. 92 ff.)

## CNNs

Konvolutionale Neuronale Netze (CNNs, Convolutional Neural Networks) stellen eine spezialisierte Form von Neuronalen Netzen dar, die primär in den Bereichen Bild- und Videoerkennung Anwendung finden. Ihre Struktur ist insbesondere auf die Analyse von visuellen Daten ausgerichtet und zeichnet sich durch die Fähigkeit aus, lokale Muster und Strukturen in den Daten zu identifizieren. Im Rahmen des Deep Learning haben sich CNNs als außerordentlich leistungsfähig erwiesen, insbesondere wenn es um das Lösen von Problemstellungen in der Bilderkennung und -klassifikation geht.<sup>62</sup>

Die Architektur von CNNs umfasst typischerweise drei Hauptkomponenten: Konvolutionsschichten, Pooling-Schichten und Fully Connected-Schichten. In den Konvolutionsschichten werden Faltungsoperationen (Convolution Operations) durchgeführt, die darauf abzielen, lokale Merkmale in den Eingangsdaten zu identifizieren. Hierbei werden kleine, überlappende Fenster oder Filter über die Eingangsdaten geschoben und spezifische Merkmale wie Kanten, Texturen oder Farbverläufe detektiert.<sup>63</sup>

Die Pooling-Schichten dienen dazu, die räumliche Dimension der Daten zu reduzieren und somit die Rechenkomplexität zu verringern, während die wichtigsten Merkmale beibehalten werden. Durch diesen Prozess wird auch eine gewisse invariante Erkennung gegenüber Translationen und leichten Verzerrungen in den Daten erreicht, was die Robustheit des Netzwerks erhöht.<sup>64</sup>

Die Fully Connected-Schichten am Ende des Netzwerks sind darauf ausgelegt, die extrahierten Merkmale zu nutzen und die endgültige Klassifikation oder Regression durchzuführen. Diese Schichten sind ähnlich den Schichten in Dichten Neuronalen Netzen, wobei jede Einheit mit jeder Einheit in der vorhergehenden Schicht verbunden ist.<sup>65</sup>

Im Kontext des Point of Sale könnten CNNs beispielsweise zur visuellen Überwachung und automatischen Erkennung von Produkten auf den Regalen eingesetzt werden. Durch die effiziente Erkennung von Merkmalen und Mustern in Bildern ermöglichen CNNs die Identifizierung und Lokalisierung von Produkten, was eine effiziente Bestandsverwaltung und Optimierung der Regalplatzierung unterstützt. Die Anwendung von CNNs eröffnet somit eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Verbesserung der Prozesse im Einzelhandel durch automatisierte Bilderkennung und -analyse. Ihre spezialisierte Architektur macht sie zu einem essenziellen Werkzeug im Bereich des Deep Learning, insbesondere wenn visuelle Daten verarbeitet und analysiert werden sollen.<sup>66</sup>

<sup>62</sup> (Wittpahl, 2019, S. 32 f.)

<sup>63</sup> (Russel & Norvig, 2021, S. 811 f.)

<sup>64</sup> (Russel & Norvig, 2021, S. 813 f.)

<sup>65</sup> (Basha, Dubey, Pulabaigari, & Mukherjee, 2020)

<sup>66</sup> (Basha, Dubey, Pulabaigari, & Mukherjee, 2020, S. 118)

### 2.1.2 Erklärung des Begriffs Point of Sale

Der Begriff „Point of Sale“ (POS) charakterisiert den physischen Ort, an dem eine Geschäftstransaktion zwischen einem Verbraucher und einem Verkäufer abgeschlossen wird. Im Einzelhandelskontext entspricht der POS oft dem Punkt, an dem der Konsument seine Waren bezahlt, typischerweise an einer Kasse in Geschäften. Verschiedene terminologische Aspekte sind relevant, um die Vorgänge und Strukturen im Einzelhandel präzise nachzuvollziehen. Dieser Abschnitt setzt sich mit den essenziellen Definitionen rund um den POS auseinander.<sup>67</sup>

Grundlegende Elemente des POS umfassen den Einkaufswagen, durch welchen Kunden ihre ausgewählten Produkte befördern, und das Kassensystem, das aus der technologischen Ausstattung besteht, um Zahlungsvorgänge durchzuführen. Effizienzsteigernde Ansätze am POS können vielfältig sein. Eine nigerianische Studie deutete beispielsweise darauf hin, dass Barcodes die Transaktionsgeschwindigkeit und -präzision steigern können. Kontaktlose Zahlungsmethoden können den Zahlungsprozess beschleunigen und somit zur Kundenzufriedenheit beitragen, welche in diesem Kontext als Einkaufskomfort verstanden wird.<sup>68</sup>

Weiterführend können Self-Checkout-Systeme und Kassensautomaten als Instrumente zur Prozessoptimierung und Kundenzufriedenheitssteigerung betrachtet werden. Solche Systeme ermöglichen es den Kunden, insbesondere bei kleineren Einkäufen, den Bezahlprozess selbstständig abzuwickeln und somit Wartezeiten zu reduzieren.<sup>69</sup> Effektive POS-Technologien können diverse Vorteile mit sich bringen, wie gesteigerte Effizienz durch raschere Transaktionsabwicklung. Durch die Integration fortschrittlicher Techniken wie kontaktloser Bezahlung und Barcode-Scans können POS-Prozesse effizienter gestaltet werden, wodurch Zeit- und Kosteneinsparungen erzielt werden.<sup>70</sup> Das tiefe Verständnis der terminologischen Aspekte des POS ist essenziell, um die Abläufe im Einzelhandel adäquat zu interpretieren und fortlaufend zu optimieren.

Die Evolution des POS hat eine Transformation weit über traditionelle Kassensysteme hinaus erlebt und integriert heute fortschrittliche Technologien, die sowohl die Kundenerfahrung als auch die betriebliche Effizienz erheblich verbessern. Im modernen Einzelhandel hat sich der POS zu einem dynamischen Ökosystem entwickelt, das eine nahtlose Interaktion zwischen Kunden und Einzelhandelsgeschäften ermöglicht. Eine dieser Entwicklungen ist der Mobile Point of Sale (mPOS), der die Flexibilität bietet, Zahlungen an jedem Ort im Geschäft zu akzeptieren. Dies ist besonders nützlich, um Warteschlangen zu reduzieren und die Kundenzufriedenheit zu verbessern. mPOS-Geräte sind tragbar und können Zahlungen über mobile Geräte oder spezielle Handheld-Geräte abwickeln.<sup>71</sup>

<sup>67</sup> (Kenning, Kollmann, Hennig, & Schneider, 2018)

<sup>68</sup> (Adeoti & Osotimehin, 2012)

<sup>69</sup> (Safaric, 2023)

<sup>70</sup> (Safaric, 2023)

<sup>71</sup> (Knoppe, Rock, & Wild, 2022, S. 86 ff.)

Darüber hinaus bereichern Digital Signage-Technologien die Kundenerfahrung am POS durch interaktive Produktinformationen und Werbeaktionen. Moderne POS-Systeme integrieren zudem Kundentreueprogramme und bieten personalisierte Angebote basierend auf dem Kaufverhalten der Kunden an, um die Kundenbindung und den Umsatz zu steigern.<sup>72</sup> Eine weitere wichtige Verbesserung ist das Echtzeit-Inventurmanagement. Durch die Integration von Inventurmanagement-Systemen ermöglichen moderne POS-Systeme eine Echtzeit-Überwachung des Lagerbestands und automatisierte Nachbestellungen, um sicherzustellen, dass die Produkte stets verfügbar sind.<sup>73</sup>

Die Analyse der POS-Daten durch Data Analytics und Performance-Monitoring liefert wertvolle Einblicke in Verkaufstrends,<sup>74</sup> Kundenpräferenzen und die Performance von Marketingkampagnen. Durch die Überwachung von KPIs können Einzelhändler fundierte Entscheidungen treffen und ihre Strategien optimieren. Der moderne POS ist zudem ein integraler Bestandteil der Omnichannel-Einzelhandelsstrategie, die eine konsistente Kundenerfahrung über Online- und Offline-Kanäle hinweg gewährleistet.<sup>75</sup>

Schließlich ist mit dem Anstieg von Cyber-Bedrohungen die Sicherheit am POS von größter Bedeutung. Fortschrittliche POS-Systeme integrieren robuste Sicherheitsprotokolle und Compliance-Standards, um die Vertraulichkeit und Integrität von Transaktionsdaten zu gewährleisten.<sup>76</sup> Durch die Berücksichtigung dieser erweiterten Aspekte können Einzelhändler die Möglichkeiten des POS voll ausschöpfen, um eine effiziente Betriebsführung, eine verbesserte Kundenzufriedenheit und letztendlich eine Steigerung des Geschäftserfolgs zu erreichen.

### **2.1.3 Definition und Funktionsweise von intelligenten Regalsystemen**

Intelligente Regalsysteme repräsentieren eine innovative Lösung im Bereich des Einzelhandels und der Lagerverwaltung, die darauf abzielt, die Effizienz und den Kundenservice durch den Einsatz von Technologie zu optimieren. Diese Systeme integrieren eine Vielzahl von Technologien wie Sensoren, RFID-Tags (Radio Frequency Identification), Kameras und Datenanalyse-Tools, um eine kontinuierliche Überwachung und Verwaltung der Regalbestände zu ermöglichen.<sup>77</sup>

#### *2.1.3.1 Einführung in die Grundlagen von intelligenten Regalsystemen*

Intelligente Regalsysteme repräsentieren eine innovative, technologiegetriebene Lösung im Einzelhandel, die automatisiert Informationen über den Zustand und die Verfügbarkeit von Produkten auf den Regalen sammelt und analysiert. Diese Systeme sind

<sup>72</sup> (Gläsel, Künstliche Intelligenz im Handel 1 - Überblick, 2018, S. 2)

<sup>73</sup> (Knoppe, Rock, & Wild, 2022, S. 8)

<sup>74</sup> (Rainsberger, 2021, S. 73)

<sup>75</sup> (Knoppe, Rock, & Wild, 2022, S. 375 ff.)

<sup>76</sup> (Knoppe, Rock, & Wild, 2022, S. 215 ff.)

<sup>77</sup> (Ahmed, Boudhir, Karaş , Jain , & Mellouli, 2022, S. 223)

eine Symbiose aus Hardware, Software und Konnektivität, zur Optimierung des Bestandsmanagement und effizienteren Gestaltung des Betriebs.<sup>78</sup>

Zentral bei der Funktionsweise intelligenter Regalsysteme ist die Verwendung von Sensorik und RFID-Technologie. Sensoren, ausgestattet um Parameter wie Gewicht, Temperatur und Feuchtigkeit zu überwachen, sowie RFID-Tags ermöglichen eine präzise Überwachung der Präsenz sowie des Zustands der Produkte auf den Regalen. Die RFID-Tags bieten dabei eine Möglichkeit zur individuellen Identifizierung und Verfolgung der Produkte.<sup>79</sup>

Zur visuellen Überwachung des Bestands und zur Erkennung der Anordnung der Produkte auf den Regalen kommen Kameras und Bilderkennungstechnologien zum Einsatz. Diese Technologien sind essenziell, um Veränderungen im Regal schnell zu identifizieren, etwa wenn Produkte fehlen oder falsch platziert sind.<sup>80 81</sup>

Die gesammelten Daten werden durch integrierte Softwarelösungen analysiert, um Muster und Trends zu erkennen. Durch den Einsatz von Predictive Analytics können zukünftige Bestandsanforderungen vorhergesagt und automatische Nachbestellungen ausgelöst werden, was eine kontinuierliche Verfügbarkeit der Produkte gewährleistet.<sup>82</sup>

Intelligente Regalsysteme sind zudem in das Gesamtsystem des Einzelhandels integriert, inklusive des POS, des Inventurmanagements und des Bestellsystems. Diese Integration ermöglicht eine effiziente Koordination und Automatisierung der Bestandsverwaltung und Nachbestellung. Bei festgestellten Unstimmigkeiten oder wenn der Bestand einen kritischen Punkt erreicht, haben intelligente Regale die Fähigkeit, automatische Benachrichtigungen an das Personal zu senden oder sogar automatische Nachbestellungen auszulösen. Benutzerfreundliche Interfaces und Dashboards bieten dem Personal eine klare Sicht auf den Bestandsstatus und ermöglichen eine einfache Verwaltung und Überwachung des Systems.<sup>83</sup>

Die Konnektivität dieser Regale mit dem Internet oder anderen Netzwerken erlaubt die Echtzeitübertragung und den Empfang von Daten, was eine Fernüberwachung und -steuerung des Systems ermöglicht.<sup>84</sup> Einige intelligente Regale sind mit interaktiven Displays oder Touchscreens ausgestattet, die Kundeninformationen über Produkte bereitstellen, Empfehlungen geben oder den Kaufprozess unterstützen können.

Die Energieeffizienz ist ebenso berücksichtigt, da diese Systeme ständig laufen und so konzipiert sind, um die Betriebskosten zu minimieren.<sup>85</sup> Durch die Implementierung von intelligenten Regalsystemen können Einzelhändler und Lagerverwalter eine bessere

<sup>78</sup> (Prof. Dr. Gouthier, Nennstiel, Kern, & Groß, 2022, S. 37 ff.)

<sup>79</sup> (Ahmed, Boudhir, Karaş , Jain , & Mellouli, 2022, S. 226)

<sup>80</sup> (Tellkamp & Haller, 2005, S. 231)

<sup>81</sup> (Gläß, Künstliche Intelligenz im Handel 2 - Anwendung, 2018, S. 16 ff.)

<sup>82</sup> (Ahmed, Boudhir, Karaş , Jain , & Mellouli, 2022, S. 226 ff.)

<sup>83</sup> (Prof. Dr. Gouthier, Nennstiel, Kern, & Groß, 2022, S. 37 ff.)

<sup>84</sup> (Tellkamp & Haller, 2005, S. 233 ff.)

<sup>85</sup> (Acar, 2023)

Kontrolle und ein besseres Verständnis ihrer Bestände erreichen, den Kundenservice verbessern und letztendlich Zeit und Ressourcen sparen.

Insgesamt stellt die künstliche Intelligenz nicht nur ein Werkzeug dar, sondern ist ein entscheidender Faktor für den Erfolg im modernen Lebensmitteleinzelhandel. Durch das tiefe Verständnis und die Anwendung dieser KI-Technologien können Einzelhändler ihre Abläufe optimieren, das Kundenerlebnis steigern und letztlich ihren Umsatz maximieren.<sup>86</sup>

Folgend wird das Konzept anhand einer Grafik dargestellt.

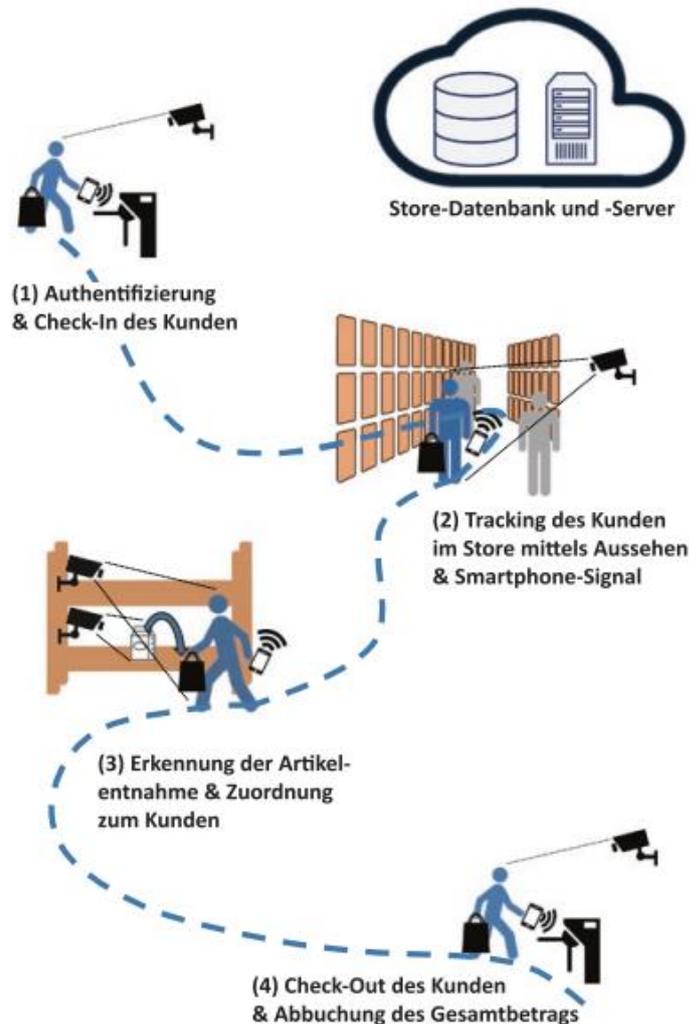


Abbildung 8: Kundendurchlauf eines Just-Walk-out-Stores (Gläß, Künstliche Intelligenz im Handel 2 - Anwendung, 2018, S. 18)

### 2.1.3.2 Tiefere Erläuterung der relevanten Technologie

Im folgenden Unterteil wird nochmal eingängiger auf die zwei entscheidenden Technologien eingegangen. Dies sind RFID-Technologien und visuelle Überwachung mit Deep Learning (Computer Vision).

<sup>86</sup> (Marika Kellermayr-Scheucher, 2021, S. 79 ff.)

Die RFID-Technologie, kurz für Radio-Frequency Identification, stellt eine Innovation dar, welche die Art und Weise, wie Gegenstände und Informationen gehandhabt werden, revolutioniert hat. Diese Technologie ermöglicht die drahtlose Identifikation und Verfolgung von Objekten durch die Nutzung elektromagnetischer Felder. Im Kern besteht ein RFID-System aus zwei Hauptkomponenten: einem Tag (oder Transponder) und einem Lesegerät (oder Reader).<sup>87</sup>

Das RFID-Tag, das an dem zu identifizierenden Objekt angebracht wird, besteht aus einem Mikrochip, auf dem Informationen gespeichert sind, und einer Antenne, die die Kommunikation mit dem RFID-Lesegerät ermöglicht.<sup>88</sup> Diese Tags können entweder passiv, aktiv oder semi-aktiv (auch bekannt als semi-passiv) sein. Passive RFID-Tags benötigen keine interne Energiequelle, sondern beziehen die benötigte Energie aus dem elektromagnetischen Feld des RFID-Lesegeräts. Im Gegensatz dazu verfügen aktive und semi-aktive RFID-Tags über eine interne Batterie, welche die Kommunikation über längere Distanzen ermöglicht und eine längere Lebensdauer hat. Das RFID-Lesegerät erzeugt ein elektromagnetisches Feld, das, wenn ein RFID-Tag in seine Reichweite gelangt, Energie an den Tag sendet und die Übertragung der auf dem Chip gespeicherten Informationen initiiert. Diese Informationen werden dann vom Lesegerät erfasst und können für verschiedenste Anwendungen genutzt werden.<sup>89</sup>

Die Einsatzmöglichkeiten der RFID-Technologie sind vielfältig und reichen von der Bestandsverwaltung und Asset-Tracking über die Zutrittskontrolle bis hin zur Lieferkettenüberwachung. Im Einzelhandel beispielsweise können RFID-Tags helfen, den Überblick über den Warenbestand zu behalten und Diebstahl zu verhindern.<sup>90</sup> In Bibliotheken ermöglichen sie eine effiziente Ausleihe und Rückgabe von Büchern, während in der Logistikbranche die Verfolgung von Gütern und Fahrzeugen optimiert wird. Die RFID-Technologie bietet gegenüber herkömmlichen Barcode-Systemen erhebliche Vorteile. Sie ermöglicht eine schnelle, automatisierte Datenerfassung ohne direkten Sichtkontakt und kann gleichzeitig mehrere Tags in ihrem Erfassungsbereich lesen. Darüber hinaus können RFID-Tags in rauen Umgebungen eingesetzt werden und bieten die Möglichkeit, nicht nur festgelegte, sondern auch veränderbare Daten zu speichern.<sup>91</sup>

Allerdings ist die Einführung von RFID-Systemen nicht ohne Herausforderungen. Neben den initialen Kosten für Hardware und die Integration in bestehende Systeme können auch Datenschutzbedenken eine Rolle spielen, insbesondere wenn persönliche Informationen betroffen sind. Die Weiterentwicklung der RFID-Technologie, insbesondere im Hinblick auf die Reduzierung der Kosten und die Verbesserung der Datenmanagement- und Sicherheitsprotokolle, lässt eine immer breitere Akzeptanz und eine Vielzahl neuer

<sup>87</sup> (Souvik, Atrayee , & Digbijay , 2019, S. 30)

<sup>88</sup> (Ernst, 2023)

<sup>89</sup> (Souvik, Atrayee , & Digbijay , 2019, S. 31)

<sup>90</sup> (Tellkamp & Haller, 2005, S. 233 f.)

<sup>91</sup> (Souvik, Atrayee , & Digbijay , 2019, S. 30 ff.)

Anwendungen erwarten.<sup>92</sup> Sie repräsentiert eine Schlüsseltechnologie, die im Zeitalter der Digitalisierung und des Internets der Dinge (IoT) eine nahtlose Konnektivität und effiziente Informationsverwaltung ermöglicht.<sup>93</sup>

Die visuelle Überwachung mittels KI und insbesondere durch den Einsatz von Deep Learning hat in jüngster Zeit erhebliche Fortschritte gemacht. Deep Learning, eine spezialisierte Untergruppe des maschinellen Lernens, nutzt DNNs und CNNs zur Interpretation und Analyse visueller Daten, was es zu einem leistungsstarken Werkzeug für die visuelle Überwachung macht.<sup>94</sup>

Durch die Implementierung von Deep Learning kann ebenfalls Computer Vision genutzt werden. Dies ermöglicht eine höhere Genauigkeit bei der Objekterkennung und -klassifizierung. Diese Klassifizierung wird über Trainingsdaten mithilfe einer CNN-Architektur, wie in den Grundlagen erklärt, ermöglicht. Hierbei können Computer Vision-Systeme in Echtzeit auf erkannte Muster oder Anomalien reagieren, was durch den Einsatz von leistungsfähiger Hardware und optimierten Algorithmen ermöglicht wird.<sup>95</sup> Diese Systeme können Gesichter erkennen, Personen zählen und Aktivitäten oder Verhaltensweisen analysieren. Des Weiteren können Deep Learning-Modelle trainiert werden, um normales von anomalem Verhalten zu unterscheiden und automatisch Alarme auszulösen, wenn ungewöhnliche Aktivitäten erkannt werden.<sup>96</sup> Die verbesserte Gesichts- und Emotionserkennung, die durch Deep Learning ermöglicht wird, ist sowohl für die Sicherheit als auch für die Kundenanalyse von Bedeutung. Darüber hinaus können Deep Learning-Systeme so trainiert werden, dass sie auch bei schwierigen Lichtverhältnissen, wie nachts oder bei schlechtem Wetter, effektiv funktionieren.<sup>97</sup>

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die erweiterbare Lernfähigkeit von Deep Learning-Modellen. Mit zunehmender Datenmenge und Feedback können diese Modelle kontinuierlich verbessert und angepasst werden, um die Leistung der visuellen Überwachung zu steigern. Diese Anpassungsfähigkeit ermöglicht es dem neuronalen Netzwerk, sich an wechselnde Umweltbedingungen anzupassen und Lernprozesse zu unterstützen, was für die Langzeit-Effektivität und Effizienz der visuellen Überwachungssysteme entscheidend ist.<sup>98</sup>

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Integration von Deep Learning in KI-basierte visuelle Überwachungssysteme eine effektive Methode darstellt, um die Sicherheit und Effizienz in einer Vielzahl von Anwendungsfeldern, einschließlich des Einzelhandels, zu verbessern. Die kontinuierliche Entwicklung und Verbesserung von Deep Learning-Technologien verspricht, die Effizienz und Effektivität von visuellen

<sup>92</sup> (Spuj, 2023)

<sup>93</sup> (Ernst, 2023)

<sup>94</sup> (MILELLA, PETITTI, MARANI, CICIRELLI, & D'ORAZIO, 2020, S. 19354 f.)

<sup>95</sup> (Bikash & Dipti, 2019, S. 53 ff.)

<sup>96</sup> (Bikash & Dipti, 2019, S. 48)

<sup>97</sup> (MILELLA, PETITTI, MARANI, CICIRELLI, & D'ORAZIO, 2020, S. 19354 f.)

<sup>98</sup> (Ahmed, Boudhir, Karaş, Jain, & Mellouli, 2022, S. 227 f.)

Überwachungssystemen weiter zu steigern und damit einen wesentlichen Beitrag zur Optimierung der Prozesse in verschiedenen Industriezweigen zu leisten.<sup>99</sup>

## 2.2 Methodik

Im folgenden Kapitel werden die Methoden beschrieben, welche zur Erhebung der Daten und ihrer Auswertung genutzt wurden. Die Methodik teilt sich in drei Unterkapitel mit jeweils eigenen Teilbereichen auf. Um herauszufinden, wie intelligente Regalsysteme im Point of Sale des Lebensmitteleinzelhandels zum Einsatz kommen, wird zuerst mit der Literaturrecherche ein Überblick über den aktuellen Forschungs- sowie Anwendungsstand geschaffen und Fachbegriffe erläutert. Darauf aufbauend sollen Experteninterviews dieses Wissen vertiefen und um weitere Einblicke und Einschätzungen bereichern. Zum Schluss wird eine empirische Feldforschung mit anschließender Feststellung durchgeführt, um herauszufinden, inwieweit sich intelligente Regalsysteme als Technologie in Supermärkten im Raum Köln etabliert haben.

### 2.2.1 Literaturrecherche

Um einen Einstieg in die Thematik zu erlangen, beginnt die Untersuchung mit einer Literaturrecherche. Für eine zielgerichtete Recherche werden zuvor Quellenarten, Suchmaschinen, Datenbanken und Schlüsselbegriffe festgelegt.

