

MASTERARBEIT

LAGERLEITSTANDSUNTERSTÜTZUNG MITTELS KÜNSTLICHER INTELLIGENZ

ausgeführt an der



am Studiengang
IT & Wirtschaftsinformatik

Von: Dominik Sammer
Personenkennzeichen: 2010320011

Graz, am 05.12.2021

.....
Unterschrift

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt und die benutzten Quellen wörtlich zitiert sowie inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

.....

Unterschrift

DANKSAGUNG

Die Bearbeitung einer Problemstellung ist ein komplexes Vorhaben. An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Menschen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben.

Einen wichtigen Beitrag leistete mein Betreuer Herr DI Dr. Selver Softic, der mich mit seiner Kompetenz in diesem Teilbereich bei Fragenstellungen mit richtigen Hilfsstellungen auf den richtigen Weg führte. Dadurch war möglich, mich auf die wesentlichen Fragestellungen der Arbeit zu konzentrieren.

Ein weiterer Dank gilt der Partnerfirma Jungheinrich Systemlösungen, die mich durch die Problemstellung für dieses spannende Teilgebiet der KI begeistert hat. Insbesondere gilt hier der Dank meinem Ansprechpartner Mario Lengheimer.

Zu guter Letzt bedanke ich mich bei meiner Familie sowie meinen Freunden, die mich durch ihre Unterstützung durch diese intensive Zeit begleitet haben.

KURZFASSUNG

Lagerleitstände sind mit einer Vielzahl an technischen und organisatorischen Herausforderungen konfrontiert. Sich ändernde Umstände im Lagerlogistikumfeld sowie geänderte Konsumentenansforderungen erfordern zudem, dass sich Informationssysteme daran anpassen. Die vorliegende Arbeit befasst sich hier insbesondere damit, wie künstliche Intelligenz den Lagerleitstand in seinen Aufgaben unterstützen kann.

Um diese Frage zu beantworten, wird die aktuell vorhandene Literatur in drei Aspekten beleuchtet. Zum einen werden die Aufgaben, die Lagerleitstand zukommen analysiert. Anschließend wird erfasst, mit welchen Informationssystemen dieser in Kontakt ist. Zuletzt wird beschrieben, wie intelligente Systeme implementiert werden können.

Um die aus der Literatur aufgestellten Hypothesen zu überprüfen, erfolgte ein zweistufiger Prozess zur Überprüfung dieser. Hierbei wurde eine Befragung von Lagerlogistiksoftware Experten durchgeführt und diese wurde qualitativ ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Befragung wurden in einer Kundenumfrage weiter validiert. Diese Kundenumfrage wurde quantitativ ausgewertet.

Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass in unterschiedlichen Teilbereichen zusätzliche intelligente Funktionalitäten benötigt werden. Künstliche Intelligenz ist hierbei lediglich die Möglichkeit, diese Anforderungen umzusetzen und wird nicht gesondert von Kunden nachgefragt. Vor allem in Warehouse-Management-Systemen sind bisher wenig konkrete Anwendungsfälle implementiert worden. Neben intelligenter Lagerung von Waren, die berücksichtigt, welche Produkte häufig gemeinsam ausgeliefert werden, identifizierten die Befragten vor allem auch die Notwendigkeit von Prozessoptimierung. Diese umfasst Ressourcenoptimierung sowie das Erkennen von optimalen Zeitpunkten für bestimmte Lageroperationen. Zudem ist eine vorrauschauende Fehlererkennung in unterschiedlichen Lagerteilbereichen für Lagerleitstände ein besonders relevanter Anwendungsfall. Dieser eignet sich aufgrund der Datenbeschaffenheit und der Komplexität des Problems für eine Implementierung mithilfe von künstlicher Intelligenz.

ABSTRACT

Warehouse supervisors, who manage warehouses, are confronted with a variety of technical and organizational challenges. Due to changes in logistics and consumer demands, information systems must adapt quickly. Therefore, this thesis focuses on how artificial intelligence (AI) can support warehouse supervisors in their tasks.

To answer this question, the literature review focusses on three main fields. First, the typical tasks and challenges of a warehouse supervisor are described. Second, the different information systems typically deployed are analysed. And finally, the last part discusses AI. Based on the reviewed literature, three main hypotheses were then formulated.

To verify these hypotheses, a two-step approach was deployed. First, seven warehouse logistic software experts were interviewed, and a qualitative analysis was conducted to summarise the results of the interviews. Next, fifteen customers were surveyed, and the survey results were quantitatively evaluated, in order to validate the experts' opinions.

The results show that additional intelligent functionalities are needed in different subareas. However, artificial intelligence is only one possible way to implement these functionalities, and customers do not always request AI specifically. Especially in warehouse management systems, few use cases have been implemented to date. The respondents suggested that intelligent implementation can be used for multiple tasks, including intelligent goods storage, predictive error detection and intelligent resource planning. The final section of this paper offers an outlook for the future and some suggestions for how software can be adopted in this area in the future.

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
1.1	Zielsetzung	1
1.2	Vorgehensweise	2
1.3	Aufbau der Arbeit	2
2	TECHNOLOGIEGETSTÜTZER LAGERLEITSTAND	4
2.1	Lagerlogistik	4
2.2	Herausforderungen des Lagerleitstandes	5
2.2.1	Allgemeine Herausforderungen für den Lagerleitstand	5
2.2.2	Aufgaben in manuellen Lagern	6
2.2.3	Aufgaben in teilautomatisierten Lagern	7
2.2.4	Zukünftige Herausforderungen	9
2.3	Informationssysteme zur Unterstützung des Lagerleitstandes	10
2.3.1	Enterprise-Resource-Planning Systeme	10
2.3.2	Warehouse Management Systeme	11
2.3.3	Management Informationssysteme	12
2.3.4	Transportplanungssoftware	13
2.3.5	Zusammenspiel der unterschiedlichen Informationssysteme	14
2.4	Informationssystemgestützte Prozesse der Intralogistik	16
2.4.1	Lagervorbereitungen	16
2.4.2	Wareneingang	17
2.4.3	Transportsteuerung	18
2.4.4	Vorbereitung zur Kommissionierung	19
2.4.5	Kommissionierung	20
2.4.6	Warenausgang	21
2.4.7	Inventur	21
2.4.8	Trends und Schlussfolgerungen	22
3	KÜNSTLICHE INTELLIGENZ	24
3.1	Anwendungsgebiete	24
3.2	Aufbau von lernenden Systemen	25
3.3	Methoden, zur Umsetzung lernender Systeme	27

3.3.1	Überwachtes Lernen	27
3.3.2	Unüberwachtes Lernen	29
3.3.3	Lernen durch Verstärkung	30
3.3.4	Künstliche neurale Netze.....	32
3.3.5	Biologische Verfahren	33
3.4	Voraussetzungen für intelligente Systeme	34
3.4.1	Organisatorische Voraussetzungen	34
3.4.2	Technische Voraussetzungen	35
3.5	Nachvollziehbarkeit von gelernten Resultaten	36
4	KÜNSTLICHE INTELLIGENZ IN DER LAGERLOGISTIK.....	37
4.1	Derzeitige Anwendungsgebiete	37
4.2	Beurteilungskriterien zur Identifikation von mit KI lösbaren Problemstellungen.....	38
4.3	Bewertung von Anwendungsfällen	41
4.3.1	Optimierung der Reihenfolge von Entnahmeaufträgen	41
4.3.2	Bestandsoptimierung	42
4.3.3	ABC-Analyse von Artikeln	43
4.3.4	Fehlererkennung von durch Benutzer erfassten Daten.....	43
4.3.5	Transportauftragsoptimierung	44
4.3.6	Optimierung der Kommissionierplätze	45
5	HYPOTHESENBUILDUNG	46
6	METHODIK ZUR ÜBERPRÜFUNG DER HYPOTHESE	48
7	INTERVIEWAUSWERTUNG	50
7.1	Interviewmaterial.....	50
7.1.1	Interviewleitfaden.....	50
7.1.2	Informationserfassung	53
7.1.3	Bildung des Kodierleitfadens	53
7.2	Ergebnisse der Auswertung	54
7.2.1	Kundenanfragen zu KI	54
7.2.2	Akzeptanz und Entscheidungsfähigkeit von KI	55
7.2.3	Datenverfügbarkeit für den Lernvorgang.....	56
7.2.4	Bestandsoptimierung mit KI.....	57
7.2.5	Fehlererkennung mit KI	58

7.2.6	ABC-Analyse mit KI	59
7.2.7	Ressourcenoptimierung mit KI	60
7.2.8	Schlussfolgerungen aus den Experteninterviews.....	61
8	AUSWERTUNG DER KUNDENBEFRAGUNG	63
8.1	Umfragebogen	63
8.2	Ergebnisse der Umfrage.....	66
8.2.1	Allgemeiner Bedarf nach intelligenten Prozessen.....	66
8.2.2	Bedarf in der Bestandsoptimierung	68
8.2.3	Bedarf in Prüfprozessen	69
9	ERGEBNISSE UND AUSBLICK.....	70
ANHANG A	TRANSKRIPT INTERVIEW 1	72
ANHANG B	TRANSKRIPT INTERVIEW 2	78
ANHANG C	TRANSKRIPT INTERVIEW 3	86
ANHANG D	TRANSKRIPT INTERVIEW 4	90
ANHANG E	KODIERLEITFADEN	95
ANHANG F	UMFRAGEERGEBNISSE.....	105
	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	106
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	107
	TABELLENVERZEICHNIS	108
	LITERATURVERZEICHNIS	109

1 EINLEITUNG

Der Online-Handel und die damit verbundenen Logistikaufwendungen bescheren der Intralogistik in den vergangenen Jahren einen enormen Bedeutungszuwachs. Dieser Bedeutungszuwachs zeichnet sich zum einen durch gestiegenen Umsatz aber zum anderen auch durch steigende Komplexität aus (Gesing et al. 2018).

Durch die Corona Krise ist dieser Trend weiter verstärkt worden. Jedoch hat die Corona Krise gezeigt, wie verletzlich Lieferketten sind, wenn Planungen falsch vorgenommen werden. Ausgefallene Lieferungen resultieren in leeren Lagerständen, welche wiederum Kundenunzufriedenheit hervorrufen (Alicke et al. 2020). Eine Befragung von Logistikern zeigt, dass mehr als zwei Drittel aller Logistiker die Auswirkungen der Corona Krise auf die Branche als groß oder sehr groß einschätzen (Keller 2021).

Die beschriebene Komplexität ist nicht immer mit herkömmlichen Softwarelösungen effizient abdeckbar. So gibt es bereits beschriebene Anwendungsfälle, bei denen künstliche Intelligenz (KI) Lagermitarbeiter dabei unterstützt, Fehler zu erkennen oder Unfälle zu vermeiden (Gesing et al. 2018). Die gestiegenen Datenmengen und die gestiegene Rechenleistung führt zudem dazu, dass immer mehr Anwendungsfälle gefunden werden, die mittels KI gelöst werden. So gibt es zwar derzeit nur selten KI-Anwendungsfälle für Lagerverwaltungssoftware, jedoch zeigen einige Indikatoren, dass sich hier eine Änderung ergeben wird. Beispielsweise zeigt eine Statista Umfrage, dass sich der Umsatz mit KI Anwendungen bis 2024 im Vergleich zu 2016 ver Hundertfachen wird (Statista Research Department 2016).

Um konkrete Anwendungen von KI zu finden, wird mit der Arbeit auf die Arbeit des Lagerleitstandes eingegangen. Als Lagerleitstand wird hier die zentrale Ansprechorganisation zur Organisation und Planung der diversen Aufgaben im Lager verstanden. Diese Aufgabe wird im Kapitel 2 näher erläutert.

1.1 Zielsetzung

Das Ziel der Arbeit ist es, Lagerleitstandsaufgaben zu identifizieren, die mit KI unterstützt werden können. Hierfür sind zunächst die Aufgaben des Lagerleitstandes auszuarbeiten. Hierbei soll insbesondere berücksichtigt werden, welche unterschiedlichen Softwareberührungspunkte es zur Steuerung eines teilautomatisierten Lagers gibt.

Um eine Entscheidung darüber treffen zu können, ob und wie KI für eine Aufgabe geeignet ist, ist dieses Softwareentwicklungsparadigma zu erarbeiten. Hier ist insbesondere auf Vorbedingungen und konkrete praktische Anwendungen einzugehen.

Die erarbeitete Literatur wird anschließend in Form einer Befragung von Fachleuten und einer Befragung von Kunden weiter erforscht.

Die durch diese Arbeit gefundenen Potentiale und Anwendungsfälle können zum einen für weitere spezifischere Forschungsprojekte verwendet werden. Außerdem ist es dadurch möglich, auf Ebene des Produktmanagements eine Strategie zur Weiterentwicklung einer existierenden Lagerverwaltungslösung zu erarbeiten.

Aus dieser beschriebenen Zielsetzung heraus lässt sich ableiten, dass sich die Forschungsarbeit mit einer Evaluierung der konkreten Aufgaben des Lagerleitstandes beschäftigt. Diese Aufgaben sollen sowohl für den manuellen als auch für den teilautomatisierten Bereich betrachtet werden. Daher ergibt sich die folgende Forschungsfrage für die Arbeit:

Welche Aufgaben des Lagerleitstandes in einem teilautomatisierten Lager sind mittels KI unterstützbar?

1.2 Vorgehensweise

Die Arbeit wird in zwei Schritten aufgeteilt, wobei im ersten Schritt Hypothesen erarbeitet werden. Eine Literaturrecherche soll helfen, Hypothesen für dieses Thema aufzustellen. Die empirische Literaturrecherche wird für folgende Themen durchgeführt:

- Aufgaben des Lagerleitstandes in einem teilautomatisierten Lager
- Existierende Unterstützung durch Lagerverwaltungssoftware für den Leitstand
- Konkrete Anwendungsfälle von Künstlicher Intelligenz

Im zweiten Schritt werden die Erkenntnisse der Literaturrecherche weiter erarbeitet. Dies erfolgt mithilfe von Experteninterviews, die mittels Befragung mit strukturiertem Frageleitbogen durchgeführt werden. Die ausgewählten Experten sind Lagerlogistik Experten aus der Lagerlogistik Softwarebranche. Diese Interviews werden qualitativ ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Interviews werden über Kundenbefragungen weiter validiert. Diese Kundenbefragung wird in Form einer Umfrage an Kunden gerichtet, die quantitativ ausgewertet werden. Auf Basis dieser Ergebnisse wird die Forschungsfrage der Arbeit beantwortet.

1.3 Aufbau der Arbeit

Um die in Kapitel 1.1 beschriebenen Ziele zu erreichen geht die Arbeit zunächst auf die aktuelle Literatur ein. Daraus heraus wird eine Hypothese gebildet. Der praktische Teil der Arbeit dient der Überprüfung der Hypothese.

Der theoretische Teil der Arbeit gliedert sich in einen Teil, in dem näher auf die Aufgaben des Lagerleitstandes im Intralogistikumfeld eingegangen wird. Zudem wird hier beschrieben, welche Informationssysteme den Lagerleitstand in welcher Form bei seinen Aufgaben unterstützen. Außerdem erfolgt eine Beschreibung von mittels Informationssystemen gestützten Lagerprozessen.

Im darauffolgenden Kapitel wird auf KI näher eingegangen. Hierbei wird ein grundsätzliches Verständnis für KI erarbeitet, um anschließend zu beschreiben, wie KI-Systeme umgesetzt werden können. Ebenso werden die technischen und organisatorischen Voraussetzungen beschrieben.

Basierend auf der Erarbeitung der Aufgaben des Lagerleitstandes sowie der Beschreibung von KI wird im darauffolgenden Kapitel ein Bezug von KI zur Lagerlogistik aufgestellt. Hierbei erfolgt eine Erarbeitung der aktuell vorhandenen Anwendungsszenarien, um damit eine Erarbeitung von konkreten Anwendungsfällen zu tätigen, die als Basis für die Hypothesenbildung dienen.

Die gebildeten Anwendungsfälle werden im Anschluss über Expertenbefragungen validiert. Der Aufbau sowie die Analyse dieser Interviews wird Folgekapitel beschrieben. Im Anschluss erfolgt eine Überprüfung der Ergebnisse der Experteninterviews mit einer Kundenbefragung.

Abschließend werden die Ergebnisse der unterschiedlichen Untersuchungen im Ergebniskapitel zusammengefasst, um so die Forschungsfrage zu beantworten. Ebenfalls erfolgt ein kurzer Ausblick, in dem auf zukünftige Forschungsthemen eingegangen wird.

2 TECHNOLOGIEGESTÜTZTER LAGERLEITSTAND

Dieses Kapitel widmet sich zunächst den Grundlagen der Lagerlogistik und geht dann konkret auf die Aufgaben des Leitstandes ein. Im Anschluss wird anhand der unterschiedlichen eingesetzten Systeme demonstriert, wie diese Personen mit Informationssystemen unterstützt werden. Die aufgelisteten Aufgaben erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und basieren auf dem Stand der Literatur.

2.1 Lagerlogistik

Als Lagerlogistik wird jener Teilbereich der Logistik verstanden, welcher sich innerhalb einer Unternehmenseinheit beziehungsweise innerhalb eines Logistikknotens befindet. Damit ist sie Teil der Mikrologistik, welche einzelwirtschaftliche Systeme und deren Aufgaben betrachtet (Gleißner und Femerling 2008).

Wie der Name bereits kennzeichnet, findet ein Großteil dieser Dienstleistung innerhalb eines Lagers statt. Die Lagerhaltung selbst ist der geplante Prozess der Zeit- und Zustandsüberbrückung innerhalb einer Unternehmenseinheit (Hompel und Schmidt 2008).

Die Lagerlogistik ist ein wichtiges Element, um die Kernleistungen der Logistik, nämlich Auftragsabwicklung, Lagerung und Transport, erfolgreich und effizient erfüllen zu können. Ihr kommt dabei eine zentrale Steuerungsfunktion zu, um Warenflüsse verschiedener Ursprünge an einem gemeinsamen Punkt zu vereinen (Gleißner und Femerling 2008).

An welchem Ort sich dieser Logistikknoten befindet, hängt vor allem von der Art des Lagers ab. Ein Beschaffungslager ist zur Versorgung der Produktion mit Material zuständig und hat daher vor allem Rohware zu verwalten. Ein Produktionslager dient als Puffer und handhabt mit Halbfertigerzeugnissen. Ein Distributionslager ist dahingegen für die Lagerung der Erzeugnisse für den Kunden zuständig. Neben dem Ort unterscheiden sich auch Prozesse je nach Lagertyp (Martin 2009). Ein Lagertyp, welcher sich durch spezielle Leistungsansprüche kennzeichnet, ist ein E-Fulfillment Lager. Darunter versteht man ein Lager, welches speziell für die Erfüllung von Kundenbestellungen aus Online-Shops zuständig ist (Richards 2018).

Neben der Lagerung bestehen die Aufgaben von intralogistischen Knoten vor allem in der Zusammenstellung von Produkten zur Erfüllung der Kundenwünsche. Dieser Prozess entspricht der Kommissionierung und ist in hoher Effizienz durchzuführen. Die hierfür notwendigen Qualitäts- und Effizienzansprüche werden durch die Lagerprozesse Qualitätskontrolle, Inventur und Nachschub abgedeckt (Hompel et al. 2011).

Die Lagerlogistik ist also ein Teilbereich der Logistik und befasst sich mit unterschiedlichen Aufgaben in einem Lager. Dabei vereint sie unterschiedliche Warenflüsse an einen gemeinsamen Punkt und ist so Teil der Wertschöpfungskette. Es gibt unterschiedliche Arten von Lagern, welche in unterschiedlichen Aufgaben dienen. Jene Aufgaben, die den Lagerleitstand betreffen, werden im folgenden Kapitel näher erläutert.

2.2 Herausforderungen des Lagerleitstandes

Als Lagerleitstand wird eine Führungsposition innerhalb des Lagers verstanden. Die richtige Ausübung dieser Rolle hat wie jede Führungsfunktion erheblichen Einfluss auf den Erfolg eines Lagers. Diese Rolle wird nicht nur von einer Person ausgeübt, sondern wird insbesondere bei größeren Lägern von unterschiedlichen Personen eingenommen. Diese unterschiedlichen Personen sind hierbei zumeist für verschiedene Teilbereiche des Lagers zuständig (Richards 2018).

Die Aufgaben des Lagerleitstandes hängen von unterschiedlichen Kriterien ab. Die steigende Komplexität der Lager durch höhere Bestellaufkommen, E-Commerce sowie gesetzliche Rahmenbedingungen erfordert den Einsatz von Informationssystemen zur Entscheidungsunterstützung des Leitstandes (Motorola 2013).

Je nach Lagergröße unterscheiden sich auch die Zuständigkeiten dieser Rolle, beispielsweise Wareneingangsleitstand und Warenausgangsleitstand. Die Herausforderungen für den Lagerleitstand können in allgemeine Herausforderungen, Herausforderungen speziell für manuelle Lager sowie Herausforderungen, welche sich in teilautomatisierten Lagern ergeben unterteilt werden. Die folgenden Kapitel gehen auf diese ein und erheben im Anschluss eine Erfassung, mit welchen Aufgaben Lagerleitstände in der Zukunft konfrontiert werden.

2.2.1 Allgemeine Herausforderungen für den Lagerleitstand

Ein Lagerleitstand ist für eine Vielzahl an Aufgaben in Lagern zuständig. Zudem ähneln sich diese teilweise in manuellen sowie teilautomatisierten Lagern. Daher erfolgt in diesem Kapitel eine Beschreibung dieser allgemeinen Herausforderungen des Lagerleitstandes. Insbesondere sind dabei die folgende Aufgaben hervorzuheben (Richards 2018):

- Sicherstellung einer hohen Qualität der Auslieferungen
- Effizienzsteigerungen der Auslieferungen durch entsprechende Disposition
- Personalverantwortung

Das immer höhere Aufkommen von E-Fulfillment Lagern hat auch Auswirkungen auf die Art und Weise wie ein Lager geführt werden muss. Derartige Lager zeichnen sich durch eine hohe Produktvielfalt aus. Außerdem weisen bestimmte Produkte Saisonalität auf. Zudem ist eine schnelle Auslieferung von Kundenbestellungen mit wenigen unterschiedlichen Artikeln notwendig (Richards 2018).

Erforderliche Leistungsspitzen können nur mit entsprechender Vorausplanung abgedeckt werden. Entweder wird höherer Ressourceneinsatz benötigt oder ein entsprechendes Prozessmanagement ist erforderlich. In zweiterem Fall wird insbesondere die Bedeutung der eingesetzten Software im Lager deutlich, denn nur damit können Problemstellen identifiziert werden. In jedem Fall ist durch den Leitstand entsprechende Informationsanalyse und Reaktion auf erkannte Probleme zu erwarten (Klug et al. 2019).

Der Lagerleitstand ist zudem für gesundheitliche Aspekte im Lager zuständig. Ein beispielhafter Fall ist ein Lager mit Kühl- oder Tiefkühlbereich. Gesetzlich geregelt ist in solchen Bereichen zumeist die maximale Zeitspanne, in der sich Mitarbeiter in derartigen Bereichen aufhalten dürfen. In so einem Fall ist der Leitstand dafür verantwortlich, dass diese Bedingung eingehalten wird (Richards 2018).

Auch die Einhaltung von Sicherheitsrichtlinien ist durch den Lagerleitstand zu beaufsichtigen. Hierbei gibt es je nach Lagertyp unterschiedliche Anforderungen. Zumeist existieren jedoch eigene Bereiche, in welchen sicherheitsrelevantes Material wie beispielsweise Medikamente, Tabak oder teure Materialien gelagert werden. In derartigen Bereichen ist es nur möglich, mit einer entsprechenden Befugnis einzutreten. Der Lagerleitstand ist letztendlich dafür verantwortlich, dass dieses autorisierte Personal entsprechend der persönlichen Fähigkeiten ausgewählt wird (Richards 2018).

In den vergangenen Jahren wurden Lager zunehmend größer. In einer Studie von Motorola wurde festgestellt, dass 38% der Firmen das Lager vergrößern möchten (Motorola 2013). Damit zusammenhängend ist nicht nur die Koordination innerhalb des Lagers komplexer, sondern zudem die Planung, auf welchen Plätzen Artikel im Lager gelagert werden. Besonders in großen E-Commerce Lagern ist die Zuweisung von Artikel zu Plätzen eine wesentliche Rolle. Dies hat mit dem begrenzten Platz und zudem mit dem bereits erläuterten Bedarfsschwankungen zu tun (Richards 2018).

Der Lagerleitstand ist also für eine Vielzahl von unterschiedlichen Führungsaufgaben im Lager verantwortlich. Zum einen ist diese Rolle für die Sicherstellung von effizienten Prozessen und einer entsprechenden Arbeitsverteilung für die Mitarbeiter zuständig. Außerdem muss auch die Einhaltung entsprechender Sicherheitsrichtlinien gewährleistet werden und darauf geachtet werden, dass Engpässe vermieden werden. Im folgenden Kapitel erfolgt eine Erfassung der Aufgaben, die in manuellen Lagern noch hinzukommen.

2.2.2 Aufgaben in manuellen Lagern

Die in Kapitel 2.2.1 beschriebenen allgemeinen Herausforderungen betreffen Lagerleitstände in unterschiedlichen Lagertypen. Hinzu kommen noch weitere Aufgaben je nach Art des Lagers. Dieses Kapitel widmet sich deshalb speziell den anfallenden Problemstellungen in manuellen Lagern.

In diesem Kontext wird unter einem manuellen Lager ein Logistikknoten verstanden, indem die Lagerung und Umlagerung der Güter ohne Unterstützung durch Automatisierungstechnik erfolgt. Wichtige Bestandteile sind trotzdem Mittel zum Transport der Güter, wie beispielsweise Stapler (Hompel und Schmidt 2008).

Unterschiedliche Lagerplatzvergabestrategien spielen in manuellen Lagern eine besondere Rolle. Die Lagerplatzvergabe kümmert sich darum, dass Güter von einem Punkt im Lager an einen anderen Punkt im Lager transportiert werden (Hompel und Schmidt 2008). In manuellen Lagern wird dieser Transport durch Mitarbeiter durchgeführt, weshalb die Kosten für Transporte wesentlich höher sind, als wenn diese durch Automatisierungstechnik erfolgt. Die Erstellung

beziehungsweise die Konfiguration von Lagerplatzvergabestrategien erfolgt im Lager durch Erfahrung und ist daher zumeist durch den Lagerleitstand zu beaufsichtigen (Richards 2018).

Die Qualität der Auslieferungen hängt in manuellen wie auch automatisierten Lagern mit der Qualität der Einlagerungen ins Lager zusammen. Damit zusammenhängend ist jedoch anzumerken, dass in manuellen Lagern die Kommissionierung von falschen Produkten wahrscheinlicher passiert als in automatisierten Lagern. In vielen Organisationen gibt es spezialisiertes Personal für unterschiedliche Lagerbereiche, um diese Fehlerhäufigkeit zu reduzieren (Hompel et al. 2011). In diesem Zusammenhang ist der Lagerleitstand dafür verantwortlich, dass die Personalplanung so erfolgt, dass spezialisiertes Personal zum Zeitpunkt der Kommissionierung auch vorhanden ist (Richards 2018).

Eine Studie hat erhoben, dass in Lagern mit schlechtem Prozessmanagement bis zu 3000 Stunden pro Jahr verloren werden (Copeland 2020). In manuellen Lagern kommt dem Prozessmanagement eine wesentlich höhere Rolle zu als in teilautomatisierten Lagern. Dies heißt nicht, dass nicht in beiden Fällen effiziente Prozesse notwendig sind, jedoch steigt der Bedarf an effizienten Prozessen in manuellen Lagern, da dort die Anzahl der Ressourcen knapper ist. Die Erhebung und Bewertung von Kennzahlen für das Prozessmanagement ist daher insbesondere in diesen Lagern zu erfolgen (Richards 2018).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Aufgaben in manuellen Lagern je nach Lagertyp unterschiedlich sind. Insbesondere das Prozessmanagement lässt sich als besonders wichtige Aufgabe herausheben. Zudem das Management der Lagerplatzvergabestrategien, um effiziente Prozesse zu ermöglichen. Im folgenden Kapitel wird näher auf die Aufgaben in teilautomatisierten Lagern eingegangen.

2.2.3 Aufgaben in teilautomatisierten Lagern

Zu den in Kapitel 2.2.1 beschriebenen allgemeinen Herausforderungen kommen dem Lagerleitstand in teilautomatisierten Lagern weitere Aufgaben zuteil. Diese stehen, da es in diesem Lagertyp zumindest teilweise auch manuelle Prozesse gibt, in Kombination zu den in Kapitel 2.2.2 beschriebenen Aufgaben.

Im Vergleich zu manuellen Lagern werden in teilautomatisierten Lagern diverse Aufgaben mithilfe von Automatisierungstechnik durchgeführt. Diese Technik ermöglicht Kosteneinsparungen wie auch Effizienzsteigerungen. Zudem ist es, insbesondere durch akuten Personalmangel, schlicht und einfach notwendig, Automatisierungstechnik einzusetzen (Windt und Hülsmann 2007).

Automatisierungstechnik kann hierbei in unterschiedlichen Teilbereichen des Lagers eingesetzt werden. Kern ist es, die ansonsten manuell durchgeführte Arbeit effizienter gestalten zu können. Teilaufgaben, welche automatisiert werden sind die Folgenden: (Hompel et al. 2007):

- Transport von Gütern mithilfe von Fördertechnik oder anderen Systemen
- Lagerung und Reorganisation der Lagereinheiten
- Kommissionierung

- Sortierung von Ware im Warenausgang
- Qualitätskontrolle und Verpackung im Warenausgang

Die beschriebenen erforderlichen Leistungsspitzen sind auch in der Planung von teilautomatisierten Lagern zu berücksichtigen. So ist es notwendig, Automatisierungstechnik so zu gestalten, dass sie den hohen Leistungsansprüchen gerecht wird (Günthner und Tenerowicz 2018). Aufgrund der anfallenden Kosten und insbesondere der anfallenden Stillstandkosten ist jedoch darauf Acht zu geben, dass der Anteil an Fördertechnik den notwendigen Anforderungen entspricht. In einigen Fällen ist diese Anforderung durch Fördertechnik allein nicht zu bewerkstelligen und muss daher mit anderen Systemen abgedeckt werden (Windt und Hülsmann 2007).

Im Kontext der Leistungserfordernisse ist es auch zu vermeiden, dass es zu teuren ungeplanten Ausfällen der Automatisierungstechnik kommt. In diesem Zusammenhang werden unter anderem Systeme zur Überwachung der unterschiedlichen Anlagen im Lager installiert. Diese Systeme können vom bloßen Systemabbild bis hin zur Vorhersage von Problemen und damit zur Lösung dieser beitragen (Schadler et al. 2019). Dieser Vorgang läuft über Sensorik und entsprechende Benutzeroberflächen (Große et al. 2018) oder Lagervisualisierung ab (Kipouridis et al. 2013). Der Lagerleitstand ist hier für die Überwachung der Systemabbilder zuständig und muss außerdem basierend auf dem Bestellverhalten die Entscheidung treffen können, wann die Wartung des Systems stattzufinden hat.

In teilautomatisierten Lagern existiert zumeist eine Festplatzzuweisung für unterschiedliche Artikel. Hier wird fix festgelegt, wo welcher Artikel für die Kommissionierung bereitgestellt wird. In einigen Fällen sind Kommissionierplätze im manuellen Lager effizienter (beispielsweise hohe Stückzahlen, die im Normalfall kommissioniert werden). In anderen Fällen ist die Kommissionierung im Automatisierungsbereich zu bevorzugen. Dies ist etwa bei einer hohen Anzahl an Bestellungen für Produkte notwendig (Hompel et al. 2011). Eine korrekte Planung von Festplatz-Zuweisungen ist durch die begrenzte Anzahl von Plätzen im Lager ein entscheidender Wettbewerbsvorteil. So können niedrigere Kommissionierzeiten erreicht, sowie Wege verkürzt werden (Richards 2018). Beispielsweise können ABC-Strategien für ein derartiges Vorgehen gewählt werden (Elbert et al. 2015). Hier kommt dem Leitstand eine überwachende sowie eine steuernde Rolle in Bezug auf diese ABC-Zuordnung zu. In kleinen Lagern wird die Planung der Kommissionierplätze durch den Leitstand selbst übernommen, in großen Lagern mit vielen verschiedenen Teilbereichen erfolgt diese Planung durch spezialisiertes Personal und wird vom Leitstand überwacht (Richards 2018).

Die Zusammensetzung der Kommissionieraufträge erfordert eine durchdachte und geplante Disposition dieser. In teilautomatisierten Lagern sind zur Zusammenstellung des Kundenauftrages oft Kommissionierungen in unterschiedlichen Teilbereichen notwendig. Hier ist die unterschiedliche Zeit zur Kommissionierung sowie die unterschiedliche Wegzeit zum Warenausgang zu bedenken (Hompel et al. 2011). Gleichzeitig ist es notwendig, dass Lagerbereiche aufgrund großer Entnahmemengen nicht für andere Aufträge gesperrt werden. Dies hat damit zu tun, dass in automatisierten Bereichen weniger Entnahmestationen verfügbar sind, da die Entnahme selbst effizienter vonstattengeht (Hompel et al. 2007). Der Lagerleitstand

ist hier für die korrekte Disposition und Freigabe unterschiedlicher Kommissionieraufträge zuständig. Hier ist also nicht nur die Dauer der Entnahme, sondern auch die vorhandenen Ressourcen sowie der vorhandene Platz am Warenausgang zu berücksichtigen.

In teilautomatisierten Lagern ist der Lagerleitstand also nicht nur für die effiziente Abwicklung von manuellen Prozessen zuständig, sondern auch für den effektiven Einsatz der automatisierten Ressourcen. In diesem Kontext ist es vor allem wichtig, einem Artikel den richtigen Bereichen zuzuweisen, eine Überwachung der Technik durchzuführen und insgesamt effiziente Prozesse zu gewährleisten. Da sich gewisse neue Anforderungen ausgehend von sich ändernden Kundenverhalten ergeben wird im nächsten Kapitel auf zukünftige Herausforderungen eingegangen.

2.2.4 Zukünftige Herausforderungen

Wie bereits in dem vorangegangenen Kapitel erläutert verändert E-Commerce die Art und Weise wie ein Lager interpretiert und geführt wird. Dadurch ergeben sich auch neue Herausforderungen für den Lagerleitstand.

Die Bedeutung des Lagers in einem Unternehmen hat sich weg vom statischen Dienstleister hin zum dynamischen und flexiblen Distributionszentrum verändert. Die Steuerung des Lagers umfasst daher auch die Bewertung der Umwelteinflüsse und hat damit einen größeren Kontext als nur die Betrachtung des Lagers an sich (Richards 2018).

Der Klimawandel und die damit verbundenen Veränderungen der gesetzlichen Rahmenbedingungen sowie das sich verändernde Konsumverhalten (Hezel 2020) beeinflusst auch die Art wie Lagerdienstleistungen zur Verfügung gestellt werden. Im Kontext der Lagerführung ist vor allem die CO₂ Einsparung durch Strom- und Wassereinsparungen zu erreichen. Hierfür sind Wegzeiten zu verkürzen beziehungsweise Wege innerhalb des Lagers optimiert zu berechnen (Richards 2018).

CO₂ Einsparungen führen nicht nur zu einer höheren Akzeptanz des Kunden, sondern führen auch zu einer höheren Effizienz im Lager. Ein Distributionszentrum des britischen Modeanbieters John Lewis sparte Kosten im Wert von 250.000 Pfund durch optimierte Wegführung sowie damit verbunden niedrigeren Strom- und Wasserverbrauch ein (Richards 2018).

Als weiterer relevanter Trend lässt sich die Individualisierung der Lieferkette identifizieren. Beispielsweise ist die Anpassung der Verpackungsmaterialien sowie die Art der Verpackung durch Konsumenten häufig eine Anforderung. Zum anderen möchten Konsumenten die Möglichkeit haben, die Bestellung direkt im Lager abzuholen. Auf Seiten der Lagerführung ergibt sich hier eine erhöhte Komplexität durch plötzliche Veränderung der disponierten Aufträge sowie durch unterschiedliche Verpackungen im Zuge der Kommissionierung und Qualitätskontrolle (Richards 2018).

Selbstfahrende-geführte Stapler (AGV) sind als Grenzfall der unterschiedlichen Teilbereiche zu sehen. Diese Systeme arbeiten zwar automatisiert jedoch in manuellen Prozessen. Sie ermöglichen es, Ressourcenlasten über Zeiten ohne menschliche Anwesenheit zu verteilen.

Zudem können damit Optimierungsdurchläufe in manuellen Lagern effizient durchgeführt werden. Daher findet diese Technologie bereits eine breite Anwendung in der Lagerlogistik (Ullrich 2015).

Eine veränderte Bedeutung des Lagers in der Wertschöpfungskette erfordert also dynamischere Prozesse unter Berücksichtigung von äußeren Einflüssen. Aktuelle Trends zum nachhaltigeren Handeln müssen auch im Lager berücksichtigt werden, da diese zum einen höhere Akzeptanz beim Endkunden als auch effektivere Prozesse ermöglichen. In diesem Zusammenhang müssen diese Prozesse auch das sich ändernde Konsumentenverhalten hin zur Individualisierung berücksichtigen. Diese Individualisierung erfordert hohe Flexibilität in den operativen Prozessen.

Es ist davon auszugehen, dass die Herausforderungen zukünftig weiter steigen werden. Gestiegener Personalmangel erfordert häufig einen Einsatz von Automatisierungstechnik sowie anderen Hilfsmitteln in der Auftragsabwicklung. Die Kombination aus manuellen und teilautomatisierten Prozessen gewährleistet nicht automatisch effiziente Prozesse, sondern erfordert einen durchdachten Einsatz der unterschiedlichen Ressourcen. Um diese Prozesse überwachen zu können ist ein Einsatz von Informationssystemen notwendig, welche im folgenden Kapitel näher erläutert werden.

2.3 Informationssysteme zur Unterstützung des Lagerleitstandes

Die in Kapitel 2.2 gelisteten Herausforderungen sind vielfältig und haben in unterschiedlichen Lagertypen unterschiedliche Relevanz. Was sie jedoch gemein haben ist die Notwendigkeit, sie durch unterschiedliche Softwarelösungen abzudecken. Diese Softwarelösungen werden in diesem Kapitel beschrieben.

In Lagern werden hierfür typischerweise folgende Softwarelösungen verwendet (Hompele und Schmidt 2008):

- Enterprise-Resource-Planning Software (ERP)
- Warehouse-Management Software (WMS)
- Materialflussrechner (MFR) sowie Warehouse-Control-Systeme (WCS)
- Management-Information Systeme (MIS)
- Transportplanungssoftware

In diesem Kapitel werden die Aufgaben der unterschiedlichen Systeme weiter erläutert.

2.3.1 Enterprise-Resource-Planning Systeme

ERP-Systeme werden in den meisten Unternehmen eingesetzt und sind daher auch im Lager in Verwendung. Dieses Kapitel beschreibt, inwieweit die ERP-Systeme Lageraufgaben unterstützen.

ERP-Systeme sind dafür verantwortlich, Ressourcen in einem Unternehmen zu verwalten. Sie steuern hierbei Bedarfs- und Mengenströme und sind im Kontext des Lagers häufig das

übergeordnetes System, mit dem die dem Lager zugeordneten Unternehmensressourcen geplant werden. Häufig werden ERP-Systeme auch als Warenwirtschaftssystem (WWS) bezeichnet (Hompele und Schmidt 2008).

In größeren Unternehmen werden die ERP-Systeme auch in einzelne Teilsysteme unterteilt. So existiert in solchen Fällen ein ERP-System für die Zentrale sowie ein weiteres System für die einzelnen Filialen und Lagerstandorte (Gleißner und Femerling 2008).

In der Lagerverwaltung existieren unterschiedliche Aufgaben für das ERP. Hierbei wird vor allem dabei unterschieden, ob es neben dem ERP-System noch weitere speziell für das Lager zugeschnittene Informationssysteme gibt. Wenn dies der Fall ist dient das ERP-System als übergeordnetes System und die Hauptaufgaben liegen im Erfassen von Artikeldaten, in der Eingabe von Bestelldaten sowie in der Steuerung der Gesamtressourcen des Unternehmens (Hompele und Schmidt 2008). ERP-Systeme werden jedoch auch mit Modulen ausgeliefert, die die gesamten Prozesse des Lagers abbilden (Hoppe und Käber 2009).

Als einzelnes System oder im Zusammenspiel mit weiteren Informationssystemen helfen ERP-Systeme also bei der Ressourcenplanung des Unternehmens. Im Lager übernehmen derartige Informationssysteme je nachdem, ob noch weitere Informationssysteme im Einsatz sind, unterschiedliche Rollen. Ein Informationssystem, welches speziell die operativen Lagerprozesse unterstützt ist das WMS. Dieses Informationssystem wird im folgenden Kapitel näher erläutert.

2.3.2 Warehouse Management Systeme

Als Verantwortlicher für das Lager ist der Lagerleitstand mit vielen steuernden Aufgaben betraut. Diese operativen Aufgaben sind speziell auf das Lager abgeschnitten und WMS-Systeme decken diese Prozesse effizient ab. Eingegliedert zwischen anderen Systemen sind sie für bestimmte Aufgaben zuständig. Dies wird folgend näher beschrieben.

ERP-Systeme sind typischerweise sehr konfigurierbare Systeme mit unterschiedlichen Anwendungsfällen. Dennoch erfordern Lagerprozesse eine dafür spezialisierte Software. WMS-Systeme bilden genau diese Anforderung ab. Kernaufgabe ist das Generieren und zur Verfügung stellen von Informationen, mit denen ein Lager transparent geführt werden kann, um so ineffiziente Prozesse zu vermeiden (Hompele und Schmidt 2008).

Die Aufgaben des Systems beziehen sich durchwegs auf Lagerprozesse. Hierfür werden sowohl operative als auch strategische Informationen zur Verfügung gestellt. Zudem beinhalten WMS-Systeme umfassende Module für den operativen Betrieb (Hompele und Schmidt 2008). Die folgenden Aufgaben werden insbesondere von WMS-Systemen übernommen (Gleißner und Femerling 2008):

- Wareneingangserfassung
- Lagerplatzvergabe
- Lagerplatz Reorganisation und Optimierung
- Nachschubsteuerung

- Steuerung der Auslagerungs- sowie Prozesse der Kommissionierung
- Warenausgangsfunktionalitäten
- Inventur

WMS-Systeme werden zumeist als Subsystem des ERP-Systems eingegliedert. In diesem Kontext sind derartige Systeme bestandsführend und somit dafür verantwortlich eine exakte Information über den Bestand sowie den Standort von Ware zu geben (Hompel und Schmidt 2008).

Ein Lager wird schlussendlich damit bewertet, wie korrekt und schnell ausgeliefert wird. Aus diesem Grund existieren eine Vielzahl von Optimierungssystemen für die Kommissionierung. Diese Systeme beziehen sich nicht nur auf automatisierte Systeme, sondern auch auf manuelle Erleichterungen für die Kommissionierung. Beispielhafte Systeme sind Kommissionierung mit Sprache für insbesondere für kalte Lagerbereiche oder etwa Kommissionierung mit Lichtunterstützung (Pick-By-Light). Derartige Informationssysteme sind zumeist direkt mit WMS Prozessen umgesetzt (Hompel et al. 2011).

Als eigenes Modul zu betrachten sind MFR sowie WCS, welche vorrangig für die Kommunikation mit untergelagerten Steuerelementen zuständig sind (Gleißner und Femerling 2008). Zu diesen Systemen kommuniziert das Lagerverwaltungssystem über Schnittstellen und ist lediglich für die Erstellung von Transport- oder Kommissionieraufträgen zuständig (Hompel et al. 2011).

Das WMS ist ein System, welches zumeist zwischen dem ERP und anderen Subsystemen dafür zuständig ist, effiziente Lagerprozesse zu ermöglichen. Es ist bestandsführend und deckt die Hauptaufgaben eines Lagers, also Einlagern, Lagern und Auslagern, ab. Dieses Informationssystem steuert also die Warenflüsse in einem Logistikknoten und ist daher ein effizientes Hilfsmittel, Warenprozesse effizient zu organisieren.

Der Lagerleitstand muss eine Vielzahl an Entscheidungen treffen. Derartige Entscheidungen werden durch Kennzahlen und Auswertungen vereinfacht. Im nächsten Kapitel erfolgt daher eine Beschreibung von MIS und wie diese Systeme im Zusammenspiel mit anderen Informationssystemen zur Entscheidungshilfe beitragen.

2.3.3 Management Informationssysteme

Diese Systeme dienen zur Entscheidungsunterstützung und stellen hierfür zusammengefasste Informationen des operativen Betriebs bereit. Etwaige Module werden in vielen Fällen bereits durch das WMS zur Verfügung gestellt und spezialisieren sich hier auf Prognosen und Analysen des Echtzeitlagerbetriebs (Hompel und Schmidt 2008).

Im Vergleich zu anderen Business-Intelligence (BI) Systemen wird bei MIS lediglich Information zur Verfügung gestellt. Die Entscheidung selbst wird weiterhin vom Menschen getroffen. Hauptanwender von MIS sind das untere und mittlere Management. Die Zusammenfassung und Evaluierung der Daten erfolgt durch simple mathematische oder statistische Operationen (Laudon und Laudon 2017).

Die gestiegene Komplexität und Lagergröße (Kapitel 2.2.1) machen den Einsatz von Informationssystemen zur Entscheidungsunterstützung essenziell. Beispielhaft werden Kommissionierleistungskennzahlen, Transportauftragsdauer sowie Lagerdurchlaufdauer als Kennzahl mit diesen Systemen zur Verfügung gestellt (Richards 2018). Hierfür kommunizieren diese Systeme mit unterschiedlichen anderen Informationssystemen. WMS stellt dem MIS Kommissionierdaten zur Verfügung, Bestände werden abgeglichen oder Produktdaten aus dem ERP verwendet (Laudon und Laudon 2017).

MIS ist also ein System, mit dem Informationen an das untere und mittlere Management zur Verfügung gestellt werden. Diese Informationen beziehen sich vor allem auf den operativen Betrieb. Hierfür werden Daten aus unterschiedlichen Systemen gespeichert und anschließend über Kennzahlen ausgewertet. Das nächste Kapitel beschreibt, welche Verantwortlichkeiten Transportplanungssoftware hat und wie diese das Lager beeinflusst.

2.3.4 Transportplanungssoftware

Da das Lager nur ein Teil der Wertschöpfungskette ist, erfolgen vor und nach der Lagerung eine unterschiedliche Anzahl an Prozessen. In bestimmten Lagertypen ist es essenziell, dass diese Prozesse miteinander abgestimmt sind, um unnötige Stehzeiten von Ressourcen zu vermeiden. Ein wichtiger Schritt dabei ist die Planung von Transporten, welche zumindest teilweise vom Lagerleitstand durchgeführt wird.

Transportplanung wird intern und extern durchgeführt. Interne Transporte betreffen die Lagerflüsse selbst und werden vorwiegend durch das Lagerverwaltungssystem übernommen. Externe Transportplanung beschäftigt sich mit der Zusammenstellung von LKW-Ladungen. Ziel ist es die LKW-Ladungen optimiert zu steuern umso Kosten zu minimieren (Gleißner und Femerling 2008).

Transportplanungssoftware kann Bestandteil des ERP-Systems sein kann jedoch auch über eine eigene Software abgebildet sein. Dies hängt vor allem damit zusammen, wie komplex die Zusammenstellung der LKW-Fahrten ist und welche äußerlichen Faktoren berücksichtigt werden müssen (Gleißner und Femerling 2008).

Die Hauptaufgabe aus Sicht des Lagers ist die Gruppierung von unterschiedlichen Kundenbestellungen mit einem ähnlichen oder demselben Ziel zu Touren. Touren entsprechend einer oder mehrerer LKW-Fahrten. Diese Touren werden über Schnittstellen entweder direkt an das Lagerverwaltungssystem oder indirekt über das ERP übertragen (Gleißner und Femerling 2008).

Transportplanung betrifft also das Lager zumindest teilweise. Diese Software gruppiert etwa Kundenbestellungen und ermöglicht es so, Kunden gemeinsam zu beliefern. Die beschriebenen Informationssysteme stehen in Zusammenhang. Dieser Zusammenhang wird nun weiter erläutert.

2.3.5 Zusammenspiel der unterschiedlichen Informationssysteme

Je nach Lagergröße und Lagertyp werden die beschriebenen Informationssysteme in einer unterschiedlichen Ausprägung eingesetzt. Da diese Systeme miteinander kommunizieren existieren unterschiedliche Informationsflüsse und Zuständigkeiten. Diese werden in diesem Kapitel weiter erläutert.

Der Informationsfluss zwischen den unterschiedlichen Systemen und Parteien wird in Abbildung 1 dargestellt. Als Beispiel wird hier ein teilautomatisiertes Online-Distributionszentrum hergenommen, im Grundsätzlichen gleichen die Informationsflüsse jedoch auch in anderen Lagertypen diesem Beispiel.