#### 2.2.1.1 Quellen

Als Quellen dienen wissenschaftliche Werke, Fachartikel aus branchenspezifischen Zeitschriften wie der "Lebensmittelzeitung" und Ergebnisse von Konferenzen, zusätzlich werden auch Onlineartikel sowie weitere Beiträge von Wissenschaftsjournalisten in den Suchradius aufgenommen. Ausgeschlossen werden Quellen, die keinen fachlichen Bezug zum untersuchten Thema haben oder Foren und Portale, da das Ziel darin besteht, einen fachlichen Überblick zu schaffen und nicht den gegenwärtigen gesellschaftlichen Diskurs darzustellen. Die Glaubwürdigkeit und Qualität der Quellen werden anhand der akademischen Qualifikationen der Autoren und der Reputation der Verlagshäuser bewertet. Vorgestellte Argumente und angewandte Methoden der Quellen werden auf ihre Logik, Kohärenz und Transparenz geprüft. Ebenfalls dient der Kontext dazu, ein mögliches Bias der Autoren kenntlich zu machen.

#### 2.2.1.2 Schlüsselworte

Um ein repräsentatives Spektrum relevanter Literatur und Quellen zu gewährleisten, werden in der Literaturrecherche Schlüsselwörter wie ‚intelligente Regalsysteme‘, ‚Lebensmitteleinzelhandel‘, ‚Automatisierte Supermärkte‘, ‚Smart Shelves‘, ‚Point of Sale‘, ‚autarker Supermarkt‘, ‚Smart boxes‘, und ‚SB-Supermärkte‘ verwendet.

<sup>99</sup> (Ahmed, Boudhir, Karaş , Jain , & Mellouli, 2022, S. 233 f.)

### 2.2.1.3 Datenbanken und Suchmaschinen

Die Suche nach relevanten Quellen erfolgt über akademische Datenbanken wie den Springer Verlag und Pearson, sowie Suchmaschinen wie Google Scholar, Google und Ecosia. Zusätzlich soll durch den Einsatz von Booleschen Operatoren der Suchprozess effizienter gestaltet werden.

### 2.2.1.4 Auswertung

Eine sorgfältige Analyse der Quellen und ihr breites Spektrum sorgen dafür, dass die Schlussfolgerungen der Untersuchung auf einer ausgewogenen und objektiven Auswertung der verfügbaren Literatur basieren. Der Ansatz zur Synthese der gesammelten Informationen ist iterativ und reflexiv. Anstatt einer strengen systematischen Methode zu folgen, wird das Material organisch analysiert und interpretiert, was eine flexible und dynamische Synthese ermöglicht. Gemeinsamkeiten und Unterschiede können so identifiziert und die verschiedenen Perspektiven und Interpretationen erkannt und berücksichtigt werden. Dieser Prozess, der Synthese und Interpretation, führt zu einem reichhaltigen und nuancierten Verständnis des Forschungsthemas und zu einer fundierten Antwort auf die Forschungsfrage.

## 2.2.2 Experteninterviews

Die Erkenntnisse aus der Recherche werden durch Experteninterviews validiert und ergänzt.

### 2.2.2.1 Episodisches Interview

Wissen lässt sich in drei Kategorien unterteilen: Informationswissen, episodisches Wissen und semantisches Wissen. Ersteres bezieht sich auf ein objektives Faktenwissen, zweiteres befindet sich im Langzeitgedächtnis und steht für persönliche Erfahrungen und letzteres bildet die erlangten Erkenntnisse und Verbindungen zwischen gelernten Konzepten und Erfahrungen. Diese Untersuchung zielt auf das durch Erkenntnisse erworbene Wissen der Experten ab. Um daran zu gelangen, genügt es nicht, sie einen Fragebogen ausfüllen zu lassen, weshalb nur qualitative halboffene Interviewmethoden wie die des episodischen Interviews in Frage kommen. Dadurch bieten sich die Vorteile eines flexiblen Gesprächsablauf, der Gewinnung von Kontextinformationen, der Verständnistiefe und der Entdeckung unerwarteter Informationen. Zusätzlich wird durch eine offene Gesprächsatmosphäre der Eindruck eines gestellten Interviews in den Hintergrund gerückt und es ähnelt mehr einer "Alltagskommunikation".<sup>100</sup> Der halbstrukturierte Interview Ansatz ermöglicht die Behandlung der Forschungsfrage, eine Einbeziehung der technischen Spezifikation und eine ausführlichen Informationsgewinnung von hoher Qualität.

<sup>100</sup> (Lamnek & Krell, 2016, S. 344)

### 2.2.2.2 *Auswahl der Interviewpartner*

Zur Auswahl geeigneter Interviewpartner werden Kriterien im Bereich Erfahrung, Beruf und Fachkenntnisse vorausgesetzt, insbesondere mit Fokus auf KI im Lebensmitteleinzelhandel. Darüber hinaus sollten potenzielle Interviewpartner erreichbar sein und bereit sein, ihr Wissen unentgeltlich der Untersuchung zur Verfügung zu stellen. Unter Berücksichtigung dieser Kriterien wurden Strategieberater von der Firma Safaric Consulting, CapGemini Invent, Manager von Henkel und Informatiker von RTL als Interviewpartner ausgewählt. Aufgrund eines absolvierten Praktikums im Jahr 2022 besteht bereits eine Verbindung zwischen dem Forscher und dem Beratungsunternehmen Safaric Consulting, welches sich auf den Einzelhandel spezialisiert hat. Die Interviews mit Safaric Consulting wurden im August 2023 geführt. Durch eine zweijährige Werkstudententätigkeit bei RTL konnte der Kontakt zu den befragten Informatikern hergestellt werden. Die übrigen Interviewpartner wurden über LinkedIn akquiriert. Die ausgewählten Interviewpartner verfügen über umfangreiches Wissen im Bereich Lebensmitteleinzelhandel, insbesondere in Bezug auf den Einsatz von KI und intelligenter Regalsysteme oder Fachwissen in Technologien wie KI und RFID-Tags. Die ausgewählten Interviewpartner sind Mathis Ernst, Berater bei Safaric Consulting, Umberto Bergmann, Senior Projektmanager (CapGemini Invent), Aad van de Spuij, Senior Produktmanager (Henkel), Larissa Rabinovych, Senior Projektmanagerin (RTL) und Timucin Acar, Seniorentwickler (RTL). Vor den Interviews wird das Einverständnis der Teilnehmer eingeholt und über das Forschungsvorhaben informiert.

### 2.2.2.3 *Interview-Leitfaden*

Obwohl das Interview eine offene und lockere Atmosphäre haben soll, zielt es dennoch darauf ab, zielgerichtete Antworten auf die Themen wie intelligente Regalsysteme aktuell im Lebensmitteleinzelhandel funktionieren und wie diese sich nahtlos in bestehende IT-Infrastrukturen integrieren lassen, welchen konkreten ökonomischen Mehrwert sie im Vergleich zu traditionellen Regalsystemen bieten, wie intelligente Regalsysteme dazu beitragen können den ökologischen Fußabdruck zu verringern. Zunächst werden die Interviewten begrüßt und durch ein kurzes Gespräch über ihre aktuellen Projekte in das Interview eingeführt. Anschließend wird das Themengebiet 'Einsatz von intelligenten Regalsystemen im Lebensmitteleinzelhandel' angesprochen und auf ein dem Forscher bekanntes Projekt verwiesen. Während der Interviewte über das Projekt berichtet, sollen Rückfragen gestellt werden, die ihn dazu anregen, mehr über seine Erfahrungen zu erzählen. Im Anschluss daran wird - sofern es sich nicht bereits im Gesprächsverlauf ergibt - nach seiner individuellen Bewertung, Kritik und Aussicht gefragt. In ähnlicher Weise werden die restlichen Themengebiete behandelt. Wenn die berichteten Geschichten mehrere Themengebiete abdecken, wird bei weiteren Fragen auf diesen Bezug genommen. Zum Abschluss werden die Themengebiete konkret und direkt angesprochen und um eine Gesamteinschätzung gebeten.

#### 2.2.2.4 *Auswertung*

Die Interviews werden mittels Videoaufzeichnung festgehalten, um sicherzustellen, dass keine Informationen verloren gehen und eine genaue Nachvollziehbarkeit der Aussagen gewährleistet ist. Die darauffolgende Transkription ermöglicht eine tiefgehende Analyse des gesamten Interviewmaterials. Zur Auswertung dieser Daten wird die qualitative Inhaltsanalyse angewendet. Hierbei werden die Daten in handhabbare Einheiten zerlegt und induktiv generierten Kategorien zugeordnet, die sich an den Themengebieten der Interviews orientieren. Zu erwartende Kategorien sind unter anderem Frequenz, Finanzielles und Image. Im weiteren Schritt werden innerhalb dieser Kategorien Muster, Beziehungen, Unterschiede und Ähnlichkeiten identifiziert und im Kontext der Studie interpretiert. Die qualitative Inhaltsanalyse bietet eine systematische und objektive Methode, umfangreiche Textdaten zu bearbeiten und trägt zu einem vertieften Verständnis der Chancen und Herausforderungen von KI im Lebensmitteleinzelhandel bei.<sup>101</sup>

#### 2.2.3 **Feldforschung**

Nach der vorangegangenen Recherche und den durchgeführten Experteninterviews zum Thema intelligente Regalsysteme im Lebensmitteleinzelhandel stellt die Feldforschung einen essenziellen Bestandteil dieser Studie dar. Sie dient dazu, die bisher gewonnenen Erkenntnisse in einem praxisnahen Kontext zu überprüfen und zu validieren. Das Hauptziel ist es, zu verstehen, wie sich die theoretischen und aus den Interviews abgeleiteten Informationen zum KI-Einsatz am POS im Lebensmitteleinzelhandel in der realen Geschäftswelt manifestieren. Dabei wurden Studien

##### 2.2.3.1 *Auswahl der Läden*

In der Feldforschung stehen Supermärkte und Discounter in der Region Köln im Fokus. Die Auswahlkriterien berücksichtigen den Einsatz von intelligenten Regalsystemen im Geschäft. Diese Technologie arbeitet vor allem mit Bilderkennung und verfolgt den Just-Walk-Out-Ansatz, welcher mit intelligenten Regalsystemen funktioniert. Die Geschäfte werden basierend auf ihrer Verfügbarkeit und dem Vorhandensein spezifischer KI-Technologien zufällig ausgewählt. Basierend auf diesen Kriterien wird das Rewe Pick&Go-Konzept bevorzugt. Dementsprechend sind die ausgewählten Läden Rewe-Märkte, die dieses Konzept implementiert haben. Es wurden im Rahmen dieser Forschung Beobachtungsprotokolle genutzt, die im August 2023 erstellt wurden. Alle Beobachtungsprotokolle beziehen sich auf das Pick&Go Konzept von Rewe und sind im Kölner Raum erhoben.

##### 2.2.3.2 *Beobachtungsprotokoll*

Ein spezifisches Beobachtungsprotokoll wird entwickelt, um relevante Informationen am Point of Sale zu erfassen und den Einsatz von intelligenten Regalsystemen im Lebensmitteleinzelhandel systematisch zu untersuchen. Dieses Protokoll beinhaltet Kategorien wie allgemeine Ladeninformationen, Kundeninteraktion, Personalmanagement, sonstige

<sup>101</sup> (Mayring, 2022, S. 22 ff.)

Beobachtungen sowie Feedback von Personal und Kunden. Dadurch wird eine umfassende und systematische Dokumentation wichtiger Aspekte des KI-Einsatzes im Einzelhandel gewährleistet.<sup>102</sup>

### 2.2.3.3 *Auswertung*

Zur Auswertung unterziehen die Daten sich einer systematischen Sichtung und Codierung, um Muster zu identifizieren. Dabei wird Wert daraufgelegt, die Aussagen aus den Experteninterviews in Bezug auf die Just-Walk-Out-Methode zu validieren. Die qualitative Inhaltsanalyse dient dazu, die erhobenen Daten zu interpretieren und zu analysieren, mit dem Ziel, ein umfassendes Verständnis des beobachteten Trends zu erlangen. Ein induktiver Ansatz wird verfolgt, um die Daten zu explorieren und neue Erkenntnisse zu generieren. Im Kontext des theoretischen Rahmens und der Forschungsfragen erfolgt die Auswertung, um tiefe Einblicke in den Einsatz von intelligenten Regalsystemen im Lebensmitteleinzelhandel zu erhalten. Die Daten werden manuell aufgenommen und dokumentiert.<sup>103</sup>

<sup>102</sup> (de Boer, Merklinger, & Last, 2022, S. 49 ff.)

<sup>103</sup> (Mayring, 2022, S. 22 ff.)

### 3 Einsatz von intelligenten Regalsystemen im Point of Sale

Intelligente Regalsysteme stellen eine avantgardistische Technologie dar, die traditionelle Paradigmen des Einzelhandels grundlegend herausfordert und eine optimierte Bestandsführung, verbesserte Kundenerlebnisse sowie effiziente Verkaufsabläufe anstrebt. Im Kontext des POS erfahren derartige Systeme eine steigende Relevanz, da sie die Interaktionsdynamiken zwischen Kunden und Produkten sowie die gesamten Verkaufsprozesse signifikant prägen. In diesem Abschnitt wird der Einsatz von intelligenten Regalsystemen am Point of Sale detailliert betrachtet. Die Diskussion erstreckt sich dabei über die Anwendungsspektren, die Integration und Adaptierung der Systeme, den ökonomischen Mehrwert, Aspekte der Nachhaltigkeit sowie die Perspektive der Kunden.<sup>104</sup>

#### 3.1 Anwendungsbereich von intelligenten Regalsystemen

Die Implementierung intelligenter Regalsysteme am Point of Sale kann somit ein integraler Bestandteil des modernen Einzelhandels werden, der dazu beiträgt, sowohl die Betriebseffizienz zu erhöhen als auch die Kundenzufriedenheit zu verbessern. Durch die konstante Entwicklung und Verbesserung der zugrundeliegenden Technologien erweitert sich der Anwendungsbereich kontinuierlich und bietet eine robuste Plattform für den Einzelhandel der Zukunft, der sich durch eine hohe Anpassungsfähigkeit und Kundenorientierung auszeichnet.<sup>105</sup> Im Kontext des Point of Sale manifestieren sich intelligente Regalsysteme als multifunktionale Entitäten, die ein breites Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten anbieten, bei denen sowohl Einzelhändler als auch Kunden profitieren.<sup>106</sup> Die Vorteile verbessern das Bestandsmanagement, erhöhen die Kundenzufriedenheit, unterstützen den Vertrieb, schützen vor Diebstahl und gewährleisten eine bessere Einhaltung der Compliance und Qualitätssicherung.

##### 3.1.1 Bestandsmanagement

Ein erster Blick auf die prominente Dimension der Anwendungsbereiche entfaltet das Bestandsmanagement als zentrales Element. Durch die Integration intelligenter Regalsysteme kommt es zu einer Transformation. Diese Systeme sind konzipiert, um eine dynamische und Echtzeit-Überwachung des Bestands zu ermöglichen. Sie sind in der Lage, jede Bewegung und Veränderung im Regal in Echtzeit zu erfassen, wodurch eine unmittelbare und präzise Sicht auf die Bestandslage ermöglicht wird.<sup>107</sup> Diese Echtzeit-Daten sind nicht nur für die Aufrechterhaltung eines optimalen Bestandsniveaus entscheidend, sondern auch für die Bereitstellung wertvoller Einsichten in das Einkaufsverhalten der Kunden. Ein weiteres Merkmal, das die Effizienz des Bestandsmanagements maßgeblich steigert, ist die Fähigkeit der Systeme, automatische Benachrichtigungen zu

<sup>104</sup> (Ahmed, Boudhir, Karaş , Jain , & Mellouli, 2022, S. 223 f.)

<sup>105</sup> (Gläß, Künstliche Intelligenz im Handel 1 - Überblick, 2018, S. 1 ff.)

<sup>106</sup> (MARIKE KELLERMAYR-SCHEUCHER, 2021, S. 77)

<sup>107</sup> (Tellkamp & Haller, 2005, S. 101 ff.)

initiiieren, sobald eine niedrige Bestandslage erkannt wird. Durch die Einrichtung von Benachrichtigungsschwellen können Einzelhändler sofortige Updates erhalten, wenn die Bestandszahlen eines bestimmten Produkts unter ein akzeptables Niveau fallen. Dies gewährt den Einzelhändlern die Möglichkeit, rechtzeitig Maßnahmen zu ergreifen und somit eine kontinuierliche Produktverfügbarkeit zu gewährleisten.<sup>108</sup> Darüber hinaus sind intelligente Regalsysteme darauf ausgelegt, die Automatisierung von Nachbestellprozessen zu fördern.<sup>109</sup> Durch die Synchronisation mit dem Warenwirtschaftssystem können sie automatische Bestellanforderungen generieren, sobald der Bestand eines Produkts unter eine bestimmte Schwelle fällt. Dies minimiert das Risiko von Out-of-Stock-Situationen (Situationen, in denen ein Produkt nicht mehr vorhanden ist) und trägt zur Aufrechterhaltung eines effizienten Betriebs bei. Die automatisierte Nachbestellung entlastet zudem das Personal von manuellen Bestellaufgaben und ermöglicht eine bessere Ressourcenallokation.<sup>110</sup> Durch die Implementierung solcher Systeme wird somit nicht nur eine effiziente und optimierte Bestandsverwaltung gefördert, sondern auch ein reibungsloser und kundenorientierter Betriebsablauf unterstützt. Dies geschieht vor allem mit der Reduzierung der Out-of-Stock-Situation. In einer weiteren Dimension manifestiert sich die Datenanalyse als essenzieller Aspekt im Rahmen der Anwendung von intelligenten Regalsystemen. Aus den anfallenden Daten zum Kauf- und Kundenverhalten lassen sich wertvolle Insights generieren, die zur Optimierung von Marketingstrategien und Produktplatzierungen dienen. Die aggregierten Daten bieten eine fundierte Basis für die Analyse von Verkaufstrends, Kundenpräferenzen und der Effektivität von Marketingkampagnen. Durch die Anwendung von fortschrittlichen Analyseverfahren können Einzelhändler präzise Erkenntnisse über die Performance einzelner Produkte und Produktkategorien gewinnen, sowie die Reaktion der Kunden auf verschiedene Marketing- und Verkaufsstrategien evaluieren.<sup>111</sup> In der Gesamtbetrachtung repräsentiert das Bestandsmanagement durch intelligente Regalsysteme einen substantiellen Mehrwert für den modernen Einzelhandel am Point of Sale, der eine grundlegende Voraussetzung für die Erzielung von operativer Exzellenz und Kundenzufriedenheit darstellt.<sup>112</sup>

### 3.1.2 Kundenerfahrung

Der zweite Aspekt, der im Kontext der Anwendung von intelligenten Regalsystemen im Point of Sale hervorsteht, ist die Kundenerfahrung, die durch diese Technologie substantiell aufgewertet wird. Eine der primären Methoden, durch die diese Aufwertung realisiert wird, ist die Bereitstellung von Produktinformationen und Angeboten über interaktive Displays. Diese Displays sind in der Lage, dynamische und umfassende Informationen zu präsentieren, welche die Kunden über die Produkte, ihre Herkunft, Preise, Angebote und möglicherweise auch Kundenbewertungen informieren. Zudem können sie

<sup>108</sup> (Marika Kellermayr-Scheucher, 2021, S. 78 f.)

<sup>109</sup> (MILELLA, PETITTI, MARANI, CICIRELLI, & D'ORAZIO, 2020, S. 19353)

<sup>110</sup> (Gläß, Künstliche Intelligenz im Handel 2 - Anwendung, 2018, S. 4 ff.)

<sup>111</sup> (Ahmed, Boudhir, Karaş , & Mellouli, 2022, S. 230 ff.)

<sup>112</sup> (Gläß, Künstliche Intelligenz im Handel 2 - Anwendung, 2018, S. 24)

auch multimediale Inhalte wie Videos oder 3D-Modelle zeigen, die ein tieferes Verständnis und eine bessere Visualisierung des Produkts ermöglichen.<sup>113</sup> Darüber hinaus bieten sie eine Plattform für Promotionen und Rabattangebote, die auf individuelle Kundenpräferenzen zugeschnitten werden können, indem sie das Einkaufsverhalten und die Interaktionen der Kunden analysieren.

Ein weiterer entscheidender Vorteil in Bezug auf die Kundenerfahrung, ist die Unterstützung durch Indoor-Navigation und Produktlokalisierung.<sup>114</sup> Im heutigen Einzelhandel, insbesondere in großen Supermärkten und Kaufhäusern, kann es für Kunden eine Herausforderung sein, spezifische Produkte schnell und effizient zu finden. Intelligente Regalsysteme können hier durch die Bereitstellung von Indoor-Navigationslösungen Abhilfe schaffen. Durch die Integration von Indoor-Positionierungssystemen und mobilen Anwendungen können Kunden auf ihrem Smartphone eine Karte des Geschäfts mit dem Standort spezifischer Produkte erhalten. Dies minimiert die Zeit, die für die Suche nach Produkten aufgewendet wird, und verbessert das Einkaufserlebnis erheblich.<sup>115</sup> Als Folge davon wird die Interaktion Kunde zum Produkt optimiert und Stress im Einkaufserleben reduziert. Neben der Führung und Lokalisierung können solche Systeme alternative Produkte anbieten, sofern das Gewünschte nicht vorhanden ist. In der Gesamtheit stellen diese Funktionen einen bedeutenden Fortschritt in der Verbesserung der Kundenerfahrung dar, indem sie eine informierte, effiziente und angenehme Einkaufsumgebung schaffen.<sup>116</sup> Dieser Anwendungsbereich stellt damit einen Mehrwert für die Modernisierung des Point of Sale im Einzelhandel dar.<sup>117</sup>

### 3.1.3 Vertrieb

Im Bereich der Verkaufsförderung entfalten intelligente Regalsysteme ein erhebliches Potenzial, indem sie die Kraft der Datenanalyse und Predictive Analytics nutzen, um Verkaufstrends und Kundenpräferenzen präzise zu identifizieren. Durch die kontinuierliche Sammlung und Analyse von Daten bezüglich des Kaufverhaltens und der Interaktionen der Kunden mit den Produkten und dem Regalsystem selbst, können Einzelhändler ein tiefgehendes Verständnis der Marktdynamiken und Kundenbedürfnisse erlangen. Diese gewonnenen Erkenntnisse können dann genutzt werden, um gezielte Marketingstrategien und Verkaufsförderungsmaßnahmen zu entwickeln, die den Umsatz steigern und die Kundenbindung fördern.<sup>118</sup>

Ein zentraler Vorteil, den intelligente Regalsysteme in diesem Kontext bieten, ist die Möglichkeit, personalisierte Angebote und Promotionen zu schaffen, die auf dem individuellen Verhalten und den Vorlieben der Kunden basieren. Durch die Anwendung von Clustering-Methoden können die Systeme Muster im Kaufverhalten identifizieren und

<sup>113</sup> (Rainsberger, 2021, S. 95 ff.)

<sup>114</sup> (Spuj, 2023)

<sup>115</sup> (El-Sheimy & Li, 2021)

<sup>116</sup> (Ernst, 2023)

<sup>117</sup> (Marika Kellermayr-Scheucher, 2021, S. 83 ff.)

<sup>118</sup> (Rainsberger, 2021, S. 18 ff.)

entsprechende Angebote generieren, die die Wahrscheinlichkeit von Zusatzkäufen erhöhen. Beispielsweise können Kunden, die eine bestimmte Produktkategorie bevorzugen, mit speziellen Rabatten oder Angeboten für ähnliche oder komplementäre Produkte angesprochen werden. Darüber hinaus können intelligente Regalsysteme auch in Echtzeit auf das Verhalten der Kunden reagieren und dynamische Promotionen anbieten, die auf aktuellen Marktbedingungen und dem individuellen Kundenverhalten basieren. Diese Insights über verschiedene Kundengewohnheiten, die sowohl auf alle als auch auf einzelne Kundentypen zutreffen können.<sup>119</sup> Dies schafft eine reaktive und kundenorientierte Verkaufsumgebung, die die Zufriedenheit der Kunden erhöht und gleichzeitig die Verkaufseffizienz verbessert.<sup>120</sup> Wie zuvor erwähnt können durch die Integration von Predictive Analytics zukünftige Verkaufstrends prognostiziert werden, was den Einzelhändlern ermöglicht, ihre Lagerbestände und Marketingstrategien proaktiv zu planen. Durch die Vorhersage von Produktpräferenzen und Kaufverhalten können intelligente Regalsysteme dazu beitragen, die Verkaufsstrategien zu optimieren und die Rentabilität zu maximieren. Durch die effektive Nutzung von Datenanalyse und Predictive Analytics ermöglichen sie eine personalisierte und reaktive Verkaufsförderung, die sowohl die Kundenzufriedenheit als auch die Verkaufsergebnisse erheblich verbessern kann. Ein weiteres Augenmerk liegt auf der Effizienzsteigerung, die durch die Automatisierung von Routinetätigkeiten wie Bestandsaufnahme und Preisauszeichnung realisiert wird. Die Integration mit anderen Systemen wie Kassensystemen und Warenwirtschaftssystemen fördert eine effiziente Koordination und Prozessoptimierung.<sup>121</sup>

### 3.1.4 Diebstahlschutz

Der Diebstahlschutz avanciert in der Anwendung von intelligenten Regalsystemen zu einem relevanten Segment, das durch die Realzeitüberwachung der Produkte eine signifikante Erkennung und Prävention von Diebstählen ermöglicht. Die integrierten Sensortechnologien und Überwachungssysteme der intelligenten Regale ermöglichen eine fortlaufende Überwachung der Produktbewegungen und -positionen. Bei unautorisierten Produktentnahmen oder verdächtigen Aktivitäten können die Systeme automatisch Alarme auslösen und das Personal benachrichtigen.<sup>122</sup> Darüber hinaus können die erfassten Daten zur nachträglichen Analyse von Diebstahlereignissen und zur Entwicklung von Präventionsstrategien genutzt werden. Die Implementierung solcher intelligenten Überwachungssysteme stellt somit eine effektive Maßnahme dar, um den Schutz des Inventars zu verstärken und die damit verbundenen Verluste zu minimieren.<sup>123</sup> Insgesamt eröffnet die Funktion des Diebstahlschutzes in intelligenten Regalsystemen erweiterte Möglichkeiten zur Optimierung der Betriebsprozesse und Schutzes im Point of Sale.

<sup>119</sup> (Ahmed, Boudhir, Karaş , Jain , & Mellouli, 2022, S. 227 ff.)

<sup>120</sup> (Gläß, Künstliche Intelligenz im Handel 2 - Anwendung, 2018, S. 12 ff.)

<sup>121</sup> (MARIKE KELLERMAYR-SCHEUCHER, 2021, S. 82 f.)

<sup>122</sup> (TELLKAMP & HALLER, 2005, S. 100 ff.)

<sup>123</sup> (MARIKE KELLERMAYR-SCHEUCHER, 2021, S. 78 ff.)

### 3.1.5 Compliance und Qualitätssicherung

Abschließend wird der Anwendungsbereich von intelligenten Regalsystemen im Kontext der Compliance und Qualitätssicherung beleuchtet. Durch die fortlaufende Überwachung der Produktzustände, hinsichtlich der Haltbarkeitsdaten und Produktsicherheit, generieren intelligente Regalsysteme einen signifikanten Mehrwert.<sup>124</sup> Die integrierte Sensorik und die kontinuierliche Datenüberwachung ermöglichen eine effiziente Kontrolle der Produktqualität und Sicherheit. Beispielsweise können Produkte, deren Haltbarkeitsdatum abgelaufen ist, automatisch identifiziert und aus dem Verkauf genommen werden, um die Einhaltung von gesetzlichen und unternehmensinternen Richtlinien zu gewährleisten.<sup>125</sup>

Die konstante Überwachung der Produktbedingungen und die automatische Alarmierung bei Abweichungen tragen maßgeblich zur Einhaltung von Compliance-Anforderungen bei. Darüber hinaus unterstützen intelligente Regalsysteme die Qualitätssicherung durch die Bereitstellung von aussagekräftigen Daten, die die Rückverfolgbarkeit von Produkten und die Überprüfung von Qualitätsstandards erleichtern. Dies könnte beispielsweise eine Erfassung fehlerhafter Produkte sein oder Produkte, die durch Bakterien nicht mehr für den Konsum gedacht sind. Die automatisierte Dokumentation und Analyse der erfassten Daten ermöglichen eine effiziente Überprüfung und Berichterstattung, was zu einer verbesserten Transparenz und Kontrolle im Qualitätssicherungsprozess führt. Die Implementierung intelligenter Regalsysteme fördert somit eine proaktive Compliance- und Qualitätsmanagementstrategie, die eine kontinuierliche Überwachung und Optimierung der Produktqualität und -sicherheit ermöglicht.<sup>126</sup> Durch die intelligente Automatisierung von Kontroll- und Überwachungsprozessen wird eine effiziente und effektive Einhaltung von branchenspezifischen Regulierungen und Qualitätsstandards gewährleistet. Dies trägt zur Stärkung des Vertrauens der Kunden in die Produktsicherheit und Qualität bei und unterstützt die Einzelhändler bei der Erfüllung ihrer gesetzlichen und betrieblichen Verpflichtungen im Bereich der Compliance und Qualitätssicherung.<sup>127</sup> Durch die Integration von intelligenten Regalsystemen können Einzelhändler somit einen umfassenden Überblick über die Produktqualität und -sicherheit am Point of Sale erhalten und proaktive Maßnahmen zur Verbesserung der Compliance- und Qualitätsstandards ergreifen. Insgesamt repräsentiert der Bereich der Compliance und Qualitätssicherung eine wichtige Dimension, durch welche die intelligenten Regalsysteme einen substanziellen Beitrag zur Modernisierung und Effizienzsteigerung im Einzelhandel leisten können.<sup>128</sup>

<sup>124</sup> (Ernst, 2023)

<sup>125</sup> (Spuj, 2023)

<sup>126</sup> (Ernst, 2023)

<sup>127</sup> (MILELLA, PETITTI, MARANI, CICIRELLI, & D'ORAZIO, 2020, S. 1 f.)

<sup>128</sup> (Marika Kellermayr-Scheucher, 2021, S. 81 ff.)

## 3.2 Integration und Anpassung im Point of Sale

Die Integration intelligenter Regalsysteme in den POS stellt einige Herausforderung in den Bereichen IT-Infrastruktur und der Anpassung der Geschäftsprozesse dar. In diesem Kapitel werden die Aspekte beleuchtet, die für eine Integration von Bedeutung sind. Dabei ist wichtig zu beachten, dass sich nur durch eine Anpassung der Geschäftsprozesse und der IT-Infrastruktur das volle Potenzial der Technologie ausschöpfen lässt.<sup>129</sup>

### 3.2.1 Anforderungen an die IT-Infrastruktur

Die Einführung von intelligenten Regalsystemen setzt eine robuste und zuverlässige IT-Infrastruktur voraus, um eine effiziente Datenverarbeitung und -kommunikation zu gewährleisten. Sie bildet das Fundament für den Einsatz intelligenter Regalsysteme.<sup>130</sup>

Die folgenden Aspekte sind besonders relevant.

#### 3.2.1.1 Netzwerkinfrastruktur:

Die Netzwerkinfrastruktur bildet das Rückgrat der Kommunikation und des Datenaustauschs zwischen den intelligenten Regalsystemen, den zentralen Datenbanken und weiteren integrierten Systemen im POS. In Anbetracht der steigenden Komplexität und der dynamischen Anforderungen des modernen Einzelhandels ist eine robuste und leistungsfähige Netzwerkinfrastruktur unerlässlich, um eine effiziente und reibungslose Kommunikation zu gewährleisten. Die Netzwerkinfrastruktur muss dabei so konzipiert sein, dass sie eine hohe Bandbreite und geringe Latenzzeiten bietet, um die Echtzeitanforderungen der intelligenten Regalsysteme zu erfüllen. Insbesondere die Fähigkeit, große Datenmengen schnell und zuverlässig zu übertragen, ist von zentraler Bedeutung, um die Funktionalität und die Leistung der intelligenten Regalsysteme zu gewährleisten.<sup>131</sup> Die Netzwerksicherheit nimmt in diesem Kontext eine Rolle von höchster Priorität ein. Angesichts der sensiblen Natur der in Einzelhandelsumgebungen verarbeiteten Daten, einschließlich persönlicher Kundendaten und Geschäftsinformationen, ist die Sicherstellung der Integrität und Vertraulichkeit dieser Daten von größter Bedeutung. Hierzu gehört die Implementierung von Sicherheitsprotokollen und Standards, die den Schutz der Daten während ihrer Übertragung und Speicherung gewährleisten. Darüber hinaus müssen geeignete Authentifizierungs- und Autorisierungsmechanismen implementiert werden, um den Zugriff auf die Netzwerkinfrastruktur und die darauf gespeicherten Daten zu kontrollieren. Dies umfasst auch die Überwachung und Verwaltung des Netzwerkzugriffs sowie die regelmäßige Aktualisierung und Überprüfung der Sicherheitseinstellungen, um sich gegen potenzielle Bedrohungen und Angriffe zu schützen.<sup>132</sup> Die Implementierung einer sicheren Netzwerkinfrastruktur ist nicht nur eine technische, sondern auch eine organisatorische Herausforderung. Die Zusammenarbeit zwischen den IT-Abteilungen, den Anbietern von Netzwerklösungen und den Betreibern der

<sup>129</sup> (Acar, 2023)

<sup>130</sup> (Acar, 2023)

<sup>131</sup> (Heinemann, H. , Täuber, & Accenture GmbH, 2019, S. 330 ff.)

<sup>132</sup> (Acar, 2023)

intelligenten Regalsysteme ist erforderlich, um eine Netzwerkinfrastruktur zu schaffen, die den spezifischen Anforderungen des POS gerecht wird und gleichzeitig ein hohes Maß an Sicherheit und Zuverlässigkeit bietet. Die fortlaufende Überwachung und Optimierung der Netzwerkinfrastruktur ist dabei unerlässlich, um die Leistungsfähigkeit und Sicherheit der Netzwerkkommunikation im dynamischen und wettbewerbsintensiven Umfeld des Einzelhandels zu gewährleisten.<sup>133</sup>

### 3.2.1.2 Datenarchitektur und -speicherung:

Die effiziente Verwaltung, Speicherung und Aufarbeitung der durch intelligente Regalsysteme generierten Daten stellt eine zentrale Herausforderung im Rahmen des Einsatzes solcher Systeme im Point of Sale dar. Die durch diese Systeme erzeugten Datenmengen sind immens und können eine Vielzahl von Informationen umfassen, beispielsweise Bestandsdaten, Kundeninteraktionsdaten, Verkaufsdaten und weitere relevante Metriken. Eine durchdachte Datenarchitektur ist daher unerlässlich, um den maximalen Nutzen aus diesen Daten zu ziehen und gleichzeitig die Performance und die Reaktionsfähigkeit der Systeme zu gewährleisten.<sup>134</sup> Die Datenarchitekturstrategie sollte auf einer soliden Architektur basieren, die eine schnelle und zuverlässige Datenerfassung, -verarbeitung und -analyse ermöglicht. Es ist essenziell, eine geeignete Datenbanklösung zu wählen, die in der Lage ist, die spezifischen Anforderungen der intelligenten Regalsysteme zu erfüllen, insbesondere im Hinblick auf die Geschwindigkeit der Datenabfrage und die Skalierbarkeit der Datenlagerung.<sup>135</sup> Die Datenlagerung sollte unter Berücksichtigung von Sicherheit und Zugänglichkeit gestaltet werden. Dies impliziert die Implementierung von Sicherheitsrichtlinien und -protokollen, die den Schutz der Daten vor unbefugtem Zugriff und Datenverlust gewährleisten. Die Verschlüsselung von Daten sowohl im Ruhezustand als auch während der Übertragung ist eine grundlegende Maßnahme, um die Vertraulichkeit und Integrität der Daten zu schützen. Zugleich sollte eine sorgfältige Zugriffskontrolle und -verwaltung implementiert werden, um sicherzustellen, dass nur autorisierte Benutzer Zugriff auf die Daten haben und die Datenschutzbestimmungen eingehalten werden.<sup>136 137</sup> Die Möglichkeit, die gesammelten Daten für analytische Zwecke zu nutzen, ist ein wesentlicher Aspekt der Datenarchitektur. Hierzu gehört die Entwicklung von Datenmodellen und Analysewerkzeugen, die es ermöglichen, Erkenntnisse aus den Daten zu gewinnen und die Leistung der intelligenten Regalsysteme kontinuierlich zu optimieren. Die Integration von KI und maschinellem Lernen kann dabei helfen, die Effizienz der Bestandsverwaltung zu verbessern, die Kundenzufriedenheit zu steigern und die Geschäftsprozesse im Point of Sale insgesamt zu optimieren.<sup>138</sup>

<sup>133</sup> (Heinemann, H. , Täuber, & Accenture GmbH, 2019, S. 329 ff.)

<sup>134</sup> (Rabinovych, 2023)

<sup>135</sup> (Heinemann, H. , Täuber, & Accenture GmbH, 2019, S. 330 ff.)

<sup>136</sup> (Rabinovych, 2023)

<sup>137</sup> (Heinemann, H. , Täuber, & Accenture GmbH, 2019, S. 96 ff.)

<sup>138</sup> (Yuanyuan , van Esch, & Pratap Jain, 2022, S. 3 ff.)

### 3.2.1.3 Schnittstellen und Integration:

Die Einbindung von intelligenten Regalsystemen in die bestehende Infrastruktur des POS ist ein entscheidender Schritt zur Maximierung ihres Potenzials. Ermöglicht wird dies durch die Bereitstellung standardisierter Schnittstellen, welche eine nahtlose Integration der intelligenten Regalsysteme mit den existierenden POS-Systemen, Warenwirtschaftssystemen und anderen relevanten Technologien gewährleisten. Diese nahtlose Integration ist nicht nur für die Effizienz der Betriebsabläufe von Bedeutung, sondern auch für die Erfassung, Verwaltung und Analyse der durch die intelligenten Regalsysteme generierten Daten. In der folgenden Grafik werden die einzelnen Komponenten veranschaulicht.<sup>139</sup>

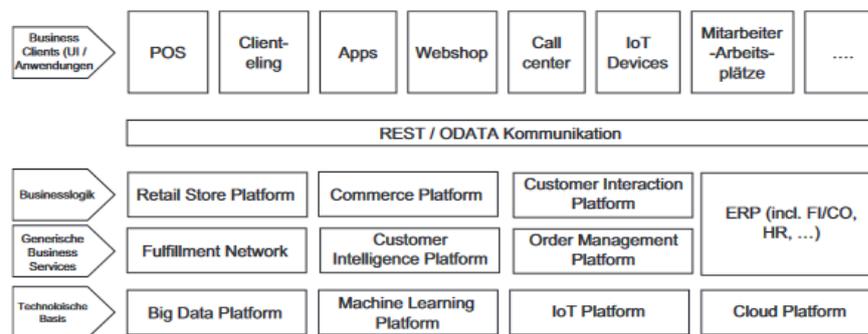


Abbildung 9: Komponenten einer integrierten Plattform im Handel (Heinemann, H., Täuber, & Accenture GmbH, 2019, S. 331)

Die standardisierten Schnittstellen erleichtern die Kommunikation zwischen den Systemen und ermöglichen einen reibungslosen Datenaustausch. Dies ist insbesondere wichtig, um eine konsistente und zeitnahe Aktualisierung von Bestandsdaten zu gewährleisten, was wiederum die Bestandsverwaltung und die Kundenbedienung verbessert. Des Weiteren können durch die Integration mit Warenwirtschaftssystemen und anderen Technologien die Bestellprozesse automatisiert und die Nachbestellungen effizient verwaltet werden. Zusätzlich bieten standardisierte Schnittstellen eine Grundlage für eine zukunftssichere Anpassung und Erweiterung. Da der Einzelhandel einem ständigen Wandel unterliegt und neue Technologien eingeführt werden, ist die Fähigkeit zur nahtlosen Integration und Anpassung von entscheidender Bedeutung, um die Langlebigkeit und Effektivität der investierten intelligenten Regalsysteme zu gewährleisten. Die Schnittstellen ermöglichen somit nicht nur eine effiziente aktuelle Integration, sondern legen auch den Grundstein für eine effektive Anpassung an zukünftige Technologie-Upgrades und Erweiterungen.<sup>140</sup> Diese Aspekte unterstreichen die Wichtigkeit von standardisierten Schnittstellen für die erfolgreiche Integration und den Betrieb von intelligenten Regalsystemen im Point of Sale, und unterstützen somit den modernen Einzelhandel in

<sup>139</sup> (Heinemann, H., Täuber, & Accenture GmbH, 2019, S. 329 ff.)

<sup>140</sup> (Heinemann, H., Täuber, & Accenture GmbH, 2019, S. 333 ff.)

seinem Bestreben, die Betriebseffizienz zu steigern und die Kundenerfahrung zu verbessern.

#### 3.2.1.4 Skalierbarkeit:

Die Skalierbarkeit der IT-Infrastruktur ist eine essenzielle Anforderung, um den dynamischen und sich stetig entwickelnden Bedürfnissen des Einzelhandels gerecht zu werden. Sie ermöglicht es, die intelligenten Regalsysteme und weitere Technologiekomponenten im Point of Sale effizient zu erweitern und anzupassen, um so mit den wachsenden Anforderungen und den Fortschritten in der Technologie Schritt zu halten.<sup>141</sup> Eine skalierbare IT-Infrastruktur ermöglicht es, die Kapazität und Performance der Systeme nach Bedarf zu erhöhen, ohne dabei signifikante Änderungen an der bestehenden Architektur vornehmen zu müssen. Dies ist insbesondere in einem Umfeld von Bedeutung, in dem die Datenmengen und die Anzahl der Endpunkte, wie beispielsweise intelligente Regale und Kassensysteme, kontinuierlich zunehmen. Die Skalierbarkeit trägt dazu bei, dass die Systeme auch bei einem Anstieg des Datenvolumens und der Nutzeranfragen reibungslos und zuverlässig funktionieren.<sup>142</sup> Zudem bietet eine skalierbare IT-Infrastruktur die Flexibilität, neue Technologien und Systemkomponenten zu integrieren, wenn sie verfügbar werden. Dies erleichtert die Implementierung von technologischen Innovationen und die Anpassung an sich ändernde betriebliche Anforderungen. Ebenso erlaubt sie eine kosteneffektive Erweiterung, da zusätzliche Ressourcen nach Bedarf hinzugefügt werden können, ohne dass eine komplette Überarbeitung der Systemarchitektur notwendig wird.<sup>143</sup> Darüber hinaus unterstützt die Skalierbarkeit der IT-Infrastruktur auch die langfristige Planung und Investition in Technologie. Durch die Möglichkeit, die Infrastruktur nach Bedarf anzupassen und zu erweitern, können Einzelhändler ihre Technologieinvestitionen optimieren und sicherstellen, dass die IT-Infrastruktur auch in Zukunft den Anforderungen des Betriebs entspricht. In Anbetracht der raschen Entwicklungen im Bereich der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens, sowie der kontinuierlichen Verbesserung der Hardware- und Software-Lösungen, ist die Skalierbarkeit ein kritischer Faktor, um den langfristigen Erfolg und die Anpassungsfähigkeit der intelligenten Regalsysteme im Point of Sale zu gewährleisten.<sup>144</sup>

#### 3.2.2 Anpassung von Geschäftsprozessen und Betriebsabläufen

Die Implementierung intelligenter Regalsysteme im Rahmen des POS stellt eine substantielle Herausforderung dar, die eine gründliche Überprüfung und Anpassung der bestehenden Geschäftsprozesse und Betriebsabläufe erfordert. Im Folgenden werden die Kernpunkte dieser Anpassungsprozesse detailliert erläutert.

<sup>141</sup> (Heinemann, H. , Täuber, & Accenture GmbH, 2019, S. 358)

<sup>142</sup> (Heinemann, H. , Täuber, & Accenture GmbH, 2019, S. 384 ff.)

<sup>143</sup> (MILELLA, PETITTI, MARANI, CICIPELLI, & D'ORAZIO, 2020, S. 9 f.)

<sup>144</sup> (Acar, 2023)

### 3.2.2.1 *Prozessoptimierung:*

Die Integration intelligenter Regalsysteme stellt eine substanzielle Ressource zur Optimierung von Geschäftsprozessen dar. Ein zentraler Vorteil liegt in der Automatisierung von Routineaufgaben wie dem Bestandsmanagement und der Preisauszeichnung. Durch die Generierung von Echtzeit-Daten und die Implementierung automatisierter Abläufe können Einzelhändler ihre Prozesseffizienz signifikant steigern, was wiederum eine Reduktion der operativen Kosten nach sich zieht. Ein spezifisches Beispiel hierfür ist die Eliminierung manueller Kontrollen für Produkte, die in falschen Regalen abgelegt wurden. Intelligente Regalsysteme können solche Abweichungen autonom identifizieren und das Personal präzise darüber informieren, wo Produkte inkorrekt platziert wurden. Dies minimiert den manuellen Aufwand und ermöglicht eine effizientere Ressourcenallokation, indem Mitarbeiter zeitnah über Fehlplatzierungen informiert werden und somit schneller darauf reagieren können.<sup>145</sup>

### 3.2.2.2 *Schulung des Personals:*

Die Schulung des Personals stellt eine wesentliche Prämisse für den erfolgreichen Einsatz intelligenter Regalsysteme dar. Um die Technologien effektiv zu nutzen und die Potenziale der intelligenten Regalsysteme vollumfänglich auszuschöpfen, bedarf es einer umfassenden Einführung und Schulung der Mitarbeiter. Dies beinhaltet nicht nur die Vermittlung technischer Kompetenzen, sondern auch ein Verständnis für die zugrundeliegenden Prozessoptimierungen und die Verbesserung des Kundenservices. Die Schulung sollte modular aufgebaut sein, um sowohl Grundkenntnisse zu vermitteln als auch spezifische Anwendungsszenarien und Problembehandlungen zu trainieren. Darüber hinaus ist es ratsam, ein kontinuierliches Lernangebot zu etablieren, das den Mitarbeitern ermöglicht, ihre Kenntnisse zu vertiefen und mit den technologischen Weiterentwicklungen Schritt zu halten. Durch eine adäquate Schulung können Mitarbeiter selbstsicher und kompetent mit den neuen Systemen umgehen, was wiederum die Akzeptanz der Technologien fördert und die operativen Vorteile der intelligenten Regalsysteme maximiert. Die Investition in die Weiterbildung des Personals ist somit ein kritischer Faktor, der die Effektivität der Implementierung intelligenter Regalsysteme maßgeblich beeinflusst und einen nachhaltigen Beitrag zur Erreichung der operativen und strategischen Ziele des Einzelhandels leistet.<sup>146</sup>

### 3.2.2.3 *Kundenkommunikation:*

Die Kundenkommunikation nimmt eine zentrale Stellung ein, wenn es um die Einführung neuer Technologien am POS geht. Die Implementierung intelligenter Regalsysteme kann die Interaktion zwischen Kunden und dem Einzelhandelsgeschäft signifikant beeinflussen. Daher ist es von essenzieller Bedeutung, eine klare und prägnante Kommunikation bezüglich der Vorteile und Funktionen der neuen Systeme zu gewährleisten. Durch Informationsmaterialien, Demonstrationen und interaktive Anleitungen können

<sup>145</sup> (Gläß, Künstliche Intelligenz im Handel 2 - Anwendung, 2018, S. 19 ff.)

<sup>146</sup> (Knoppe, Rock, & Wild, 2022, S. 55 ff.)

Kunden über die Handhabung und die Vorteile der intelligenten Regalsysteme aufgeklärt werden. Dies beinhaltet beispielsweise die Erläuterung, wie die neuen Systeme die Verfügbarkeit von Produkten verbessern, den Checkout-Prozess vereinfachen oder sogar, wie sie zur Verbesserung der allgemeinen Einkaufserfahrung beitragen können.<sup>147</sup> Eine transparente Kommunikation hilft dabei, mögliche Bedenken und Unsicherheiten der Kunden zu adressieren und fördert die Akzeptanz der neuen Technologien. Zudem bietet es eine Gelegenheit, Feedback von den Kunden zu erhalten, welches wiederum für die Optimierung der Systeme und Dienstleistungen genutzt werden kann. Durch gut konzipierte Informations- und Schulungsmaßnahmen können Einzelhändler die Vorteile der intelligenten Regalsysteme effektiv kommunizieren und somit eine positive Wahrnehmung und Akzeptanz bei den Kunden fördern. Darüber hinaus kann durch die Einbindung der Kunden in den Innovationsprozess ein Gefühl der Partizipation und Zugehörigkeit geschaffen werden, welches die Kundenbindung und die Zufriedenheit weiter steigert. In Summe ermöglicht eine klare und zielgerichtete Kundenkommunikation eine reibungslose Transition zu den neuen Technologien am POS und legt den Grundstein für eine erfolgreiche Implementierung und Nutzung der intelligenten Regalsysteme im Einzelhandel.<sup>148</sup>

#### 3.2.2.4 *Datenschutz und Compliance:*

Datenschutz und Compliance stellen zwei wesentliche Bestandteile bei der Implementierung intelligenter Regalsysteme im POS dar. Insbesondere die Verarbeitung von Kundendaten unterliegt strengen rechtlichen Rahmenbedingungen, die eine sorgfältige Anpassung der Datenschutzrichtlinien erfordern. Es ist von entscheidender Bedeutung, dass Einzelhändler die gesetzlichen Vorgaben und branchenspezifischen Normen vollständig verstehen und umsetzen. Die Anpassung von Datenschutzrichtlinien erfordert eine detaillierte Analyse der Datenerhebung, -verarbeitung und -speicherung, die durch die intelligenten Regalsysteme ermöglicht wird. Dies beinhaltet sowohl die Überprüfung der technischen Systemkonfigurationen als auch die Entwicklung klarer Prozesse und Richtlinien für den Umgang mit personenbezogenen Daten. Darüber hinaus müssen Einzelhändler sicherstellen, dass die von den intelligenten Regalsystemen erfassten und verarbeiteten Daten in Übereinstimmung mit den geltenden Datenschutzgesetzen, wie der Europäischen Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO), behandelt werden.<sup>149</sup>

Im Bereich der Compliance ist es erforderlich, dass Einzelhändler nicht nur die rechtlichen Anforderungen erfüllen, sondern auch einen Rahmen für die laufende Überwachung und Berichterstattung schaffen. Hierzu zählt beispielsweise die Implementierung von Audit-Trails, die Aufzeichnung von Datenzugriffen und -veränderungen sowie regelmäßige Überprüfungen der Systeme und Prozesse.<sup>150</sup>

<sup>147</sup> (Heinemann, H. , Täuber, & Accenture GmbH, 2019, S. 246 ff.)

<sup>148</sup> (Gronwald, 2023, S. 59 ff.)

<sup>149</sup> (Heinemann, H. , Täuber, & Accenture GmbH, 2019, S. 336 ff.)

<sup>150</sup> (Heinemann, H. , Täuber, & Accenture GmbH, 2019, S. 432 ff.)

Die Einhaltung von Compliance-Anforderungen und Datenschutzrichtlinien trägt maßgeblich zur Vertrauensbildung bei Kunden und anderen Stakeholdern bei. Sie stellt zudem eine solide Grundlage für die nachhaltige und rechtssichere Implementierung intelligenter Regalsysteme am POS dar. Durch eine proaktive und gut informierte Herangehensweise an Datenschutz und Compliance können Einzelhändler potenzielle rechtliche Risiken minimieren und gleichzeitig die Vorteile der intelligenten Regalsysteme optimal nutzen. Die sorgfältige Beachtung von Datenschutz und Compliance ist somit ein zentraler Bestandteil des Integrationsprozesses von intelligenten Regalsystemen im modernen Einzelhandel.<sup>151</sup>

### 3.3 Nachhaltigkeitsaspekte und Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks

Im nachstehenden Abschnitt wird eine eingehende Untersuchung der Nachhaltigkeitsaspekte und der Möglichkeiten zur Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks durch intelligente Regalsysteme vorgenommen. Durch eine gründliche Analyse dieser Aspekte soll ein umfassendes Verständnis der Wechselwirkungen zwischen dieser innovativen Technologie und umweltbewussten Betriebspraktiken im Einzelhandelsumfeld erlangt werden. Die Diskussion zielt darauf ab, ein holistisches Verständnis der Auswirkungen intelligenter Regalsysteme auf die Nachhaltigkeit im Einzelhandel zu erarbeiten und dadurch wertvolle Einsichten für Einzelhändler und Stakeholder in diesem Sektor zu liefern.