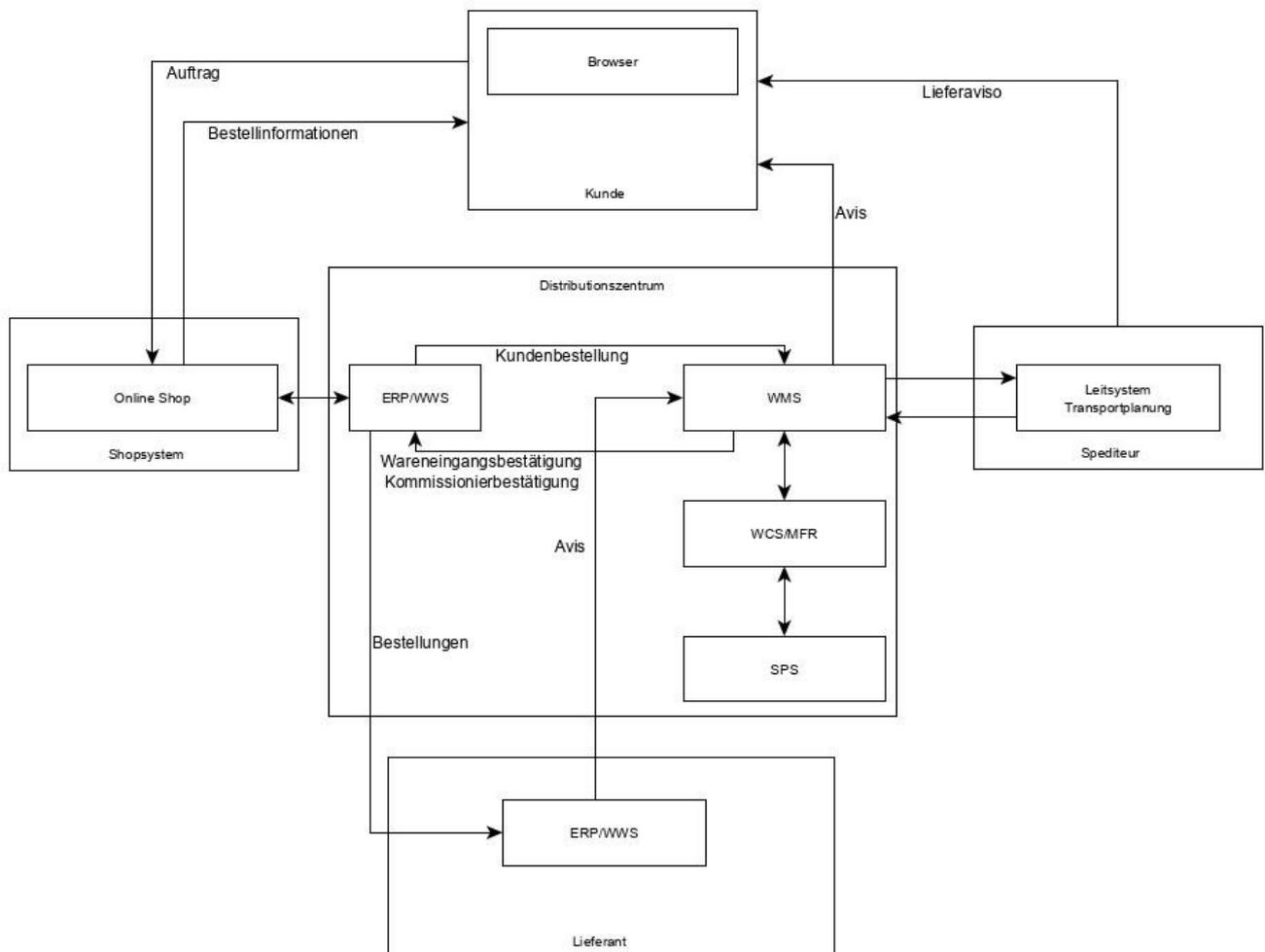


Abbildung 1: Informationsfluss im Lager am Beispiel Online Shops (vgl. Hompel und Schmidt 2008)

Wie ersichtlich ist das WMS für die zentrale Kommunikation im Lager zuständig. Zunächst empfängt es Warenankündigungen (Avis) vom ERP des Lieferanten. Anschließend empfängt es Kundenbestellungen vom ERP des Lagerbetreibers und sendet Wareneingangs- und Bestätigungen von Kommissionierungen zurück an das ERP. Wie bereits in Kapitel 2.3.2 beschrieben ist das WMS das bestandsführende System. Daher hält das ERP lediglich Gesamtbestände je Artikelausprägung und bucht diese aufgrund der WMS Rückmeldungen gegen (Hompel und Schmidt 2008).

Daten der Kommissionierung werden ebenfalls an das Leitsystem des Spediteurs beziehungsweise an die Transportplanung übermittelt. Diese dienen zur Ankündigung von Lieferungen beim Kunden. Das WMS verwaltet und optimiert den Lagerbestand nach der Kommissionierung. Für die Nachbestellung von Ware beim Lieferanten ist hingegen das ERP verantwortlich (Hompel und Schmidt 2008).

Bis zum Zeitpunkt, an dem Ware im Lager ankommt sowie von dort zum Kunden geliefert wird sind unterschiedliche Informationssysteme im Einsatz. Das ERP ist für die Erfassung der Waren, Anlieferungen und Auslieferungen zuständig. Im WMS werden diese erfassten Aufträge innerhalb eines Logistikknotens effizient abgewickelt. In automatisierten Lagern gibt es weitere Systeme, die die Subsysteme ansprechen. Mithilfe der Transportplanung werden Routen an das WMS übermittelt, die bestimmen, welche Ware gemeinsam ausgeliefert wird. Abschließend erfolgt eine Meldung an das ERP über die ausgelieferte Ware. Während das ERP also für die Erfassung und Verwaltung der Aufträge zuständig ist erfolgt im WMS die Bestandsverwaltung. Im nächsten Kapitel werden unterschiedliche Lagerprozesse näher erläutert und wie diese im Zusammenhang mit den beschriebenen Informationssystemen stehen.

2.4 Informationssystemgestützte Prozesse der Intralogistik

Das nachfolgende Kapitel widmet sich den unterschiedlichen Prozessen im Lager. Insbesondere wird darauf eingegangen in welcher Form der Lagerleitstand in diesen Prozessen eingebunden ist und welche Systeme beteiligt sind. Diese Beschreibung fokussiert sich auf die allgemeinen Anwendungsgebiete basierend auf der Literatur. Es ist durchaus möglich, dass sich spezifische Unternehmensprozesse von den beschriebenen Prozessen unterscheiden.

Abbildung 2 zeigt, wie die unterschiedlichen, in diesem Kapitel weiter beschriebenen Prozesse zusammenhängen. Ersichtlich ist, dass es verschiedene Prozesse im Lager gibt, die im Wesentlichen auch verschiedenen Lagerbereichen zugeordnet werden können.

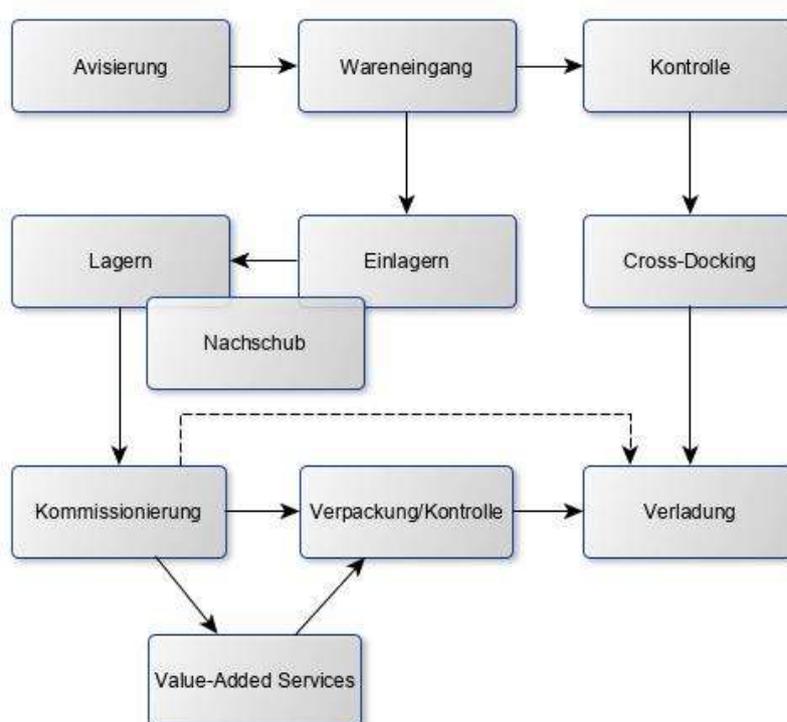


Abbildung 2: Prozesse im Lager (vgl. Richards 2018)

Die Hauptprozesse Einlagern, Lagern und Auslagern werden in unterschiedliche Teilprozesse gegliedert. Darauf aufsetzend gibt es noch weitere Prozesse, die den Warenfluss unterstützen. Vor der Einlagerung ist eine Vorbereitung des Lagers notwendig, welche zunächst beschrieben wird.

2.4.1 Lagervorbereitungen

Zumeist sind Lieferanten und Lagerbetreiber unterschiedliche Stellen mit unterschiedlichen Interessen und Informationen. Aus Sicht des Lagers sind unterschiedliche Informationen notwendig, bevor überhaupt mit der Planung und dem Wareneingang begonnen werden kann.

Einkaufsmitarbeiter des Unternehmens erfassen zunächst meist grundlegende Lieferanteninformationen im ERP. Zusätzlich dazu werden neue Produkte erfasst. Diese Partei

hat grundlegend andere Prioritäten als Lagermitarbeiter. An dieser Stelle sind etwa genaue Abmessungen, Packungsgrößen oder Artikel Barcodes weniger relevant, die jedoch im Wareneingang eine sehr große Rolle spielen. Fehlerhafte oder unvollständige Informationen führen jedoch im Wareneingang zu großen Effizienzverlusten. Daher ist bereits an dieser Stelle der Lagerleitstand gefordert, grundlegende Informationen entweder vom Lieferanten zu fordern, oder entsprechende Planungen für die später folgenden Vereinnahmungen vorzunehmen (Richards 2018).

Artikeldaten werden nach der Erfassung meist direkt an das Lagerverwaltungssystem übertragen. Je nach Informationsgüte des ERPs müssen anschließend noch weitere Informationen wie Verpackungsdaten im Lagerverwaltungssystem erfasst werden. Zusätzlich kann eine grundlegende Prüfung der Daten erfolgen (Hompele und Schmidt 2008).

Vor der Anlieferung sind also unterschiedliche vorbereitende Maßnahmen zu tätigen. Neben der Erfassung von Artikeln im ERP sind Artikeldaten mit unterschiedlichen lagerspezifischen Daten im WMS anzureichern, um effizient im Wareneingang angekommene Ware erfassen zu können. Diese Erfassung im Wareneingang wird nun folgend beschrieben.

2.4.2 Wareneingang

Der Wareneingang ist jener Bereich des Lagers, in dem Waren in diesem ankommen. Dies kann der Ankunftspunkt der Ware im Unternehmen sein, wenn das Unternehmen nicht selbst produziert. Bei einem produzierenden Betrieb kann der Wareneingang jedoch auch der Übergang von der Produktion in die Distribution sein. Je nach Art herrschen also unterschiedliche Anforderungen für diesen Lagerbereich, welche nun weiter erläutert werden.

Typischerweise wird die Ware von einem Transportmittel, wie einem LKW zum Lager transportiert. In Lagern mit wenig Betrieb ist es möglich, dass die Entladung des LKWs ohne Ankündigung und Planung begonnen wird. Allerdings ermöglicht eine Planung der Lieferungen es, bereits Vorbereitungen für die ankommende Ware zu treffen. Daher ist es üblicherweise die Praxis, dass Warenanlieferungen über Avis vom Lieferanten angekündigt werden. Mit diesen ist es möglich Personal bereitzustellen, Ladehilfsmittel vorzubereiten sowie Platz im Lager zu schaffen (Richards 2018).

Die Qualität der Auslieferungen wird auch durch die Qualität der ankommenden Ware mitbestimmt. Daher nimmt die Qualitätskontrolle der ankommenden Ware in diesem Lagerbereich einen besonderen Stellenwert ein. Zur Steigerung der Auslieferungsquote werden Produkte zusätzlich von Störmaterial befreit, vereinzelt oder umgepackt. Zusätzlich werden an dieser Stelle Paletten oder anderwärtige Transportbehältnisse mit der Ware befüllt. (Hompele und Schmidt 2008).

In diesem Bereich ist der Lagerleitstand zum einen dafür zuständig, dass die notwendigen Ressourcen und die notwendigen Daten verfügbar sind. Das bedeutet, dass es notwendig ist, die in Kapitel 2.4.1 beschriebenen Vorbereitungen zu treffen. Zudem ist es wichtig, sicherzustellen, dass Lieferanten dann liefern, wenn Ressourcen im Lager verfügbar sind. Hierfür ist es besonders

relevant, auszuwerten, ob der Lieferant termingerecht liefert, um Abweichungen herauszufinden (Richards 2018).

Im Lager stehen nur eine gewisse Anzahl an Wareneingangsflächen zur Verfügung. Zudem ist es relevant, wie lange ein befüllter LKW auf die Entladung warten muss. Um solche Problemstellungen zu lösen, besitzen die meisten WMS ein integriertes Dock-And-Yard Management Modul. In derartigen Modulen wird erfolgt eine Steuerung, des notwendigen Aufenthaltsortes der einzelnen LKWs (Richards 2018).

Um die hohen Qualitätsanforderungen im Wareneingang erfüllen zu können gibt es aus Sicht des Lagerleitstandes zwei Ansätze. Entweder man versucht das qualifizierteste Personal in diesem Bereich einzusetzen oder man versucht durch Überprüfungsprozesse die Qualität sicherzustellen. Hier ist es vor allem wichtig, sicherzustellen, dass es im späteren Auslieferungsprozess zu keinen Verzögerungen kommt. Dies erfolgt etwa durch Kontrolle der Artikelbarcodes sowie der Überprüfung der erfassten Daten (Richards 2018).

Im Wareneingang werden die Voraussetzungen für effiziente Lagerprozesse geschaffen. Es erfolgt eine Planung der Ankünfte im Lager, eine Erfassung und Kontrolle der angekommenen Ware, sowie unter Umständen eine Umverpackung in andere Transportbehältnisse. Danach erfolgt der Transport der vereinnahmten Ware an einen dafür geeigneten Platz. Hierfür ist die Steuerung der Transporte eine notwendige Aufgabe, welche im folgenden Kapitel erläutert wird.

2.4.3 Transportsteuerung

Nachdem die angekommene Ware im Wareneingang einem Qualitätscheck unterzogen wurde und Transportmittel mit den Produkten gebildet wurden, sind die gebildeten Paletten an den richtigen Lagerbereich zu verbringen. Hierfür werden Lagermitarbeiter mittels transportführender Systeme zu einem geeigneten Lagerplatz für eine Palette gelotst. Ziel der Transportsteuerung ist die Führung der Mitarbeiter durchs Lager, sowie eine möglichst durchgehende Verantwortungsspeicherung (Richards 2018).

Es ist jedoch auch so, dass die Transportsteuerung immer dann zur Anwendung kommt, wenn Transporte zwischen Lagerplätzen notwendig sind. Dies betrifft die Einlagerung aber auch Nachschubaufträge und Reorganisationen des Lagers (Martin 2009).

Kernelement der Transportsteuerung sind unterschiedliche Transportaufträge. Diese betreffen unterschiedliche Ladeeinheiten, also Paletten mit Start und Zielplatz. Transportaufträge werden sowohl für manuelle als auch für automatisierte Lagerbereiche benötigt. Die Zusammenfassung der unterschiedlichen Lagertransporte ermöglicht eine Überwachung der Transportzeiten aber auch die Nachvollziehbarkeit, wo ein Lagergut möglicherweise verloren ging. Die Erstellung und Überwachung dieser Transportaufträge erfolgt im WMS (Hompele und Schmidt 2008).

Um Transportaufträge erzeugen zu können bedarf es eines Zielplatzes. Die Bestimmung dieses Zielplatzes erfolgt entweder durch fixe Artikel-Platz Zuordnungen oder mit einer chaotischen Lagerplatzvergabe. Die Vergabe der Plätze wird durch ein Modul im Lagerverwaltungssystem, der Freiplatzsuche, durchgeführt. In chaotischen Systemen werden bestimmte

Lagerplatzvergabestrategien definiert, die mitbestimmen, wo Artikel gelagert werden. Hierfür sind durch den Leitstand unterschiedliche Kriterien, wie die Temperatur Empfindlichkeit, Zugriffshäufigkeit oder etwa auch bestimmte Merkmale des Artikels zu definieren (Hompel et al. 2011).

In Lagerbereichen wird zudem zwischen Bereichen für die Kommissionierung und Reservebereichen unterschieden. Reservebereiche werden auch als Einheitenlager bezeichnet und in diesem Fall wird Ware so entnommen, wie sie gelagert wird. Dies hat unter anderem höhere Effizienz durch wegfallende Zusammenstellungszeit zur Folge (Martin 2009). Die Transportplanung gewährleistet, dass Ware entsprechend rechtzeitig vom Reservebereich in den Bereich der Kommissionierung transportiert wird.

Zusammenfassend dient die Transportsteuerung also dazu, Transportbehälter von einer Quelle zu einem Ziel zu verbringen. Hierfür werden Transportaufträge erzeugt. Diese Erzeugung und Durchführung der Transporte erfolgt im WMS oder in untergeordneten Systemen und muss je nach Lagertyp viele Kriterien, wie etwa Temperatur Empfindlichkeit, berücksichtigen. Da das Lager Ware lagert, um Kundenbestellungen abzuwickeln erfolgt nach der Lagerung eine Kommissionierung der Güter. Um diese Kommissionierung abzuwickeln, ist eine Vorbereitung nötig, welche nun beschrieben wird.

2.4.4 Vorbereitung zur Kommissionierung

Die Hauptaufgabe eines Lagerleitstandes ist, sicherzustellen, dass das Lager zum geforderten Zeitpunkt Kundenaufträge effizient abwickeln kann. Da die größten operativen Kosten für die Kommissionierung anfallen, ist es besonders wichtig, das Lager so einzurichten, dass diese im Lager effizient und kundenorientiert funktioniert.

Zur Vorbereitung auf die Kommissionierung sind unter anderem folgende Punkte zu beachten (Richards 2018):

- Bestandsoptimierung, sodass Wegzeiten kürzer sind
- Sicherstellen, dass Ware dort ist, wo sie benötigt wird (Nachschubsteuerung)
- Sicherstellen, dass Personal zum Zeitpunkt der Kommissionierung im richtigen Lagerbereich vorhanden ist
- Sicherstellen, dass Kundenaufträge nicht vorschnell gestartet werden, um Überfüllung des Warenausgangs zu vermeiden
- Zusammenfassen von Aufträgen mit gleichem Ziel
- Sicherstellen, dass Waren die kommissioniert werden, auch abgeholt werden (LKW-Planung)

Zur Bestandsoptimierung selbst trägt zum großen Teil die Freiplatzsuche eines Lagerverwaltungssystem bei. Hier können unterschiedliche Strategien angewandt werden, um Ware dort zu lagern, wo sie auch wirklich benötigt wird. Beispielhaft kann Ware nach Zugriffshäufigkeit in ABC-Ware gegliedert werden. Zudem kann die Lagerplatzvergabe basierend

auf bestehenden Auslieferdaten so optimiert werden, dass häufige Zusammenstellungen möglichst nah beieinander gelagert werden (Hompel et al. 2011).

Die Sicherstellung von benötigtem Personal im jeweiligen Lagerbereich in Zusammenhang mit der Sicherstellung, dass Überfüllung im Warenausgang vermieden wird, stellt sich als besondere organisatorische Herausforderung dar. In bestimmten Lagertypen werden in bestimmten Zeitspannen große Mengen an Bestellungen übermittelt, während es in anderen Zeitspannen wenig bis gar keine Bestellung gibt. Der Lagerleitstand muss hier eine Priorisierung der Aufträge vornehmen können. Diese Priorisierung erfolgt basierend auf der Situation im Warenausgang, auf der Bestandssituation sowie auch auf der Situation der LKWs, die die Bestellung abholen. Hierfür werden also Daten aus verschiedenen Informationssystemen benötigt (Hompel et al. 2011).

In der Vorbereitung zur Kommissionierung kommen also unterschiedliche Strategien zur Anwendung. Neben der Bestandsoptimierung ist insbesondere die Nachschubsteuerung sowie das Sicherstellen von effizienten Prozessen eine wichtige Aufgabe. Daher bildet diese Aufgabe einen Großteil der Arbeiten ab, die durch den Lagerleitstand zu überwachen sowie zu optimieren sind. Im Anschluss der Vorbereitung ist als nächster Prozess die Kommissionierung der wertschöpfende Prozess des Lagers welcher im folgenden Kapitel beschrieben wird.

2.4.5 Kommissionierung

Nachdem das Lager entsprechend vorbereitet wurde, kann mit der Abarbeitung der Kundenaufträge begonnen werden. Dieser Prozess betrifft größtenteils das operative Personal, weshalb dem Lagerleitstand hier vor allem eine steuernde und überwachende Rolle zukommt.

Die Kommissionierung selbst wird je nach Art der Kommissionierung durch das Lagerverwaltungssystem oder durch untergeordnete Systeme zur Kommissionierung, wie etwa Kommissionierung mit Lichtunterstützung, gesteuert. In jedem Fall hat das Lagerverwaltungssystem die übergeordnete Steuerung über und ist damit jenes System, von dem ausgehend operative Prozesse gestartet werden (Hompel et al. 2011).

Der Lagerleitstand muss bei der Personalbereitstellung für diesen Prozess auch auf die Stärken der Mitarbeiter zu achten. In Lagern sind, wie in Kapitel 2.2.2 beschrieben, unterschiedliche Stärken und Schwächen anzutreffen. Dies betrifft auch die Kommissionierung. Vor allem dann, wenn es im Lager unterschiedliche Auslieferstrategien durch unterschiedliche Systeme gibt. Um diese Stärken herauszufinden, werden durch das Lagerverwaltungssystem, aber auch durch das ERP Kennzahlen zur Verfügung gestellt. Beispielsweise sind für diese Entscheidungen Zugriffszeiten, Auftragsabarbeitungszeiten oder Anzahl der Rücksendungen pro Kommissionierer relevant (Richards 2018).

Im Zuge der Kommissionierung ist der Lagerleitstand dafür zuständig, den effizienten Prozess zu überwachen und zu gewährleisten. Hierfür ist die Kontrolle der relevanten Kennzahlen und die entsprechende Ressourcenplanung Kernbestandteil der Arbeiten des Lagerleitstandes. Ziel der Kommissionierung ist der Warenausgang, in welchem zusätzliche Prozesse abgearbeitet werden. Die Aufgaben dieses Lagerbereichs werden daher als nächstes erläutert.

2.4.6 Warenausgang

Die Kommissionierung von Kundenaufträgen endet mit unterschiedlichen für den Kunden zusammengestellten Waren. Diese Transporthilfsmittel müssen anschließend in den Warenausgangsbereich verbracht werden. Dies erfolgt entweder durch Automatisierungstechnik oder durch manuelle Prozesse. Im Warenausgangsbereich werden anschließend noch unterschiedliche Prozesse durchgeführt, die zum einen die Qualität der Auslieferungen sicherstellen oder zusätzlichen Wert für Auslieferungen generieren.

Um die Qualität der Auslieferungen sicherzustellen, werden zusammengestellte Transporthilfsmittel über systemgeführte Prozesse überprüft. Dies erfolgt entweder stichprobenartig oder erfolgt für jedes einzelne kommissionierte Stück, wobei ersteres der üblichere Fall ist. In diesem Fall wird entweder für Kunden oder für Mitarbeiter im Lager ein prozentueller Wert festgelegt, wie oft die Qualität überprüft werden soll. Diese Konfiguration ist durch den Lagerleitstand aufgrund von Beobachtungen und Vereinbarungen durchzuführen (Richards 2018).

Eine wesentliche Aufgabe in diesem Bereich ist die Vorbereitung zum Versand der Ware. Dies umfasst zum einen die Verpackung von Ware aber zum anderen auch das Bereitstellen von Versanddokumenten (Richards 2018). Je nach Lagergröße und Abdeckungsgrad der Prozesse durch Informationssysteme ist aus Sicht des Lagerleitstandes auch zu entscheiden, welche Dokumente für welchen Frächter benötigt werden. Da dies jedoch durchaus ein komplexes Unterfangen ist, erfolgt dies meist durch andere Informationssysteme (Hompele und Schmidt 2008).

Um die durch das Lagerverwaltungssystem gesteuerte Verladung durchführen zu können, ist zudem eine Planung vorzunehmen, wann welcher LKW an welchem Tor andockt. Dies ist durch den Lagerleitstand mithilfe von Dock-and-Yard-Management Modulen sicherzustellen und erfordert eine entsprechende Planung. Bestimmte Produktgruppen erfordern zudem eine gesonderte Handhabung um am Warenausgang, um nicht eine Minderung der Qualität durch zu langes Nichtbehandeln der Behälter zu erleiden, wie etwa bei zu kühlender Ware (Richards 2018).

Aus Lagerverwaltungssicht ist der Warenausgang der abschließende systemgeführte Prozess. Am Ende dieses Prozesses werden Bestellungen abgeschlossen und entsprechende Meldungen zum ERP oder zum Kunden übermittelt. Innerhalb des Lagers existieren jedoch noch weitere unterstützende Prozesse, wie etwa die Inventur, welche im nächsten Kapitel beschrieben wird.

2.4.7 Inventur

Der im Wareneingang erfasste, durch die Transportsteuerung transportierte und durch die Kommissionierung veränderte Warenbestand muss regelmäßig überprüft werden. Diese Überprüfung erfolgt im Zuge von Inventurprozessen, welche in unterschiedlichen Varianten erfolgen.

Der vom System erfasste Bestand bestimmt zu einem Großteil wie hoch die Qualität der Auslieferungen ist. Dies hängt vor allem damit zusammen, dass bei durch Systeme geführten Lagern es keine Notwendigkeit gibt, jeden einzelnen Artikel im Lager zu kennen. Dadurch führt man das aus was das System vorgibt. Bei falschen Daten führt dies jedoch zu falschen Kommissionierungen. Um dies vorzubeugen sind Inventuren eine effektive Maßnahme (Hompel et al. 2011).

Inventuren geschehen auf zwei unterschiedliche Arten. Permanente Inventuren beschreiben Prozesse, die dauerhaft Teilbestände auf Korrektheit überprüfen. Bestandsinventuren hingegen finden punktuell statt und dienen dazu das gesamte System zu überprüfen. Bei zweitem Prozess ist es zumeist notwendig, Stillstände des Lagers zu produzieren. Außerdem kann bei aufgetretenen Differenzen nur schwer festgestellt werden, wann diese Differenz aufgetreten ist. Daher ist in der modernen Lagerführung die permanente Inventur die gewählte Vorgehensweise (Richards 2018).

Da es schwierig ist, den gesamten Lagerbestand auf einmal zu überprüfen ist es aus Lagerleitstand notwendig, geeignete Inventurstrategien zu formulieren. Durch eine Nulldurchgangsinventur wird permanent festgestellt, ob ein systemtechnisch geleerter Lagerplatz auch wirklich leer ist. Außerdem müssen bestimmte Artikel häufiger überprüft werden als andere. Beispielhaft kann auch hier eine ABC-Strategie angewandt werden, deren Eigenschaften durch den Lagerleitstand im WMS formuliert werden (Richards 2018).