#### 3.3.1 Beitrag zur Reduzierung von Lebensmittelverschwendung

Der nachfolgende Abschnitt beleuchtet den Beitrag intelligenter Regalsysteme zur Reduzierung von Lebensmittelverschwendung im Einzelhandel. Durch die verbesserte Bestandsverwaltung lässt sich die Menge der Lebensmittelabfälle deutlich zu minimieren.<sup>152</sup> Durch eine kontinuierliche und effiziente Überwachung des Bestands sowie der Verfolgung von Ablaufdaten, wird eine zeitgerechte Identifikation von Produkten, die sich dem Verfallsdatum nähern, ermöglicht. Dies fördert den zügigen Abverkauf dieser Produkte, wodurch die Lebensmittelverschwendung verringert wird. Des Weiteren ermöglicht die Analyse von Echtzeitdaten, die Erkennung von Trends im Verbraucherverhalten, was wiederum den Einzelhandelsunternehmen erlaubt, ihre Bestellungen entsprechend anzupassen. Dies vermeidet Überbestellungen und die damit verbundene Lebensmittelverschwendung. Ebenfalls trägt die auf Echtzeitdaten basierende intelligente Preisgestaltung dazu bei, dynamische Preisstrategien zu entwickeln. Diese fördern den Verkauf von Produkten, die sich dem Ablaufdatum nähern, und reduzieren somit ebenfalls die Lebensmittelverschwendung.<sup>153</sup> Durch die Förderung des zügigen Abverkaufs und die Optimierung der Bestandsverwaltung, leisten intelligente Regalsysteme einen erheblichen Beitrag zur Reduzierung der Lebensmittelverschwendung. Dies wirkt sich nicht nur

<sup>151</sup> (Gronwald, 2023, S. 138 ff.)

<sup>152</sup> (Li & Wei-Hsi, 2018, S. 84 ff.)

<sup>153</sup> (Emst, 2023)

positiv auf die Rentabilität des Einzelhandels aus, sondern hat auch bedeutende positive Auswirkungen auf die Umwelt, indem es hilft, die Menge der Abfälle zu reduzieren und somit die Umweltbelastung zu verringern.<sup>154</sup> Trotz des Potenzials intelligenter Regalsysteme zur Reduzierung der Lebensmittelverschwendung äußerten sich einige Experten in Interviews kritisch zu diesem Thema. Im Mittelpunkt ihrer Bedenken stand die mögliche Umverteilung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks. Experten von Safaric Consulting und CapGemini Invent vertraten die Ansicht, dass die Reduzierung der Lebensmittelverschwendung im Einzelhandel insgesamt keine signifikante Auswirkung auf den gesamtheitlichen ökologischen Fußabdruck haben wird. Ihrer Meinung nach könnte eine Verschiebung der Verschwendung in frühere sowie spätere Stufen der Wertschöpfungskette stattfinden. Für Hersteller und Zwischenhändler würde dies bedeuten, dass Einzelhändler möglicherweise weniger Lebensmittel und Konsumgüter bestellen, was sich jedoch nur auf den Einzelhandel positiv auswirken würde. Die Produktion der Produkte und die damit verbundene Umweltbelastung würden jedoch unverändert bleiben. Hersteller könnten sich gezwungen sehen, mehr zu produzieren und die Waren zu niedrigeren Preisen anzubieten, um ihren Umsatz zu halten. Einzelhändler könnten diese niedrigeren Preise nutzen, was paradoxerweise zu einer Zunahme der Verschwendung führen könnte. Auf der Seite der Endkonsumenten könnten intelligente Regalsysteme durch fortschrittliche Analyse- und Preisgestaltungsmöglichkeiten einen Mehrkonsum anregen. Dies könnte die Umweltbelastung weiter erhöhen und das Risiko einer steigenden Lebensmittelverschwendung auf Seiten der Verbraucher bergen.<sup>155 156</sup>

### 3.3.2 Energieeffizienz und ressourcenschonende Anwendungen

Intelligente Regalsysteme (Smart Shelves) stellen eine Innovation im Einzelhandel dar, die, erheblich zur Energieeffizienz und ressourcenschonenden Anwendungen beitragen kann. Durch die Integration fortschrittlicher Sensortechnologien und Datenanalysetools können diese Systeme die Bestandsführung optimieren, indem sie Echtzeit-Informationen über die Verfügbarkeit und den Zustand der Produkte liefern. Zudem können ESL dazu beitragen, dass Papier eingespart wird und damit auch einen Beitrag zur Nachhaltigkeit darbietet.<sup>157</sup>

Die Energieeffizienz lässt sich durch die intelligenten Steuerungssysteme der Smart Shelves verbessern. Beispielsweise können integrierte Sensoren die Umgebungsbedingungen überwachen und die Beleuchtung, Heizung oder Kühlung entsprechend anpassen, um den Energieverbrauch zu minimieren. Darüber hinaus können durch die Echtzeitüberwachung des Energieverbrauchs und die Identifizierung von Bereichen mit hohem Energieverbrauch Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz ergriffen werden.<sup>158</sup> Die Implementierung von Smart Shelves kann auch die Grundlage für weitere

<sup>154</sup> (Knoppe, Rock, & Wild, 2022, S. 377 ff.)

<sup>155</sup> (Bergmann, 2023)

<sup>156</sup> (Ernst, 2023)

<sup>157</sup> (Spuj, 2023)

<sup>158</sup> (Lang, 2023, S. 242 f.)

ressourcenschonende Anwendungen schaffen. Beispielsweise können durch die Anbindung an Recycling- und Abfallmanagement-Systemen Ressourcen effizienter genutzt und Abfallströme reduziert werden.<sup>159</sup> Zusätzlich können Smart Shelves durch die Bereitstellung von Daten und Analysetools die Entwicklung und Implementierung nachhaltiger Geschäftspraktiken unterstützen. Dies umfasst die Verbesserung der Lieferketten-Transparenz, die Förderung von nachhaltigen Beschaffungspraktiken und die Unterstützung bei der Einhaltung umweltbezogener Vorschriften und Standards.<sup>160</sup> Insgesamt können intelligente Regalsysteme, durch die Verbesserung der Betriebseffizienz und die Förderung ressourcenschonender Praktiken, einen Beitrag zur Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks von Einzelhandelsunternehmen leisten. Die Einbindung dieser Technologien stellt einen proaktiven Schritt zur Förderung der Nachhaltigkeit und zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit in einer zunehmend umweltbewussten Marktlanschaft dar.<sup>161</sup>

Experten im Bereich intelligenter Regalsysteme vertreten die Ansicht, dass der Einsatz von KI-Technologien in diesen Systemen den Stromverbrauch nicht zwangsläufig reduziert, sondern möglicherweise sogar eine zusätzliche Umweltbelastung darstellen könnte. Ein wichtiger Aspekt hierbei ist der erhöhte Stromverbrauch leistungsfähigerer CPUs, die für fortgeschrittene KI-Technologien benötigt werden.<sup>162</sup> Dies führt zu der Frage, ob die durch den Einsatz von KI in intelligenten Regalsystemen erzielten Vorteile die potenziellen ökologischen Nachteile überwiegen könnten. Wenn jedoch die Energie überwiegend oder ausschließlich aus nachhaltigen Quellen bezogen wird, sind sich die Experten einig, dass keine zusätzliche Belastung für die Umwelt entsteht.<sup>163</sup>

Neben der Energieeinsparung ist auch die Ressourcenschonung ein wichtiger Aspekt. Zwar scheint fortschrittliche Sensortechnik aufgrund ihres geringeren Stromverbrauchs umweltfreundlich zu sein, doch der hohe Energiebedarf für die Rechenleistung der KI und der damit verbundene Stromverbrauch stellen ein ernstzunehmendes Umweltproblem dar. Besonders bedeutsam ist dabei der umfangreiche Ressourcenverbrauch bei der Herstellung der für KI erforderlichen Chips und Geräte, welcher aufgrund der Ressourcenknappheit und den damit einhergehenden Umweltauswirkungen als nicht nachhaltig eingestuft wird. Diese Überlegungen sind entscheidend für die Bewertung der langfristigen Umweltauswirkungen intelligenter Regalsysteme und die Entwicklung nachhaltiger Lösungen für die Zukunft des Einzelhandels.<sup>164 165</sup>

<sup>159</sup> (Alim AI & ABM , 2020, S. 43 ff.)

<sup>160</sup> (Ahmed, Boudhir, Karaş , Jain , & Mellouli, 2022, S. 224 f.)

<sup>161</sup> (Alim AI & ABM , 2020, S. 43 ff.)

<sup>162</sup> (Acar, 2023)

<sup>163</sup> (Ernst, 2023)

<sup>164</sup> (Bergmann, 2023)

<sup>165</sup> (Ernst, 2023)

### 3.4 Kundenperspektive und Einkaufsverhalten

Im nachstehenden Abschnitt erfolgt eine eingehende Untersuchung der Wahrnehmung und Akzeptanz intelligenter Regalsysteme durch Kunden. Des Weiteren wird deren Einfluss auf das Einkaufsverhalten und die Kundenzufriedenheit beleuchtet. Durch eine gründliche Analyse dieser Aspekte soll ein umfassendes Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Kunden und dieser innovativen Technologie im Einzelhandelsumfeld erlangt werden. Die Diskussion zielt darauf ab, ein holistisches Verständnis der Auswirkungen intelligenter Regalsysteme auf die Kundenerfahrung zu erarbeiten und dadurch wertvolle Einsichten für Einzelhändler und Stakeholder in diesem Sektor zu liefern.

#### 3.4.1 Menschliche Interaktion vs. Technologieeinsatz im Einzelhandel: Auswirkungen auf das Verbraucherverhalten

Die Neigung der Verbraucher, menschliche Interaktionen zu suchen, ist inhärent. Im Einklang mit diesem grundlegenden Bedürfnis nach menschlichem Austausch erwarten sie, dass Dienstleistungserfahrungen nicht nur funktional vorteilhaft, sondern auch bedeutungsvolle soziale Interaktionsmöglichkeiten sind. Eine Richtung der Forschung betrachtet Dienstleistungsbegegnungen, wie Kassenvorgänge, als soziale Interaktionen und als entscheidende Berührungspunkte auf dem Einkaufsweg eines Verbrauchers. Zahlreiche Untersuchungen haben sich damit befasst, wie Kassenvorgänge das Verbraucherverhalten beeinflussen. Im Vergleich zu früheren Arbeiten, die sich auf die Faktoren konzentrierten, die das Verbraucherverhalten beim Anstehen an der Kasse beeinflussen, vergleicht diese Arbeit verschiedene Kassentypen und untersucht ihre Auswirkungen. Die menschlichen Erfahrungen und die damit verbundenen erlebnisorientierten Werte, die durch den Einsatz unterschiedlicher Technologien ersetzt werden, könnten daher einen unbeabsichtigten und möglicherweise gemischten Einfluss auf die Wahrnehmungen und Bewertungen der Verbraucher haben.<sup>166</sup>

Der Bedarf an menschlichen Interaktionen erklärt weitgehend die Widerstandsfähigkeit der Verbraucher gegenüber Technologien in Dienstleistungsaustauschen, ein Phänomen, das als „high-touch, low-tech“ bezeichnet wird. Die Nutzung von Technologie hat beispielsweise nur dann positive Auswirkungen auf die Bewertungen der Verbraucher von Dienstleistungen, wenn zu Beginn keine Beziehungspflege zwischen menschlichen Mitarbeitern und Verbrauchern besteht. Andernfalls dient die Technologie als Puffer, der die Verbraucher von ihren Interaktionen mit menschlichen Dienstleistungsmitarbeitern abhält und folglich keine positive Wirkung hat.<sup>167</sup>

Unter Selbstbedienungskassen versteht man die Anwendung von Technologien, die es den Verbrauchern ermöglichen, den Kassiervorgang selbstständig durchzuführen (z. B. Produkte scannen, Zahlungen tätigen und Verpackungen vornehmen) ohne mit den Service-Mitarbeitern interagieren zu müssen. Umfassende Forschungen zu Selbstbedienungstechnologien (SSTs), einschließlich Selbstbedienungskassen, belegen die

<sup>166</sup> (Yuanyuan , van Esch, & Pratap Jain, 2022, S. 9 f.)

<sup>167</sup> (Yuanyuan , van Esch, & Pratap Jain, 2022, S. 10 f.)

Auffassung, dass, wie bei jeder anderen Technologie, individuelle Unterschiede in der technologischen Bereitschaft der Verbraucher eine entscheidende Rolle bei der Annahme von Selbstbedienungskassen spielen.<sup>168</sup> Diese individuellen Unterschiede beziehen sich auf Rollenklarheit, Motivation und Fähigkeit. Beispielsweise beeinflusst die mangelnde Klarheit der Verbraucher hinsichtlich ihrer Rollen in Dienstleistungsbegegnungen ihre Wahrscheinlichkeit von Versuchen und Annahme negativ.<sup>169</sup> Neben diesen individuellen Faktoren zeigen Untersuchungen weiterhin, dass die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit und Nützlichkeit der Verbraucher ihre Annahmeabsichten und -verhalten erheblich vorhersagen. Trotz der Vorteile von Selbstbedienungskassen und ihrer Verbreitung ermöglichen sie nicht unbedingt ein völlig problemloses Einkaufserlebnis für Verbraucher. Verbraucher müssen Produkte an der Selbstbedienungskasse scannen, gegebenenfalls einen Assistenten um Hilfe bitten, die Zahlung vornehmen und die Artikel selbst verpacken.<sup>170</sup>

Es gibt kaum empirische Forschungen, die KI-aktivierte Kassen und ihre Auswirkungen untersuchen. Ursprünglich entwickelt, um ein Just-walk-out-Einkaufserlebnis zu simulieren, liegt ein offensichtlicher Vorteil von KI-aktiven Kassen in ihrer funktionalen Effizienz, da sie eine größere Zeitersparnis und Bequemlichkeit ermöglichen. Verbraucher werden von den Zeit- und Mühen des Wartens in einer Schlange und sogar des Scannens ihrer Produkte beim Auschecken befreit.<sup>171</sup> In einigen von KI ermöglichten Einstellungen müssen sie lediglich ihre mobilen Anwendungen mit ihrem Konto verbinden und das Produkt scannen, während sie es in ihren Korb legen, oder einfach mit dem Produkt aus dem Geschäft gehen. Darüber hinaus können KI-aktivierte Kassen ein nahtloseres und störungsfreies Einkaufserlebnis fördern, was angeblich ein höheres Kontrollgefühl vermittelt und ein reibungsloseres Erlebnis bietet.<sup>172</sup> Mit der raschen Einführung von technologiegestützten Dienstleistungsschnittstellen durch Unternehmen haben Verbraucher begonnen, sich an eine stärker technologiegetriebene Einzelhandelsumgebung anzupassen. Ihre Bedürfnisse und Erwartungen in solchen Dienstleistungsbegegnungen haben begonnen, sich zu entwickeln. Mit der Eröffnung des ersten KI-aktiven Geschäfts im Jahr 2020 durch Amazon haben Unternehmen nachgezogen und weltweit massiv in KI-aktiven Einzelhandel investiert.<sup>173</sup> Angesichts des disruptiven Wachstums der KI im Marketing und ihrer potenziellen Auswirkungen auf den Einzelhandel ist es unerlässlich, die nachgelagerte psychologische Wirkung von KI-aktiven Kassen auf die Verbraucher zu untersuchen. Dennoch sind empirische Untersuchungen in diesem Bereich selten.

<sup>168</sup> (Knoppe, Rock, & Wild, 2022, S. 89 ff.)

<sup>169</sup> (Spuj, 2023)

<sup>170</sup> (Yuanyuan, van Esch, & Pratap Jain, 2022, S. 9 ff.)

<sup>171</sup> (Bergmann, 2023)

<sup>172</sup> (Kramer, 2023)

<sup>173</sup> (Lebensmittelzeitung, 2022)

### 3.4.2 Wahrnehmung und Akzeptanz von intelligenten Regalsystemen durch Kunden

Die Wahrnehmung und Akzeptanz intelligenter Regalsysteme durch Kunden ist ein zentraler Faktor für den Integrationserfolg dieser Technologie im Einzelhandel. Die Qualität der Benutzerfreundlichkeit bestimmt über die Bereitschaft der Kunden, sich mit den neuen Systemen auseinanderzusetzen und diese zu nutzen. Eine intuitive und leicht verständliche Bedienoberfläche kann hierbei maßgeblich dazu beitragen, Hürden und Ängste bei den Kunden abzubauen.<sup>174</sup> Des Weiteren ist der wahrgenommene Nutzen von entscheidender Bedeutung. Kunden müssen den Mehrwert, den diese Technologie bietet, klar erkennen und verstehen, um eine positive Einstellung und Akzeptanz zu entwickeln. Kundenvorteile wären beispielsweise das Wegfallen der Warteschlangen oder des Bezahlvorgangs durch das Just-Walk-Out-Konzept. Hierbei sind klare und verständliche Informationen über die Vorteile und Möglichkeiten, die diese Systeme bieten, von großer Bedeutung.<sup>175</sup> Die Kundenakzeptanz in den Rewe Pick&Go-Läden war jedoch durchwegs positiv, was auf eine Erkenntnis des Nutzens hinweist. Als Grund für die positive Einstellung wurde der Nutzen der Zeitersparnis hervorgehoben. Hinzu kamen auch Antworten von Technikbegeisterung zu Tage. Diese kurzen Feedbacks von Kunden, die im Rahmen der Feldforschung eingeholt wurden, geben insgesamt sehr positive Resonanz der Kunden bezüglich der Technologie wieder.<sup>176</sup> Ein weiterer Faktor, der die Akzeptanz indirekt beeinflusst, ist die bereits genannte Reduktion der Out-of-Stock-Quote. Die Reduktion dieser Quote führt zu einer höheren Verfügbarkeit von Produkten, was den Kunden vor der negativen Erfahrung bewahrt, sein Produkt nicht kaufen zu können. Dies wirkt präventiv dem Verlust der Kundenzufriedenheit entgegen.<sup>177</sup>

Ein weiterer wichtiger Faktor, der die Akzeptanz und Wahrnehmung beeinflusst, sind Datenschutzbedenken. In einer Zeit, in der Datenschutz und Datensicherheit von zentraler Bedeutung sind, können Bedenken hinsichtlich der Sicherheit und des Schutzes persönlicher Informationen ein bedeutendes Risiko für die Akzeptanz darstellen. Es ist daher von entscheidender Bedeutung, dass Einzelhändler robuste Datenschutzmaßnahmen implementieren und transparent über diese Maßnahmen informieren, um das Vertrauen der Kunden zu gewinnen und zu erhalten.<sup>178</sup>

Die Einzelhändler sind somit gefordert, sowohl die Benutzerfreundlichkeit als auch den Datenschutz sowie die Informationsvermittlung über den Nutzen der intelligenten Regalsysteme zu berücksichtigen und zu optimieren.

<sup>174</sup> (Heinemann, H. , Täuber, & Accenture GmbH, 2019, S. 337 f.)

<sup>175</sup> (Yuanyuan , van Esch, & Pratap Jain, 2022, S. 1 ff.)

<sup>176</sup> (Kramer, 2023)

<sup>177</sup> (Marika Kellermayr-Scheucher, 2021, S. 1 ff.)

<sup>178</sup> (Knoppe, Rock, & Wild, 2022, S. 87 ff.)

### 3.4.3 Einfluss auf das Einkaufsverhalten und Kundenzufriedenheit

Durch die Bereitstellung von Echtzeit-Informationen und die Möglichkeit zur Interaktion können Smart Shelves ein reichhaltigeres Einkaufserlebnis bieten. Die Kunden können schnell die gewünschten Produkte finden und erhalten zusätzliche Informationen oder Empfehlungen, was zu einer verbesserten Einkaufserfahrung führen kann. Darüber hinaus können durch die Automatisierung von Bestandsmanagement und Preisauszeichnung Frustrationen aufgrund ausverkaufter Produkte oder falscher Preise reduziert werden.<sup>179</sup> Die Kundenzufriedenheit kann auch durch die verbesserte Effizienz und die reduzierten Wartezeiten, die durch intelligente Regalsysteme ermöglicht werden, erhöht werden. Die Sammlung von Kundenfeedback durch integrierte Feedbacksysteme kann Einzelhändlern auch helfen, das Einkaufserlebnis weiter zu verbessern. Bei Rewe Pick&Go war während der Beobachtung zu erkennen, dass circa 20-30% der Einkäufer das System zum aktuellen Zeitpunkt nutzten. Dabei war zu erkennen, dass die Einkäufer kleine bis mittelgroße Einkäufe erledigten. Die Anzahl an Produkten umfasste hierbei einige wenige bis 5 Artikel oder einen Einkauf, der in eine kleine Tragetasche passte.<sup>180</sup> Die Beobachtungen in Verbindung mit den Aussagen von Alexander Safaric lassen erkennen, dass bei den Kleineinkäufern der Nutzen der wegfallenden Warteschlange im Vordergrund stand. Es könnten die Kunden sein, die noch einmal zum Laden müssen, weil sie was vergessen haben und dafür nicht noch extra anstehen wollen.<sup>181</sup> Die Möglichkeit, die diese Märkte dem Kunden damit im Convenience-Bereich bieten, wird ein tragender Faktor in der Entscheidung für den Supermarkt sein. Ein weiterer Aspekt ist das dynamische Pricing. Die dynamische Preisgestaltung, gestützt durch Echtzeitdaten, ermöglicht eine flexible Anpassung der Preise an aktuelle Marktbedingungen, beispielsweise an die Nachfrage oder das Angebot.<sup>182</sup> Dies könnte das Einkaufsverhalten insofern beeinflussen, als dass Kunden möglicherweise schneller kaufen, um von niedrigeren Preisen zu profitieren, oder alternative Produkte in Erwägung ziehen, wenn die Preise steigen. Durch diese Art der Preisgestaltung können Einzelhändler auf Marktveränderungen reagieren und ihre Preisstrategien optimieren, was wiederum die Kundenzufriedenheit und die Umsätze positiv beeinflussen kann.<sup>183</sup> Die erhöhte Interaktivität und das verbesserte Einkaufserlebnis durch intelligente Regalsysteme sowohl die Verkaufszahlen als auch die Kundenzufriedenheit positiv beeinflussen.

<sup>179</sup> (MARIKE KELLERMAYR-SCHUCHER, 2021, S. 1 ff.)

<sup>180</sup> (KRAMER, 2023)

<sup>181</sup> (SAFARIC, 2023)

<sup>182</sup> (KNOPPE, ROCK, & WILD, 2022, S. 36 f.)

<sup>183</sup> (SAFARIC, 2023)

## 4 Potenziale, Herausforderungen und Perspektiven

In dem nachfolgenden Abschnitt wird eine umfassende Betrachtung der Potenziale, Herausforderungen und Zukunftsaussichten, die intelligente Regalsysteme mit sich bringen, vorgenommen. Durch eine eingehende Analyse dieser Aspekte soll ein tieferes Verständnis der Tragweite und der möglichen Auswirkungen dieser innovativen Technologie auf den Einzelhandelssektor erlangt werden. Die Diskussion umfasst nicht nur die unmittelbaren Vorteile und Hürden, sondern wirft auch einen Blick auf die langfristige Evolution und die möglichen Schnittstellen mit anderen aufstrebenden Technologien. So wird ein holistisches Bild der dynamischen Landschaft, in die sich intelligente Regalsysteme einfügen, gezeichnet. Bei diesem Kapitel ist zu beachten, dass aufgrund der Aktualität des Themas wenig fachliterarische Quellen zur Verfügung standen. Daher sind viele Aussagen auf Experteninterviews gestützt.

### 4.1 Aktuelle Herausforderungen

Die Integration von Smart Shelf-Technologie in den Einzelhandel ist ein innovatives Unterfangen, das das Potenzial hat, den Sektor grundlegend zu verändern.<sup>184</sup> Allerdings geht sie mit einer Reihe von Herausforderungen einher, die sowohl technischer als auch organisatorischer Natur sind.<sup>185</sup> In diesem Kapitel werden die aktuellen Herausforderungen, denen sich Einzelhändler bei der Implementierung von Smart Shelves gegenübersehen, detailliert untersucht.

#### 4.1.1 Mangel an Digitalisierung in Läden

Die Herausforderung der mangelnden Digitalisierung in Einzelhandelsgeschäften stellt ein wesentliches Hindernis bei der Integration von Smart Shelves dar. Viele Läden sind bisher kaum technologisch ausgestattet, was einen großen Nachholbedarf an digitalen Lösungen offenbart. Um Smart Shelves effektiv einsetzen zu können, müssen zunächst grundlegende digitale Strukturen und Systeme etabliert werden. Dies beinhaltet nicht nur die physische Installation von smarterer Technologie wie Sensoren und digitalen Anzeigesystemen, sondern auch die Schaffung einer IT-Infrastruktur, die eine reibungslose und effiziente Datenverarbeitung ermöglicht. Die erfolgreiche Implementierung von Smart Shelves setzt also voraus, dass Geschäfte in die Digitalisierung investieren und eine solide Basis für den Einsatz dieser innovativen Technologie schaffen.<sup>186</sup>

#### 4.1.2 Price-to-Performance

Im Kontext der Einführung von Smart Shelf-Technologie in den Einzelhandel spielt der Price-to-Performance-Ansatz eine entscheidende Rolle. Dieser Ansatz betont, dass eine halbherzige Implementierung der Technologie oder das Auslassen kritischer Komponenten wie Kameras oder Sensoren aus Kostengründen kontraproduktiv ist. Der wahre

<sup>184</sup> (Ahmed, Boudhir, Karas , Jain , & Mellouli, 2022, S. 223)

<sup>185</sup> (Rabinovych, 2023)

<sup>186</sup> (Acar, 2023)

Nutzen und die Effizienz von Smart Shelves kommen erst vollständig zum Tragen, wenn sich ein Unternehmen vollkommen auf die Implementierung einlässt.<sup>187</sup>

Eine solche umfassende Einführung erfordert nicht nur die Installation der notwendigen Hardware, sondern auch tiefgreifende Anpassungen in der bestehenden IT-Infrastruktur und eine Überarbeitung der Geschäftsprozesse. Dies bedeutet, dass die Technologie nicht nur physisch in den Läden präsent sein muss, sondern auch nahtlos in die digitalen Systeme des Unternehmens integriert werden sollte. Hierzu gehört die Einbindung in Warenwirtschaftssysteme, die Anpassung von Lagerhaltungsprozessen und die Schulung der Mitarbeiter im Umgang mit der neuen Technologie.<sup>188 189</sup>

Die Herausforderung besteht darin, ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den Kosten für die Einführung und dem daraus resultierenden Nutzen zu finden.<sup>190</sup> Eine unvollständige oder mangelhafte Umsetzung könnte die Effizienz und Funktionalität der Smart Shelf-Technologie erheblich einschränken und somit die Investitionen nicht rechtfertigen. Daher ist es entscheidend, dass Unternehmen eine gründliche Kosten-Nutzen-Analyse durchführen und eine strategische Planung für die Einführung und Integration der Smart Shelf-Technologie entwickeln.<sup>191</sup>

#### **4.1.3 Wartung**

Die Implementierung und der Betrieb von KI in Smart Shelf-Systemen bringen bedeutende Kosten- und Wartungsaspekte mit sich. Einer der zentralen Punkte ist die Prozessierung durch KI, die sowohl zeit- als auch kostenintensiv sein kann. Diese Herausforderung manifestiert sich nicht nur in den initialen Hardwarekosten, die für die Einrichtung leistungsfähiger KI-Systeme erforderlich sind, sondern auch in den laufenden Betriebskosten, die durch den erhöhten Stromverbrauch dieser Systeme entstehen.<sup>192</sup> Darüber hinaus erfordert der Einsatz von KI-Technologien eine kontinuierliche Wartung und Überwachung, um eine optimale Leistung zu gewährleisten und Probleme wie Overfitting zu vermeiden. Regelmäßige Überprüfungen und Anpassungen der KI-Modelle sind daher unerlässlich, um ihre Genauigkeit und Effizienz aufrechtzuerhalten.<sup>193</sup>

Diese fortlaufende Wartung und Anpassung führen zu weiteren Kosten, sowohl in finanzieller Hinsicht als auch hinsichtlich des Zeitaufwands für qualifiziertes Personal, das mit der Überwachung und Optimierung der KI-Systeme betraut ist.<sup>194</sup> Unternehmen müssen diese Faktoren bei der Budgetplanung für die Implementierung von Smart Shelf-

<sup>187</sup> (Ernst, 2023)

<sup>188</sup> (Bergmann, 2023)

<sup>189</sup> (Knoppe, Rock, & Wild, 2022, S. 387 f.)

<sup>190</sup> (Bergmann, 2023)

<sup>191</sup> (Acar, 2023)

<sup>192</sup> (Acar, 2023)

<sup>193</sup> (Acar, 2023)

<sup>194</sup> (Acar, 2023)

Technologien berücksichtigen und entsprechende Ressourcen für die Wartung und Weiterentwicklung der KI-Systeme einplanen.<sup>195</sup>

#### 4.1.4 Abwägung von Kosten und Nutzen

Die Abwägung von Kosten und Nutzen ist ein wesentlicher Aspekt bei der Entscheidung zur Implementierung von Smart Shelf-Technologien, insbesondere für kleinere Einzelhandelsgeschäfte. Die Kosten für die Einführung solcher Systeme können beträchtlich sein, oft erreichen sie sogar Millionenhöhe. Diese Ausgaben umfassen nicht nur die direkten Kosten für die Smart Shelf-Hardware und die zugehörige Software, sondern auch die Ausgaben für die Integration dieser Technologien in die bestehende IT-Infrastruktur.<sup>196</sup>

Neben diesen initialen Investitionen müssen Einzelhändler auch die Kosten für den Umbau ihrer Filialen in Betracht ziehen. Die Installation von Smart Shelves erfordert häufig umfangreiche Änderungen am Ladendesign und an der physischen Anordnung, was zusätzliche finanzielle Belastungen mit sich bringt. Während dieser Umbauphase kann es außerdem zu Betriebsunterbrechungen kommen, die zu entgangenem Gewinn führen. Dies ist besonders problematisch für kleinere Läden, deren Betriebsbudgets oft begrenzt sind.<sup>197</sup> Nur durch eine solche sorgfältige Überlegung und Planung können kleinere Läden sicherstellen, dass ihre Investition in Smart Shelves sowohl finanziell tragbar als auch langfristig vorteilhaft ist.<sup>198</sup>

#### 4.1.5 Sicherheitsbedenken und Datenschutz

Bei der Implementierung von Smart Shelf-Technologien sind Sicherheitsbedenken und Datenschutzaspekte von großer Bedeutung. Ein zentrales Element in dieser Diskussion ist die Einhaltung der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO), die für Unternehmen im europäischen Raum verbindlich ist. Die DSGVO setzt strenge Richtlinien für die Verarbeitung personenbezogener Daten, was eine erhebliche Herausforderung für diejenigen darstellt, die Smart Shelf-Systeme mit KI-Integration planen.<sup>199</sup>

Die Verwendung von Sensoren und Kameras in Smart Shelves kann sensible Daten erfassen, was eine sorgfältige Handhabung und Speicherung dieser Informationen erfordert.<sup>200</sup> Unternehmen müssen sicherstellen, dass alle gesammelten Daten im Einklang mit den DSGVO-Vorgaben verarbeitet werden. Dies umfasst die Einholung von Einwilligungen, die transparente Kommunikation über die Datennutzung und die Implementierung von Sicherheitsmaßnahmen zum Schutz der Daten. Angesichts der sich ständig weiterentwickelnden Datenschutzlandschaft und der Erwartung strengerer Auflagen in der Zukunft zögern einige Unternehmen, in KI-basierte Smart Shelf-

<sup>195</sup> (Bergmann, 2023)

<sup>196</sup> (Acar, 2023)

<sup>197</sup> (Bergmann, 2023)

<sup>198</sup> (Acar, 2023)

<sup>199</sup> (Rabinovych, 2023)

<sup>200</sup> (Ahmed, Boudhir, Karaş , Jain , & Mellouli, 2022, S. 232 f.)

Technologien zu investieren. Die Befürchtung, dass zukünftige rechtliche Entscheidungen umfangreiche Anpassungen des Systems erfordern könnten, führt zu einer gewissen Zurückhaltung. Unternehmen möchten vermeiden, in Technologien zu investieren, die möglicherweise nicht mit neuen Datenschutzrichtlinien konform sind und daher umfangreiche und kostspielige Überarbeitungen notwendig machen würden.<sup>201</sup>

Diese Unsicherheit erfordert eine vorsichtige Herangehensweise bei der Implementierung von KI-gestützten Smart Shelves. Unternehmen müssen die aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen genau verstehen und gleichzeitig flexibel genug bleiben, um auf zukünftige Änderungen in der Datenschutzgesetzgebung reagieren zu können. Dies beinhaltet eine enge Zusammenarbeit mit Rechtsexperten und Datenschutzbeauftragten, um sicherzustellen, dass alle Systeme konform sind und bleiben. Somit ist die Berücksichtigung von Datenschutz und Sicherheit nicht nur eine rechtliche Verpflichtung, sondern auch ein entscheidender Faktor für die langfristige Durchführbarkeit und Akzeptanz von Smart Shelf-Technologien im Einzelhandel.<sup>202</sup>

#### 4.2 Aktuelle Trends und Forschungsansätze in der Technologie

Wie neben den bereits genannten Vorteilen, beleuchtet diese Arbeit in diesem Teil besondere Trends. Ein besonderer Forschungsansatz ist die Implementierung des Natural Language Processing (NLP). Durch NLP können Smart Shelves Kundenfeedback durch die Aufnahme von Gesprächen mit Mikrofonen an den Regalen analysieren, was Einblicke in Kundenpräferenzen und -erfahrungen ermöglicht. Darüber hinaus können durch NLP interaktive Schnittstellen entwickelt werden, die in der Lage sind, Kundenanfragen in Echtzeit zu beantworten oder individualisierte Produktempfehlungen zu geben. Die daraus resultierende Verbesserung der Kundenerfahrung kann ein signifikanter Wettbewerbsvorteil im modernen Einzelhandel sein.<sup>203</sup>

Bio-basierte Sensoren stellen eine nachhaltige Erweiterung der Funktionalität der RFID-Tags von Smart Shelves dar, insbesondere im Bereich der Verpackung und Produktüberwachung im Einzelhandel. Aktuell wird daran geforscht, das benötigte Hartplastik für diese Tags aus Algen herzustellen.<sup>204</sup> Durch ihre Integration in Smart Shelves können sie kontinuierlich die Qualität und Frische der Produkte überwachen, indem sie chemische oder biologische Veränderungen erkennen. Eine nachhaltige und preiswerte Herstellung dieser biobasierten Sensoren und RFID-Tags würden das Konzept der Labels hin zu einem Single-Unit-Tracking verändern. Das Start-up IsItFresh? arbeitet an diesem Konzept. Dadurch würden die bereits genannten Vorteile im Bereich Compliance und Qualitätssicherung nachverfolgbarer auf die einzelnen Produkteinheiten ermöglicht werden.<sup>205</sup> Diese Echtzeitdaten können direkt an die Einzelhandelssysteme weitergeleitet

<sup>201</sup> (Acar, 2023)

<sup>202</sup> (Acar, 2023)

<sup>203</sup> (Aravindhar & Sheriff, 2022, S. 185 ff.)

<sup>204</sup> (Emst, 2023)

<sup>205</sup> (Emst, 2023)

werden, was den Einzelhändlern ermöglicht, proaktiv auf potenzielle Qualitätsprobleme zu reagieren, die Lagerbedingungen zu optimieren und die Produktrotation effizient zu gestalten, um Verluste zu minimieren. Des Weiteren können Kunden durch interaktive Displays am Regal über die Qualität und Frische der Produkte informiert werden, was die Kundenzufriedenheit und das Vertrauen in die Produktqualität erhöht. Die Nachhaltigkeit der bio-basierten Sensoren, die aus biologisch abbaubaren Materialien hergestellt werden können, unterstützt zusätzlich die Umweltverträglichkeits- und Nachhaltigkeitsziele des Einzelhandels. Die Kombination von bio-basierten Sensoren mit Smart Shelves fördert zudem die Einhaltung von Lebensmittelsicherheitsvorschriften und anderen Compliance-Anforderungen, indem sie eine lückenlose Überwachung und Dokumentation der Produktzustände ermöglichen.<sup>206</sup> Mit der Weiterentwicklung und Integration dieser Sensortechnologie in Smart Shelves können Einzelhändler von verbesserten Betriebsabläufen und einer gesteigerten Kundenzufriedenheit profitieren, und zugleich einen Beitrag zur Umweltverträglichkeit leisten.

Die Nutzung der 3D-Drucktechnologie kann erheblich zur Weiterentwicklung von Smart Shelves beitragen. Sie ermöglicht die schnelle Prototypenentwicklung und Anpassung von Regalkomponenten oder ganzen Regalsystemen, zugeschnitten auf spezielle Einzelhandelsumgebungen oder Produktabmessungen. Durch den 3D-Druck können Einzelhändler die Herstellungskosten senken, die mit traditionellen Produktionsmethoden verbunden sind.<sup>207</sup> Es kann auch die Integration von intelligenten Technologien direkt in die Regalsysteme erleichtern, beispielsweise durch das Einbetten von Sensoren oder elektronischen Komponenten in die Regale während des Druckprozesses. Zudem ermöglicht der 3D-Druck die Nutzung fortschrittlicher Materialien mit spezifischen Eigenschaften, was bei der Erstellung intelligenter Regallösungen nützlich sein kann. Darüber hinaus kann die Technologie zur Nachhaltigkeit beitragen, indem umweltfreundliche Materialien verwendet und Materialabfälle minimiert werden. Im Hinblick auf die Lieferkette kann der 3D-Druck diese verkürzen, indem die lokale Produktion von Regalsystemen oder Komponenten ermöglicht wird, was die Reaktionsfähigkeit auf Marktanforderungen verbessert. Schließlich können Einzelhändler Ersatzteile nach Bedarf drucken für alle beschädigten oder fehlerhaften Komponenten der intelligenten Regale, wodurch die Ausfallzeiten reduziert und ein kontinuierlicher Betrieb gewährleistet wird.<sup>208</sup>

Die Integration der Blockchain-Technologie in intelligente Regalsysteme kann eine verbesserte Nachverfolgbarkeit der Lieferkette und Authentizitätssicherung ermöglichen. Durch die dezentrale und unveränderliche Struktur der Blockchain können alle Transaktionen und Bewegungen von Produkten sicher und transparent aufgezeichnet werden. Dies erhöht die Transparenz erheblich und hilft, Fälschungen zu reduzieren, da jede Transaktion im System nachverfolgt und verifiziert werden kann. So entsteht eine vertrauenswürdige Umgebung, die die Authentizität der Produkte garantieren und den

<sup>206</sup> (Rodrigues, Souza, Coelho, & Fernando, 2021, S. 1 ff.)

<sup>207</sup> (Spuj, 2023)

<sup>208</sup> (Spuj, 2023)

Einzelhändlern helfen kann, die Echtheit ihrer Waren effizient zu überwachen und zu verifizieren.<sup>209</sup> Darüber hinaus lassen sich durch Blockchain-Transaktionen Strom einsparen, die sowohl einen ökonomischen als auch ökologischen Vorteil bieten.<sup>210</sup>

Reinforcement Learning (RL) bietet einen robusten Ansatz zur Optimierung dynamischer Preisstrategien und Bestandsverwaltung im Kontext intelligenter Regalsysteme. Durch den Einsatz von RL können diese Systeme adaptives Verhalten auf Basis von Rückmeldungen aus der Umgebung entwickeln. In einem solchen Szenario können intelligente Regalsysteme lernen, optimale Entscheidungen bezüglich Preisgestaltung und Nachbestellungen in Echtzeit zu treffen, um die Verkaufserlöse zu maximieren und die Betriebseffizienz zu steigern.<sup>211</sup> Die kontinuierliche Interaktion mit der Umgebung und die anschließende Anpassung der Strategien führen zu einer Verbesserung der Systemleistung über die Zeit, was wiederum die Rentabilität und Effizienz des Einzelhandelsgeschäfts positiv beeinflusst.<sup>212</sup>

Die Integration von Virtual Reality (VR) in intelligente Regalsysteme könnte eine neuartige Dimension des Einkaufserlebnisses schaffen. Durch VR-Brillen könnten Kunden beispielsweise virtuelle Produktpräsentationen erleben oder durch digitale Ladenlayouts navigieren, bevor sie eine Kaufentscheidung treffen. Des Weiteren könnte VR den Kunden ermöglichen, Produkte in einer virtuellen Umgebung zu testen, was insbesondere bei Möbeln oder Dekorationsartikeln nützlich sein könnte. Für den Einzelhandel könnte VR auch Schulungs- und Simulationszwecke für das Personal erfüllen, um den Umgang mit neuen Systemen oder Prozessen zu erleichtern.<sup>213</sup>

Die Integration autonomer Roboter in intelligente Regalsysteme könnte die Effizienz und Kundenzufriedenheit im Einzelhandel verbessern. Roboter könnten beispielsweise für das Auffüllen der Regale, die Inventur, oder die Reinigung des Geschäfts eingesetzt werden. Darüber hinaus könnten sie als mobile Informationspunkte dienen, um Kunden bei der Produktsuche zu unterstützen oder Fragen zu beantworten. Durch ihre kontinuierliche Präsenz im Geschäft könnten Roboter auch wertvolle Daten über Kundenbindung sammeln.<sup>214</sup>

Die aufgeführten Potenziale verdeutlichen das breite Spektrum an Möglichkeiten, die die Integration von KI in Smart Shelves bietet. Die kontinuierliche Forschung und Entwicklung in diesem Bereich lässt eine progressive Verbesserung und Erweiterung der Funktionalitäten und Anwendungsbereiche von intelligenten Regalsystemen erwarten, was den Einzelhandel nachhaltig prägen und revolutionieren könnte. Dabei ist während der Forschungsarbeit aufgefallen, dass die „Smart Shelf“-Technologie weniger das Konzept

<sup>209</sup> (Alzoubi, Al Kurdi, Akour, & Alshurideh, 2022, S. 1 ff.)

<sup>210</sup> (Acar, 2023)

<sup>211</sup> (Fanuc, 2018)

<sup>212</sup> (Marika Kellermayr-Scheucher, 2021, S. 78 ff.)

<sup>213</sup> (Knoppe, Rock, & Wild, 2022, S. 69 ff.)

<sup>214</sup> (Gläß, Künstliche Intelligenz im Handel 2 - Anwendung, 2018, S. 24 f.)

zur Technologischen Disruption darstellt, sondern viel mehr das Fundament für solche Technologien sind, die den Markt und die Gesellschaft nachhaltig verändern können.<sup>215</sup>

### 4.3 Prognose für die nächsten 5-10 Jahre

In den nächsten 5-10 Jahren ist eine deutliche Weiterentwicklung und Verbreitung der Technologie intelligenter Regalsysteme zu erwarten.<sup>216</sup> Eine Studie von MarketsAndMarkets geht dabei von einer jährlichen Wachstumsrate von 22.4% aus. Diese Zahl bezieht sich auf den globalen Markt und sieht ein absolutes Marktwachstum von 3 Milliarden zu 8,3 Milliarden USD vor. Erwähnenswert dabei bleibt, dass laut Studie Europa am meisten von diesem Wachstum profitieren wird.<sup>217</sup>

Europa hatte 2022 den größten Marktanteil im globalen Markt für elektronische Smart Shelves und wird voraussichtlich auch im Prognosezeitraum seine Dominanz fortsetzen. Das Wachstum in dieser Region ist hauptsächlich auf die Präsenz von Schlüsselakteuren wie SES Imagotag, Pricer, Cicor und Opticon Sensors zurückzuführen. Eine hohe Durchdringung von ESL im regionalen Einzelhandel, insbesondere in Ländern wie Frankreich, Italien, Belgien, Deutschland und anderen Ländern in Zentraleuropa, wird erwartet, dass die Branche im Prognosezeitraum eine CAGR von rund 23,4% erzielt. Verschiedene Faktoren wie die Notwendigkeit fortgeschrittener und schneller Einzelhandelsprozesse und eine hoch interaktive Einzelhandelsumgebung in Europa tragen zum Wachstum des Marktes für elektronische Smart Shelves in der Region bei. In Österreich wurden drei Bäckereien von Merkur Hypermarkets mit Smart Shelf-Technologie von der Rewe Group ausgestattet. Dieses Smart Shelf-System nutzt KI, um gesammelte Daten auszuwerten und ein präzise Produktpreise dynamisch anzupassen.<sup>218</sup> Auf diese Weise nimmt der lokale Markt die Smart Shelf-Technologie an und treibt den gesamten Markt für Smart Shelves in Europa voran.<sup>219</sup>

Im Bereich der Hardware wird erwartet, dass ESLs im Prognosezeitraum eine höhere Wachstumsrate aufweisen. Elektronische Regaletiketten sind elektronische Geräte, die automatisch Produktinformationen und Preise in Einzelhandelsgeschäften anzeigen. Sie sind kleine drahtlose Anzeigesysteme, die in der Lage sind, traditionelle Papierpreissysteme in Einzelhandelsgeschäften zu ersetzen.<sup>220</sup> ESL bietet Etiketten für normale Regale, Frischwarenbereiche, Gefriertruhen und Kühlschränke sowie für Bereiche, die größere Anzeigen benötigen, wie Obst und Gemüse. Traditionell wurden ESL-Lösungen als Alternative zu manuellen Etikettierungsprozessen im Einzelhandel betrachtet. Diese Lösungen ermöglichen es Unternehmen, Arbeitskosten zu senken und Preisfehler zu beseitigen. Sie haben den zusätzlichen Vorteil, dass sie den Verkauf und die Margen

<sup>215</sup> (Ernst, 2023)

<sup>216</sup> (Ahmed, Boudhir, Karaş , Jain , & Mellouli, 2022, S. 224)

<sup>217</sup> (MarketsAndMarkets, 2022)

<sup>218</sup> (REWE Group, 2023)

<sup>219</sup> (MarketsAndMarkets, 2022)

<sup>220</sup> (Spuj, 2023)

verbessern, indem sie es einfacher machen, Preise in Reaktion auf Wettbewerber und Lieferantenpreisänderungen anzupassen. Das ESL-System besteht aus einzelnen elektronischen Regaletiketten, die von einer drahtlosen Kommunikationsinfrastruktur und Software unterstützt werden. Zum Beispiel aktualisiert ein Kommunikationsnetzwerk, entweder zentralisiert oder manuell betrieben, automatisch den überarbeiteten Preis eines ausgestellten Artikels.<sup>221</sup>

Die Fortschritte in den Bereichen Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen dürften zudem die Fähigkeiten von Smart Shelves erheblich erweitern, insbesondere in den Bereichen Anomalieerkennung, Bestandsmanagement und Kundeninteraktion. Mit steigender Verbraucherakzeptanz und verbesserten Datenschutzmaßnahmen könnte die Technologie breiter akzeptiert werden.<sup>222</sup> Darüber hinaus könnte die Integration von Augmented Reality, Virtual Reality und Roboter-Technologie das Einkaufserlebnis weiter transformieren und die Betriebseffizienz verbessern.<sup>223</sup> Einzelhändler könnten durch die Sammlung und Analyse von Verbraucherdaten personalisierte Einkaufserlebnisse schaffen, die die Kundenzufriedenheit und -bindung erhöhen. Zudem könnten neue Partnerschaften zwischen Technologieanbietern und Einzelhändlern entstehen, um maßgeschneiderte Lösungen für spezifische Marktbedürfnisse zu entwickeln. Datenschutz und Compliance dürften an Bedeutung gewinnen, insbesondere in Bezug auf die Verarbeitung von Kundendaten durch intelligente Regalsysteme. Smart Shelves könnten Einzelhändler dabei unterstützen, Nachhaltigkeitsziele zu erreichen, beispielsweise durch die Reduzierung von Abfall und die Verbesserung der Energieeffizienz. Mit dem globalen Wettbewerb könnte es zu einer raschen Weiterentwicklung der Technologie kommen, was den Markt für intelligente Regalsysteme dynamisch und wettbewerbsintensiv machen dürfte. Somit könnten die intelligenten Regalsysteme ein integraler Bestandteil des modernen Einzelhandels werden und sowohl die Betriebseffizienz erhöhen als auch die Kundenzufriedenheit verbessern.<sup>224</sup>

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Integration von Smart Shelf-Technologie in den Einzelhandel eine umwälzende Entwicklung darstellt, die nicht nur erhebliche Potenziale, sondern auch diverse Herausforderungen und weitreichende Perspektiven mit sich bringt. Die detaillierte Analyse hat ein umfassendes Bild der aktuellen Herausforderungen wie mangelnde Digitalisierung in Läden, Price-to-Performance-Überlegungen, Wartungsanforderungen, Kosten-Nutzen-Abwägungen und Datenschutzbedenken aufgezeigt. Diese Faktoren spielen eine entscheidende Rolle für Einzelhändler bei der Entscheidung über die Implementierung dieser Technologie.

Darüber hinaus zeichnen aktuelle Trends und Forschungsansätze in der Smart Shelf-Technologie ein vielversprechendes Bild für die Zukunft. Die Einbindung von Natural Language Processing, bio-basierten Sensoren, 3D-Drucktechnologie, leistungsfähigere

<sup>221</sup> (MarketsAndMarkets, 2022)

<sup>222</sup> (MILELLA, PETITTI, MARANI, CICIRELLI, & D'ORAZIO, 2020, S. 19353 ff.)

<sup>223</sup> (Ernst, 2023)

<sup>224</sup> (Marieke Kellermayr-Scheucher, 2021, S. 78 ff.)

CPUs, Blockchain und Reinforcement Learning sowie die Integration von Virtual Reality und autonomen Robotern zeigen das breite Spektrum der Entwicklungsmöglichkeiten auf. Diese innovativen Ansätze versprechen, das Einkaufserlebnis zu revolutionieren und die Betriebseffizienz im Einzelhandel zu verbessern.<sup>225 226</sup>

Die Prognose für die nächsten 5-10 Jahre deutet auf eine rasante Weiterentwicklung und zunehmende Verbreitung intelligenter Regalsysteme hin, mit besonderem Fokus auf den europäischen Markt. Fortschritte in Künstlicher Intelligenz, Maschinellem Lernen sowie die Integration von Augmented und Virtual Reality werden die Fähigkeiten von Smart Shelves erweitern und zu einer höheren Marktakzeptanz führen.<sup>227</sup> Datenschutz und Compliance werden weiterhin eine wichtige Rolle spielen, ebenso wie die Bemühungen der Einzelhändler, Nachhaltigkeitsziele zu erreichen.<sup>228</sup>

Abschließend lässt sich sagen, dass Smart Shelf-Technologie eine transformative Kraft im Einzelhandel darstellt, die sowohl Herausforderungen als auch enorme Chancen bietet. Ihre kontinuierliche Entwicklung und Integration wird den Einzelhandelssektor nachhaltig prägen und revolutionieren, wobei sie das Fundament für Technologien bildet, die den Markt und die Gesellschaft nachhaltig verändern können. Die Zukunft der Smart Shelf-Technologie im Einzelhandel sieht vielversprechend aus, mit einer erwarteten deutlichen Weiterentwicklung und Verbreitung in den nächsten 5-10 Jahren. Laut der Studie von MarketsAndMarkets ist mit einer jährlichen Wachstumsrate von 22,4% zu rechnen, was ein Marktwachstum von 3 Milliarden auf 8,3 Milliarden USD bedeutet. Europa, das 2022 den größten Marktanteil hielt, wird voraussichtlich weiterhin führend in diesem Bereich sein, getrieben durch die Präsenz von Schlüsselakteuren und eine hohe Durchdringung von ESLs.

Die Prognose deutet darauf hin, dass ESLs im Prognosezeitraum eine bedeutende Rolle spielen werden. Sie bieten nicht nur eine Alternative zu manuellen Etikettierungsprozessen, sondern tragen auch zur Verbesserung des Verkaufs und der Margen bei. Die Fortschritte in KI und maschinellem Lernen werden voraussichtlich die Fähigkeiten von Smart Shelves in Bereichen wie Anomalieerkennung, Bestandsmanagement und Kundeninteraktion erweitern. Zudem wird erwartet, dass die Integration von Technologien wie Augmented Reality, Virtual Reality und Robotik das Einkaufserlebnis weiter transformieren und die Betriebseffizienz verbessern wird.