Unterschiedliche Inventurprozesse gewährleisten eine hohe Auslieferqualität. Das WMS stellt hierfür eine permanente Nulldurchgangsinventur zur Verfügung. Des Weiteren wird durch spezielle Prozesse bestehender Artikelbestand kontrolliert. Bei gewissen Lagergrößen ist eine permanente Inventur die einzige mögliche Variante, Bestände zu überprüfen. Der Lagerleitstand ist hier speziell dafür zuständig, geeignete Inventurstrategien zu erstellen. Im nun folgenden Kapitel wird auf Trends in Lagerprozessen eingegangen und was diese für den Lagerleitstand bedeuten.

2.4.8 Trends und Schlussfolgerungen

Um die in Kapitel 2.2 gelisteten Herausforderungen wie beispielsweise größere Lagergröße und Artikelvielfalt abzudecken werden geeignete Prozesse benötigt. Hohe Auslastung bringt aber auch die in Kapitel 2.4 beschriebenen Vorgehensweisen an die Grenzen.

Die traditionelle Betrachtung von Lagerverwaltungssystemen stellt zumeist dar, dass Daten nach dem operativen Betrieb im Lager nicht mehr benötigt werden. Grundsätzlich ist diese Sichtweise auch berechtigt, vor allem in automatisierten Lagern werden große Datenmengen produziert. Das Bereinigen der operativen Daten hat jedoch zur Folge, dass im Nachhinein nicht festgestellt werden kann, was eine Retoure oder einen Fehler ausgelöst hat. Daher wird im Moment statt des Löschens der Daten häufiger ein Sammeln der Daten an anderen Stellen praktiziert (Gesing et al. 2018).

Die gesammelten Daten werden von Lagerverwaltungssoftware über eigene Monitoring Module für Lagerleitstände bereitgestellt. Zudem werden Daten auch über Schnittstellen externen BI Systemen zur Verfügung gestellt, um dort Aussagen treffen zu können (Klug et al. 2019).

Automatisierte Systeme sind oft durchgehend ausgelastet. Predictive-Maintenance ist daher für viele Lager notwendig. Um Vorhersagen über ausgefallene Teile treffen zu können findet in der Lagerlogistik mehr und mehr der digitale Zwilling, also ein Abbild einer Sache, Anwendung. Durch Simulation und Datenerhebung von Sensoren können Fehler bereits im Vorhinein vorhergesagt werden (Schadler et al. 2019). Der digitale Zwilling kann jedoch auch auf WMS-verwaltete Ware angewandt werden.

Bereits beim Bau von Lagern wird bestimmt, welche Leistung wo erzielt werden kann und welche Probleme auftreten können. Simulation wird hier immer relevanter. Simulation ist aber auch für WMS-Systeme notwendig. Beispielsweise können Lagerleitstände durch Simulationen basierend auf Echtzeitdaten vom Warenausgang bei der Freigabe von Kundenaufträgen unterstützt werden (Klug et al. 2019).

Um Kennzahlen zu erstellen, ist es zukünftig notwendig, abgearbeitete Daten langfristig zu speichern. Diese Speicherung ermöglicht die Erstellung von Monitoring Modulen, welche unter anderem zur Predictive-Maintenance benötigt werden. Auswertungen von Lagern können auch dazu beitragen, neue Lager entsprechend der Erfahrung zu bauen.

Informationssysteme sind für den Lagerleitstand essenzielle Hilfsmittel, um diese Führungstätigkeit annehmen zu können. Vor allem das WMS, aber auch ERP und MIS, werden in vielen Aufgabengebieten eingesetzt. Der Lagerleitstand ist dafür verantwortlich, dass das Lager effizient und effektiv Kundenbestellungen abarbeitet und muss deswegen im Lager dafür sorgen, dass Ressourcen richtig eingesetzt werden. Diese Planung erfordert die Überprüfung von entsprechenden Kennzahlen, eine Vorbereitung der Umgebung sowie auch Entscheidungen, welche Aufträge wann abgearbeitet werden. Derartig komplexe Aufgaben können möglicherweise durch KI unterstützt werden. Diese Technologie wird daher nun zunächst allgemein erläutert.

3 KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Dieses Kapitel widmet sich dem Softwareentwicklungsparadigma KI. Hierfür werden Grundlagen beschrieben und Anwendungsgebiete erarbeitet. Anschließend erfolgt eine Beschreibung, wie KI-Systeme umgesetzt werden können sowie welche organisatorischen und technischen Voraussetzungen für KI gegeben sein müssen. Abschließend wird auf die Nachvollziehbarkeit von gelernten Resultaten eingegangen, da diese, wie bereits in Kapitel 2.3.2 beschrieben, für Applikationen im Lagerumfeld wichtig ist.

KI ist ein Teilbereich der Informatik, der sich mit intelligenten Systemen beschäftigt. Dieser Teilbereich ist hierbei nicht nur der Erforschung von Intelligenz gewidmet, sondern vor allem auch mit der Entwicklung von intelligenten Systemen. Derartige Systeme widmen sich nicht nur vom Menschen durchgeführter Arbeiten sondern versuchen auch Dinge zu lösen, die über dem Verständnis des Menschen hinausgehen (Kreutzer und Sirrenberg 2019).

Zur Entwicklung von KI-Systemen ist ein ausgeprägtes Verständnis von Intelligenz notwendig. Eine relevante Definition hierfür wurde bereits 1950 mit dem Turing Test erstellt. Hierbei handelt sich um einen Test, bei dem Testpersonen Rückschlüsse ziehen müssen, ob es sich bei einer Aktion um eine maschinelle oder menschliche Aktion handelt. Ziel ist es, dass die Testperson nicht erkennt, ob die Aktion vom Menschen oder von der Maschine durchgeführt wurde (Russell und Norvig 2018).

Die Erstellung eines vollständig intelligenten Systems erfordert das Beherrschen von verschiedenen Komponenten (Russell und Norvig 2018):

- Sprache, um kommunizieren zu können (Natural-Language-Processing (NLP))
- Eine Möglichkeit, um Gelerntes zu speichern (Knowledge-Representation)
- Auf Fragen und Rückfragen müssen Antworten gefunden werden (Automated-Reasoning)
- Dynamische Anpassung auf neue Umgebungen mit maschinellem Lernen
- Um auch physische Kompetenzen abbilden zu können ist zusätzlich Bilderkennung sowie Robotik notwendig.

Die Erarbeitung der definierten Probleme ist also keinesfalls allein durch die Informatik zu lösen. Vielmehr sind verschiedene wissenschaftliche Kompetenzen, wie die der Neurobiologie, die der Philosophie oder auch die der Linguistik bei der Implementierung von intelligenten Systemen notwendig. KI findet bereits in unterschiedlichen Gebieten konkrete Anwendung, weshalb mit folgendem Kapitel darauf eingegangen wird.

3.1 Anwendungsgebiete

Dass KI ein Zukunftstrend ist, der weitreichende Konsequenzen für unterschiedliche Branchen haben wird ist weitreichend bekannt. Eine Auswahl von konkreten Anwendungsgebieten wird daher zunächst beschrieben.

Eine von McKinsey durchgeführte Studie zeigt, dass es außerhalb des Technologiesektors eine gewisse Skepsis gegenüber KI-Implementierungen gibt. Hierbei ist in vielen Unternehmen unbekannt, wie intelligente Systeme in Informationssystemen unterstützen können. Außerdem ist vielfach der Return-On-Investment (ROI) unbekannt (Chui et al. 2018). Daraus lässt sich ableiten, dass es noch durchaus Potential für diese Technologie gibt.

Durch neue technische Möglichkeiten sowie durch das Vorhandensein von gesteigerter Rechenleistung wurden in den letzten Jahren die Einstiegsbarrieren minimiert. Kostenlose Toolkits ermöglichen den einfachen Einstieg in KI. Zudem haben sich viele Dienstleister auf Services dieses Themas spezialisiert (Buxmann und Schmidt 2019).

Grundsätzlich ist zwischen zwei KI-Anwendungsgebieten zu unterscheiden. Zunächst ist es die Vorhersage von Daten basierend auf bestehenden Daten. Hierbei lösen Maschinen grundsätzlich mathematische Probleme, wie etwa über Vorhersage mittels Regression (Bughin et al. 2017). Dabei wird auch schnell der Vorteil von computerbasierten Systemen erzielt. Maschinen können Rechnungen viel schneller lösen können als Menschen. Grundlage dafür sind das Vorhandensein von strukturierten bestehenden Daten (Kreutzer und Sirrenberg 2019). Beispielhafte Anwendungsgebiete sind etwa das Vorhersagen von Bedarfsströmen in Warenflusketten.

Die andere Art von KI beschäftigt sich mit der Lösung von komplexen Problemen wie die Steuerung von Fahrzeugen sowie das Erlernen einer Fähigkeit ohne Bestandsdaten. Diese Art des Lernens kommt, dem des Menschen sehr nahe und die Implementierung derartiger Systeme ist daher sehr eng mit der Neurobiologie und damit zusammenhängend der Erforschung wie das menschliche Gehirn arbeitet, verbunden (Buxmann und Schmidt 2019). Die ersten Implementierungen von derart arbeitenden Algorithmen erfolgten zumeist für die Lösung von konkreten Spielen, wie etwa einem Schachspiel. Mit dieser Art des Lernens werden ebenfalls selbstfahrende Fahrzeuge entwickelt (Russell und Norvig 2018).

Zusammenfassend werden KI-Systeme in folgenden Gebieten eingesetzt:

- Autonome Roboter und Transportmittel
- Intelligente Dienste, Anlagen und Geräte
- Kognitive Assistenten und Assistenzsysteme für kognitive Aufgaben

Die Umsetzung von intelligenten Systemen unterscheidet sich von klassischen Softwareentwicklungsparadigmen. Daher wird im folgenden Kapitel näher auf den Aufbau lernender Systeme eingegangen.

3.2 Aufbau von lernenden Systemen

Dieses Kapitel widmet sich allgemeinen Begriffen von lernenden Systemen. Mit diesen Begriffen wird anschließend beschrieben, wie sich lernende Systeme voneinander unterscheiden.

Lernende Systeme haben die Hauptaufgabe Entscheidungen basierend auf einem gespeicherten Status zu treffen. Die Implementierung derartiger Systeme unterscheidet sich deutlich von

klassischen Softwareentwicklungsparadigmen (Buxmann und Schmidt 2019). Während bei Softwareentwicklung im herkömmlichen Sinn Schritt für Schritt beschrieben wird, wie ein Programm sich verhalten soll ist bei KI-Systemen ein Aufbau von Umgebungen und das Vorgeben bestimmter Rahmenbedingungen wichtiger. Diese Umgebung soll dann auf bestimmte Rahmenbedingungen, meist basierend auf bestehenden Lerndaten, getrimmt werden (Shapiro et al. 2018).

Ein wichtiger und umfassender Teil von lernenden Systemen ist das maschinelle Lernen (ML). ML definiert einen Mechanismus, mit dem aus bestehenden Daten Abfolgen erkannt werden können, um damit Erfahrungen zu generieren. Diese Entscheidungen werden in zukünftigen Entscheidungsfindungsprozessen mitberücksichtigt (Gollapudi 2016).

Der Begriff Agent bezeichnet das ausführende Programm, welches bestimmten Aktionen basierend auf einer Umgebung durchführt. Diese Aktionen berücksichtigen außerdem den zeitlichen Kontext (Poole und Mackworth 2011). Ziel ist die Erschaffung von möglichst rationalen Agenten. Derartige Programme versuchen den größtmöglichen Nutzen basierend auf dem aktuellen Stand zu erzielen (Russell und Norvig 2018). Bestimmte Informationssysteme erfordern zudem die Verwendung von mehreren Agenten, um verschiedene Perspektiven für Entscheidungen zu berücksichtigen. Derartige Systeme werden als Multiagentensysteme bezeichnet (Poole und Mackworth 2011).

Einige Lernvorgänge benötigen Daten für den Lernvorgang sowie weitere Daten, um Ergebnisse zu validieren. In derartigen Fällen werden bestehende Daten zunächst in Lerndaten und Validierungsdaten aufgeteilt. Mit den Lerndaten wird das Modell trainiert, also auf die Umgebung angepasst. Mit den Validierungsdaten wird anschließend das Modell überprüft (Poole und Mackworth 2011). Je nach Datenumfang und Problemstellung unterscheidet sich die prozentuelle Aufteilung der Daten. In den meisten Fällen werden jedoch mindestens 80 Prozent der Daten für den Lernvorgang verwendet (Russell und Norvig 2018).

Lernende Systeme unterscheiden sich zudem in der Art und Weise wie Trainingsdaten in den Lernvorgang einfließen. Offline-Lernvorgänge benötigen die gesamten Beispieldaten bevor der Lernvorgang durchgeführt wird. Online-Lernvorgänge ermöglichen es hingegen das Gelernte basierend auf neuen Daten anzupassen (Poole und Mackworth 2011).

Eine weitere Unterscheidung ist nach Art der zu ermittelten Werte. Wenn der ermittelnde Wert einem endlichen Raum an Werten entspricht, spricht man von einem Klassifizierungsproblem. Bei stetigen Ausprägungen spricht man hingegen von einem Regressionsproblem. (Russell und Norvig 2018). Eine weitere Unterscheidung von Lernproblemen ist wie folgt (Gollapudi 2016):

- Klassifizierung
- Clustering
- Regression
- Optimierung
- Simulation

Im Vergleich zur Klassifizierung ist beim Clustering nicht eindeutig bekannt welcher Gruppe Daten basierend auf ihren Parametern zugehörig sind. Vielmehr ist die Ermittlung von neuen Gruppen in diesem Fall wichtig. Optimierung ist hingegen ein Mechanismus, bestehende Daten so zu verbessern, dass sie basierend auf einem Systemstatus eine optimale Zusammensetzung haben (Gollapudi 2016).

Für den Aufbau von lernenden Systemen sind also unterschiedliche Kriterien zu beachten. Zum einen ist das Problem an sich zu definieren und dadurch werden mögliche Lösungsvarianten eingegrenzt. Des Weiteren sind die Art und Zusammensetzung der Daten sowie deren Verfügbarkeit ein relevantes Merkmal zur Berücksichtigung für die Implementierung eines Algorithmus. Die nun erarbeiteten Grundlagen fließen folgend in konkrete Methoden ein, mit denen lernende Systeme umgesetzt werden.

3.3 Methoden, zur Umsetzung lernender Systeme

Da unterschiedliche Vorgehensweisen existieren, um bestimmte Probleme zu lösen werden diese nun weiter erarbeitet.

Folgende Lernparadigmen werden grundsätzlich unterschieden (Russell und Norvig 2018):

- Supervised-Learning (Überwachtes Lernen)
- Unsupervised-Learning (Unüberwachtes Lernen)
- Reinforcement-Learning (Verstärkendes Lernen)

Künstliche neurale Netze werden zudem eingesetzt, um komplexe Problemstellungen zu lösen. Zudem gibt es biologische Verfahren, welche abgeleitet aus biologischem Verhalten Probleme lösen. Die folgenden Kapitel widmen sich diesen unterschiedlichen Lernvorgängen.

3.3.1 Überwachtes Lernen

Folgend wird nun das überwachte Lernen beschrieben. Nach einer allgemeinen Erklärung dieses Themas wird darauf eingegangen, wie diese Vorgänge für welche Problemstellungen geeignet sind.

Beim überwachten Lernen wird dem Agenten ein gekennzeichnetes Datenset für den Lernvorgang übergeben. Das bedeutet, dass die Daten sowohl die Parameter als auch das zugehörige Resultat beinhalten. Dieses Resultat wird vielfach als das Label bezeichnet. Der Lernvorgang entwirft basierend auf diesen Daten ein Modell, mit dem zukünftig aus anderen Parametern Resultate ermittelt werden können (Russell und Norvig 2018).

Das bedeutet, dass beim überwachten Lernen zwingend bestehende Daten notwendig sind. Auf Basis dieser wird ein Modell erstellt. Dazu müssen Daten entsprechend vorbereitet und basierend auf Modellen angepasst werden. Dies ist notwendig, da möglicherweise nicht alle Parameter für das Modell relevant sind (Poole und Mackworth 2011).

Überwachtes Lernen ist für Regressions- und Klassifizierungsprobleme geeignet. Bei Regressionsproblemen werden die Parameter für eine mathematische Formel bestimmt. Diese Formel kann für lineare Zusammenhänge aber auch für nicht-lineare Zusammenhänge aufgestellt werden (Gollapudi 2016).

Aufgestellte Regressionsgeraden können zudem zur Lösung von Klassifizierungsproblemen verwendet werden. In diesem Fall wird die aufgestellte Gerade beziehungsweise die aufgestellte Kurve als Trennung zwischen Gruppen verstanden. Abbildung 3 beschreibt derartige Modelle. Basierend auf der Kurve wird in diesem Beispiel der rote Punkt der blauen Klasse zugeordnet. (Hastie et al. 2017).

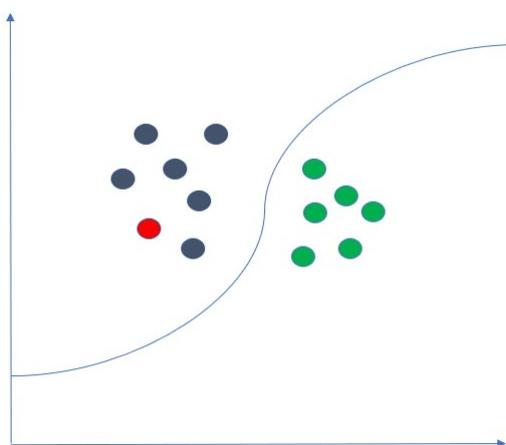


Abbildung 3: Klassifizierung mit Regression

Klassifizierung mit überwachtem Lernen ist zudem über Entscheidungsbäume lösbar. In diesem Kontext ist ein Entscheidungsbaum eine Funktion, die basierend auf unterschiedlichen Attributen zu einem einzigen Ergebnis gelangt. Diese Berechnung wird über Entscheidungen an verschiedenen Punkten startend in der Basis durchgeführt (Russell und Norvig 2018). Lernende Entscheidungsbäume bestimmen die sogenannten Äste (=Entscheidungen) sowie Blätter basierend auf den Beispieldaten (Gollapudi 2016). Diese Methodik wählt also die Attribute mit der höchsten Relevanz für das Modell aus.

Lernende Entscheidungsbäume eignen sich grundsätzlich gut zur Lösung von Problemen mit recht wenig Attributen. Bei zu vielen Attributen steigert sich die Komplexität der Entscheidungsbäume immens. Dies führt langsameren Berechnungen sowie schwieriger Nachvollziehbarkeit. Dieses Problem ist auch als Fluch der Mehrdimensionalität bekannt. Um auch komplexe Probleme zu lösen können mehrere Entscheidungsbäume verschiedene Teillösungen ermitteln. Diese Teillösungen werden anschließend in weiteren Entscheidungsbäumen in eine Lösung umgewandelt (Russell und Norvig 2018).

Eine weitere Möglichkeit ist die Klassifizierung basierend auf Bayes. In diesem Fall wird für jedes Attribut eine Wahrscheinlichkeit bestimmt, mit der ausgedrückt wird, wie wahrscheinlich Daten mit diesem Attribut einer Klasse zugehören. Fasst man diese Wahrscheinlichkeiten zusammen kommt man zu einer prozentuellen Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte Lösungsklasse (Gollapudi 2016).

Überwachte Lernalgorithmen sind sowohl zur Lösung von Klassifizierungs- als auch Regressionsproblemen geeignet. Um überwachte Lernvorgänge durchführen zu können bedarf es gekennzeichnete Lerndaten. Die Lösung von derartigen Problemen kann mittels Regression, lernenden Entscheidungsbäumen als auch mit dem Satz von Bayes vonstattengehen. Da jedoch immer wieder Datensets gibt, bei denen unbekannt ist, was die gesuchte Lösung ist, existieren weitere Lernparadigmen. Unüberwachtes Lernen ist eine Variante, um dieses Problem zu lösen. Darum wird nun näher darauf eingegangen.

3.3.2 Unüberwachtes Lernen

Überwachtes Lernen eignet sich für Probleme, bei denen in den bestehenden Daten bekannt ist, welche Lösung erzielt werden soll. Dies ist nicht immer gegeben, darum wird nun auf das unüberwachte Lernen eingegangen. Zunächst erfolgt eine Beschreibung dieses Paradigma. Anschließend wird auf unterschiedliche Methoden eingegangen.

Beim unüberwachten Lernen ist nicht bekannt, welche Daten welches Ergebnis produzieren. Vielmehr geht es hier darum, bei einer Menge von Daten Muster zu finden und diese zu interpretieren sowie Daten so zu komprimieren, dass nur mehr relevante Attribute verfügbar sind (Russell und Norvig 2018). Beim unüberwachten Lernen sind also Klassenzuordnungen sowie die Klassen noch nicht identifiziert.

Es gibt unterschiedliche Methoden, um unüberwachte Lernsysteme umzusetzen. Allerdings lassen sich diese in folgende Gruppen unterteilen (Hastie et al. 2017):

- Clustering
- Assoziationen
- Dimensionsreduktion

Beim Clustering werden unterschiedliche Daten zu Gruppen zugeordnet. Diese Gruppen bezeichnen generalisierte und gemeinsame Merkmale (Russell und Norvig 2018). Bei diesen Vorgehensweisen werden also basierend auf Merkmalen unterschiedliche Gruppen gebildet, die Daten beinhalten, die ähnliche Merkmale besitzen.

Hartes Clustering (Hard-Clustering) ist eine direkte Zuordnung zu einer Klasse. Ein Datensatz ist in diesem Fall genau einer Klasse zugeordnet. Im Gegensatz dazu wird beim weichen Clustering (Soft-Clustering) eine prozentuelle Wahrscheinlichkeit angegeben, zu der Daten zu einer Gruppe gehören (Poole und Mackworth 2011).

Eine Vorgehensweise, um die unterschiedlichen Cluster zu ermitteln sind „Expectation-Maximum“ (EM) Algorithmen. Derartige Algorithmen haben zum Ziel, eine Theorie zu ermitteln, die für neue Daten Klassifizierungen ermitteln kann. Für diesen Fall wird mit zufälligen Klassifizierungen begonnen und diese werden so lange verbessert, bis keine Verbesserung mehr möglich ist. Eine konkrete Anwendung eines EM-Algorithmus ist K-Means Algorithmus, bei dem die Güte der Lösung über das Zentrum der berechneten Klassenzuordnungen ermittelt wird (Poole und Mackworth 2011).

Dimensionsreduktion versucht irrelevante Merkmale vom Datenset für das Modell zu entfernen. Dieses Verfahren kann zudem auch dafür angewandt werden, neue Merkmale aus den bestehenden zu generieren, um so jene Dimensionen zu bestimmen, mit denen Vorhersagen auf neuen Daten getroffen werden können (Russell und Norvig 2018).

Um Dimensionen zu reduzieren, ist es hilfreich, Daten auf zwei Dimensionen darzustellen und dann zu ermitteln, welche Daten zusammengehören. Eine derartige Methodik ist die Methode des nächsten Nachbarn. Bei diesem Verfahren wird für ein Datenset ermittelt, welches andere Datenset am nächsten ist umso die Klasse zu ermitteln (Hastie et al. 2017).

Das Ziel von Assoziationen ist das Finden von gemeinsamen Variablen, die am häufigsten im Datenset vorkommen. Damit ist es möglich, Korrelationen zwischen den Datenpunkten zu ermitteln. Häufig werden derartige Verfahren für Warenkorbanalysen angewandt (Hastie et al. 2017). Mittels Assoziationsverfahren wird also ermittelt, wie wahrscheinlich ein Attribut ein anderes Attribut produziert. Bei Warenkorbanalysen werden diese Verfahren angewandt, um herauszufinden wie wahrscheinlich Kunden nach dem Kauf von einem Produkt auch ein anderes Produkt kaufen.

Der Apriori-Algorithmus ist eine Vorgehensweise, um Assoziationsverfahren umzusetzen. In diesem Fall wird die Häufigkeit der Vorkommnisse unterschiedlicher Kombinationen in Daten ermittelt. Zur Abgrenzung von irrelevanten Merkmalen werden Grenzwerte definiert, Kombinationen unter diesem Grenzwert sind irrelevant. Zusätzlich werden Kombinationen weiter kombiniert und das Verfahren mit der Abgrenzung bestimmter Werte mit Grenzwerten wiederholt (Hastie et al. 2017).

Unüberwachtes Lernen erfolgt je nach Aufgabenstellung mithilfe der beschriebenen Algorithmen oder mithilfe einer Kombination dieser. Um Dimensionen zu reduzieren kann die Methode des nächsten Nachbarn angewandt werden. Zusammengehörige Variablen werden mittels Assoziationsverfahren ermittelt. Clustering ist das zusammenfassen von Daten zu Klassen. Leider sind nicht immer Daten vorhanden, um die beschriebenen Lernvorgänge durchzuführen. Um trotzdem ein intelligentes System zu entwickeln kann Lernen durch Verstärkung angewandt werden, auf welches nun eingegangen wird.

3.3.3 Lernen durch Verstärkung

Die beiden beschriebenen Paradigmen benötigen entweder klassifizierte oder nicht klassifizierte Daten. In gewissen Konstellationen sind diese Daten jedoch nicht oder nur teilweise vorhanden. In diesem Kapitel wird beschrieben, wie Systeme in diesem Fall implementiert werden können.