Die Sammlung und Analyse von Verbraucherdaten könnten personalisierte Einkaufserlebnisse ermöglichen, die Kundenzufriedenheit und -bindung erhöhen. Neue Partnerschaften zwischen Technologieanbietern und Einzelhändlern werden wahrscheinlich maßgeschneiderte Lösungen für spezifische Marktbedürfnisse entwickeln. Datenschutz und Compliance werden weiterhin eine wichtige Rolle spielen, vor allem in Bezug auf die Verarbeitung von Kundendaten durch intelligente Regalsysteme. Diese Technologien

<sup>225</sup> (Spuj, 2023)

<sup>226</sup> (Acar, 2023)

<sup>227</sup> (Emst, 2023)

<sup>228</sup> (MarketsAndMarkets, 2022)

könnten auch dazu beitragen, Nachhaltigkeitsziele zu erreichen, indem sie Abfall reduzieren und die Energieeffizienz verbessern.

#### 4.4 Weiterführender Forschungsbedarf

Der weitere Forschungsbedarf im Bereich der intelligenten Regalsysteme konzentriert sich primär auf drei wesentliche Aspekte. Zunächst sind empirische Studien notwendig, um den ökonomischen Mehrwert und die ökologischen Auswirkungen dieser Technologie zu quantifizieren. Dies ist essenziell, um fundierte Aussagen über die tatsächlichen Vorteile von Smart Shelves treffen zu können. Langzeitbeobachtungen sind erforderlich, um die nachhaltigen Effekte intelligenter Regalsysteme auf das Kundenverhalten und die Betriebseffizienz im Einzelhandel zu erfassen. Vergleichsanalysen zwischen Einzelhandelsumgebungen mit und ohne den Einsatz von Smart Shelves sind von großer Bedeutung, um ein differenzierteres Verständnis der tatsächlichen Auswirkungen dieser Technologie zu erlangen.

## 5 Fazit und Limitation

### 5.1 Limitation der Arbeit

In diesem Kapitel werden die Limitationen der vorliegenden Arbeit dargelegt. Eine zentrale Einschränkung ergibt sich aus der Neuartigkeit des Untersuchungsfeldes. Die Technologie der Smart Shelves befindet sich noch in einem frühen Entwicklungsstadium. Daher gibt es nur eine begrenzte Menge an Fachliteratur und aktuellen wissenschaftlichen Untersuchungen. Ein Großteil der Erkenntnisse und Ableitungen basiert auf Marktreports und Experteninterviews. Diese Quellen unterliegen gewissen Einschränkungen. Viele der Marktreports sind kostenpflichtig oder nur für Mitglieder bestimmter Fachverbände zugänglich. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass diese Arbeit aufgrund der begrenzten Ressourcen und des Rahmens einer studentischen Forschung nicht in der Lage ist, konkrete Zahlen zum ökonomischen Mehrwert oder zum Beitrag der Technologie zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks und anderer ökologischer Auswirkungen zu quantifizieren oder zu überprüfen. Diese Faktoren bleiben daher größtenteils spekulativ und basieren auf allgemeinen Annahmen und Informationen aus Interviews und vorhandenen Quellen. Die Organisation und Suche nach Experten stellten eine Herausforderung dar. Aufgrund des Nischencharakters des Forschungsfeldes waren passende Experten nicht leicht zu identifizieren und zu kontaktieren. Es entstand ein erheblicher Zeitaufwand. Diese Limitationen müssen bei der Interpretation der Ergebnisse und Schlussfolgerungen dieser Arbeit berücksichtigt werden.

### 5.2 Fazit

Intelligente Regalsysteme stellen eine signifikante Innovation im Bestandsmanagement des Einzelhandels dar. Durch die Echtzeit-Überwachung des Bestands ermöglichen sie es, dynamisch jede Produktbewegung zu erfassen, bieten sofortige Bestandsupdates und automatisieren Nachbestellungen, um Out-of-Stock-Situationen effektiv zu vermeiden. Diese Systeme liefern durch fortgeschrittene Datenanalyse wertvolle Einblicke in Verkaufstrends und Kundenverhalten, was die Optimierung von Marketingstrategien und Produktplatzierungen unterstützt. Sie fördern einen effizienten, kundenorientierten Betriebsablauf und sind entscheidend für die operative Exzellenz und die Steigerung der Kundenzufriedenheit. Im Bereich der Kundenerfahrung bieten intelligente Regalsysteme durch interaktive Displays umfassende Produktinformationen und personalisierte Angebote, die den Kunden ein vertieftes Verständnis und eine ansprechende visuelle Darstellung der Produkte bieten. Zusätzliche Funktionen wie Indoor-Navigationssysteme und Produktlokalisierung unterstützen Kunden beim schnellen Auffinden spezifischer Artikel, wodurch eine effiziente, informierte und angenehme Einkaufsumgebung geschaffen wird, die den Point of Sale modernisiert. Intelligente Regalsysteme nutzen weiterhin Datenanalyse und Predictive Analytics, um Verkaufstrends und Kundenpräferenzen zu identifizieren. Sie ermöglichen personalisierte Marketingstrategien und Verkaufsförderungsmaßnahmen, die auf individuellem Kundenverhalten basieren. Diese Technologien tragen zur Optimierung der Verkaufsstrategien bei, verbessern die Verkaufseffizienz und

Kundenbindung und integrieren sich nahtlos in bestehende Systeme für eine effiziente Koordination und Prozessoptimierung. In Bezug auf Sicherheit bieten intelligente Regalsysteme effektiven Diebstahlschutz durch Echtzeitüberwachung der Produktbewegungen und -positionen. Ausgestattet mit Sensortechnologien und Überwachungssystemen, die bei unautorisierten Entnahmen oder verdächtigen Aktivitäten Alarme auslösen, tragen sie zur Stärkung der Sicherheit des Inventars bei und minimieren Verluste. Sie unterstützen zudem die Analyse von Diebstahlereignissen und die Entwicklung von Präventionsstrategien. Im Bereich der Compliance und Qualitätssicherung leisten intelligente Regalsysteme einen wesentlichen Beitrag, indem sie die Einhaltung von gesetzlichen und internen Richtlinien gewährleisten. Die kontinuierliche Überwachung von Produktzuständen, insbesondere im Hinblick auf Haltbarkeitsdaten und Produktsicherheit, unterstützt eine effiziente Qualitätssicherung und Compliance-Überwachung. Sie stärken das Kundenvertrauen und unterstützen Einzelhändler bei der Erfüllung ihrer Verpflichtungen hinsichtlich Produktqualität und -sicherheit. Zusammenfassend sind intelligente Regalsysteme im Einzelhandel ein entscheidender Faktor für die Transformation des Bestandsmanagements und die Verbesserung der Kundenerfahrung. Sie ermöglichen eine effiziente, kundenorientierte Betriebsführung, verbessern die operative Effizienz und tragen zur Stärkung der Kundenzufriedenheit bei. Dadurch stellen intelligente Regalsysteme einen konkreten ökonomischen Mehrwert dar.

Die Integration intelligenter Regalsysteme in den POS im Einzelhandel setzt eine robuste Netzwerkinfrastruktur voraus, die für die effiziente Kommunikation und den Datenaustausch zwischen verschiedenen Systemen, Datenbanken und POS-Systemen entscheidend ist. Die Bedeutung einer hohen Bandbreite und geringen Latenz für Echtzeit-Anforderungen sowie robuster Sicherheitsmaßnahmen zum Schutz sensibler Daten kann nicht unterschätzt werden. Die Zusammenarbeit zwischen IT-Abteilungen, Netzwerkanbietern und Systembetreibern ist essenziell, um eine leistungsfähige und sichere Netzwerkinfrastruktur zu gewährleisten, deren kontinuierliche Überwachung und Optimierung für die Sicherung von Leistung und Sicherheit im Einzelhandelsumfeld unerlässlich ist. Die effiziente Verwaltung und Speicherung der von intelligenten Regalsystemen generierten Daten ist ein weiterer kritischer Aspekt für ihren erfolgreichen Einsatz am POS. Eine solide Datenarchitekturstrategie, die schnelle Datenerfassung, -verarbeitung und -analyse ermöglicht, ist unerlässlich, ebenso wie eine geeignete Datenbanklösung, die spezifische Anforderungen in Bezug auf Abfragegeschwindigkeit und Skalierbarkeit erfüllt. Strenge Sicherheitsmaßnahmen sind erforderlich, um die Daten vor unbefugtem Zugriff zu schützen. Die Skalierbarkeit der IT-Infrastruktur ist entscheidend für die Anpassungsfähigkeit und zukünftige Erweiterung der Systeme, um sie ansteigende Datenmengen und Nutzeranforderungen anzupassen, ohne grundlegende Änderungen an der bestehenden Architektur vornehmen zu müssen. Diese Flexibilität ist notwendig, um die Integration neuer Technologien zu erleichtern und langfristige Investitionsplanungen zu unterstützen. Darüber hinaus ermöglichen intelligente Regalsysteme am POS eine signifikante Optimierung der Geschäftsprozesse durch Automatisierung von Routineaufgaben wie Bestandsmanagement und Preisauszeichnung, was zu einer verbesserten

Prozesseffizienz und reduzierten Betriebskosten führt. Die Schulung des Personals ist für den erfolgreichen Einsatz dieser Systeme entscheidend und sollte sowohl technische Fähigkeiten als auch das Verständnis für Prozessoptimierungen und Kundenservice-Verbesserungen umfassen. Effektive Kundenkommunikation ist ebenfalls entscheidend für die Einführung intelligenter Regalsysteme. Sie hilft, Kunden über Funktionen und Vorteile der Systeme aufzuklären und fördert deren Akzeptanz und Feedback, was für eine erfolgreiche Implementierung und Nutzung der Technologie am POS wesentlich ist. Abschließend erfordert die Implementierung intelligenter Regalsysteme im Einzelhandel eine sorgfältige Anpassung an Datenschutz- und Compliance-Richtlinien. Einzelhändler müssen die rechtlichen Anforderungen vollständig verstehen und umsetzen, um rechtliche Risiken zu minimieren und eine rechtssichere Implementierung der Systeme zu unterstützen.

Die Ergebnisse der Forschung intelligenter Regalsysteme im Einzelhandel ergab, dass das Potenzial, die Lebensmittelverschwendung signifikant zu reduzieren, fraglich sind. Durch eine effizientere Bestandsverwaltung und präzise Überwachung von Verfallsdaten ermöglichen diese Systeme den schnelleren Verkauf von Produkten, die ihrem Ablaufdatum nahekommen. Dies trägt zur Vermeidung von Überbestellungen und der damit verbundenen Lebensmittelverschwendung bei, indem die Bestellung an das tatsächliche Verbraucherverhalten angepasst wird. Jedoch gibt es Bedenken hinsichtlich der ökologischen Gesamtbilanz dieser Systeme. Experten warnen, dass die Reduzierung der Lebensmittelverschwendung durch intelligente Regalsysteme möglicherweise lediglich zu einer Umverteilung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks führen könnte, ohne den gesamten ökologischen Fußabdruck signifikant zu beeinflussen. Eine solche Verschiebung der Verschwendung könnte in anderen Bereichen der Wertschöpfungskette auftreten und somit die Gesamtbilanz in Bezug auf Nachhaltigkeit beeinträchtigen. Des Weiteren können intelligente Regalsysteme zur Energieeffizienz und Ressourcenschonung im Einzelhandel beitragen. Sie unterstützen energieeffiziente Steuerungssysteme und ermöglichen durch verbesserte Datenanalyse und Sensortechnik eine Reduzierung des Ressourcenverbrauchs. Allerdings ist zu beachten, dass der gesteigerte Energiebedarf für KI-Technologien zu einer zusätzlichen Umweltbelastung führen könnte. Daher sind langfristig nachhaltige Energielösungen entscheidend, um die Umweltauswirkungen dieser Systeme zu bewerten und zu optimieren. Zudem ist die Herstellung der benötigten Komponenten für intelligente Regalsysteme ebenfalls mit viel Energie und wertvollen Rohstoffen verbunden, was insgesamt nicht für eine nachhaltige Lösung spricht. Es bleibt zu beobachten, wie sich der Einsatz zum Bau der Komponenten wie den RFID-Chips und den Kamerasystemen durch nachhaltige Rohstoffe entwickelt. Insgesamt bieten intelligente Regalsysteme im Einzelhandel sowohl Chancen als auch Herausforderungen in Bezug auf Nachhaltigkeit. Während sie effektive Werkzeuge zur Reduzierung von Lebensmittelverschwendung darstellen, ist eine ganzheitliche Betrachtung ihrer ökologischen Auswirkungen notwendig, um ihre Nachhaltigkeit zu gewährleisten und potenzielle negative Effekte zu minimieren.

Die Kundenperspektive auf intelligente Regalsysteme im Einzelhandel ist von einer Balance zwischen dem Wunsch nach menschlicher Interaktion und der Akzeptanz technologiegestützter Dienstleistungen geprägt. Während ein Teil der Verbraucher den menschlichen Kontakt im Einkaufserlebnis bevorzugt, passen sich andere zunehmend an technologiebasierte Einkaufserlebnisse an. Die Einführung von KI-gesteuerten Kassensystemen, die ein schnelleres und effizienteres Einkaufen ermöglichen, wird generell als Potenzialträger für eine Verbesserung des Einkaufserlebnisses angesehen. Es fehlt jedoch an umfassenden empirischen Studien, die die psychologischen Auswirkungen solcher Systeme auf die Kundenreaktionen untersuchen. Intelligente Regalsysteme haben einen signifikanten Einfluss auf das Einkaufsverhalten und die Kundenzufriedenheit. Sie verbessern das Einkaufserlebnis durch die Bereitstellung von Echtzeit-Informationen und Interaktionsmöglichkeiten. Kunden profitieren von einem schnelleren und effizienteren Einkauf, indem sie Produkte leichter finden und relevante Empfehlungen erhalten. Die Automatisierung von Bestandsmanagement und Preisauszeichnung reduziert Frustrationen durch ausverkaufte Produkte oder Preisinkonsistenzen. Beobachtungen, wie bei Rewe Pick&Go, zeigen, dass insbesondere Kunden mit kleineren Einkäufen die Vorteile intelligenter Regalsysteme nutzen, um Zeit zu sparen und Warteschlangen zu vermeiden. Dieses Maß an Bequemlichkeit kann ein entscheidender Faktor für die Wahl eines bestimmten Supermarktes sein. Dynamisches Pricing beeinflusst ebenfalls das Einkaufsverhalten, indem es Kunden dazu anregt, aufgrund von Preisänderungen schnell zu kaufen oder Alternativen in Betracht zu ziehen. Diese Preisflexibilität ermöglicht es Einzelhändlern, auf Marktveränderungen zu reagieren und ihre Preisstrategien zu optimieren, was wiederum die Kundenzufriedenheit und den Umsatz steigern kann. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass intelligente Regalsysteme eine zentrale Rolle bei der Steigerung der Verkaufszahlen und der Kundenzufriedenheit spielen, indem sie ein verbessertes und effizienteres Einkaufserlebnis bieten. Sie repräsentieren einen wichtigen Schritt in der Evolution des Einzelhandels, wobei die Balance zwischen Technologie und menschlicher Interaktion für den Erfolg entscheidend ist.

Im vierten Abschnitt der Arbeit, der sich mit den Potenzialen, Herausforderungen und Perspektiven intelligenter Regalsysteme befasst, wird deutlich, dass diese Technologie sowohl erhebliche Chancen als auch spezifische Herausforderungen für den Einzelhandelssektor bietet. Diese Systeme bergen das Potenzial, die Kundenerfahrung wesentlich zu verbessern und die Effizienz im Einzelhandel zu steigern. Sie ermöglichen eine dynamische Interaktion mit Kunden, bieten Echtzeit-Informationen über Produkte und erlauben es Einzelhändlern, personalisierte Einkaufserlebnisse zu schaffen und gleichzeitig ihre Betriebsabläufe zu optimieren. Jedoch stehen Einzelhändler auch vor signifikanten Herausforderungen, insbesondere bei der Digitalisierung und Integration dieser Technologie in bestehende Strukturen. Viele Geschäfte haben noch nicht die erforderliche technologische Infrastruktur, was die Implementierung von Smart Shelves erschwert. Diese Herausforderungen beinhalten nicht nur die physische Installation von Sensoren und digitalen Anzeigesystemen, sondern auch die Entwicklung einer leistungsfähigen IT-Infrastruktur zur effizienten Datenverarbeitung. Die langfristigen

Perspektiven und die Evolution dieser Technologie sind vielversprechend, insbesondere angesichts der Integration mit anderen aufstrebenden Technologien wie IoT-Geräten, KI-Anwendungen und digitalen Innovationen. Diese können die Funktionalität und Effektivität von Smart Shelves weiter verbessern und neue Möglichkeiten im Einzelhandel eröffnen. Für eine erfolgreiche Integration dieser Technologien ist eine strategische Herangehensweise erforderlich. Dies umfasst eine gründliche Kosten-Nutzen-Analyse und eine sorgfältige Planung, um sicherzustellen, dass die Investitionen sowohl finanziell tragbar als auch langfristig vorteilhaft sind. Die Integration fortschrittlicher Technologien wie Natural Language Processing, bio-basierte Sensoren, 3D-Drucktechnologie, Blockchain, Reinforcement Learning und Virtual Reality bietet neue Dimensionen für die Optimierung der Verkaufsstrategien und Steigerung der Kundenzufriedenheit. Diese Integration kann zu einer revolutionären Veränderung im Einzelhandel führen. Zusammenfassend bieten intelligente Regalsysteme erhebliche Möglichkeiten zur Verbesserung der Kundenerfahrung und betrieblichen Effizienz im Einzelhandel, erfordern jedoch eine sorgfältige Abwägung von Kosten, Nutzen, Sicherheit und Datenschutz. Ihre erfolgreiche Integration hängt von strategischer Planung und der Fähigkeit ab, sich an neue Technologien und Markttrends anzupassen, um den Einzelhandelssektor grundlegend zu verändern.

## Literaturverzeichnis

- Basha, S., Dubey, S. R., Pulabaigari, V., & Mukherjee, S. (2020). Impact of fully connected layers on performance of convolutional neural networks for image classification. *Neurocomputing*, 8.
- Acar, T. (24. 10 2023). (M. Kramer, Interviewer)
- Adeoti, O., & Osotimehin, K. (2012). Adoption of Point of Sale Terminals in Nigeria: Assessment of Consumers™ Level of Satisfaction. *Research Journal of Finance and Accounting*, 3(1), 6. Abgerufen am 14. 08 2023 von <https://core.ac.uk/download/234629239.pdf>
- Aggarwal, C. C. (2018). *Titel:Neural Networks and Deep Learning*. New York: Springer.
- Ahmed, M. B., Boudhir, A. A., Karaş , İ. R., Jain , V., & Mellouli, S. (2022). *Innovations in Smart Cities Applications Volume 5*. Cham: Springer.
- Alim Al , A. A., & ABM , A. (2020). Artificial Intelligence and Machine Learning in Waste Management and Recycling. *Engineering International*, 43-52.
- Alzoubi, H. M., Al Kurdi, B., Akour, I., & Alshurideh, M. T. (2022). The effect of blockchain and smart inventory system on supply chain performance: Empirical evidence from retail industry. *Uncertain Supply Chain Management*, 6.
- Aravindhar , J. D., & Sheriff, M. M. (2022). *NLP-Oriented Voice-Based Order Picking System in a Warehouse Management: A Systematic Review*. Singapore: Springer.
- Bauer, F., Selzer, S., & Bretsch, P. (2023). Datenanalysemethoden zur Erhöhung der Erklärbarkeit und Optimierung von Machine Learning Modellen. *RET.Con* (S. 137). Ilmenau: Technische Universität Ilmenau.
- Bergmann, U. (23. 11 2023). (M. Kramer, Interviewer)
- Bikash , S., & Dipti , M. P. (2019). A comprehensive survey on computer vision based approaches for automatic identification of products in retail store. *Image and Vision Computing*, 45-63.
- Challita, U., Mingzhe , C., Saad, W., Yin, C., & Mérouane, D. (2017). Machine Learning for Wireless Networks with Artificial Intelligence: A Tutorial on Neural Networks. *ResearchGate*, 98.
- de Boer, H., Merklinger, D., & Last, S. (2022). *Beobachten im fachdidaktischen Kontext*. Wiesbaden: Springer VS Wiesbaden.
- El-Sheimy, N., & Li, Y. (2021). Indoor navigation: state of the art and future trends. *Satellite ANavigation*, 23.
- Ernst, M. (3. 11 2023). (M. Kramer, Interviewer)

- EU Parlament. (29. 03 2021). *Aktuelle - EU Parlament*. Abgerufen am 14. 08 2023 von Homepage des EU Parlaments:  
<https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20200827STO85804/was-ist-kunstliche-intelligenz-und-wie-wird-sie-genutzt>
- Fanuc. (16. 4 2018). *FANUC's new AI functions utilizing machine learning and deep learning*. Von Fanuc:  
<https://www.fanuc.co.jp/en/profile/pr/newsrelease/2018/notice20180529.html>  
abgerufen
- GARDNER, M. W., & DORLING, S. R. (1998). *ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS (THE MULTILAYER PERCEPTRON)—A REVIEW OF APPLICATIONS IN THE ATMOSPHERIC SCIENCES*. Norwich: Elsevier Science Ltd.
- Gläß, R. (2018). *Künstliche Intelligenz im Handel 1 - Überblick*. Wiesbaden: Springer Vieweg Wiesbaden. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-658-23803-2>
- Gläß, R. (2018). *Künstliche Intelligenz im Handel 2 - Anwendung*. Wiesbaden: Springer Vieweg Wiesbaden. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-658-23926-8>
- Gronwald, K.-D. (2023). *Globale Kommunikation und Kollaboration*. Wiesbaden: Springer-Verlag.
- Hannemann, P. (19. 03 2023). *ChatGPT in Zahlen: So stellt die KI gerade einen Rekord auf*. Abgerufen am 14. 08 2023 von Chip:  
[https://www.chip.de/news/ChatGPT-in-Zahlen-So-stellt-die-KI-gerade-einen-Rekord-auf\\_184689605.html](https://www.chip.de/news/ChatGPT-in-Zahlen-So-stellt-die-KI-gerade-einen-Rekord-auf_184689605.html)
- Heik, D., Bahrpeyma, F., & Reichelt, D. (2023). Anwendung von Reinforcement Learning in industriellen cyberphysischen Systemen. *19. AALE-Konferenz* (S. 10). Luxemburg: Fakultät Informatik/Mathematik, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden.
- Heinemann, G., H., G. M., Täuber, T., & Accenture GmbH. (2019). *Handel mit Mehrwert*. Mönchengladbach: Springer.
- Kenning, P., Kollmann, T., Hennig, A., & Schneider, W. (19. 02 2018). *Definition POS*. Abgerufen am 14. 08 2023 von Gabler Wirtschaftslexikon:  
<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/point-sale-pos-46867/version-270141>
- Knoppe, M., Rock, S., & Wild, M. (2022). *Der zukünftige Handel - Neue online und offline Konzepte sowie digitale und KI-basierte Lösungen*. München: Springer Gabler Wiesbaden. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-658-36218-8>
- Kramer, M. (2023). *Beobachtungsprotokoll für REWE Pick&Go*. Köln: Marcel Kramer.
- Lamnek, S., & Krell, C. (2016). *Qualitative Sozialforschung*. Weinheim: Beltz Verlag.
- Lang, V. (2023). *Digitale Kompetenz*. Berlin: Springer.

- Lebensmittelzeitung. (2022). Just Walk Out Stores: Easy Going ist im Kommen. *Lebensmittelzeitung*, 3.
- Li, E. Y., & Wei-Hsi, F. H. (2018). The Amazon Go Concept: Implications, Applications, and Sustainability. *Journal of Business and Management*, 79-92.
- Marike Kellermayr-Scheucher, L. H. (2021). Digitalization at the Point-of-Sale in Grocery Retail - State of the Art of Smart Shelf Technology and Application Scenarios. Steyr: University of Applied Sciences Upper Austria, School of Business & Management. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.11.075>.
- MarketsAndMarkets. (2022). *Smart Shelves Market*. New York: MarketsAndMarkets.
- Mayring, P. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse*. Weinheim Basel: Beltz Verlagsgruppe.
- MILELLA, A., PETITTI, A., MARANI, R., CICIRELLI, G., & D'ORAZIO, T. (2020). Towards Intelligent Retail: Automated On-Shelf Availability Estimation Using a Depth Camera. *Institute of Intelligent Industrial Systems and Technologies for Advanced Manufacturing* (S. 11). Bari: National Research Council.
- Prof. Dr. Gouthier, M., Nennstiel, C., Kern, N., & Groß, S. (2022). Easygoing Shopping: Customer Acceptance of the 'Just Walk Out' Technology in the German Retail Market. *Marketing Review St. Gallen*, S. 45.
- Rabinovych, L. (2. 12 2023). (M. Kramer, Interviewer)
- Rainsberger, L. (2021). *KI – die neue Intelligenz im Vertrieb* (1. Ausg.). Eichgraben, Österreich: Springer-Verlag. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-658-31773-7>
- REWE Group. (15. 12 2023). *REWE-Group-at*. Von REWE-Group News: <https://rewe-group.at/de/newsroom/2021/01/merkur-setzt-weitere-massnahme-gegen-lebensmittelverschwendung-abgerufen>
- Rodrigues, C., Souza, V. G., Coelho, I., & Fernando, A. L. (2021). Bio-Based Sensors for Smart Food Packaging—Current Applications and Future Trends. *Sensors*, 23.
- Russel, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence, Global Edition: A modern approach*. Pearson Deutschland. Abgerufen am 14. 8 2023 von <https://elibrary.pearson.de/book/99.150005/9781292401171>
- Safaric, A. (20. 06 2023). Fragebogen zum Einsatz von KI im LEH. (M. Kramer, Interviewer)
- Säfken, B., Silbersdorff, A., & Weisser, C. (2020). *Learning Deep: Perspectives on Deep Learning Algorithms and Artificial Intelligence*. Göttingen: Universitätsdrucke Göttingen.
- Schreiber, S. (23. 09 2023). *Experten fordern Pause bei KI-Entwicklung*. Von Tagesschau: <https://www.tagesschau.de/wissen/musk-tech-pause-ki-entwicklung-101.html> abgerufen

- Silver, D., & Hassabis, D. (18. 10 2018). *Deepmind AlphaGo Zero: Starting from Scratch*. Von Google Deepmind: <https://www.deepmind.com/blog/alphago-zero-starting-from-scratch> abgerufen
- Souvik, P., Atrayee , C., & Digbijay , G. (2019). STUDY OF SMART INVENTORY MANAGEMENT SYSTEM BASED ON THE INTERNET OF THINGS (IOT) IJRTBTSMART INVENTORY MANAGEMENT SYSTEM . *International Journal on Recent Trends in Business and Tourism*, 27-34.
- Spuj, A. v. (23. 10 2023). (M. Kramer, Interviewer)
- Tellkamp, C., & Haller, S. (2005). *Automatische Produktidentifikation in der Supply Chain des Einzelhandels*. Berlin: Springer.
- van Gerven, M., & Bohte, S. (2017). Artificial Neural Networks as Models of Neural Information Processing. *frontiers in Computational Neuroscience*, 2.
- Wittenhorst, T. (29. 4 2023). *Text-KI ChatGPT in Italien wieder verfügbar*. Abgerufen am 14. 08 2023 von Heise Online: <https://www.heise.de/news/Datenschutzaufgaben-erfuellt-ChatGPT-in-Italien-wieder-verfuegbar-8983351.html>
- Wittpahl, V. (2019). *Künstliche Intelligenz Technologie | Anwendung | Gesellschaft*. Berlin, Deutschland: Springer Vieweg. doi:10.1007/978-3-662-58042-4
- Yuanyuan , C. G., van Esch, P., & Pratap Jain, S. (2022). Just walk out: the effect of AI-enabled checkouts. *European Journal of Marketing* , 34.