Lernen durch Verstärkung versucht, die Art und Weise wie Lebewesen lernen, zu implementieren. In derart entwickelten Systemen wird dem Agenten eine bestimmte Aufgabe zugewiesen und je nachdem ob die aktuell gesetzte Aktion der Aufgabe dient oder nicht erhält der Agent eine Belohnung oder Bestrafung. Dieser Vorgehensweise ermöglicht so eine dynamische Anpassung des Netzes auf neue Probleme. Es handelt sich hier um ein Lernen aus eigener Erfahrung ohne Lehrer (Russell und Norvig 2018).

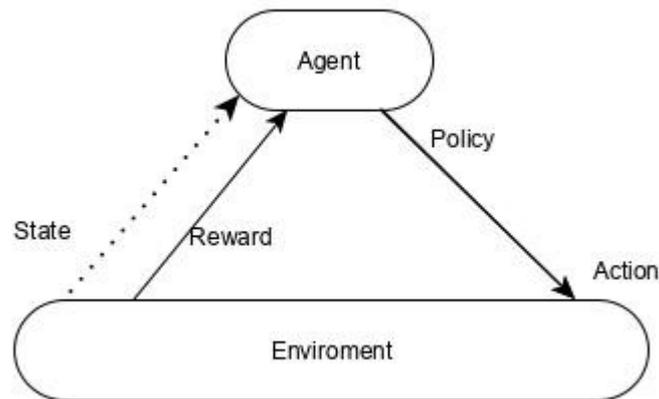


Abbildung 4: Konzept Lernen durch Verstärkung (Gollapudi, 2016)

In einem derartigen Lernmodell ist das Ziel des Agenten, Belohnungen zu maximieren. Es ist nicht notwendig, bestehende Daten für das Modell vorzubereiten, da hier ohne Beispieldaten gearbeitet wird. Für die Belohnung muss eine Funktion formuliert werden, also wann ist die Aktion, die der Agent gesetzt hat gut und wann ist sie schlecht (Poole und Mackworth 2011).

Es wird grundsätzlich zwischen aktivem und passivem Lernen durch Verstärkung unterschieden. Bei passiven Lernmodellen wird dem Agenten mitgegeben was dieser tun kann. Diese unterschiedlichen möglichen Aktionen bezeichnet die Literatur als Policy. Mit dieser Policy muss herausgefunden werden, welche Aktion für einen bestimmten Status die richtige ist. Beim aktiven Lernen muss der Agent zusätzlich herausfinden was er tun muss, die Policy ist also nicht bekannt (Russell und Norvig 2018).

Die Bewertung des Status eines Agenten wird mithilfe einer Funktion durchgeführt. Diese Funktion bezeichnet man in diesem Kontext häufig als Q-Funktion und sie beschreibt den erwarteten Nutzen einer Aktion in Abhängigkeit des aktuellen Status des durchführenden Agenten. Das daraus resultierende Ergebnis wird als Q-Wert bezeichnet und mithilfe dieser Werte kann der Agent eine Strategie definieren, mit der die beste mögliche Aktion ausgewählt wird (Gollapudi 2016).

Es ist auch möglich, dass mehrere Agenten mit mehreren eigenen Berechnungsfähigkeiten kombiniert werden. Dies ermöglicht die Lösung von sehr komplexen Problemen. Bei derartigen Algorithmen berechnen alle Agenten eigene Q-Werte und eigene Strategien und diese werden anschließend miteinander kombiniert (Volodymyr et al. 2016).

Lernen durch Verstärkung wird bei Problemen eingesetzt, die sich durch hohe Komplexität und keine vorhandenen Beispieldaten auszeichnen. Der Vorteil ist das Lösungen sehr dynamisch an neue Umgebungen angepasst werden. Der Nachteil derartiger Algorithmen ist das Benötigen von viel Rechenzeit für eine Lösung sowie teilweise die schwere Nachvollziehbarkeit einer fertigen Lösung. Lernen durch Verstärkung löst hoch-dimensionale Probleme. Hierfür ist ein weiteres Paradigma notwendig, künstliche neurale Netze (KNN). Dieses wird folgend näher erläutert.

3.3.4 Künstliche neurale Netze

Moderne Softwarelösungen müssen hoch komplexe Probleme lösen. Hierfür sind Lernvorgänge damit konfrontiert, Problemstellungen mit einer Vielzahl von Parametern zu lösen. Systeme, die derartige Probleme lösen verwenden KNNs. Folgend wird beschrieben, was ein KNN ist, wie dieses aufgebaut ist und wie hiermit Lernvorgänge durchgeführt werden.

Die bisher beschriebenen Vorgehensweisen weisen vor allem dann eine Schwäche auf, wenn es sich um eine Vielzahl von Dimensionen handelt. Dieses Verhalten wurde bereits insbesondere beim Entscheidungsbaum (Kapitel 3.3.1) beschrieben. Ein Ansatz, um diese Problematik zu lösen ist der Einsatz von KNNs im Zusammenhang mit Deep-Learning (Goodfellow et al. 2016).

KNNs sind dem Aufbau des Gehirns von Lebewesen nachempfunden. Daher beinhaltet ein KNN Knoten, welche den Neuronen entsprechen, sowie Kanten, welche den Synapsen entsprechen. Die unterschiedlichen Neuronen sind in Schichten gruppiert. Es gibt daraus folgend Eingabeschichten, mehrere hintereinander angeordnete versteckte Schichten sowie Ausgabeschichten (Goodfellow et al. 2016).

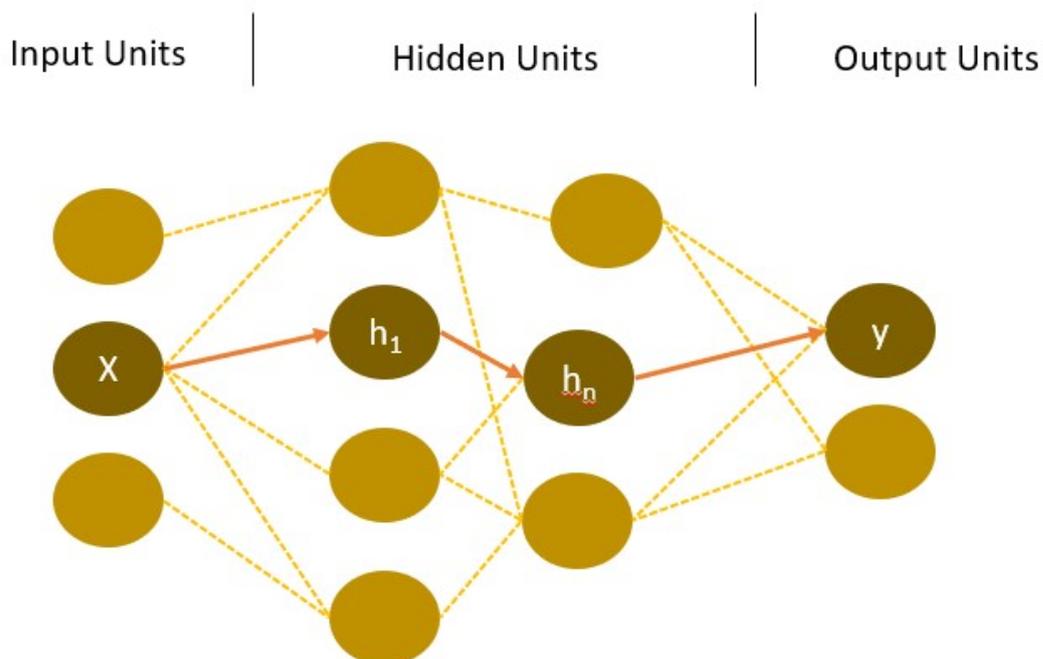


Abbildung 5: Darstellung eines KNN (Buxmann und Schmidt, 2019)

Ein KNN erlernt Fähigkeiten mithilfe der Adaption von Gewichtungen. Hierbei wird bei wiederholter Übertragung von Signalen zwischen den Neuronen die Ausgangsgewichtung immer weiter angepasst. Diese Gewichtsänderung wird mithilfe einer Konstante beeinflusst welche als Lernrate bezeichnet wird. Die Anpassung der Gewichtungen erfolgt mithilfe von Backpropagation, also der Rückführung von Fehlern aus dem erzielten Ergebnis (Goodfellow et al. 2016).

Die Funktionsweise des KNN selbst entspricht einem überwachten Lernparadigma, da eine Bewertung des Endergebnisses erfolgen muss. Dies bedeutet jedoch nicht, dass das Gesamtproblem ein unüberwachtes Problem sein muss. Bei einem unüberwachten Lernvorgang

kann das neurale Netz dafür eingesetzt werden, einzelne Bestandteile des Gesamtproblems zu lösen, um mit den Lösungen weitere Verfahren anzuwenden (Gollapudi 2016).

Mithilfe von KNNs können KI-Methoden komplexere Probleme lösen. Zudem ermöglicht es Lösungen, die mit herkömmlichen Algorithmen nicht erzielt worden wären. Dies wird durch die Kombination von unterschiedlichen Schichten erreicht. Deep-Learning ist die Anwendung von KNNs einer Vielzahl von unterschiedlichen Schichten. Die beschriebene Vorgehensweise ist biologisches Verhalten angewandt auf eine Computerlösung. Im folgenden Kapitel werden weitere biologische Verfahren beschrieben, die intelligente Lösungen ermöglichen.

3.3.5 Biologische Verfahren

Wie in Kapitel 3.3.4 beschrieben, ist ein KNN die Anwendung von biologischen Konzepten für die Implementierung eines intelligenten Systems. Es gibt jedoch auch andere, von der Natur imitierte Konzepte, die zur Implementierung von intelligenten Systemen verwendet werden können. In diesem Kapitel werden diese näher beschrieben und zudem wird erfasst, in welchen Bereichen diese angewandt werden.

Evolutionäre Algorithmen wenden die Evolutionstheorie in einem Informationssystem an und implementieren so ein sich selbst verbesserndes System. Diese Algorithmen dienen zur Lösung von Optimierungsproblemen. Ein evolutionärer Algorithmus befasst sich mit folgenden Teilschritten (Kruse et al. 2012):

- **Selektion:** Beschreibt den Schritt, in dem verschiedene Lösungen verglichen und die beste Lösung ausgewählt wird.
- **Kombination:** Kombiniert die gefundenen Lösungen miteinander, um so neue Lösungen zu generieren.
- **Mutation:** In diesem Schritt werden die kombinierten Lösungen weiter mutiert, also mithilfe eines Zufallsfaktor weiter verändert.

Die Selektion erfolgt mithilfe einer Fitnessfunktion. Diese Funktion beschreibt die Güte der Lösung. Es ist also notwendig, dass im Vorhinein ein Basiswissen über das zu optimierende Problem besteht, um diese Funktion definieren zu können. Außerdem wird eine Abbruchbedingung benötigt, die verwendet wird, um ein Problem als optimal genug beschreiben zu können (Kruse et al. 2012).

Einige Methoden orientieren sich an dem biologischen Konzept der Schwarm-Intelligenz. Hierbei wird das Verhalten von in Schwärmen lebenden oft trivialen Lebewesen imitiert. Derartige Algorithmen kommen ohne globale Bewertung aus, da sich die einzelnen Individuen untereinander mit Erfahrung austauschen. In Kooperation können komplexe Probleme, wie beispielsweise Wegeoptimierung, gelöst werden (Kruse et al. 2012).

Evolutionäre Algorithmen dienen zur Lösung von Optimierungsproblemen. Der Vorteil dieser Algorithmen ist, dass durch Rekombination von unterschiedlichen Lösungen sowie Mutation lokale Optima vermieden werden. Die Nachteile dieser Algorithmen sind eine hohe benötigte Rechenleistung sowie die Tatsache, dass gute Lösungen zufällig durch Selektion und Mutation

ausgelöscht werden können. Mithilfe von weiteren biologischen Konzepten, wie beispielsweise der Nachahmung von Ameisenkolonien, können weitere Optimierungsprobleme gelöst werden.

Teilweise wurde bereits erfasst, wann welche Methodik sich als Lösungsvariante für ein Problem eignet. Da jedoch weitere Voraussetzungen gegeben sein müssen, um effektiv KI einzusetzen wird nun darauf eingegangen.

3.4 Voraussetzungen für intelligente Systeme

Kapitel 3.1 beschreibt bereits die unterschiedlichen Möglichkeiten, wie intelligente Systeme in Unternehmen integriert werden und welche Anwendungsfälle es gibt. Zwar könnten beliebige Anwendungsfälle mit intelligenten Systemen umgesetzt werden, jedoch ist trotzdem eine Bewertung der Sinnhaftigkeit der Technologie vonnöten. Außerdem gibt es bestimmte Voraussetzungen, die für die Implementierung eines intelligenten Systems als Grundlage gelten. Auf diese Voraussetzungen wird nun eingegangen.

3.4.1 Organisatorische Voraussetzungen

Bevor KI als Lösungsvariante für ein Problem gefestigt werden kann, ist es auch notwendig, unterschiedliche Rahmenbedingungen zu schaffen. Hierbei ist es auch notwendig, organisatorisch einen Rahmen für KI zu bieten. Dieser Rahmen wird nun erläutert.

Es ist notwendig, dass KI grundlegend im einzusetzenden Kontext als Instrument verankert ist. Damit verbunden ist eine KI-Strategie des Unternehmens, mit dem klar geregelt ist, welche Ziele mit KI verfolgt werden. Dies trägt umfassend dazu bei, Akzeptanz der Anwender für das System zu erlangen (Kreutzer und Sirrenberg 2019). Fehlende Akzeptanz trägt dazu bei, dass Resultate der KI schlechter ausfallen. Unter anderem ist dies durch Manipulation sowie Fehlparametrierung durch Anwender möglich (Buxmann und Schmidt 2019).

Ein wesentlicher Punkt ist die Formulierung von Problemen, welche sich mit einem lernenden Algorithmus lösen lassen. Hierfür ist es notwendig, bereits bei der Formulierung des Problems entsprechende Expertise im Unternehmen vorhanden zu haben. KI-Problemstellungen zeichnen sich unter anderem durch unterschiedliche Eckpunkte aus (Bell 2020):

- Vielzahl an Dimensionen die für die Lösung berücksichtigt werden müssen
- Vorhandensein von bestehenden Daten oder Vorhandensein einer Umgebung, um das Modell aufzustellen
- Statistische Kennzahlen weisen auf Anomalien hin

Zur Formulierung von KI-Problemen ist es daher notwendig sowohl KI als auch Domänenexpertise zu kombinieren. Um die richtigen Probleme einer Organisation mittels KI zu lösen ist es außerdem notwendig eine KI-Strategie zu haben. Neben den organisatorischen Voraussetzungen ist es auch notwendig, technisch bestimmte Rahmenbedingungen zu beachten. Diese werden im nächsten Kapitel beschrieben.

3.4.2 Technische Voraussetzungen

Neben unterschiedlichen organisatorischen Voraussetzungen ist es zudem notwendig, sich auf technischer Ebene für die Implementierung von KI-Systemen vorzubereiten. Diese Vorbereitung umfasst etwa Datenvorbereitung, Auswahl eines Algorithmus sowie Sicherstellung von qualitativ hochwertigen Resultaten. Auf diese Teilbereiche wird nun näher eingegangen.

Für die Implementierung des KI-Systems ist zudem eine systematische Vorbereitung auf Ebene der benötigten Daten notwendig. In diesem Schritt wird erfasst, welche Daten vorhanden sind und welche möglicherweise zusätzlich benötigt werden. Hier könnte auch festgestellt werden, dass es keine Lerndaten gibt und daher ein anderer Lernvorgang (Kapitel 3.3) ausgewählt werden (Buxmann und Schmidt 2019). Neben der Verfügbarkeit von Daten ist zudem die Datenqualität zu überprüfen sowie zu verbessern. Hierbei ist neben offensichtlichen Fehlern vor allem auf Ähnlichkeiten und Leerwerten zu achten (Bell 2020).

Basierend auf den vorhergehenden Schritten ist es möglich, eine Vorgehensweise oder einen konkreten Algorithmus für das Problem auszuwählen. Hierbei sind basierend auf den vorhandenen Rahmenbedingungen möglicherweise mehrere Algorithmen als Weg zum Ziel möglich und können im Zuge des Lernvorgangs weiter spezifiziert werden. Hierfür ist neben einer Validierung durch Domänenexperten auch eine Validierung durch technische Expertise notwendig. Unter anderem ist es möglich, dass ein Algorithmus überangepasst an Testdaten ist und damit bei neuen Daten falsche Ergebnisse liefert (Bell 2020).

Für viele Problemstellungen sind bestehende Daten zwar qualitativ in Ordnung jedoch im falschen Format oder vom falschen Datentyp. In derartigen Fällen ist eine Datentransformation notwendig. In den meisten AI-Frameworks sind diese Datentransformationen Bestandteil des Lernvorganges. Trotzdem ist bereits in der Vorbereitung auf eventuelle Probleme in den Daten zu achten (Bell 2020).

Neben geeigneten Daten ist für die Ausführung des Lernvorganges sowie für die Berechnung von Ergebnissen basierend auf dem Modell entsprechende Hardware-Ressourcen notwendig. Der Ressourcenaufwand unterscheidet sich nach Modell sowohl während des Lernvorganges als auch während der Berechnung von Resultaten basierend auf dem Modell (Bell 2020).

Die beschriebenen Voraussetzungen werden bei gewissen Branchen durch weitere Voraussetzungen ergänzt. In Kapitel 2.3.2 wurde bereits erfasst, dass WMS eine Nachvollziehbarkeit im Lager gewährleistet. Daher ist es unabdingbar, dass KI-Lösungen im Lager diese Nachvollziehbarkeit ebenfalls bieten. Im folgenden Kapitel wird darauf eingegangen, wie bestimmte KI-Methodiken Nachvollziehbarkeit gewährleisten.

3.5 Nachvollziehbarkeit von gelernten Resultaten

Unterschiedliche Anwendungsgebiete erfordern unterschiedliche Nachvollziehbarkeit. Die in Kapitel 3.3 beschriebenen Methoden gewährleisten eine gewisse Nachvollziehbarkeit, jedoch ist diese nicht immer gegeben. In diesem Kapitel wird beschrieben, welche Methoden hohe Nachvollziehbarkeit gewährleisten und welche Varianten es gibt, Resultate zu erklärbar zu machen.

Gewisse KI-Algorithmen sind aufgrund ihrer Beschaffenheit einfach für den Menschen zu interpretieren. Dies trifft etwa auf Entscheidungsmodelle oder lineare Modelle zu (Kapitel 3.3.1). Andere Modelle werden für den Menschen schwieriger zu interpretieren. Vor allem neurale Netze aber auch Support-Vektor-Maschinen (SVM) sind davon betroffen (Arrieta et al. 2020).

Es ist jedoch notwendig, Resultate eines KI-Systems für Menschen erklärbar zu machen, vor allem dann, wenn ein KI-System ein Resultat findet, welches auf den ersten Blick so nicht erwartet ist oder gar nicht richtig wird. In der menschlichen Interaktion erklären Wissende Unwissenden auch, warum eine Lösung die richtige ist. Wenig Transparenz und Erklärbarkeit führt automatisch zu einem schlechteren Vertrauen in das KI-System (Samek und Müller 2019). Erklärbarkeit sorgt ebenfalls dazu, dass Prozesse der Organisation verbessert werden, also vom System gelernt wird (Samek et al. 2017).

Für die Prozesse des Lagerleitstandes ist Nachvollziehbarkeit und Erklärbarkeit daher notwendig. Bereits in Kapitel 2.3.2 wurde beschrieben, dass Informationssysteme im Lager, insbesondere WMS für mehr Transparenz sorgen. Damit trifft dies auch für KI-Anwendungsfälle zwingend zu.

Je nach Zielgruppe sind unterschiedliche Informationen notwendig, um KI-Resultate zu erklären. Besonders Domänenexperten, welcher ein Leitstand ja ist, benötigen eine Erklärung, um dem Modell vertrauen zu können. Im Vergleich dazu haben andere Anwender einer Applikation andere Erklärungsbedürfnisse. Für Entwickler sind andere Detailinformationen notwendig (Arrieta et al. 2020).

Zur Erklärung von neuronalen Netzen eignen sich folgende Vorgehensweisen, wobei zumeist eine Kombination der einzelnen Methoden angewandt wird (Arrieta et al. 2020):

- Erklärung durch Vereinfachung: Etwa durch die Konstruktion von Entscheidungsbäumen.
- Erklärung durch Lokalisierung: Zum Beispiel mithilfe der Identifikation der Eingabeparameter mit der stärksten Auswirkung auf das Modell.
- Erklärung durch Beispiele beziehungsweise Erklärung durch Testdaten
- Visuelle Erklärung mithilfe von Heat-Maps
- Relevanz von einzelnen Features

Es ist also vor allem bei neuronalen Netzen notwendig, sich über die Transparenz und Nachvollziehbarkeit von Resultaten Gedanken zu machen. Damit wird das Vertrauen der Anwender in das System gestärkt. Zudem ist durch gegenseitiges Lernen zwischen Anwender und System ein weiter verbessertes KI-System möglich.

4 KÜNSTLICHE INTELLIGENZ IN DER LAGERLOGISTIK

Im nun folgenden Kapitel wird erläutert, welche Problemstellungen der Lagerlogistik zum Zeitpunkt dieser Arbeit bereits mittels KI gelöst werden. Mit dieser Grundlage werden anschließend Kriterien definiert, mit denen neue Anwendungsfälle für Leitstände gelöst mit KI ausgewählt werden können. Diese Kriterien basieren auf den Anforderungen an den Leitstand aus Kapitel 2 sowie auf den theoretischen Grundlagen aus Kapitel 3.

4.1 Derzeitige Anwendungsgebiete

Die in Kapitel 3.1 beschriebenen Anwendungsfälle beschreiben autonome Roboter, intelligente Dienste und Assistenten als Anwendungsgebiete für KI. Diese Anwendungsgebiete sind grob verfasst und werden daher in diesem Kapitel konkret auf die Lagerlogistik bezogen.

In der Lagerlogistik werden bereits einige Problemstellungen mittels KI gelöst oder unterstützt. Im Teilbereich der Robotik ist es bereits seit einigen Jahren verbreitet, dass diverse Roboter mittels KI flexibler auf sich ändernde Anforderungen reagieren können (Bughin et al. 2017). Dies ist etwa in der Lagerlogistik von Bekleidungswaren notwendig, da diese Produkte sehr flexibel sind.

Zudem ist KI in der Vorhersage sowie der Evaluierung von Empfehlungen sowohl auf ERP-Ebene mithilfe von Absatzprognosen etabliert. KI unterstützt außerdem auf der Ebene der Maschinen die Vorhersage der Lebensdauer dabei, ungeplante Ausfälle zu vermeiden (Klug et al. 2019). Für WMS-Prozesse sind hingegen nur wenig konkrete Anwendungsfälle bereits implementiert.

Prototypisch sind zwar bereits einige Modelle für WMS-Prozesse umgesetzt, jedoch werden diese als noch nicht ausgereift eingestuft. Derartige Prototypen sind Modelle zur Unterstützung der Lagerplatzsuche, Artikel-Platz Zuordnung sowie Artikelreihenfolgeanordnung innerhalb von Aufträgen. Diese Prototypen sind nicht umfassend im produktiven Einsatz (Klug et al. 2019).

In Informationssystemen zur Unterstützung der Kommissionierung (etwa Kommissionierung mit Sprache, Kapitel 2.3.2) ist KI ein geeignetes Mittel zur Sprach- und Bilderkennung. Diverse Modelle, vor allem mit KNNs, sind für die Bilderkennung bereits sehr ausgereift (Kreutzer und Sirrenberg 2019). Spracherkennung ist dagegen auch ohne KI möglich (O'Shaughnessy 2003). KI ermöglicht aber eine flexiblere Anwendung sowie die Erkennung von unterschiedlichen Sprachmustern.

Zusammenfassend wird KI also vor allem in der Robotik und zur Vorhersage von Absätzen verwendet. Zudem ermöglicht es Bild- und Spracherkennung. Im WMS existieren jedoch zusätzlich eine Vielzahl von Prozessen, die zusätzliche intelligente Funktionen benötigen können. Um zu beurteilen, welche Prozesse sich für Probleme eignen wird nun ein Kriterienkatalog erarbeitet. Mit diesem Kriterienkatalog werden darauffolgend Anwendungsfälle beurteilt.

4.2 Beurteilungskriterien zur Identifikation von mit KI lösbaren Problemstellungen

Die Hypothesenbildung erfolgt mit einem Kriterienkatalog auf strukturierte Art und Weise. Ziel des Kriterienkataloges ist die Identifikation von Problemstellungen aus dem Umfeld des technologiegestützten Lagerleistandes die mittels KI gelöst werden können. Sowohl eine technische als auch eine organisatorische Beleuchtung wird mit diesem Kriterienkatalog vorgenommen.

Aufgrund der in Kapitel 3 beschriebenen Rahmenbedingungen für lernende Systeme ergeben sich die folgenden Rahmenkriterien die in Tabelle 1 beschriebenen Kriterien. Die Bewertung erfolgt auf Basis der in Kapitel 2.3 beschriebenen Anforderungen an Lagersysteme.

Titel des Kriteriums	Beschreibung des Kriteriums	Mögliche Werte
Komplexität der Problemstellung	Wie in Kapitel 3.1 erläutert eignet sich nicht jedes Problem zur Lösung mittels KI. Vor allem die Komplexität sowie die Anzahl an notwendigen Lösungsschritten spielt hier eine Rolle. Bei nicht komplexen Problemen wäre eine Lösung ohne KI mithilfe von herkömmlichen Computeralgorithmen effizienter.	Sehr komplex Komplex Wenig Komplex
Art der Problemstellung	Zur näheren Betrachtung wird erläutert, um welche Problemstellung es aus Sicht von KI-Algorithmen handelt. Hierfür wird nicht nur eine Einstufung in Klassifizierung oder Regression vorgenommen, sondern die in Kapitel 3.2 beschriebenen Einstufungen hergenommen.	Klassifizierung Clustering Regression Optimierung Simulation
Notwendigkeit von neuen Lösungsvarianten für das Problem	Informationssysteme in der Lagerlogistik lösen bereits eine Vielzahl von Problemstellungen. Diese bestehenden Lösungen einfach durch KI abzulösen ist nicht effizient. Daher wird mit diesem Kriterium analysiert, ob basierend auf den Trends und zukünftigen Herausforderungen (Kapitel 2.2.4) neue Lösungsvarianten notwendig sind.	Zwingend notwendig Wahrscheinlich notwendig Nicht notwendig

<p>Datenverfügbarkeit im Lagerkontext</p>	<p>In Kapitel 4.1 werden Anwendungsfälle für KI beschrieben. Deutlich ist, dass es gewisse Problemstellungen gibt, die Daten benötigen, welche in anderen Informationssystemen (etwa ERP und CRM (Customer-Relationship-Management) -Software verfügbar sind. Daher wird bewertet, inwieweit Daten für die Problemstellung im Kontext eines WMS oder ERP des Lagers verfügbar sind.</p>	<p>Verfügbar Teilweise verfügbar Nicht verfügbar</p>
<p>Verfügbarkeit von ähnlichen Anwendungsfällen</p>	<p>KI wird bereits für unterschiedliche Anwendungsfälle eingesetzt. Diese sind zum einen allgemein in Kapitel 3.1 sowie bezogen auf Lagerlogistik in Kapitel 4.1 näher definiert. Dieses Kriterium dient dazu, die Lösung des Problems mittels bereits bekannter Lösungswege vorzunehmen umso effizienter Ergebnisse zu erzielen.</p>	<p>Verfügbar Nicht verfügbar</p>
<p>Notwendige Nachvollziehbarkeit von Lösungen</p>	<p>Für bestimmte Bereiche in der Lagerlogistik ist die Nachvollziehbarkeit ein wichtiges Kriterium (Kapitel 2.4). Daher erfolgt mit diesem Kriterium eine objektive Bewertung inwieweit die Nachvollziehbarkeit notwendig ist oder nicht.</p>	<p>Nachvollziehbarkeit ist eine Muss-Anforderung Nachvollziehbarkeit ist eine Soll-Anforderung Nachvollziehbarkeit ist eine Kann-Anforderung</p>
<p>Nachvollziehbarkeit der KI-Lösungen</p>	<p>Mit diesem Kriterium wird bewertet, inwieweit basierend auf den in Kapitel 3.5 beschriebenen Rahmenbedingungen die Nachvollziehbarkeit basierend auf den gängigen Lösungsalgorithmen möglich ist oder nicht.</p>	<p>Schwer nachvollziehbar Leicht nachvollziehbar</p>

Erwartbare Akzeptanz	Die in Kapitel 3.4.1 beschriebenen organisatorischen Voraussetzungen zeigen, dass KI-Lösungen nicht für alle Organisationseinheiten geeignet sind. Dies geht einher mit der Akzeptanz der Lösung, die durch ein KI-System erzielt wird.	Lösung wird wahrscheinlich akzeptiert Lösung wird wahrscheinlich nicht akzeptiert
----------------------	---	--

Tabelle 1: Kriterienkatalog

Dieser Kriterienkatalog umfasst allgemeine Anforderungen. Technische Rahmenbedingungen werden nur teilweise geprüft, da sich diese Arbeit vor allem um die Identifikation von KI-Problemstellungen kümmert. Die Bewertung der Kriterien erfolgt jeweils nach dem Stand der Literatur. Die Überprüfung dieser Bewertung erfolgt durch Experteninterviews sowie Kundenbefragungen.

4.3 Bewertung von Anwendungsfällen

In diesem Kapitel erfolgt die Bewertung durch den in Kapitel 4.2 definierten Kriterienkatalog. Die Bewertung erfolgt für die folgenden Anwendungsfälle, welche aus dem Kapitel 2.4 entnommen wurden:

- Optimierung der Reihenfolge von Entnahmeaufträgen
- Bestandsoptimierung
- ABC-Analyse für Artikel
- Fehlererkennung von durch Benutzer erfassten Daten
- Transportauftragsoptimierung
- Optimierung der Kommissionierplätze

Aufgrund der Bewertungen werden in der Hypothesenbildung die drei relevantesten Themen ausgewählt.

4.3.1 Optimierung der Reihenfolge von Entnahmeaufträgen

Die Aufgabe des Lagerleitstandes ist vor allem die Effizienz der Lageraufträge sicherzustellen (Kapitel 2.2.1). Die Effizienz eines Lagers zeichnet sich durch die Schnelligkeit der Auslieferungen aus. Da ein Lager, vor allem im Fall von Distributionslagern, unterschiedliche Kunden bedient, ist es eine wesentliche Aufgabe des Lagerleitstandes, die Abarbeitung von Aufträgen zu koordinieren. Hierbei sind zum einen die Reihenfolge innerhalb von Kommissionieraufträgen und zum anderen die Disposition von abzuarbeitenden Aufträgen relevant.

Die Bewertung der Kriterien ist wie folgt:

- **Komplexes Problem** durch unterschiedliche Dimensionen wie Ankunftszeit der Abholer, Verfügbarkeit von Person und Bestand sowie Platz am Warenausgang
- **Regressionsproblem**, da es sich um die Vorhersage eines Wertes, nämlich die Priorität, handelt.
- Neue Lösungsansätze sind für dieses Problem notwendig, vor allem durch die erforderlichen Leistungsspitzen müssen Entscheidungen kurzfristig und schnell getroffen werden.
- Die Datenverfügbarkeit ist **teilweise verfügbar**. Für Abholer Daten sind andere Systeme zuständig, das WMS hat hingegen Auskunft über Bestand und Auftragslage.
- Teilweise wurden Probleme, wie etwa Optimierung von Auftragszeilen bereits gelöst, daher gibt es **ähnliche Anwendungsfälle**

- Die Entscheidung obliegt weiter dem Lagerleitstand. Daher ist eine **teilweise Nachvollziehbarkeit** notwendig
- Regressionsprobleme werden mithilfe von mathematischen Formeln gelöst und können daher **einfach nachvollzogen** werden
- Es ist zu erwarten, dass KI-Lösungen zur Beratung von Lagerleitständen akzeptiert werden

4.3.2 Bestandsoptimierung

Als nächstes wird die Bestandsoptimierung bewertet. Bei dieser Aufgabe handelt es sich um die Reorganisation des Lagerbestandes zu Zeiträumen, in denen kein oder wenig Lagerbetrieb herrscht. Diese Reorganisation kann etwa in Form der Nachfüllung von Kommissionierplätzen oder der Umordnung von ganzen Paletten in chaotischer Lagerführung durchgeführt werden. Dies wird durchgeführt, damit Bestand bei notwendigen Maximalauslastungen schnell verfügbar ist. Der Zeitpunkt der Reorganisation kann vor allem durch den Lagerleitstand bestimmt.

Folgende Bewertung der Kriterien wurde vorgenommen:

- Es handelt sich um **komplexes Problem**, denn es müssen verschiedene Dimensionen wie etwa Bestand und die erwartete Nachfrage pro Lagerplatz gekannt werden
- Die Lösung kann teilweise durch **Regression** (erwartete Nachfrage pro Lagerplatz) und durch **Optimierung** der Bestände erfolgen
- Vor allem bei automatisierten Lagern ist eine Optimierung der Bestände bereits umgesetzt. Bei manuellen Lagern jedoch nicht.
- **Verfügbarkeit der notwendigen Daten** ist im WMS gegeben. Es kann jedoch bei gewissen Konstellationen (Kunde tritt zurück und daher wird ein gewisser Artikel nie wieder bestellt) zu Problemen kommen
- Es gibt **ähnliche Anwendungsfälle**, vor allem in der Hafenlogistik (Bose et al. 2000)
- Wenn es sich lediglich um Vorschläge handelt, ist eine **teilweise Nachvollziehbarkeit** notwendig. Bei automatischer Erzeugung von Transporten ist es zwingend notwendig, Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten
- Nachvollziehbarkeit ist gegeben
- Die automatische Erstellung von Transporten ist möglicherweise **nicht akzeptabel**, da Arbeitsaufwand generiert wird. Empfehlungen hingegen werden wahrscheinlich akzeptiert.

4.3.3 ABC-Analyse von Artikeln

ABC-Strategien sind artikelorientierte Vorgehensweisen, die eine Strategie zur Lageroptimierung darstellen (Martin 2009). Hierbei werden Artikeln ABC-Kennzeichnungen zugewiesen, die bestimmen, wo ein Artikel gelagert wird, wie priorisiert dieser behandelt wird und wie häufig dieser ausgelagert wird. Die Zuordnung dieser Kennzeichnung erfolgt zumindest indirekt durch den Lagerleistand.

Die Bewertung der Kriterien ist wie folgt:

- Es handelt sich um **wenig komplexes Problem**, die Zuordnung erfolgt zumeist hauptsächlich auf Basis der notwendigen Zugriffszahlen
- Hierbei handelt es sich um ein **Klassifizierungsproblem**
- Aktuell erfolgt die Zuordnung händisch oder durch Datenübertragung durch das ERP. Bei großen Artikelmenen handelt es sich um eine Vielzahl an Zuordnungen, insbesondere dann, wenn Kennzeichnungen verändert werden müssen (Saisonalität)
- **Datenverfügbarkeit im WMS ist gegeben**. Um Saisonalität zu ermitteln ist jedoch davon auszugehen, dass Datenreorganisationsvorgänge die Aufträge nicht vollständig löschen dürfen.
- Klassifizierung ist bereits in unterschiedlichen KI-Modellen umgesetzt
- Nachvollziehbarkeit ist gegeben. Es ist zu erwarten, dass dieses Problem durch einen lernenden Entscheidungsbaum oder durch Bayes Modelle gelöst werden kann.
- Lösungen werden akzeptiert, sofern die Nachvollziehbarkeit in der Applikation einsehbar ist.

4.3.4 Fehlererkennung von durch Benutzer erfassten Daten

Hohe Auslieferqualität trägt zum einen wesentlich zur Kundenzufriedenheit und zum anderen auch zur Effizienz im Lager bei da hohe Rücksendungsquoten einen beträchtlichen Mehraufwand produzieren. Daher sind falsche Kommissionierungen zu vermeiden. Dies wird durch Überprüfungsprozesse gewährleistet, in großen Lagern ist es jedoch nicht möglich, sämtliche Waren zu überprüfen. Daher werden mögliche Fehlerquoten beim Kommissionieren berücksichtigt. Häufig ist ein Fehler aber damit begründet, dass Bestände falsch sind, etwa falsche Produkte am falschen Platz gelagert werden. Diese Fehlererkennung an Lagerplätzen basierend auf den Einlagerungen wird hierbei näher betrachtet.

Die Kriterien sind wie folgt bewertet:

- Es handelt sich um **sehr komplexes Problem**. Hierbei können neben der benötigten Zeit zur Vereinnahmung, Transportzeit, Bearbeiter und auch Kameradaten hilfreich sein.
- Hierbei handelt es sich um ein **Klassifizierungsproblem**

- Die Lösung dieses Problems durch neue Ansätze ist notwendig, da es bei Lagerverwaltungssystemen unterschiedliche Module gibt, die darauf aufbauend verbessert werden können (Inventuren, Qualitätskontrolle, Erwartbare Kommissionierleistung)
- **Datenverfügbarkeit** im WMS ist **gegeben**. Kameradaten fehlen jedoch, sind aber nicht allein ausschlaggebend für die Lösung des Problems
- Es gibt bereits Modelle, mit denen ähnliche Bewertungsprobleme gelöst wurden
- Lösungen können eher **schwer nachvollzogen** werden, da bei Berücksichtigung aller Kriterien sehr wahrscheinlich ein neuronales Netz notwendig ist. Teilweise ist jedoch auch eine Lösung mithilfe von Entscheidungsbäumen möglich, welche eine leichte Nachvollziehbarkeit gewährleisten
- Es ist zu erwarten, dass Lösungen **akzeptiert** werden, wenn entsprechende Daten zur Nachvollziehbarkeit verfügbar sind

4.3.5 Transportauftragsoptimierung

Bereits in Kapitel 2.2.4 wird der Trend hin zu umweltschonender Logistik beschrieben. Dieser Trend befasst sich nicht nur mit dem Transport von Gütern über eine Strecke, sondern auch, wie innerhalb von Logistikknoten Prozesse so gestaltet werden können, dass sie umweltschonend sind. Aus Sicht von Lagerprozessen wird hier insbesondere auf den Stromverbrauch durch Transportmittel kritisch gesehen. Daher ist es ein Ansatz, notwendige Transporte zu minimieren. Dies steht im Widerspruch zu einigen Managementprozessen, wie etwa der Optimierung der Bestände, trägt jedoch auch zur Effizienzsteigerung dar. Für diese Bewertung wird der Anwendungsfall „Optimierung der Wegstrecken durch Vermeidung von doppelten Wegen“ bewertet.

Aus Sicht des Kriterienkataloges ist daher die Bewertung wie folgt:

- Es handelt sich um ein **komplexes Problem**, durch die Notwendigkeit, viele Dimensionen in Echtzeit berücksichtigen zu müssen (Auftragslage, Vorhandenes Personal, Vorhandene Aufträge)
- Es handelt sich um ein **Optimierungsproblem**, Wege sind zu verkürzen
- Die Lösung des Problems mithilfe von KI ist **nicht notwendig**, da Zusammenfassung von Aufträgen bereits ein wesentlicher Bestandteil vieler WMS-Lösungen ist
- Datenverfügbarkeit **ist** im WMS **gegeben**
- Es gibt bereits ähnliche Lösungen im Bereich der Schwarmintelligenz
- Lösungen können daher **leicht nachvollzogen** werden
- Da es bereits Implementierungen in WMS gibt ist zu erwarten, dass eine **Lösung akzeptiert** werden würde

4.3.6 Optimierung der Kommissionierplätze

Im Lager gibt es nur begrenzte Plätze, insbesondere in für die Kommissionierung besseren Lagen. Daher ist es eine wesentliche Aufgabe, diese Plätze für bestimmte Artikel so zu planen, dass diese Platzzuweisung zu hoher Effizienz beiträgt. Insbesondere das Erkennen von neuen notwendigen Zuweisungen ist eine wichtige Aufgabe des Lagerleitstandes. Daher wird dieses Problem näher betrachtet.

Die Bewertung der Kriterien ist wie folgt:

- Es handelt sich um ein **komplexes Problem**, neben den Daten des Lagers sind auch Saisonalität, Artikelzusammensetzung oder erwartbare Kommissionierwege zu berücksichtigen
- Je nach Art handelt es sich um ein **Klassifizierungsproblem** (Zuweisung von Plätzen) oder um ein **Optimierungsproblem** (Minimierung von Artikeln ohne K-Platz in einer günstigen Zone mit hoher Auftragszahl).
- Datenverfügbarkeit **ist gegeben**
- Ähnliche Lösungsansätze existieren in der Hafentlogistik
- Lösungen können **leicht nachvollzogen** werden
- Es ist zu erwarten, dass eine **Lösung akzeptiert** werden würde

Die nun erfolgten Bewertungen fließen im nächsten Kapitel in der Hypothesenbildung mit ein, um so eine Grundlage für die weitere Aufbereitung des Themas zu bekommen.

5 HYPOTHESENBUILDUNG

In den vorhergegangenen Kapiteln wurde die Literatur erarbeitet und daraus eine Bewertung in Bezug auf die Unterstützung, die KI für unterschiedliche Anwendungsfälle leistet, vorgenommen. Mithilfe dieser Bewertung werden nun unterschiedliche Hypothesen gebildet, um zu ermitteln welche Lagerleitandsaufgaben mithilfe von KI optimiert oder teiloptimiert werden können.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass bei allen in Kapitel 4.3 gelisteten Anwendungsfällen eine Gesamtoptimierung mithilfe von KI nur wenig Sinn hat. Dies hat damit zu tun, dass es sich jeweils um sehr vielschichtige Probleme handelt. Bei diesen ist eher die Optimierung von bestimmten Teilaspekten sinnvoll. Gewisse Problemstellungen, wie etwa Teilaspekte der Freiplatzsuche, erfordern zudem eine konkret vorgegebene Implementierung, da trotz hoher Komplexität genau vorgegeben ist, wie die Lösung aussieht. Derartige Anwendungsfälle eignen sich daher nicht für KI.

Bestandsoptimierung ist aus Sicht eines Lagerleistandes eine wichtige Aufgabe, da im Lager nur begrenzter Platz vorhanden ist. Zudem erfordern Leistungsspitzen effiziente Kommissionierung. Dieser Anwendungsfall hat Zusammenhänge mit der ABC-Optimierung sowie mit der Optimierung von Kommissionierplätzen.

In der einfachsten Ausprägung ist die Bestandsoptimierung mithilfe der benötigten erwarteten Nachfrage möglich. Hierbei wird dem Lagerleitstand über das WMS angezeigt, für welchen Platz im Lager mehr Bestand benötigt wird. Da es sich hierbei lediglich um einen Vorschlag handelt, kann der Lagerleitstand auf Basis seiner Erfahrung selbst entscheiden, ob ein Nachschub auf den Platz ausgelöst werden soll. Dies ist dahingehend wichtig, da zu gewissen Zeiten das Personal mit der Kommissionierung von Gütern voll ausgelastet ist. Eine derartige Kennzahl ermöglicht es, schnell eine Übersicht über den Lagerstatus zu bekommen. Zudem ist die Möglichkeit der Selbstentscheidung gegeben. Daher ist zu erwarten, dass eine derartige Lösung von Kunden akzeptiert wird.

Der Aspekt der zu erwartender Nachfrage pro Artikel ist auch in der ABC-Analyse berücksichtigt. Hierbei kann über die erwartete Bestellmenge eines Artikels entweder automatisch oder mithilfe von Vorschlägen zum Lagerleitstand Handlungsbedarf bei ABC-Zuordnungen von Artikeln übermittelt werden. Hierfür wird aus WMS-Sicht der Erfahrungswert bestehend aus der Historie der Kundenbestellungen verwendet, um so eine Aussage treffen zu können, wie häufig der Artikel kommissioniert wird. Vor allem bei großen Artikelmenen ist diese Neuordnung von ABC-Zuordnungen nicht immer gegeben. Ein System, das hierbei unterstützt, ermöglicht es, diese Reorganisation der Zuordnungen durchführen zu können.

Ebenfalls mit der Nachfragevorhersage verbunden ist die Optimierung der Kommissionierplätze. Bei dieser Aufgabe handelt es sich um ein wichtiges Optimierungsproblem, da in bestimmten Lagerbereichen Plätze vor allem für schnell-drehende Artikel reserviert sind. Aus diesem Grund ist in großen Lagern ein eigenes Team für diese Verwaltung von Kommissionierplätzen zuständig. Dieser Aspekt kann ebenso unterstützt werden, indem mithilfe von konkreten Vorschlägen Neuordnungen von Festplatzzuweisungen ausgelöst werden. Wichtig ist jedoch auch, dass das

WMS derartige Vorgänge überhaupt unterstützt. In einigen Systemen ist die Neuordnung von Festplatzsystemen während des Lagerbetriebes nicht möglich. Trotzdem eignet sich dieser Anwendungsfall verbunden mit der Nachfrageprognose für die Unterstützung mittels KI.

Da die Lagereffizienz zu einem hohen Maß mit der Qualität der Auslieferungen zusammenhängt ist die Vermeidung von Fehlern beziehungsweise das rechtzeitige Erkennen von Fehlern ein wichtiger Prozess. Mithilfe von KI kann dieser Aspekt behandelt werden. Auf Basis von Benutzereingaben im Wareneingang im Zusammenspiel mit Erfahrungswerten kann bewertet werden, ob es sich bei der Eingabe um einen Fehler handelt oder nicht. Hierbei können etwa Nachrichten an den Lagerleitstand erstellt werden, die auf diesen Fehler aufmerksam machen. Zudem ist eine Priorisierung für die Inventur von diesen Beständen denkbar. Derselbe Prozess kann ebenso zur Priorisierung von Überprüfungsaufgaben der kommissionierten Ware im Warenausgang angewandt werden. Das WMS hat hierfür die notwendigen Daten und eine derartige Lösung würde einen Beitrag zum effizienten Lagerbetrieb leisten.

Daraus aufbauend wurden also folgende Hypothesen aufgestellt:

- KI unterstützt den Lagerleitstand bei der Lagerplatzoptimierung in der Ermittlung der erwarteten Nachfrage sowie in der Erkennung von Zeitpunkten für die ABC-Reorganisation
- KI unterstützt den Lagerleitstand bei der Optimierung von Festplatzzuweisungen
- KI unterstützt den Lagerleitstand bei der Sicherstellung einer hohen Auslieferqualität

Diese drei Hypothesen werden in den folgenden Kapiteln überprüft und weiter ausgearbeitet. Hierbei ist zum einen wichtig festzustellen, ob das WMS die entsprechenden Anwendungsfälle sinnvoll behandeln kann, ob entsprechende Daten vorhanden wären sowie ob eine Akzeptanz für derartige Lösungen existiert.

6 METHODIK ZUR ÜBERPRÜFUNG DER HYPOTHESE

Die in Kapitel 5 aufgestellten Hypothesen basieren auf der aktuell vorhandenen Literatur in Bezug auf die Aufgaben und Anforderungen eines Lagerleitstandes. Dabei wurde insbesondere die Bestandsoptimierung, Optimierung von Lagerplätzen sowie die vorhersagende Fehlererkennung als Anwendungsfall identifiziert. Da jedoch sich Anforderungen ständig ändern und zudem eine reine Auswertung der Literatur möglicherweise Aspekte des Lagerleitstandes nicht enthält ist eine weitere Betrachtung notwendig.

Die Überprüfung der Hypothesen erfolgt durch einen zweistufigen Prozess. Dieser dient dazu, sowohl die Meinung von Lagerlogistik Softwareanbietern als auch die Meinung von Lagerleitständen zu berücksichtigen. Als erster Schritt werden Fachleute aus der Lagerlogistik-Software Branche zu ihrer Meinung in Bezug auf die aufgestellten Anwendungsfälle befragt. Hierbei werden die Aspekte Datenverfügbarkeit im WMS, Sinnhaftigkeit der Anwendungsfälle sowie Akzeptanz der Lagerleitstände betrachtet. Die Befragung dieser Fachleute erfolgt mit einem semi-strukturierten Interviewleitfaden. Die Analyse des Interviewmaterials erfolgt mit der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring, da diese eine ein wissenschaftliches Vorgehen ist, Interviewmaterial strukturiert auszuwerten.

Als Fachleute wurde Personen aus der Lagerlogistikbranche ausgewählt, da diese einen Einblick in aktuell implementierte Software im Lagerumfeld haben. Diese Experten sind im Verkauf sowie in der Projektabwicklung angestellt und arbeiten daher vor allem im direkten Kundenkontakt. Damit ist es möglich die Perspektive der Anwendungsfälle der technischen Perspektive hervorzuheben.

Die Auswertung der Aussagen der Fachleute erfolgt mithilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse. Mithilfe einer Inhaltsanalyse kann Kommunikation in jeglicher Form systematisch untersucht werden, um Rückschlüsse auf zu bestimmende Aspekte zu ziehen. Diese Analyse kann sowohl quantitativ als auch qualitativ erfolgen. Ziel dieser Analyse ist es, Rückschlüsse aus einem Text in strukturierter und nachvollziehbarer Weise unter Berücksichtigung der wissenschaftlichen Gütekriterien zu ziehen (Mayring 2015). Aus diesem Grund ist diese Form der Analyse für die Auswertung der Interviewmaterialien geeignet.

Die Ergebnisse der Auswertung fließen in eine Kundenumfrage mit ein. Diese Umfrage widmet sich der Meinung von Lagerleitständen in Bezug auf die aufgestellten Anwendungsbereiche von KI. Die Umfrage wird so gestaltet, dass eine quantitative Auswertung der Ergebnisse möglich ist. Eine Umfrage wurde als Form gewählt, da diese für Befragte schnell durchzuführen ist und damit eine hohe Anzahl an Rückmeldungen zu erwarten ist. Befragt werden Lagerleitstände, da diese konkret beurteilen können, wo Handlungsbedarf in ihren Aufgaben besteht. Diese Umfrage wurde an unterschiedliche Lagerlogistik Firmen verschickt. Diese Firmen haben bereits ersten Kontakt mit testweisen Implementierungen von KI-Systemen. Dadurch können die Lagerleitstände eine fundierte Meinung über dieses Thema abgeben.

Die Umfrage wurde ohne Gruppierung von mehreren Fragen zu einer Meinung aufgebaut. Stattdessen gibt es Fragen zu den einzelnen Bereichen und daher können Fragen das Ergebnis der Auswertung von anderen Fragen nicht beeinflussen. Aus diesem Grund ist keine Berechnung des Cronbachs Alpha oder andere Kennzahlen, die sich auf das Zusammenhängen von Meinungen beziehen notwendig.

Es wird also ein zweistufiges Verfahren angewandt, bei dem die Meinung von Lagerlogistiksoftware Experten und die Meinung von Lagerleitständen berücksichtigt wird. Im nächsten Kapitel erfolgt die Beschreibung der Auswertung des Interviews nach der beschriebenen Methode nach Mayring.

7 INTERVIEWAUSWERTUNG

Dieses Kapitel widmet sich der Auswertung der erhobenen Interviewmaterialien. Diese entstammen den Experteninterviews, die mit Fachleuten der Lagerlogiksoftware Branche durchgeführt wurden. Wie bereits in Kapitel 6 erläutert, wurden diese Personen als Interviewpartner ausgewählt, da durch ihre Expertise in diesem Bereich die Hypothesen überprüft sowie weitere Erkenntnisse erzielt werden.