# Anhang

## Anhang A: Interview Larissa Rabinovych

### Fragebogen: Smart Shelves aus IT-Perspektive

#### Allgemeine Informationen:

1. Name: Larissa Rabinovych
2. Position/Tätigkeitsbereich: Projektmanagerin im Bereich SAP BI bei RTL
3. Jahre in der IT-Branche: 16 Jahre

#### Technische Grundlagen und Erfahrungen:

4. Wie würden Sie Ihr allgemeines technisches Verständnis von Smart Shelves auf einer Skala von 1 (sehr gering) bis 10 (sehr hoch) bewerten?

(1  2  3  4  5  6  7  8  9  10)

5. Welche Technologien oder Systeme, die in Verbindung mit Smart Shelves stehen, haben Sie bereits kennengelernt oder damit gearbeitet?
  1. RFID-Technologie (Radio Frequency Identification)
  2. IoT (Internet of Things)
  3. ESL (Electronic Shelf Labels)
  4. Kameras und Bilderkennung
  5. Gewichtssensoren
  6. Beacon-Technologie
  7. NFC (Near Field Communication)
  8. Cloud-basierte Datenanalyse-Plattformen
  9. Machine Learning und KI-Modelle
  10. Integrierte POS-Systeme (Point of Sale)

#### Integration und Kompatibilität:

6. Aus Ihrer Sicht, welche Herausforderungen könnten bei der Integration von Smart Shelves in bestehende IT-Infrastrukturen auftreten?
  - Code zu schreiben auf Kundenanforderungen sind sehr spezifisch. Sie müssen auf die Kunden angepasst sein und stellen damit eine Herausforderung dar.
  - Testing muss gemacht werden (Zeit und Kosten)
  - Arbeit mit sensiblen Daten (Berechtigungen und Genehmigungen müssen beantragt werden und dauern dementsprechend. => Zeitaufwand bei großen Unternehmen)
  - Es sind aktuell immer Individuallösungen, die Projekte dauern lassen und dementsprechend Zeit und damit Geld kosten)
  - Datenpflege, damit KI damit arbeiten kann
  - Jede Fachabteilung oder Branche benötigen verschiedene Daten und hat andere Anforderung auf betriebswirtschaftlicher Seite.
  - Genehmigungen müssen getätigt werden.

- Unternehmenskultur (es geht um sehr viel Geld) bei konservativen Unternehmen ein Problem
  - Qualifizierte Mitarbeiter werden für die Implementierung und die Wartung benötigt.
  - Es kommt auf die Struktur des Unternehmens an. Auch innerhalb eines Unternehmens kann es Business Units geben, die dezentral voneinander agieren. In diesen Bereichen herrschen oft unterschiedliche Kennzahlen. Klare Definition von Anforderungen => benötigt einen klaren Willen des Unternehmens solche Projekte umzusetzen.
  - KPIs müssen definiert sein. Auch für das Monitoring von Erfolg der Einführung des Projekts.
7. Welche Sicherheitsbedenken könnten bei der Implementierung von Smart Shelves relevant sein?
- Wo Businessdaten vorhanden sind und sensible Daten vorhanden sind, sehe ich bei dem Einsatz von solchen Systemen ein großes Sicherheitsproblem. Auch bezogen auf die Daten, die von der Kamera aufgenommen werden (Gesichter etc.)
  - S.o.

### **Zukunft und Entwicklung:**

8. Welche technologischen Trends oder Entwicklungen sehen Sie als potenziell einflussreich für die Weiterentwicklung von Smart Shelves in den nächsten 5-10 Jahren?
- Ich sage lieber nichts
  - Ich kann nur sagen, dass zukünftige Technologien die Produktion günstiger machen und das System damit zugänglicher machen.
9. Wie schätzen Sie das Potenzial von KI und maschinellem Lernen in Bezug auf die Optimierung von Smart Shelves ein?
- Sehr hoch

### **Abschließende Fragen:**

10. Gibt es bestimmte Software- oder Hardware-Komponenten, die Sie für besonders wichtig halten, wenn es um die erfolgreiche Implementierung von Smart Shelves geht?
- Hardware mit genügend Leistung => Das ist für uns allerdings auch kein großes Thema
  - Softwareimplementierung dauert auch wieder Zeit und viel Geld. Die Grundlage sollte vorhanden sein.
    1. Kompatibilität mit dem System ist wichtig. Schnittstellen müssen geschaffen werden. Datenbanken und Data Warehouses müssen schlank und relevant gehalten werden.
    2. Finanzierung der Software
11. Haben Sie Empfehlungen oder Ratschläge für Unternehmen, die Smart Shelves implementieren möchten, insbesondere in Bezug auf die IT-Integration?
- Nein
12. Gibt es weitere Anmerkungen oder Gedanken, die Sie zum Thema Smart Shelves teilen möchten?

- Nein

## Anhang B: Interview Timucin Acar

### Fragebogen: Smart Shelves aus IT-Perspektive

#### Allgemeine Informationen:

4. Name: Timucin Acar
5. Position/Tätigkeitsbereich: Senior Full Stack Developer bei RTL
6. Jahre in der IT-Branche: 5 Jahre

#### Technische Grundlagen und Erfahrungen:

6. Wie würden Sie Ihr allgemeines technisches Verständnis von Smart Shelves auf einer Skala von 1 (sehr gering) bis 10 (sehr hoch) bewerten?

(1 2 3 4 **5** 6 7 8 9 10)

7. Welche Technologien oder Systeme, die in Verbindung mit Smart Shelves stehen, haben Sie bereits kennengelernt oder damit gearbeitet?

1. RFID-Technologie (Radio Frequency Identification)
2. IoT (Internet of Things)
3. ESL (Electronic Shelf Labels)
4. Kameras und Bilderkennung => programmiert
5. Gewichtssensoren
6. Beacon-Technologie
7. NFC (Near Field Communication) => Viel in Projekten
8. Cloud-basierte Datenanalyse-Plattformen => Viel in Projekten
9. Machine Learning und KI-Modelle => täglich
10. Integrierte POS-Systeme (Point of Sale)

#### Integration und Kompatibilität:

8. Aus Ihrer Sicht, welche Herausforderungen könnten bei der Integration von Smart Shelves in bestehende IT-Infrastrukturen auftreten?
  - Digitalisierung als solches
    1. Es gibt aktuell kaum Technik bzw. Digitalisierung in den Läden. Dort besteht großer Nachholbedarf und ist daher notwendig.
    2. Es geht hierbei auch um das Schaffen grundlegender Strukturen, auf die das System danach aufgesetzt werden kann.
    3. Dabei handelt es sich aus meiner Sicht um ein Price-2-Performance-Ansatz. Es macht wenig Sinn, nur einen kleinen Teil des Ladens mit der Smart Shelf Technologie auszustatten oder wichtige Komponenten wie den Kameras oder der Sensorik aus Kostengründen auszulassen. Das Potenzial entfaltet sich erst, wenn das Unternehmen das Commitment eingeht und sich aktiv dafür entscheidet diesen Schritt zu gehen, mit all seinen Folgen bezüglich der IT als auch der Veränderung der regulären Geschäftsprozesse.
  - KI-Prozessierung dauern lange und sind teuer, damit meine ich nicht nur die Hardwarekosten, die dafür nötig sind, sondern auch die Kosten, die durch den erhöhten Stromverbrauch entstehen. Zudem muss man dieses System regelmäßig pflegen und warten, um bspw. Overfitting zu vermeiden.

- Wie digitalisiert ist mein Laden, um Smart Shelves sinnvoll einsetzen zu können und bringt es mir dann einen nennenswerten Vorteil?
  - Kosten für kleinere Läden, die wir mit ähnlicher Technologie ausgestattet haben mussten, Rechnungen in einfacher Millionenhöhe bezahlen. Natürlich nicht nur an uns sondern im Zusammenhang des Gesamtprojekts.
  - Hinzu kommen Kosten für den Umbau der Filiale, der Entgangene Gewinn durch Stilllegung des Betriebs bis zum Ende der Umbauten. Hardwarekosten und Technik sind auch ein Thema.
9. Welche Sicherheitsbedenken könnten bei der Implementierung von Smart Shelves relevant sein?
- Die DSGVO macht bei so einem Projekt Sorgen. Es gibt harte Auflagen und es werden nochmal neue voraussichtlich härtere Auflagen kommen, da das Thema jetzt in aller Munde ist.
  - Einige Unternehmen warten Investitionen bezüglich KI ab, bis die Entscheidungen gefällt sind, um das System nicht komplett umbauen zu müssen.

### **Zukunft und Entwicklung:**

10. Welche technologischen Trends oder Entwicklungen sehen Sie als potenziell einflussreich für die Weiterentwicklung von Smart Shelves in den nächsten 5-10 Jahren?
- Ich sehe viel Potenzial durch AI-Agents. Das sind KI-Agenten, die miteinander kommunizieren und damit Iterationen durch mehrere KI-Systeme mit anderen trainierten Neuronen machen. Man kann sich das als eine Gruppenarbeit vorstellen, nur auf Maschinenbasis.
    1. Dabei gibt es Potenzial in der Berichterstattung und Nachrichten
    2. Man könnte damit auch Smart Shelves in großen Läden integrieren. Da in großen Läden aktuell das Problem herrscht, dass die Smart Shelf- Technologie vor allem bei großflächigen Läden an ihre Grenzen kommt und fehleranfälliger wird. Diese Lösung ist über den „normalen“ KI-Weg bisher nicht machbar.
  - Blockchaintechnologie spart Strom und könnte für Einmaltransaktionen benutzt werden.
11. Wie schätzen Sie das Potenzial von KI und maschinellem Lernen in Bezug auf die Optimierung von Smart Shelves ein?
- Es ist fundamental für Smart Shelves.
  - In Zukunft, wenn KI günstiger wird und die Hardware besser und erschwinglicher, dann sehe ich das als Game Changer für die Branche.

### **Abschließende Fragen:**

13. Gibt es bestimmte Software- oder Hardware-Komponenten, die Sie für besonders wichtig halten, wenn es um die erfolgreiche Implementierung von Smart Shelves geht?
- Die CPUs => Sie müssen leistungsfähiger und günstiger werden. Diese CPUs werden allerdings auch viel mehr Strom verbrauchen.
    1. Wie schnell wird die Hardware dafür aber billiger und schneller?
  - Ich denke, dass Plattformprodukte die es einem ermöglichen vorgefertigte System schnell zu integrieren auch einen Faktor spielen, um zumindest eine Grund-KI zu haben und Entwicklungskosten und -zeit zu sparen.

14. Haben Sie Empfehlungen oder Ratschläge für Unternehmen, die Smart Shelves implementieren möchten, insbesondere in Bezug auf die IT-Integration?
- Nein
15. Gibt es weitere Anmerkungen oder Gedanken, die Sie zum Thema Smart Shelves teilen möchten?
- Das Zeitalter der Daten ist vorbei. Das Zeitalter des Wissens hat angefangen.
    1. Dabei spiele ich auf das Hive-Mind-Konzept an. Ich glaube, dass durch stärkere Vernetzung sich noch viel Potenzial auftun wird.

## Anhang C: Interview Aad van de Spuij

### Fragenbogen für Experteninterviews: Smart Shelves im Einzelhandel

*Einleitung:* Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit nehmen, an diesem Interview teilzunehmen. Mein Ziel ist es, ein tieferes Verständnis für die ökonomischen und ökologischen Aspekte von intelligenten Regalsystemen im Einzelhandel zu gewinnen. Ihre Expertise in diesem Bereich ist von unschätzbarem Wert für meine Forschung.

#### (Aad van de Spuij)

##### 1. Allgemeine Einführung:

- **Können Sie bitte kurz Ihre Rolle und Erfahrung im Bereich der intelligenten Regalsysteme beschreiben?**
  1. Business Development im Bereich Electric System bei Henkel. Dabei
  2. Verantwortlich für die Produktionsbereich für Sensoren
- **Wie lange beschäftigen Sie sich bereits mit dem Thema "Smart Shelves"?**
  1. Seit 5 Jahren

##### 2. Ökonomischer Mehrwert:

- **Welche konkreten ökonomischen Vorteile sehen Sie bei der Implementierung von intelligenten Regalsystemen im Vergleich zu traditionellen Regalsystemen?**
  1. Ein Zeitspareffekt in erster Linie. Alles dreht sich um Optimierung. Das kommt aber auch auf das System an.
  2. Das alles wird bedingt durch Datengenerierung. Daten und die Insights machen das ganze Thema spannend. Dadurch können wichtige Informationen gewonnen werden, die in anderen Abteilungen eingesetzt werden können oder ggf. verkauft werden können.  
(Data Gold)
- **Wie machen Sie das fest?**
  1. Durch KPIs wie Out of Stock-Quote,
  2. die Bemessung von Zeitersparnis der einzelnen Abteilungen oder bei Verlagerung eine Zeitersparnis der einzelnen Abteilungen insgesamt.
  3. Umsatz/m<sup>2</sup>
- **Experten sagen, dass durch Smart Shelves eine Umsatzsteigerung von 5-12% realisiert werden kann. Stimmen Sie dem zu?**
  1. Ja dem stimme ich zu.

- **Welche Herausforderungen oder Hindernisse treten typischerweise bei der Einführung solcher Systeme auf?**
  1. **Was für Zusatzkosten können dabei entstehen?**
    1. Qualität der Softwarelösung
    2. Angebundene Tools und Schnittstellen:
      - Dashboards für Überwachung
      - Data Warehouses als Datengrundlage
    3. Fullintegration des Systems in die Betriebsprozesse und der einzelnen Filialen.
- **Wie schätzen Sie die Amortisationszeit für die Investition in ein intelligentes Regalsystem ein?**
  1. Kann ich nicht genau sagen, aber ich bin sehr zuversichtlich, dass der Break-EvenPoint bei unter 5 Jahren liegt.
- 3. **Ökologische Aspekte:**
  - Inwiefern tragen intelligente Regalsysteme zur Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks von Supermärkten bei?
    1. Reduktion der Lebensmittelveschwendung
    2. Einsparen der Logistik (Weniger LKWs nötig) damit weniger Benzinverbrauch
  - Gibt es spezifische Funktionen oder Features von Smart Shelves, die besonders zur Nachhaltigkeit beitragen?
    1. Weniger Papierverbrauch bei der Etablierung von ESLs
    2. Die Fortwährende Entwicklung hin zu Printed Electronics spart viel CO2 während der Produktion ein.
    3. Erweiterte Funktionen, die an ein Smart Shelf-System angebunden werden können.
- 4. **Zukunftsperspektiven:**
  - Welche Entwicklungen oder Trends erwarten Sie für intelligente Regalsysteme in den nächsten 5 bis 10 Jahren?
    1. Das Marketing wird Kunden bezüglich neuer Technologien wie Smart Shelves sensibilisieren.
    2. Der Markt wächst weiter und die Nachfrage nach solchen Lösungen steigt.
    3. growth from \$3.0 billion in 2022 to \$8.3 billion by 2027, at a Compound Annual Growth Rate (CAGR) of 22.4% from 2022 to 2027.
  - Gibt es bestimmte Technologien oder Ansätze, von denen Sie glauben, dass sie in den kommenden Jahren besonders prägend für den Bereich sein werden?
    1. Die Kombination verschiedener Technologien wird dem Smart Shelf System zugutekommen. Es stellt das Grundgerüst für die Anbindung weiterer technologischen Treiber dar.
      - Cloud Computing,
      - Connections und Schnittstellen
      - Neue Farbe für Das Drucken von Elektronik (z.B. Kupfer)
      - Materialtechnologische Fortschritte, die das ganze preiswerter und nachhaltiger machen

- Neue System und Software-Lösungen
- KI
- 3D-Drucker, die Kosten senken und die Technologie damit zugänglicher machen werden.
- ESL, die an Systeme angebunden werden und damit bessere Displayfunktion als auch Optionen für das Pricing anbieten.

#### 5. Abschluss:

- Gibt es weitere Aspekte oder Überlegungen zum Thema "Smart Shelves", die Sie für besonders relevant halten und die bisher nicht angesprochen wurden?
  1. Printed Electronics werden einen großen Teil dazu beitragen, das Modell preiswerter, nachhaltiger und damit zugänglicher zu machen.
  2. Of the Shelf Lösungen werden den Markt weiter beflügeln und es ermöglichen auch kleineren Playern den Zutritt zu dieser Technologie zu ermöglichen.
- Haben Sie Empfehlungen für weitere Experten oder Ressourcen, die ich in meiner Forschung berücksichtigen sollte?

*Abschluss:* Vielen Dank für Ihre Zeit und Ihr wertvolles Feedback. Ihre Einsichten sind für meine Arbeit von großer Bedeutung.

Anmerkung: Das Interview wurde in Englisch geführt und nach dem Gespräch von den mitgeschriebenen Notizen in Deutsch übersetzt

## Anhang D: Interview Mathis Ernst

### Fragenbogen für Experteninterviews: Smart Shelves im Einzelhandel

*Einleitung:* Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit nehmen, an diesem Interview teilzunehmen. Mein Ziel ist es, ein tieferes Verständnis für die ökonomischen und ökologischen Aspekte von intelligenten Regalsystemen im Einzelhandel zu gewinnen. Ihre Expertise in diesem Bereich ist von unschätzbarem Wert für meine Forschung.

#### Mathis Ernst

##### 1. Allgemeine Einführung:

- **Können Sie bitte kurz Ihre Rolle und Erfahrung im Bereich der intelligenten Regalsysteme beschreiben?**
  1. Einzelhandel bei Safaric Consulting Food und Nearfood (Projektmanagement) SAP und Einführungsprojekten 2 Jahre Erfahrung
  2. IsItFresh => Von 2018 bis Ende 2020 => mittlerweile Assignos
    1. Spezialisierung auf Lebensmittelsensorik
    2. Frischezustand der Lebensmittel überprüft
    3. Tagging von Lebensmitteln => Single-Unit-Tracking
    4. KI-Erfahrung bei IsItFresh technisch + Safaric Consulting als Projektmanager

- KI-Bildererkennung bei Verpackungen mitentwickelt
  - 3. Gründer von Linguarentes (KI-Firma)
    - KI für Spracherkennung
- **Wie lange beschäftigen Sie sich bereits mit dem Thema "Smart Shelves"?**
  1. Ich habe Smart Shelves mitgebaut und Kooperation mit einem großen Techunternehmen in Korea durchgeführt.
  2. RFID-Tags => Wir entwickeln zusammen einen Kühlschrank, der unsere Tags ausliest (POC) => Anwendungen => Replenishment und Planung
  3. Smarte Regale haben viele Wege zum Ziel.
    1. Es wurden nur Kameras installiert. Nur bedingt Sensoren verbaut.
    2. Wir haben einen Antennenarray genutzt. Tags auf den einzelnen Produkten melden sich regelmäßig, werden in Datenbank übertragen und per KI verarbeitet.
    3. NFC ist nicht auf dem Regal, sondern im smarten Shelf Label oder in dem Regal (Glaube ich aber nicht). Der Label wird mit einem MassenRFID an die Sammelstation geschickt und von dort aus in eine Cloud geschoben.
    4. Damit kann Bestand rausgerechnet werden. Fehler wird durch Kamera aufgedeckt. Mischinfos müssen ausgewertet werden.
- 2. **Ökonomischer Mehrwert:**
  - **Welche konkreten ökonomischen Vorteile sehen Sie bei der Implementierung von intelligenten Regalsystemen im Vergleich zu traditionellen Regalsystemen?**
    1. Massives Sparen an Arbeit und Zeit. Kostensenkung durch Effizienz.
    2. ESL mit RFIDs kombinieren, um zu steuern. Z.B. wird Milch nicht gekauft, nun kann RFID den Frischezustand ausmessen und über Incentivierung verkauft werden.
    3. Inventar wird automatisch gemacht.
    4. Datentreue und Datenhygiene durch Automatisierung.
  - **Wie machen Sie das fest?**
    1. Aus der Erfahrung und unseren POCs
  - **Experten sagen, dass durch Smart Shelves eine Umsatzsteigerung von 5-12% realisiert werden kann. Stimmen Sie dem zu?**
    1. Ja, ich glaube noch mehr, da es noch Use Cases gibt, über die Leute noch nicht nachdenken.
    2. Wenn sowas wie Diebstahlsicherung, und intelligentem RFID-Einsatz dazukommt, dann bestimmt noch mehr als 5%.
    3. Treiber dafür könnten die Out of Stock Quote und dynamisches Pricing mit ESLs sein.
    4. Kostensenkung durch vorig genanntes. Smart Shelves sollen in erster Linie Optimieren und laufende Kosten kürzen.
  - **Welche Herausforderungen oder Hindernisse treten typischerweise bei der Einführung solcher Systeme auf?**

1. Die Einführung haben wir nicht gemacht
  2. Risiko und Bereitschaft von Leuten das zu machen
  3. Bereitschaft zu investieren und den ganzen Laden umzubauen.
- **Was für Zusatzkosten können dabei entstehen?**
    1. Anbindung und Ausrollen der Systeme.
    2. Verarbeitung von Daten
  - **Wie schätzen Sie die Amortisationszeit für die Investition in ein intelligentes Regalsystem ein?**
    1. Irgendwo zwischen 3-5 Jahre (Bauchgefühl)
    2. Optimistisch
    3. Realistisch
    4. Pessimistisch
3. **Ökologische Aspekte:**
- **Inwiefern tragen intelligente Regalsysteme zur Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks von Supermärkten bei?**
    1. Optimierung, weniger Lebensmittelverschwendung
    2. Bessere Planung => Weniger LKWs
    3. **Man braucht mehr Strom und Rechenleistung => Vlt mit grünem Strom Sonst denke ich nicht, dass es einen Mehrwert bietet.**
    4. **Ressourceneinsatz und Herstellung der Komponenten der Technologie sind nicht nachhaltig.**
  - Gibt es spezifische Funktionen oder Features von Smart Shelves, die besonders zur Nachhaltigkeit beitragen?
    1. Single-Unit Products in den Smart Shelves. Dann braucht man auch Smart Products
    2. Fehlplatzierte Produkte melden, damit diese wieder am richtigen Ort verkauft werden.
4. **Zukunftsperspektiven:**
- **Welche Entwicklungen oder Trends erwarten Sie für intelligente Regalsysteme in den nächsten 5 bis 10 Jahren?**
    1. Digitalisierung der Branche
  - **Gibt es bestimmte Technologien oder Ansätze, von denen Sie glauben, dass sie in den kommenden Jahren besonders prägend für den Bereich sein werden?**
    1. In 10 Jahren werden Smart Products erreicht werden. Damit wäre Single-Unit-Tracking möglich und würde den Einzelhandel massiv vorantreiben.
    2. Technologie wie Plastik aus Algen oder anderen Materialien (Biobasierte Sensoren)
5. **Abschluss:**
- **Gibt es weitere Aspekte oder Überlegungen zum Thema "Smart Shelves", die Sie für besonders relevant halten und die bisher nicht angesprochen wurden?**
    1. Summary: Smart Shelf wird nicht die große Veränderung. Es ist eine Zwischentechnologie, die weitere Technologie enabled. Digitale Produkte, Digital Twin, Metaverse und anderen. Smart Shelves ist die Infrastruktur (das Gerüst) für viele weitere Technologien.
  - **Haben Sie Empfehlungen für weitere Experten oder Ressourcen, die ich in meiner Forschung berücksichtigen sollte?**

*Abschluss:* Vielen Dank für Ihre Zeit und Ihr wertvolles Feedback. Ihre Einsichten sind für meine Arbeit von großer Bedeutung.

## Anhang E: Interview Umberto Bergmann

### Fragenbogen für Experteninterviews: Smart Shelves im Einzelhandel

*Einleitung:* Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit nehmen, an diesem Interview teilzunehmen. Mein Ziel ist es, ein tieferes Verständnis für die ökonomischen und ökologischen Aspekte von intelligenten Regalsystemen im Einzelhandel zu gewinnen. Ihre Expertise in diesem Bereich ist von unschätzbarem Wert für meine Forschung.