Es wird zunächst das Interviewmaterial beschrieben und wie daraus mit der Methodik nach Mayring der Kodierleitfaden gebildet wurde. Anschließend werden die Ergebnisse der Auswertung beschrieben.

7.1 Interviewmaterial

Insgesamt wurden 4 Interviews mit Fachleuten durchgeführt. In einem Interview wurden 2 Personen und in einem anderen Interview 3 Personen gleichzeitig befragt. Dadurch ergibt sich die Gesamtanzahl von 7 befragten Personen, die durch ihre verschiedenen Rollen Aspekte aus der Verkaufsperspektive, Aspekte des Produktmanagements und Aspekte der Anforderungsanalyse eingebracht haben. Dadurch ist eine detaillierte Betrachtung der Fragestellung möglich. Die genaue Aufteilung der Experten wird im folgenden Kapitel erläutert.

7.1.1 Interviewleitfaden

Das nachfolgende Kapitel zeigt den verwendeten Interviewleitfaden. Dieser ist ein semi-strukturierter Interviewleitfaden und wurde den Teilnehmern zuvor als Agenda übermittelt. Der Interviewleitfaden besteht aus Eingangsfragen, die zur Herstellung des Kontextes dienen und aus 8 Hauptfragen, die wiederum in Unterfragen gegliedert sind.

Erster Interviewabschnitt – Begrüßung und Einleitung

Herzlich willkommen zu diesem Interview.

Zuallererst möchte ich mich für Ihr Einverständnis und Ihre Zeit bedanken, um an diesem Interview teilzunehmen. In diesem Interview möchte ich zur Validierung der in meiner Forschungsarbeit aufgestellten Hypothesen Ihnen einige Fragen zu den Anwendungsfällen von KI in WMS stellen.

Gemäß der Datenschutzgrundverordnung muss ich Sie darüber informieren, dass dieses Interview zur Auswertung aufgezeichnet wird. Zudem wird die Aufnahme auf einer CD zur Verwahrung am FH Campus02 gespeichert. Sind Sie damit einverstanden?

Zweiter Interviewabschnitt – Einstiegsfragen

Vielen Dank für Ihr Einverständnis. Ich werde die Aufnahme nun starten.

Zur besseren Auswertung bitte ich Sie zunächst Ihre Rolle zu beschreiben.

Danke für diese Beschreibung! Dieses Interview wird wie bereits in der Agenda angekündigt primär auf konkrete Anwendungsfälle eingehen, in denen KI den Lagerleitstand unterstützen kann. Daher die Frage welche Berührungspunkte Sie bereits mit dem Thema KI gehabt haben?

- Darf ich Ihnen einen kurzen Überblick über die bisherigen Erkenntnisse meiner Forschungsarbeit geben?
KI ist ein interdisziplinäres Fachgebiet der Informatik, welches sich mit sogenannten Computer-Agenten beschäftigt, also Programmen, die ohne genaue Spezifikation des Software Entwicklers Entscheidungen treffen können. Dies basiert entweder auf Lernvorgänge mit bestehenden Daten, Clustering oder Lernen mittels Verstärkung. Aus Sicht der Lagerlogistik wird KI bereits dafür eingesetzt, Roboter zu steuern, mithilfe von Predictive-Maintenance vorherzusagen, wann bestimmte Materialien getauscht werden müssen oder im ERP, Kundennachfrage zu prognostizieren. In der Warenflusssteuerung, also im WMS, gibt es hingegen noch recht wenig konkrete Anwendungsfälle, weshalb ich mich auf dieses Themengebiet spezialisiert habe. Grundsätzlich habe ich unterschiedliche Anwendungsfälle vor allem in der Optimierungsunterstützung gefunden wobei sich vor allem drei konkrete Möglichkeiten gefunden haben, KI einzusetzen. Diese wären die Bestandsoptimierung, das Slotting sowie die vorhersagende Fehlererkennung in Wareneingangsprozessen.

Dritter Abschnitt – Hauptfragen

Frage 0: Für welche Anwendungsfälle existieren aktuell Kundenanfragen, die sich auf KI beziehen?

- Wie hat sich das Kundenverständnis für KI in den letzten 5 Jahren verändert?

Frage 1: In welchen Lagertypen ist die Optimierung des Bestandes in Lagern für Lagerleitstände Ihrer Meinung nach besonders relevant?

- Welche Hilfsmittel stellt das WMS hierfür zur Verfügung?

Frage 2: Um ein Modell aufzusetzen, welches die erwartbare Nachfrage pro Artikel prognostiziert gibt es Ihrer Meinung nach allen notwendigen Daten im WMS?

- Sind diese Daten trotz Reorganisation der Daten verfügbar?

Frage 3: Welche Daten müssen zur Verfügung gestellt werden, sodass Kunden einer erwartbaren Nachfrage auch vertrauen? Gibt es hier spezielle Kriterien, die in der Vergangenheit bei solchen Optimierungskennzahlen benötigt wurden?

- Ist es denkbar, dass Bestände automatisch basierend auf diesen Kennzahlen optimiert werden, also Transporte der Güter zu optimaleren Plätzen erzeugt werden?

Frage 4: Die ABC-Strategie ist eine Möglichkeit, Artikel nach Nachfragehäufigkeit zu klassifizieren und so Bestände zu optimieren. Diese Strategie bedarf einer ABC-Klassifizierung jedes Artikels. Wie ist Ihre Erfahrung mit dieser Strategie?

- Wie häufig ändern sich diese Klassifizierungen?
- Anhand welcher Kriterien werden diese Klassifizierungen gewählt?

Frage 5: Wie ist Slotting in Ihrem WMS abgebildet?

- Denken Sie, dass eine Unterstützung des Slottings mithilfe von Vorschlägen für den Lagerleitstand auf Basis der Nachfragedaten des WMS von Kunden akzeptiert wird?

- Ist davon auszugehen, dass aus dem Hostsystem bestimmte Daten für das Slotting an das WMS zur Verfügung gestellt werden können?

Frage 6: KI eignet sich hervorragend, bestimmte Muster in Daten zu identifizieren. Mit derartigen Mustern ist es denkbar, Fehler in Datensätzen zu identifizieren und so dem Lagerleitstand bestimmte Aktionen (Inventur) zu empfehlen. Welche Mechanismen sind aktuell außer der laufenden Inventur bei Kunden zur Erkennung von Fehlern im Wareneingang im Einsatz?

- Welche Daten müssten Ihrer Meinung nach zur Identifikation von Fehlern verwendet werden?
- Inwieweit würde Ihrer Meinung nach einer derartigen Lösung von Lagerleitständen akzeptiert werden?

Frage 7: Um KI-Modelle aufsetzen zu können bedarf es häufig Beispieldaten. Welche Gemeinsamkeiten existieren zwischen Lagern gleicher Branche in Bezug auf Kommissionierhäufigkeit bestimmter Artikel?

- Welche Bedenken haben Sie, wenn anonymisierte Daten von branchenähnlichen anderen Kunden für den initialen Lernvorgang verwendet werden?

Frage 8: Welche Anforderungen haben Sie allgemein an ein KI-System im Bezug auf die Nachvollziehbarkeit der berechneten Ergebnisse?

Rückblick und Ausblick

In diesem Abschnitt wird das durchgeführte Interview noch einmal vom Interviewer gemeinsam mit dem Interviewten zusammengefasst. Im Zuge dessen werden die Kernaussagen des Interviews herausgehoben und zudem wird ein erneuter Dank für die aufgebrauchte Zeit erbracht.

Die Auswertung dieses Interviews wird mithilfe einer qualitativen Analyseverfahren erfolgen. Diese Analyse erfolgt zur tieferen Überprüfung der aufgestellten Hypothese der Arbeit. Basierend auf diesen Auswertungen werde ich eine Umfrage für Lagerleitstände erstellen, die diese Hypothese weiter validiert. Gerne lasse ich Ihnen das Ergebnis nach der Auswertung zukommen. Möchten Sie, dass ich Ihnen diese Ergebnisse über elektronischen Weg über Ihre angegebene E-Mail-Adresse zukommen lasse?

Das Interview ist hiermit beendet.

7.1.2 Informationserfassung

Nach der Einholung der Einverständniserklärung wurden die Interviews aufgezeichnet und im Anschluss transkribiert. Die Interviews dienen der Generierung von Informationen weshalb die Füllwörter sowie umgangssprachlichen Äußerungen im Rahmen der Transkription ausgelassen wurden.

Die Transkripte der befragten Personen befinden sich in den Anhängen A bis D. Die Transkriptionen wurden mit unterschiedlichen Symbolen gekennzeichnet. Eine Legende der verwendeten Symbole ist wie folgt:

- „I“
Eine Aussage, gekennzeichnet mit diesem Zeichen wurde von der interviewenden Person getätigt
- „B“
Das ist das Gegenstück dazu. Im Falle von mehreren befragten Personen im selben Interview wurde den Befragten eine Nummer zugewiesen.

7.1.3 Bildung des Kodierleitfadens

Die für den Kodierleitfaden notwendigen Kategorien wurden induktiv gebildet. Dies wird damit begründet, dass die zum Forschungszeitpunkt vorhandene Literatur keine konkreten Kategorien definiert waren. Daher mussten Kategorien aus den Antworten der Personen gebildet werden.

Der Kodierleitfaden enthält allgemein gültige Aussagen, welche aus dem Interviewmaterial gebildet wurden. Der vollständige Kodierleitfaden kann dem ANHANG E entnommen werden. Der Kodierleitfaden gliedert sich aufgrund der wissenschaftlichen Fragestellung in folgende Hauptgruppen:

- Kundenanfragen zu KI
- Akzeptanz und Entscheidungsfähigkeit von KI
- Bestandsoptimierung mit KI
- Fehlererkennung mit KI
- Slotting mit KI
- ABC-Analyse mit KI
- Ressourcenoptimierung mit KI
- Datenverfügbarkeit für den Lernvorgang

Diese Hauptgruppen werden in unterschiedliche Klassen unterteilt, die anschließend den Antworten zugeteilt wurden. Nach 30 Prozent ausgewerteten Antworten wurde eine Validierung und Überarbeitung der Klassen vorgenommen. Mithilfe des gebildeten Kodierleitfadens wurde die Auswertung der Interviews durchgeführt. Diese wird im folgenden Kapitel näher erläutert.

7.2 Ergebnisse der Auswertung

Die Beschreibung der Ergebnisse erfolgt anhand der in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** beschriebenen Kategorien. Diese Ergebnisse werden im Anschluss im Rahmen einer Kundenbefragung validiert, um daraus heraus die Ergebnisse der Arbeit abzuleiten.

7.2.1 Kundenanfragen zu KI

Um zunächst festzustellen, ob es Bedarf an zusätzlichen intelligenten Funktionen gibt, wurde erhoben, inwiefern Kundenanfragen zu KI bestehen. Hierfür wurden folgende Kategorien erhoben (ANHANG E):

- Hohe Kundennachfrage für intelligente Funktionen
- Intelligente Funktionen werden erwartet aber nicht nachgefragt
- Intelligente Funktionen werden nicht nachgefragt

Die ersten beiden Kategorien unterscheiden sich darin, dass bei der ersten Kategorie explizit Nachfrage nach KI besteht. In der zweiten Kategorie hingegen gibt es zwar Bedarf nach KI, dieser jedoch wird dieser erst entweder im Laufe des Projektes festgestellt oder ohne explizite Nachfrage erwartet.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Experten durchwegs eine erhöhte Nachfrage nach intelligenten Lagerverwaltungsfunktionen identifizieren (Abbildung 6). Jedoch dient KI hier lediglich als Möglichkeit, diese zu implementieren und wird selten als Technologie direkt nachgefragt. Wie ein Experte im ersten Interview spezifiziert, ist es für den Kunden nicht relevant, ob die Anforderung mit KI oder auf irgendeine andere Weise gelöst wird (ANHANG A, 04:54).

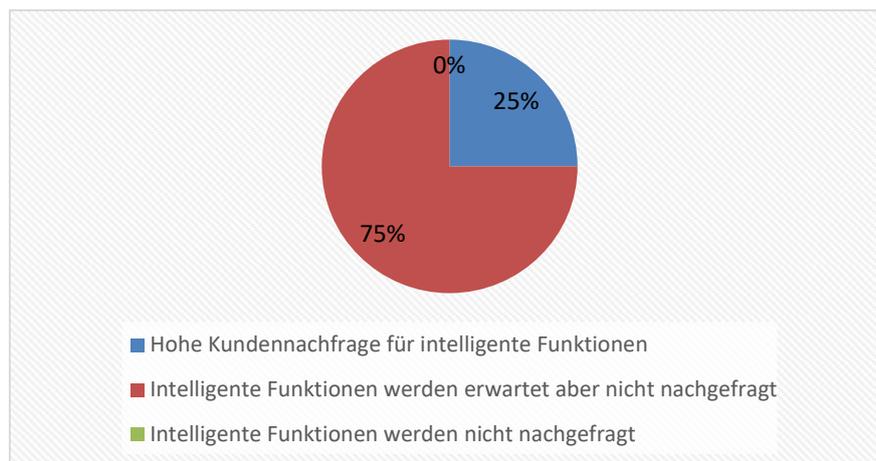


Abbildung 6: Kundennachfrage nach KI

Zur Anzahl der Kundenanfragen wurden folgende Kategorien gebildet. Diese Kategorien beziehen sich jeweils auf die letzten fünf Jahre (ANHANG E):

- Kundenanfragen mehren sich

- Kundenanfragen mehren sich nicht

Die Experten sagen eher aus, dass sich die Kundennachfrage zu KI nicht mehrt. Experte 3 hat diesbezüglich eine Veränderung weg von KI als Trendwort hin zu konkreten Anwendungen identifiziert. Dies bedeutet jedoch nicht, dass KI nicht gefordert wird, es ist trotzdem ein Thema wo „jeder hinmöchte“ (ANHANG C, 03:27).

Kundenanfragen werden eher in Bezug auf intelligente Lagerfunktionen gestellt und nicht konkrete Technologieansätze angefragt. Dies zeigt sich auch mit der beschriebenen Wende weg vom Trendwort hin zu konkreten Anwendungen. Daher ist vom Softwareanbieter darauf zu achten, in Zukunft für den Kunden intelligente Lösungen bereitzustellen, denn diese werden vom Kunden konkret gefordert.

7.2.2 Akzeptanz und Entscheidungsfähigkeit von KI

Um überhaupt bewerten zu können, welche Anwendungsfälle im Lager mittels KI gelöst werden können wurde erhoben, wie die Experten eine Akzeptanz von intelligenten Lösungen der Lagerleitstände einschätzen sowie ob und inwieweit KI-Entscheidungen selbstständig treffen darf.

Folgende Kategorien wurden hier erfasst (ANHANG E):

- Intelligente Funktionen werden vom Lagerleitstand akzeptiert
- Intelligente Funktionen werden vom Lagerleitstand unter Umständen akzeptiert

Da ein WMS eingesetzt wird, Nachvollziehbarkeit im Lager zu gewährleisten (Kapitel 2.3.2) ordnen Experten vor allem die Nachvollziehbarkeit von KI als wichtiges Kriterium zur Erhöhung der Akzeptanz ein. Vor allem ist es wichtig, den Kunden mit guter Argumentation abzuholen und damit Akzeptanzprobleme zuvorzukommen (ANHANG A, 17:37). Der vierte Experte ordnet diese Argumentation aber auch für übliche Inbetriebsetzungstätigkeiten als unbedingt notwendig ein (ANHANG D, 06:54). Akzeptanz wird auch deswegen gewährleistet sein, weil Kunden immer häufiger Anfragen stellen, deren Dimensionalität in gewisser Weise über KI gelöst werden sollte (ANHANG A, 21:26).

Zusätzlich wurde erfragt, ob KI nicht nur Daten für die Entscheidungsfindung zur Verfügung stellen sollte sondern Entscheidungen auch selbstständig treffen kann. Hierfür wurden die folgenden Kategorien gebildet (ANHANG E):

- KI kann Entscheidungen konfigurierbar selbstständig treffen
- Daten sollen nur für die Entscheidungsfindung zur Verfügung gestellt werden

Die meisten Experten (78%) weisen hier aus, dass KI selbstständig Entscheidungen treffen kann. Allerdings ist hier eine gewisse Konfigurierbarkeit notwendig. Diese Konfigurierbarkeit ist vor allem deswegen notwendig, weil WMS-Lösungen in unterschiedlichen Umgebungen eingesetzt werden können. In gewissen Umgebungen wird ein hoher Automatisierungsgrad benötigt, in anderen hingegen ist eine hohe Anzahl an manuellen Schritten notwendig. Im zweiten Experteninterview hat dies ein Experte daher so eingeschätzt, dass kein Weg daran vorbeiführen

wird, den Grad der Automatisierung steuern zu können (ANHANG B, 08:48). Die dritte befragte Person sieht dahingehend eher eine Notwendigkeit, Kennzahlen und Daten dem Lagerleitstand zur Verfügung zu stellen. Diese basieren auf gewissen Zuständen, die automatisch erkannt werden und stellen somit eine Möglichkeit dar, schneller auf Umstände reagieren zu können (ANHANG C, 01:21).

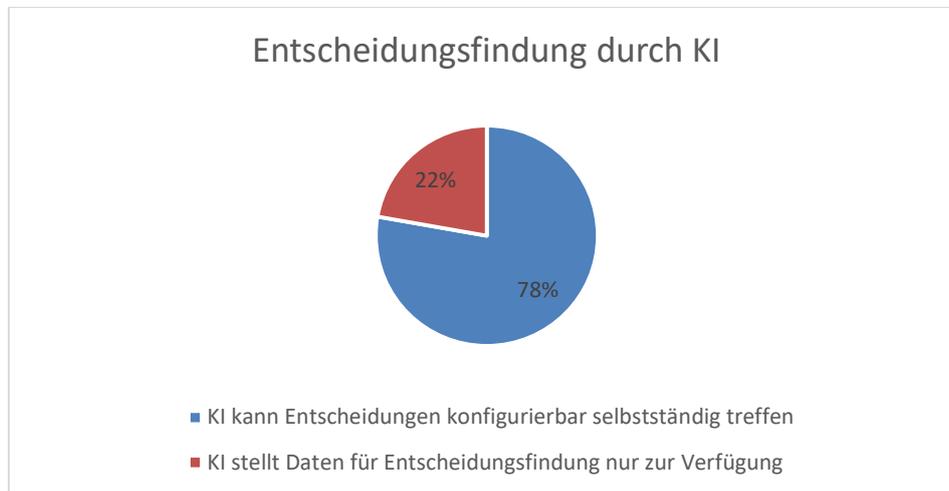


Abbildung 7: Entscheidungsfindung durch KI

Insgesamt ist klar zu erkennen, dass es wenig Bedenken bezüglich der Akzeptanz einer KI-Lösung gibt, wenn die Rahmenbedingungen stimmen. Zum einen ist es zwingend notwendig, eine Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten, die zumindest beinhaltet, warum gewisse Entscheidungen getroffen wurden. Zum anderen ist eine Konfigurierbarkeit in Bezug auf die Entscheidungsbefugnis einer KI notwendig. Nicht in allen Lagern ist es erwünscht, dass sämtliche Prozesse automatisiert passieren. Außerdem ist es durch eine Konfigurierbarkeit möglich, dass erst nach einer gewissen Laufzeit die Entscheidungsgewalt auf die intelligente Lösung übertragen wird und somit kann höhere Akzeptanz gewährleistet werden.

7.2.3 Datenverfügbarkeit für den Lernvorgang

Da ein Lernvorgang für die meisten KI-Modelle notwendig ist (Kapitel 3.3) wurde mit den Experten erarbeitet, inwieweit im WMS bereits Daten verfügbar sind und woher diese Daten stammen können.

Grundsätzlich stimmen alle Experten überein, dass es im WMS relevante Datenmuster gibt, die aufgespürt und ausgewertet werden können. Allerdings sind diese Daten zumeist erst nach einer gewissen Laufzeit verfügbar. Im ersten Interview wurde zum Beispiel erwähnt, dass nach 1-2 Jahren, wenn das Produktspektrum nicht allzu dynamisch ist, Datenmuster erkennbar sein müssten (ANHANG A, 11:17). Dies wird auch im zweiten Interview bestätigt: „Einige Daten kennen wir ja ohnehin“ (ANHANG B; 33:58).

Im vierten Interview wurde zudem erläutert, dass es zwischen Lagern nur wenig Ähnlichkeit gibt, da jedes Lager für sich einzigartig ist, auch innerhalb derselben Branche (ANHANG D, 04:02). Daher ist davon auszugehen, dass ein Lernvorgang für jedes Lager stattfinden muss, auch wenn das Anlernen des Modelles dann etwas Zeit in Anspruch nimmt. Laut dem Experten 3 ist dies

aber durchsetzbar, vor allem in Fällen, in denen der Kunde keine Daten liefern kann (ANHANG C, 23:58).

Da es für gewisse Anwendungsfälle möglicherweise notwendig ist, Daten aus dem ERP für den Lernvorgang zu verwenden wurden auch in diese Richtung Fragen gestellt. Hierfür wurden zwei Klassen gebildet (ANHANG E):

- Daten vom ERP können für den Lernvorgang von Systemen hergenommen werden
- Daten vom ERP können nicht für den Lernvorgang hergenommen werden

Für viele Experten ist es ein Problem, Daten für den Lernvorgang vom ERP zu bekommen. Dies ist zum einen etwa ein Hinweis darauf, dass das WMS das falsche Informationssystem für ein KI-Modell ist (ANHANG D, 21:42). Oft ist es auch so, dass bestimmte Daten schlicht nicht, oder nicht in der notwendigen Datenqualität verfügbar sind (ANHANG B, 36:20). Der dritte Experte hat hingegen zumeist gute Erfahrung mit Daten aus ERP-Systemen gemacht und schätzt daher ein, dass es schon möglich ist, diese für den Lernvorgang herzunehmen. Zudem können gewisse Daten, falls diese nicht vorhanden sind, über Einschätzung generiert werden (ANHANG C, 15:55).

Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass im WMS Datenmuster vorhanden sind, die über KI erkennbar werden. Daten, die nicht im WMS vorhanden sind, müssen entweder generiert werden oder können unter Umständen auch über Datenimporte aus dem ERP an das WMS übermittelt werden. Derartige Anwendungsfälle müssen jedoch validiert werden, da sie möglicherweise besser im ERP ausgewertet werden können.

7.2.4 Bestandsoptimierung mit KI

Im Sinne der beschriebenen äußeren Parameter wurde anschließend auf konkrete Anwendungsfälle eingegangen. In der Hypothese sowie in der hierfür erstellten Bewertung (Kapitel 4.3.2) wurde die Bestandsoptimierung als möglichen KI-Anwendungsfall identifiziert. Daher wurden einige Fragen hierfür an die Experten gerichtet.

Zunächst wurde ermittelt, ob Bestandsoptimierung für die Experten überhaupt ein sinnvoller Anwendungsfall ist. Hierfür wurden folgende Kategorien gebildet (ANHANG E):

- Bestandsoptimierung mit KI ist ein sinnvoller Anwendungsfall
- Bestandsoptimierung mit KI ist ein teilweise sinnvoller Anwendungsfall
- Bestandsoptimierung mit KI ist kein sinnvoller Anwendungsfall

Der Unterschied zwischen dem ersten und zweiten Kriterium ist, dass bei Aussagen des zweiten Kriteriums zwar bestätigt wird, das KI ein sinnvolles Werkzeug zur Bestandsoptimierung ist, jedoch gewisse Rahmenbedingungen (etwa Datenverfügbarkeit) hierfür noch nicht stimmen.

Alle Experten stimmen zu, dass intelligente Bestandsoptimierung ein sinnvoller Anwendungsfall ist, jedoch sagen 67% aus, dass es teilweise noch nicht alle Daten dafür gibt sowie dass es gewisse Schwierigkeiten geben kann. Beispielsweise ist die Saisonabhängigkeit in den

Artikelstammdaten laut dem zweiten Experteninterview noch nicht gepflegt (ANHANG B, 36:20). Allerdings sieht Experte 4 genau hier den Vorteil von KI, nämlich diese Saisonalität nicht nur zu berücksichtigen, sondern diese auch zu erkennen (ANHANG D, 24:05). Auch im ersten Experteninterview wurde dies angemerkt, nämlich dass über das Miteinbeziehen von unterschiedlichen Faktoren Lagerplätze optimaler vergeben werden können und dadurch die Kommissionierzeit minimiert werden kann (ANHANG A, 04:53).

Als konkrete Anwendungsfälle werden neben dem Erkennen von Saisonalität und damit verbunden der Umlagerung von Beständen auch das sinnvolle Nebeneinanderlagern von Produkten, die miteinander kommissioniert werden. Dies wurde von allen Experten als Anwendungsfall identifiziert. Befragter 1 des ersten Interviews meint etwa, dass genau dies von Kunden gefordert wird und Kernbestandteil einer intelligenten Lagerplatzsuche ist (ANHANG A, 04:53). Auch Befragter 3 beschreibt diesen Anwendungsfall als „wünschenswert und eine Sache, die in Zukunft umfangreicher gestaltet werden kann (ANHANG B, 00:00). Im vierten Interview wird zudem erläutert, dass es auch möglich wäre, KI als Werkzeug für die Konsolidierung des Bestandes herzunehmen (ANHANG D, 26:04).