#### 1. Allgemeine Einführung:

- Können Sie bitte kurz Ihre Rolle und Erfahrung im Bereich der intelligenten Regalsysteme beschreiben?
  1. Seit 10 Jahren in Retail tätig => LEH überwiegend Projektmanagement und Beratung von Organisationsentwicklung mit Technologieanteil. Bei der Beratung CapGemini Invent.
  2. Rewe läuft über verschiedene Komponenten Kamera über Bilderkennung und Gesichtserkennung
  3. Sensoren in den Regalen, die Gewichtsentnahme erkennen und ins System
- Wie lange beschäftigen Sie sich bereits mit dem Thema "Smart Shelves"?

#### 2. Ökonomischer Mehrwert:

- **Welche konkreten ökonomischen Vorteile sehen Sie bei der Implementierung von intelligenten Regalsystemen im Vergleich zu traditionellen Regalsystemen?**
  1. Personaleinsatz an Fläche wird reduziert/verlagert => Kassieren wird weniger. Wir schaffen dann mit den Mitarbeitern neue Kapazitäten. Qualitätssicherung und Kundenberatung.
  2. Führt damit zu mehr Umsatz
  3. Führt zu mehr Kundenbindung
  4. Höhere Transparenz über Bestand und Bewegung des Bestands => Mehr Datenpunkte bei Verhandlung mit Lieferanten
  5. Erhöhte Präzision für Mengenplanung
  6. Weniger Personal in der Mengenplanung
  7. Besseres Sortimentsmanagement => Attraktivität für Kunden
  8. Out-of-Stock-Route verringern
  9. Daten am Point of Sale (Data is gold)
    - Aftersales, Kampagne, Treueprogramme etc. (Marketing)
  10. Wettbewerb, da sonst Nachteil (zumindest im Bereich Digitalisierung)
  11. Risiko bei Personal (Mehr Data Analytics)
  12. Frage, die meisten CEOs umtreiben, ist wie staffe ich das nötige Personal, um meine Technologie zu betreiben?

#### 2. Wie machen Sie das fest?

1. Praxiserfahrung und CapGeminstudie für den Retail

**3. Experten sagen, dass durch Smart Shelves eine Umsatzsteigerung von 5-12% realisiert werden kann. Stimmen Sie dem zu?**

1. Ja, das klingt richtig

- Welche Herausforderungen oder Hindernisse treten typischerweise bei der Einführung solcher Systeme auf?
  1. Platz, dass es kompatibel für die Formate oder Layout der Läden
  2. Dateninfrastruktur bis ins Backend
  3. Stammdaten
  4. Paketdesign => Bei Kamerabezogenen Lösungen
  5. Lösung muss funktionieren und angenommen werden
  6. KANU-Modell
- Was für Zusatzkosten können dabei entstehen?
  1. Entgangener Umsatz wegen Umbau
  2. Entgangener Umsatz wegen Fehlerhaftem Regal
  3. Hohe Qualität von Stammdaten und Pflege von Daten
  4. Höherer Verschleiß der Regale und Wiederbeschaffungskosten
  5. Höherwertig ausgebildetes Personal
  6. Reparaturkosten
- Wie schätzen Sie die Amortisationszeit für die Investition in ein intelligentes Regalsystem ein?
  1. Deckungsbeitrag von 2% allgemein
  2. Abschreibung im Allgemeinen
  2. Optimistisch
    1. 5 Jahre
  3. Realistisch
    1. 10 Jahre
  4. Pessimistisch
    1. 15 Jahre

**3. Ökologische Aspekte:**

- Inwiefern tragen intelligente Regalsysteme zur Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks von Supermärkten bei?
- Gibt es spezifische Funktionen oder Features von Smart Shelves, die besonders zur Nachhaltigkeit beitragen?
  1. Verlagerung der Nachhaltigkeit => Weniger Plastiktüten => Nachhaltig
  2. Das neue Regal mit Chiptechnologie => Nicht Nachhaltig
  3. Durch steigende Technologie werden Regal unnachhaltiger
  4. Lebensmittelverschwendung könnte zunehmen => Mehr wird gekauft und verkommt im Kühlschrank
  5. Out-of-Stock Quote wird verringert. Mehr Verfügbarkeit und mehr Verderblichkeit.
  6. Ressourcen für Technologie sind begrenzt und sind in der Herstellung nicht nachhaltig.

**4. Zukunftsperspektiven:**

- Welche Entwicklungen oder Trends erwarten Sie für intelligente Regalsysteme in den nächsten 5 bis 10 Jahren?
  1. Convenience

2. Technologische Entwicklung anderer Retailer und Wettbewerber verändern Kundenerwartung (zunehmende Digitalisierung der Einzelhändler)
  3. Verknüpfung mit Kundendaten => verbesserte Customer Journey
  4. Daten als Faktor!
  - Gibt es bestimmte Technologien oder Ansätze, von denen Sie glauben, dass sie in den kommenden Jahren besonders prägend für den Bereich sein werden?
    1. Generative AI
- 5. Abschluss:**
- Gibt es weitere Aspekte oder Überlegungen zum Thema "Smart Shelves", die Sie für besonders relevant halten und die bisher nicht angesprochen wurden?
  - Haben Sie Empfehlungen für weitere Experten oder Ressourcen, die ich in meiner Forschung berücksichtigen sollte?

*Abschluss:* Vielen Dank für Ihre Zeit und Ihr wertvolles Feedback. Ihre Einsichten sind für meine Arbeit von großer Bedeutung.

## Anhang F: Interview Alexander Safaric

### Interviewfragen Safaric Consulting

#### Erfahrungsteil:

1. Wie bist du zum Branchenexperten im LEH geworden?
  - a. Was war dein Einstieg?
  - b. Wie lange arbeitest du schon in der Branche?
  - c. Was war dein spannendstes Projekt?
  
2. Wie hat sich der Teilbereich Künstliche Intelligenz ergeben?
  - a. Wann wurde dieses Thema für dich relevant?
  - b. Wann wurde es für die Branche relevant?
  - c. Was war dein spannendstes Projekt in diesem Bereich?

#### Allgemeinteil als offene Frage im Bereich POS:

1. Eine polnische Studie hat gezeigt, dass moderne Kassensysteme (nicht KI-gestützt) in der Regel 20-40% weniger effizient sind als klassische Kassen an Cash-Points.
  - a. Würdest du dieser Studie zustimmen?  
Diese Zahl scheint mir etwas hoch. Man müsste dabei genauer schauen, wie die Forschung vorgegangen ist.
  - a. Gibt es dennoch Gründe Self-Check-outs zu implementieren?  
Es bleibt eine immense Kosteneinsparung
  - b. Gibt es deiner Meinung nach Parameter, die zusätzlich beachtet werden sollten?  
Zwar sinkt die Kundenzufriedenheit, wenn kein Mensch an der Kasse ist

oder für Fragen vorhanden ist, allerdings gibt es ja parallel zu den Self-Check-out Kassen immer noch herkömmliche Kassen. Da es nur einen kleinen Teil ausmacht, sollte dadurch der Aspekt nicht allzu sehr im Fokus stehen.

## Forschungsfragen

### 1. Vorteile und Potenziale von KI im Lebensmitteleinzelhandel:

- Können Sie Beispiele für erfolgreiche Anwendungen von KI im Lebensmitteleinzelhandel nennen?

Es gibt viele Beispiele von erfolgreichen Anwendungen im LEH.

Von Stand-Alone-Lösungen in bis hin zu komplexeren KI-Systemen.

Von einer Kamera mit Bilderkennung zum Diebstahlschutz, bis hin zu intelligenten Regalsystemen.

Daniel kann dir da ein paar konkrete Beispiele nennen.

- Welche Vorteile bringt KI speziell am Point of Sale?  
Kosteneinsparungen, Umsatzsteigerungen, Steigerung der Kundenzufriedenheit und Erfüllung von anderen Kriterien, wie Nachhaltigkeit oder Sicherheit

### 2. Einfluss von KI auf die Kundenbindung:

- Wie trägt KI dazu bei, die Bindung der Kunden an den Lebensmitteleinzelhandel zu verbessern?

Kundengeschenke können ohne KI gemacht werden.

Mit KI und den persönlichen Kundendaten, kann ich bessere persönlichere Geschenke anbieten. Dies gilt vor allem auch zum richtigen Zeitpunkt.

Das andere ist ein indirekter Effekt, da ich durch KI bessere Verfügbarkeit, durch ein besseres Sortiment und geringere Out-of-Stock-Quoten die Kundenzufriedenheit steigern kann.

- Können Sie konkrete Beispiele oder Erfahrungen teilen?  
Eine Möglichkeit wäre personalisierte Werbung und die andere eine Optimierung der Supply-Chain oder Mengenplanung.

### 3. Beiträge zur Nachhaltigkeit:

- Wie kann KI dazu beitragen, die Nachhaltigkeit im Lebensmitteleinzelhandel zu fördern?  
Bei Nachhaltigkeit geht es einfach ausgedrückt um die Vermeidung von unnötigem Müll. KI kann durch Optimierung dabei helfen Müll zu reduzieren.

- Haben Sie Beispiele für solche Anwendungen oder Initiativen?  
Das bekannteste Beispiel wäre hier eine KI-gestützte Mengenplanung. Dabei wird Müll durch übermäßigen Konsum reduziert und die Abverkaufsquoten gesteigert.

### 4. Ethik und Arbeitsrecht:

- Welche ethischen und arbeitsrechtlichen Probleme können beim Einsatz von KI im Lebensmitteleinzelhandel auftreten?
- Wie können diese Probleme angegangen werden?  
Wir sind keine Rechtberatung  
Ethisch kommt man an das Thema... Wie gehe ich mit den Personen um, deren Aufgabe jetzt wegfällt? Schaffe ich neue Arbeitsplätze oder entlasse ich die Mitarbeiter?  
KI trifft plötzlich Entscheidungen. KI entscheidet welche Menge bestellt wird. Wer ist dann bei einem Fehler schuld? Wie handhabe ich das? Ist der Schuldige der Programmierer, der es vor 5 Jahren entwickelt hat?  
Es ist eine Frage des Unternehmensgovernance  
Es ist wichtig, wie das Thema aufgefasst wird. Deswegen sollte man Aufklärungsarbeit leisten.  
Man muss die Ängste adressieren.

5. Abschluss und zusätzliche Erkenntnisse:

- Gibt es noch weitere Aspekte oder Erkenntnisse, die Sie mit uns teilen möchten, die wir bisher nicht besprochen haben?  
Unternehmens und Mitarbeiterkultur.  
Man darf keine Angst haben und sollte es als Chance ansehen.  
Gerade für Projekte, bei denen mit KI gearbeitet wird, ist agiles arbeiten erforderlich. Man muss abschätzen, was realistisch ist. Was ist zu erreichen, ist das realistisch. Diese Kultur muss allerdings auch erworben werden.

## Anhang G: Interview Daniel Wolf

### Interviewfragen Safaric Consulting

#### Erfahrungsteil:

3. Wie bist du zum Branchenexperten im LEH geworden?
  - a. Was war dein Einstieg?  
Der Einstieg bei Safaric Consulting war mein Wechsel von Capgemini Invent zu Safaric Consulting im Jahr 2018
  - b. Wie lange arbeitest du schon in der Branche?  
Seit mittlerweile über 10 Jahren
  - c. Was war dein spannendstes Projekt?  
Die Optimierung des Aktionsangebots eines Großflächeneinzelhändlers inklusive Integration einer KI, die Bestellprognosen optimiert.
  
4. Wie hat sich der Teilbereich Künstliche Intelligenz ergeben?
  - a. Wann wurde dieses Thema für dich relevant?
  - b. Wann wurde es für die Branche relevant?
  - c. Was war dein spannendstes Projekt in diesem Bereich?

Allgemeinteil als offene Frage im Bereich POS:

2. Eine polnische Studie hat gezeigt, dass moderne Kassensabwicklungssysteme (nicht KI-gestützt) in der Regel 20-40% weniger effizient sind als klassische Kassen eine Cash-Points.
  - a. Würdest du dieser Studie zustimmen?  
Das ist generell schwierig zu sagen. Aber ein Self Checkout ist weniger effizient als eine Kasse. Wenn man dabei ein 1-1 Verhältnis hat und nur auf die Zeit schaut.
  - c. Gibt es dennoch Gründe Self-Check-outs zu implementieren?  
Die Kosteneinsparungen sprechen dafür. Außerdem wird weniger Platz für ein Selfcheckout benötigt als für eine herkömmliche Kasse mit Fließband.
  - d. Gibt es deiner Meinung nach Parameter, die die zusätzlich beachtet werden sollten?  
Kundenzufriedenheit ist hier sehr wichtig. Bei Kunden, die vor langen Schlangen stehen und nur 2 Artikel haben, würde dadurch die Convenience sinken.

Forschungsfragen

6. Vorteile und Potenziale von KI im Lebensmitteleinzelhandel:
  - o Können Sie Beispiele für erfolgreiche Anwendungen von KI im Lebensmitteleinzelhandel nennen?  
4 Dinge die nötig für ein erfolgreiches KI-Projekt nötig sind:
    1. Hohe Datenqualität => Nicht mehr nur Stammdaten. Bewegungsdaten, Vergangene Daten. Hohe Qualität schaffen.
    2. KI-Projekte erfordern ein Professionelles Projektmanagement. Man muss sehr agil und innovativ sein.
    3. KI steht und fällt mit den richtigen Anwendungsfällen. Es ist eine gemeinsame Arbeit zwischen den Fachabteilung und der IT nötig.
    4. (Start small) Nutzen findet Händler in kleinen Projekten und muss sich dann an größere Themen trauen, da erst dadurch ein großer Nutzen generiert werden kann.

Komplexere Anwendungsfälle:

Aktionsgeschäft: Artikelauswahl und Preissetzung => Erfahrungsbasiert. War wenig Kennzahlengestützt.

2 Schritte: 1. Schritt objektivieren! Wann ist Aktion erfolgreich?

Was ist der erwartete Umsatz, was ist der realisierte Ertrag?

Weitere Kennzahlen. (KI kann das und über den Tellerrand hinaus)

Kunde konnte Absätze, Umsätze und Erträge steigern. Aufwand reduziert!

Schritt 2:

2. Anwendungsfall:

Logistik und Supply-Chain

Es ging um die Optimierung der Supply-Chain durch KI.  
 Supply-Chain wurden unsicherer.  
 Heutzutage alles manuell (erfahrungsbasiert und ineffizient)  
 Ob sich Routenänderungen lohnen, sind meiste aus dem Bauch heraus entschieden.

1. Schritt Daten zusammenziehen: Watch Tower (N-N Sicht auf Daten mit Frühwarnsystem)

Wo kommt es zu Engpässen?

Wo könnte es kritische Auswirkungen haben?

Schritt 2. Control Tower

Entscheider kann durch KI-Szenarien durchspielen und bekommt Empfehlungen. Kann datengetriebene Entscheidungen treffen

Reduktion der Supply-Chain-Steuerung

Mehr Zuverlässigkeit

Kosten reduziert

Out-of-Stock reduziert

- Welche Vorteile bringt KI speziell am Point of Sale?  
 Kosteneinsparungen, Umsatzsteigerungen, Steigerung der Kundenzufriedenheit und Erfüllung von anderen Kriterien, wie Nachhaltigkeit

7. Einfluss von KI auf die Kundenbindung:

- Wie trägt KI dazu bei, die Bindung der Kunden an den Lebensmitteleinzelhandel zu verbessern?

Nachhaltigkeit ist gerade ein Thema, dass viele Umtreibt.

Nachhaltigkeit ist häufig eine Frage der Optimierung und des Ressourceneinsatzes. In KI geht es fast ausschließlich um Optimierung. Deshalb kann KI dabei helfen, Nachhaltigkeit zu fördern.

- Können Sie konkrete Beispiele oder Erfahrungen teilen?

Mengenplanung wäre ein konkretes Beispiel. Das ist am offensichtlichsten und das prominenteste Beispiel wäre da die Vermeidung von Überbeständen.

8. Beiträge zur Nachhaltigkeit:

- Wie kann KI dazu beitragen, die Nachhaltigkeit im Lebensmitteleinzelhandel zu fördern?

Mengenplanung fördert Nachhaltigkeit, da dadurch die Einkaufsmenge optimiert wird und weniger weggeschmissen werden muss. KI-gestütztes Aktionsangebot, könnte unter anderem dabei helfen, Waren mit schneller Verderblichkeit schneller zu verkaufen.

Durch Routenoptimierung können Kosten unter anderem in Form von Benzin gespart werden und damit die Nachhaltigkeit fördern.

- Haben Sie Beispiele für solche Anwendungen oder Initiativen?

Mengenplanung und die Optimierung der Fahrtrouten im Supply-Chain Management

9. Ethik und Arbeitsrecht:

- Welche ethischen und arbeitsrechtlichen Probleme können beim Einsatz von KI im Lebensmitteleinzelhandel auftreten?

Genau wie durch Automatisierung können Arbeitsplätze wegfallen. Hier

wäre zu klären, wie das Unternehmen damit umgeht.  
KI ist nur das Werkzeug und löst kein Ethisches Dilemma aus.

- Wie können diese Probleme angegangen werden?

#### 10. Abschluss und zusätzliche Erkenntnisse:

- Gibt es noch weitere Aspekte oder Erkenntnisse, die Sie mit uns teilen möchten, die wir bisher nicht besprochen haben?

## Anhang H: Interview Ralph Lippoldt

### Interviewfragen Safaric Consulting

#### Allgemeinteil als offene Frage im Bereich POS:

3. Eine polnische Studie hat gezeigt, dass moderne Kassensystem (nicht KI-gestützt) in der Regel 20-40% weniger effizient sind als klassische Kassen eine Cash-Points.
  - a. Würdest du dieser Studie zustimmen?  
Das kann man so nicht sagen. Vieles entscheidet sich von der Größe des Einkaufs und dem Bezahlvorgang.  
Herkömmliche Kartenzahlungen dauern bspw. wesentlich länger als kontaktlose Zahlungen.
  - b. Gibt es dennoch Gründe Self-Check-outs zu implementieren?  
Self Check-outs reduzieren die Wartezeit vor allem für Kunden mit einem kleinen Warenkorb und erhöhen damit die Zufriedenheit. Es wird weniger Personal benötigt und senkt die laufenden Kosten.
  - c. Gibt es deiner Meinung nach Parameter, die die zusätzlich beachtet werden sollten?  
Es ist wichtig nicht nur auf Effizienz und zu achten. Eine effiziente Kasse bringt nichts, wenn die Kunden mit dem Laden nicht zufrieden sind und nichts kaufen wollen.

### Forschungsfragen

#### 11. Vorteile und Potenziale von KI im Lebensmitteleinzelhandel:

- Können Sie Beispiele für erfolgreiche Anwendungen von KI im Lebensmitteleinzelhandel nennen?  
Beliebt ist es im Category Management, um zu erfahren, welche Produkte gut laufen und beliebt sind

Im Supply Chain Management von der Lagerlogistik bis zum optimierten Transport durch Fahrtrouten und Bestandsprognosen zur Reduktion der

Out-of-Stock-Quote.

- Welche Vorteile bringt KI speziell am Point of Sale?  
Kosteneinsparungen, Umsatzsteigerungen, Steigerung der Kundenzufriedenheit und Erfüllung von anderen Kriterien, wie Nachhaltigkeit oder Mitarbeiterbindung

12. Einfluss von KI auf die Kundenbindung:

- Wie trägt KI dazu bei, die Bindung der Kunden an den Lebensmitteleinzelhandel zu verbessern?
- Können Sie konkrete Beispiele oder Erfahrungen teilen?

13. Beiträge zur Nachhaltigkeit:

- Wie kann KI dazu beitragen, die Nachhaltigkeit im Lebensmitteleinzelhandel zu fördern?  
Durch KI-Prognosen in der Mengenplanung wird weniger weggeschmissen. Dadurch wird die Nachhaltigkeit im Lebensmitteleinzelhandel gefördert.
- Haben Sie Beispiele für solche Anwendungen oder Initiativen?  
Mengenplanung

14. Ethik und Arbeitsrecht:

- Welche ethischen und arbeitsrechtlichen Probleme können beim Einsatz von KI im Lebensmitteleinzelhandel auftreten?
- Wie können diese Probleme angegangen werden?

15. Abschluss und zusätzliche Erkenntnisse:

- Gibt es noch weitere Aspekte oder Erkenntnisse, die Sie mit uns teilen möchten, die wir bisher nicht besprochen haben?  
KI ist im Trend und wir erkennen, dass immer weniger Händler KI planen, sondern schon in der Umsetzung sind.  
Im Zeitverlauf sieht man eine Verbreiterung im LEH, da die Unternehmen erkannt haben, dass KI in verschiedenen Bereich unterstützen kann. Es wird nicht mehr auf einzelne Unternehmensbereiche beschränkt wird, sondern Unternehmensübergreifende benutzt wird.  
KI wurde weiter standardisierter und spiegelt sich dementsprechend auch in den Preisen wieder, weswegen die Verbreitung gesteigert wurde.  
Ein Drittel der Händler setzt noch auf Eigenentwicklungen.  
Der Projektumfang und die Planung wird im Schnitt eher eingehalten, da die Unternehmen mit kleineren KI-Projekten Erfahrung gesammelt haben.  
Die Budgetplanung für KI-Projekte hat sich erhöht, was die Erfolge der KI-Projekte zeigt.  
In den KI-Projekten steckt Potenzial.

## Anhang I: Beobachtungsprotokoll Luxemburgerstraße 150

Beobachtungsprotokoll- REWE Pick&Go  
Technologie

Datum: [Datum] Ort: REWE Supermarkt (Standort: [Standort])

22.06.2023

Luxemburgerstraße 150, Köln

Beobachter: [Name] Beobachterrolle: Kundenserviceexperte

Manuel Krumb

Beobachtungsdetails:

1. Allgemeine Informationen:
  - o Uhrzeit der Beobachtung: [Uhrzeit] 13:10 Uhr
  - o Wetterbedingungen: [Beschreibung] Regen / Windig
  - o Aktivitätsniveau des Supermarkts: [Hoch/Mittel/Niedrig] Mittel
2. Technologieinfrastruktur:
  - o Funktionierende/fehlerhafte Pick&Go-Stationen Ja/Nein?
3. Kundenverhalten:
  - o Anzahl der Kunden, die Pick&Go nutzen: [Anzahl] 40
  - o Verhalten der Kunden beim Einkaufen:
    - Nutzung von Pick&Go-Apps: [Häufigkeit] 2
    - Nutzung von Einkaufswagen: [Häufigkeit] 38
    - Einhalten der Pick&Go-Richtlinien: Ja/Nein/Bemerkungen]
4. Mitarbeiterinteraktion:
  - o Anzahl der Mitarbeiter im Pick&Go-Bereich: [Anzahl] Keine → nicht möglich
  - o Hilfsbereitschaft der Mitarbeiter: [Bewertung auf einer Skala von 1-5] 4
  - o Mitarbeiterverfügbarkeit für Fragen: Ja/Nein/Bemerkungen]
5. Systemleistung:
  - o Zuverlässigkeit der Pick&Go-Technologie: [Bewertung auf einer Skala von 1-5] 5 sehr gut
  - o Effizienz beim Einkaufen: [Bewertung auf einer Skala von 1-5] 5 sehr gut
  - o Technische Probleme oder Systemausfälle: [Ja/Nein/Beschreibung]
6. Kundenfeedback:
  - o Gespräche mit Kunden über ihre Erfahrungen mit Pick&Go: [Zusammenfassung/Besondere Anmerkungen]

Zusätzliche Bemerkungen:

Zeibler Personik | 5. sehr gute Resonanz

[Hier können weitere Beobachtungen, Kommentare oder Besonderheiten festgehalten werden.]

Unterschrift des Beobachters: [Unterschrift]

M. Krumb

Hinweis: Dieses Protokoll dient nur zu Beobachtungszwecken und sollte vertraulich behandelt werden.

## Anhang J: Beobachtungsprotokoll Zeppelinstraße 2

Beobachtungsprotokoll- REWE Pick&Go  
Technologie

Datum: [Datum] Ort: REWE Supermarkt (Standort: [Standort])  
 22.06.2023 Zeppelinstraße 2, Köln  
 Beobachter: [Name] Beobachterrolle: Kundenserviceexperte  
 Marcel Kramer  
 Beobachtungsdetails:

1. Allgemeine Informationen:
  - o Uhrzeit der Beobachtung: [Uhrzeit] 17:06
  - o Wetterbedingungen: [Beschreibung] warm/bewölkt
  - o Aktivitätsniveau des Supermarkts: [Hoch/Mittel/Niedrig] Niedrig
2. Technologieinfrastruktur:
  - o Funktionierende/fehlerhafte Pick&Go-Stationen Ja/Nein? Nein
3. Kundenverhalten:
  - o Anzahl der Kunden, die Pick&Go nutzen: [Anzahl] 12
  - o Verhalten der Kunden beim Einkaufen:
    - Nutzung von Pick&Go-Apps: [Häufigkeit] 3
    - Nutzung von Einkaufswagen: [Häufigkeit] 9
    - Einhalten der Pick&Go-Richtlinien: Ja/Nein/Bemerkungen]
4. Mitarbeiterinteraktion:
  - o Anzahl der Mitarbeiter im Pick&Go-Bereich: [Anzahl] keine Notwendig
  - o Hilfsbereitschaft der Mitarbeiter: [Bewertung auf einer Skala von 1-5] 5 Sehr gut
  - o Mitarbeiterverfügbarkeit für Fragen: Ja/Nein/Bemerkungen]
5. Systemleistung:
  - o Zuverlässigkeit der Pick&Go-Technologie: [Bewertung auf einer Skala von 1-5] 5 ⇒ fehlerfrei
  - o Effizienz beim Einkaufen: [Bewertung auf einer Skala von 1-5] 5 ⇒ kein Anstehen
  - o Technische Probleme oder Systemausfälle: [Ja/Nein/Beschreibung] ⇒ leichte Verzögerungen nur bei Frischfleisch
6. Kundenfeedback:
  - o Gespräche mit Kunden über ihre Erfahrungen mit Pick&Go: [Zusammenfassung/Besondere Anmerkungen]  
 Zeitersparnis ⇒ kein Anstehen an der Kasse

Zusätzliche Bemerkungen:

[Hier können weitere Beobachtungen, Kommentare oder Besonderheiten festgehalten werden.]

Unterschrift des Beobachters: [Unterschrift] M. Kramer

Hinweis: Dieses Protokoll dient nur zu Beobachtungszwecken und sollte vertraulich behandelt werden.