Bestandsoptimierung mit KI ist insgesamt ein sinnvoller Bereich, mit unterschiedlichen Anwendungsfällen. Hierbei ist vor allem eine intelligente Lagerplatzsuche notwendig, die unterschiedliche Einflussfaktoren berücksichtigt, die in aktuellen Implementierungen nicht berücksichtigt werden oder nicht berücksichtigt werden können. Vor allem geht es darum, den Lagerbestand so zu organisieren, dass Ware zwar optimal aber mit dem geringstmöglichen Ressourceneinsatz am richtigen Ort gelagert wird.

7.2.5 Fehlererkennung mit KI

In der Hypothese ist die Fehlererkennung von Nutzereingaben vor allem im Wareneingang durch KI als Anwendungsfall identifiziert worden. Dies basiert auf dem in Kapitel 4.3.4 beschriebenen Vorgehen, in Benutzerdaten Fehler zu finden. Im Zuge der Experteninterviews wurde dies auf sämtliche Lagerprozesse erweitert, wie auch die Kategorien zeigen werden.

Dass Fehlererkennung mit KI in verschiedenen Lagerprozessen eine gute Möglichkeit zur Verbesserung der bestehenden Lagerprozesse ist, wurde von allen Experten bestätigt. Hier können in verschiedenen Anwendungsfällen Fehler aus der Vergangenheit erkannt und daraus Aktionen vorgeschlagen werden. Dadurch wird das volle Potential der Daten genutzt (ANHANG A, 45:49).

Die Hypothese wurde anhand der folgenden Klassen validiert (ANHANG E):

- Fehlererkennung über KI im Wareneingang sinnvoll
- Fehlererkennung über KI im Wareneingang nicht sinnvoll

Die überwiegende Mehrheit der Experten sieht, dass KI im Wareneingang zur Fehlererkennung sinnvoll eingesetzt werden kann. Zwar gibt es in den meisten WMS aktuell derartige Funktionen noch nichts (ANHANG C, 04:33), jedoch würde diese Funktion viele Ineffizienzen bereits frühzeitig beheben (ANHANG D, 12:06). Im ersten Experteninterview wurden diesbezüglich

allerdings gewisse Bedenken geäußert, da der User die Daten im Endeffekt bucht und man hier nur schwer dagegen argumentieren kann (ANHANG A, 27:27).

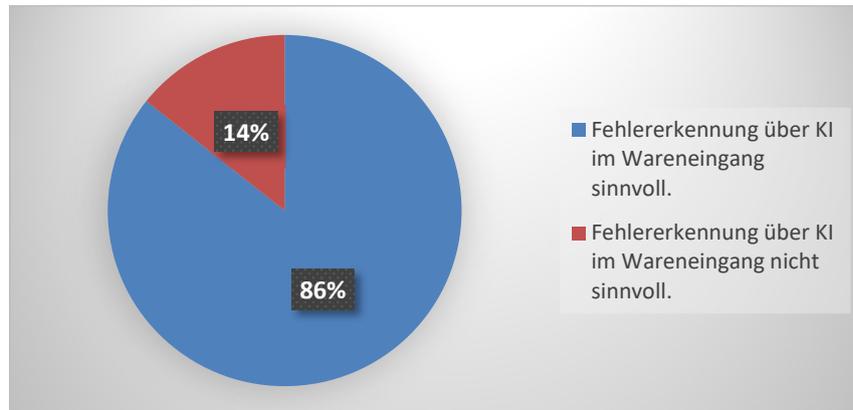


Abbildung 8: Fehlererkennung mit KI im Wareneingang

Von den Experten wurde zudem erläutert, dass es Anwendungsfälle gibt, bei denen KI außerdem zusätzlich zur Fehlererkennung eingesetzt werden kann. Etwa um häufige Fehler aufzudecken und so Folgerungen zu ziehen (ANHANG A, 27:27). Beispielsweise kann dadurch erkannt werden, dass es bei bestimmten Artikeln Verwechslungspotential gibt und dies kann den Lagerleitstand dazu veranlassen, Aktionen zu setzen. Wichtig ist hier, dem Lagerleitstand das Gefühl zu geben, dass man ihm zwar eine Arbeit abnimmt, ihn aber nicht „wegrationalisiert“ (ANHANG C, 07:37).

Um die Fehlererkennung betreiben zu können, wurde überprüft, ob ihm WMS hierfür die Daten vorhanden sind. Insgesamt wurde zwar bestätigt, dass in den WMS Daten Anomalien ermittelt werden können, jedoch ist es trotzdem denkbar, dass mit KI weitere Daten in die Fehleranalyse einfließen können. Vor allem Kameradaten sind hier ein mögliches Szenario. Derartige Daten existieren zwar teilweise bereits in WMS-Systemen aber für anderwärtige Anwendungsfälle (Bestätigung des Versands der Ware oder Bestätigung der Ankunft der Ware im Lager). Diese Bilder können jedoch zusätzlich auch für die weitere Analyse verwendet werden, etwa um Qualitätsmängel zu erkennen oder Zählfehler aufzudecken.

Insgesamt ist die Fehlererkennung mittels KI ein sehr gut geeigneter Anwendungsfall, da KI sehr gut darin ist, Anomalien zu entdecken und dadurch Fehler aufzudecken. Diese Fehlererkennung kann zwar nur durch konkrete Warnungen erfolgen, jedoch birgt sie auch das Potential zu zusätzlichem Nutzen. Es ist denkbar, dass mit einem derartigen Modul Optimierungen innerhalb des Lagers getroffen werden womit Fehler vermieden werden (Lagerungen von Produkten). Hier ist auch erkennbar, dass dieses Modul mit der Bestandsoptimierung (Kapitel 7.2.4) im Zusammenhang steht.

7.2.6 ABC-Analyse mit KI

Als nächster Anwendungsfall wurde die ABC-Analyse mittels KI identifiziert. Im Zuge der Experteninterviews wurde ermittelt, dass es hier in WMS-Systemen diverse Möglichkeiten bereits gibt, die ABC-Zuordnungen dynamisch basierend auf der Nachfrage durchführen zu lassen.

Jedoch wurde festgestellt, dass diese Dynamik auf recht statischen Daten beruht. Daher wurden folgende Klassen ermittelt (ANHANG E):

- Erkennen von Neuordnungen ist mittels KI sinnvoll
- Erkennen von Neuordnungen ist mittels KI nicht sinnvoll

Die überwiegende Mehrheit der Befragten glaubt, dass KI ein sinnvolles Werkzeug ist, Neuordnungen zu ermitteln (Abbildung 9). Allerdings beziehen sich die meisten Experten hier nur auf Teilaspekte der ABC-Analyse. Im vierten Experteninterview wurde unter anderem erläutert, dass das WMS zwar ein Optimierungsmodul beinhaltet, aber der Lagerleitstand erkennen muss, wann dieser Optimierungsvorgang durchlaufen muss. KI kann hierbei den Lagerleitstand darin unterstützen, zu erkennen, dass Neuordnungen möglich wären, um A-Plätze nicht für langsam drehende Artikel zu belegen (ANHANG D, 26:04). Experte 3 sagt allerdings aus, dass ABC-Analyse meist wenig benutzt ist und eher vom ERP vorgegeben wird (ANHANG C, 19:38).

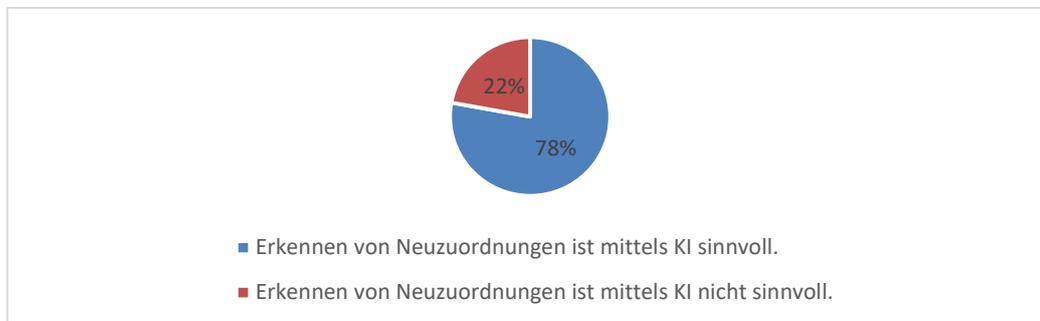


Abbildung 9: ABC-Analyse mit KI

KI kann also in der ABC-Analyse vor allem zur Erkennung von Optimierungszeitpunkten eingesetzt werden. Dies hat für Lagerleitstände einen Vorteil, da man bereits bei Anbahnung eines Engpasses reagieren kann und nicht erst den Fehler beheben muss, wenn der Engpass bereits besteht. Es ist jedoch trotzdem zu prüfen, ob eine derartige Umsetzung aus Kundensicht sinnvoll ist, da derartige Module nicht häufig eingesetzt werden.

7.2.7 Ressourcenoptimierung mit KI

Zwar ist die Ressourcenoptimierung nicht Teil der Hypothese, jedoch wurde in den Experteninterviews diese als weiteres Potential für KI beschrieben. Alle Experten stimmen zu, dass KI im Lager für die Ressourcenoptimierung eingesetzt werden kann. Damit meinen sie etwa die optimierte Personaleinsatzplanung (ANHANG A, 45:49), auch auf die Mitarbeiterverteilung im Lager (ANHANG C, 24:50), eine Optimierung der Wege im Lager zur Vermeidung von Bottlenecks (ANHANG B, 00:00) oder die Optimierung der Ein- und Auslagerstrategien (ANHANG D, 19:00).

Die meisten Experten identifizieren KI als Möglichkeit, Personal besser im Lager verteilen zu können. In größeren Lägern existieren typischerweise Mitarbeiter, die nicht fix einem Lagerbereich zugeordnet sind, sondern dort angefordert werden, wo gerade eine hohe

Auslastung stattfindet. Die Verteilung dieser Mitarbeiter lässt sich über eine intelligente Funktion abwickeln, die dem Lagerleitstand anzeigt, wo gerade hohe Arbeitslast verfügbar ist (ANHANG C, 24:50).

Zudem kann mithilfe KI erkannt werden, wann ein bestimmter Prozess gestartet werden muss, damit das Arbeitspensum ideal ist und trotzdem der Tag produktiv und effektiv verläuft. Dies betrifft etwa den manuellen Start der Kommissionierungen aber auch andere Optimierungen, die möglicherweise von KI getätigt werden. Wichtig ist zu vermeiden, dass Mitarbeiter überlastet werden (ANHANG B, 44:45).

Innerhalb des Lagers existieren typischerweise bestimmte Prozesse, die definiert wurden. Das Aufdecken von langsamen Prozessschritten sowie Problemen in Prozessen ist laut Experten zusätzlich eine Möglichkeit KI einzusetzen. Dies entstammt dem Wunsch der Kunden, Prozessverbesserungen mit der Software als Anbieter vorzuschlagen. Dies kostet jedoch Geld und wird daher selten gemacht. Hier kann das System selbst dem Lagerleitstand gewisse Engpässe anzeigen und damit den Kunden selbstständig dazu veranlassen, Prozesse zu verändern (ANHANG D, 19:00).

Insgesamt ist, wie im dritten Experteninterview erläutert, in der Ressourcenoptimierung „sehr viel möglich“ (ANHANG C, 24:50). KI kann hier für verschiedene Anwendungsfälle eingesetzt werden, die sich entweder auf Ressourcenoptimierung in den laufenden Lagerprozessen, Ressourcenoptimierung auf Ebene des Personals oder Optimierung von Lagerprozessen beziehen.

7.2.8 Schlussfolgerungen aus den Experteninterviews

Die Experteninterviews haben teilweise die Hypothesen bestätigt und andererseits diese teilweise widerlegt. Außerdem ist mit der Ressourcenoptimierung ein weiterer Anwendungsfall hinzugekommen, bei dem mithilfe von KI einige neue Prozessverbesserungen erzielt werden können.

Zunächst ist festzuhalten, dass es zwar vermehrt Kundenanfragen zu KI gibt, jedoch werden diese nicht in Form von Anfragen für diese Technologie gestellt. Vielmehr sind es intelligente Funktionalitäten, welche benötigt werden. KI ist hierfür lediglich die Möglichkeit, diese zu implementieren. Daher ist es wichtig, bei den Kundenbefragungen von intelligenten Lösungen zu sprechen.

Einige Fachleute heben insbesondere hervor, dass Kunden Bedarf zu intelligenter Bestandsverwaltung haben. Diese Aufgabe des Lagerleitstandes ist also mithilfe von KI zu verbessern. Hierbei ist jedoch vor allem darauf zu achten, dass intelligente Implementierung in jenem Informationssystem eingesetzt wird, wo dies Sinn hat. Während die erwartete Nachfrage eher im ERP ermittelt werden kann, ist es denkbar, im WMS zu ermitteln, wann und wo bestmöglich Umlagerungen von Beständen durchgeführt werden können. Auch eine Optimierung der Einlagerstrategien ist im WMS anzusiedeln, da dieses vergangene Bewegdaten besitzt. In der Kundenbefragung ist daher zu validieren, ob die Expertenmeinung im Bezug zu den

intelligenten Einlagerstrategien stimmt und wo aus Kundensicht Bedarf für KI optimierte Prozesse ist.

Die Fachleute bestätigen auch, dass KI in Prüfprozessen unterstützen kann. Da grundsätzlich alle Prüfprozesse im Lager ressourcenaufwändig sind und die Betrachtung von vielen Daten hierbei notwendig ist eignet sich dies für neue intelligente Lösungsansätze. Derartige Prozesse sind vor allem im WMS anzusiedeln, da dieses Erfassungsdaten verwaltet und das bestandsführende System ist. Wichtig ist, dass durch Fehlererkennung erkannte Probleme zu jenen Zeiten bearbeitet werden, zu denen wenig Arbeitslast im Lager ist. Hier ist also der Lagerleitstand zu einem geeigneten Zeitpunkt zu benachrichtigen. Sofern automatisiert Aufträge erzeugt werden, sollten diese zu einem geeigneten Zeitpunkt erstellt werden. Die Kundenbefragung soll hier ermitteln, in welchen Prüfprozessen besonderer Bedarf besteht.

Die Hypothese, dass KI bei Festplatzzuweisungen helfen kann, ist dahingehend widerlegt, dass diese nicht allzu häufig angefragt wird. Des Weiteren sind derartige Platzvorgaben aus bestimmten Gründen fix (etwa Lebensmittelrichtlinien) und dürfen nicht bearbeitet werden. Lediglich in der Bereichszuordnung, also im Bereich von Einlagerstrategien, glauben Experten, dass es Bedarf für zusätzliche intelligente Prozesse gibt. Diese werden bereits als Teil der Bestandsoptimierung behandelt.

Als zusätzliche neue Möglichkeit für intelligente Funktionen ist der Bereich der Ressourcenoptimierung hinzugekommen. Da es hier viele verschiedene Möglichkeiten gibt (etwa Stapleroptimierung oder Personaleinsatzoptimierung) ist in der Kundenbefragung zu ermitteln, wo vor allem Bedarf besteht.

Zusammenfassend sind also im Bereich der Bestandsoptimierung, in Prüfprozessen sowie in der Ressourcenoptimierung zusätzliche intelligente Funktionen notwendig. Die Überprüfung dieser Schlussfolgerungen erfolgt im Zuge der Kundenbefragung, welche im nächsten Kapitel näher beschrieben wird.

8 AUSWERTUNG DER KUNDENBEFRAGUNG

Um die bereits beschriebenen Experteninterviews weiter zu beleuchten sowie auch die Meinung der Kunden in diese Arbeit einzuarbeiten erfolgte eine Kundenbefragung. Dabei ist insbesondere eine Überprüfung durchgeführt worden, ob intelligente Bestandsoptimierung sowie intelligente Prüfprozesse aus Kundensicht sinnvolle neue Ergänzungen für Lagerleitstandsfunktionalitäten sind. Zunächst wird in diesem Kapitel der Umfragebogen erläutert und anschließend werden die Ergebnisse dieser Umfrage ausgewertet.

Insgesamt wurden 15 Antworten von Kunden der Lagerlogistikbranche abgegeben. Die Antworten befinden sich im ANHANG F. Die Umfrage wurde an 20 Kunden übermittelt, die entweder bereits ein KI-Modul im Lager im Einsatz haben oder die sich gerade konkret damit beschäftigen. Die Anzahl der möglichen Kunden wurde damit zwar eingeschränkt, jedoch kann so eine höhere Aussagekraft erzielt werden, da bei diesen Kunden Erfahrung mit der Thematik besteht.

Die Umfrage wurde mittels der Google Survey Plattform erstellt weshalb der Versand und die Teilnahme an der Umfrage in elektronischer Form erfolgt ist. Im folgenden Kapitel wird dieser Umfragebogen beschrieben.

8.1 Umfragebogen

Der Umfragebogen ist quantitativ aufgebaut und enthält Fragen zu den Ergebnissen der Experteninterviews. Den Teilnehmern der Umfrage wurde der Umfragebogen mit einer kurzen Beschreibung der Forschungsarbeit per E-Mail übermittelt. Es konnten keine Rückfragen gestellt werden.

Folgende Fragen wurden mit den folgenden Antwortmöglichkeiten an die Teilnehmer gestellt:

- Wie hoch schätzen Sie den Bedarf nach zusätzlichen intelligenten Prozessen im WMS allgemein ein?
 - Sehr hoch
 - Hoch
 - Gering
 - Sehr gering
- Ist die Nachfrage nach zusätzlichen intelligenten Funktionen in Ihrem Unternehmen in den letzten 5 Jahren gestiegen?
 - Ja
 - Nein
- In welcher Lagerleitstandsaufgabe ist Ihrer Meinung nach der höchste Bedarf nach zusätzlichen intelligenten Prozessen?

- Erkennen von fehlerhaften Zuständen im WMS durch fehlerhafte Nutzereingaben
 - Kurzfristige Personalplanung (Ermittlung, wo im Lager zusätzliches Personal benötigt wird)
 - Optimierung von Ein- oder Auslagerstrategien
 - Optimierung von ABC-Zuweisungen
 - Optimierung von Abarbeitungsreihenfolgen von Kundenaufträgen
 - Ermitteln von zeitlich optimalen Zeitpunkten für den Start von Ein- oder Auslagerungen
- In welchem der folgenden Prozesse in der Lagerplatzoptimierung ist Ihrer Meinung nach der höchste Bedarf nach zusätzlichen intelligenten Prozessen?
 - Erkennen von möglichen zukünftigen Engpässen bei ABC-Zuordnungen
 - Erkennung von möglichen zukünftigen Engpässen bei Lagerplatzzuordnungen von Paletten
 - Unterstützung bei der Zusammenlagerung von häufig gemeinsam kommissionierten Artikeln
- Wie wahrscheinlich würden Sie ein Modul einsetzen, welches den Lagerleitstand mit intelligenten Lagerplatzoptimierungen basierend auf der aktuellen Lagerauslastung unterstützt?
 - Sehr wahrscheinlich
 - Wahrscheinlich
 - Wahrscheinlich nicht
 - Sicher nicht
- In welchem der folgenden Prüfprozesse ist Ihrer Meinung nach der höchste Bedarf nach zusätzlichen intelligenten Prozessen?
 - Erkennung von Fehlern bei der Erfassung von Paletten im Wareneingang
 - Erkennung von Fehlern in der Kommissionierung
 - Erkennung von Artikelkombinationen, die häufig Fehler verursachen
- Wenn das WMS ein Modul beinhalten würde, welches den Personalbedarf für einen bestimmten Lagerbereich basierend auf der aktuellen Lagerleistung ermittelt, wie sehr würde dieses den Lagerleitstand unterstützen?
 - Sehr unterstützend
 - Unterstützend
 - Wenig unterstützend
 - Nicht unterstützend

- Inwieweit würden Sie es akzeptieren, wenn ein intelligentes System nicht nur Lagerplatzoptimierungen vorschlägt, sondern diese basierend auf der aktuellen Personal- und Arbeitsauslastung auch automatisch durchführt?
 - Antwort 1-4 (Akzeptiere ich nicht, Akzeptiere ich voll)
- Inwieweit würde es Ihrem Unternehmen unterstützen, wenn ein intelligentes WMS Modul Optimierungen in den bestehenden Einlagerstrategien vorschlägt?
 - Sehr unterstützend
 - Unterstützend
 - Wenig unterstützend
 - Nicht unterstützend

Der Fragebogen enthält also unterschiedliche quantitative Fragen, die sich auf den allgemeinen Bedarf, den Bedarf nach intelligenter Bestandsoptimierung sowie den Bedarf nach intelligenten Prüfprozessen richten. Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse dieser Befragung weiter diskutiert.

8.2 Ergebnisse der Umfrage

Da die Umfrage sich in unterschiedliche Kategorien gliedert wurden auch die Ergebnisse unterteilt. Folgende Unterteilung wurde vorgenommen:

- Allgemeiner Bedarf nach intelligenten Prozessen
- Bedarf in der Bestandsoptimierung
- Bedarf in Prüfprozessen

Für diese Kategorien erfolgt jeweils eine Auswertung der Antworten der Umfrageteilnehmer.

8.2.1 Allgemeiner Bedarf nach intelligenten Prozessen

Zunächst wurde ermittelt, inwiefern Kunden überhaupt Bedarf nach intelligenten Prozessen haben. Diese Ermittlung wurde anschließend weiter spezifiziert, in dem darauf eingegangen wurde, wo Kunden den höchsten Bedarf nach intelligenten Prozessen haben.

Beinahe alle Kunden geben an, dass sie entweder sehr hohen oder hohen Bedarf nach zusätzlichen intelligenten Prozessen im WMS haben. Lediglich eine befragte Person gibt an, dass sie geringen Bedarf nach intelligenten Prozessen hat. Dies kann etwa mit der Branche, in der sie angestellt ist, zusammenhängen

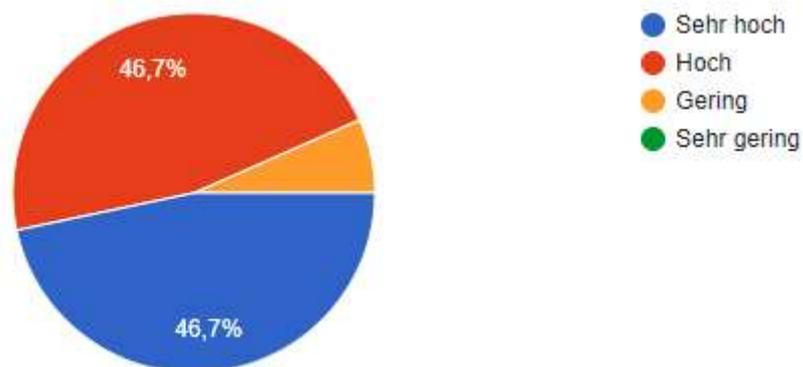


Abbildung 10: Bedarf nach zusätzlichen intelligenten Prozessen im WMS

Den höchsten Bedarf gibt es bei den befragten Personen im Erkennen von fehlerhaften Zuständen durch fehlerhafte Nutzereingabe. Dies würde im Zusammenhang mit einer intelligenten Fehlererkennung entwickelt werden. Von 15 Befragten weisen 33,3 Prozent dieses Szenario als relevante Verbesserung aus. Dahinter folgend ist die Optimierung der Ein- oder Auslagerstrategien, die 20 Prozent der Befragten als Verbesserungsmöglichkeit ausweisen. Dies bestätigt auch die Expertenmeinungen in Kapitel 7.2.4 und 7.2.5.



Abbildung 11: Höchster allgemeiner Bedarf nach intelligenten Prozessen

Insgesamt existiert also hoher Bedarf nach intelligenten Prozessen. Dieser Bedarf teilt sich in unterschiedliche Teilprozesse. Vor allem Fehlererkennung und Optimierung der Ein- und Auslagerstrategien sind der Kundschaft wichtig. Gleichzeitig kann daraus nicht abgeleitet werden, dass andere Prozessverbesserungen unwichtig wären, da die Fragestellung nur die wichtigsten Prozesse abgefragt hat. Trotzdem weist dieses Ergebnis eine Tendenz zu den bereits aufgestellten Hypothesen auf.

8.2.2 Bedarf in der Bestandsoptimierung

Neun von 15 Kunden geben an, dass für sie vor allem in der Zusammenlagerung von häufig gemeinsam kommissionierten Artikeln Bedarf für intelligente Lösungen besteht. Dies bestätigt die Meinung der Experten, beschrieben für die Bestandsoptimierung (7.2.4). Weitere vier Personen gaben an, dass intelligente Prozesse auch dabei unterstützen können, Engpässe bei Lagerplatzzuordnungen zu ermitteln. Hierbei ist also ein Bedarf für zusätzliche Lageroptimierungsprozesse zu erkennen. Bereits im Experteninterview ist aufgekommen, dass ABC-Analyse im WMS eher selten benutzt wird. Dies kann mit ein Grund sein, warum in dieser Frage ABC-Zuordnungen eher selten als Optimierungsmöglichkeit ausgewählt wurde.



Abbildung 12: Bedarf in der Bestandsoptimierung

Die meisten der Befragten würden daher auch ein Modul einsetzen, welches den Lagerleitstand mit intelligenten Lagerplatzoptimierungen basierend auf der Lagerauslastung unterstützt. 33,3 Prozent geben sogar an, dass sie dieses Modul sehr wahrscheinlich einsetzen würden. Diese Lageroptimierung ist auch automatisch durchführbar, für 13 von 15 Personen ist dies entweder akzeptabel oder voll akzeptabel.

In den Experteninterviews wurde zudem erläutert, dass es sinnvoll wäre, wenn ein intelligentes Modul Optimierungen in Strategien zur Einlagerung vorschlägt. Dies wurde von den Kunden bestätigt. Über die Hälfte der Befragten würde ein derartiges Modul als „Sehr unterstützend“ empfinden während über drei Viertel dieses zumindest als unterstützend einschätzen.

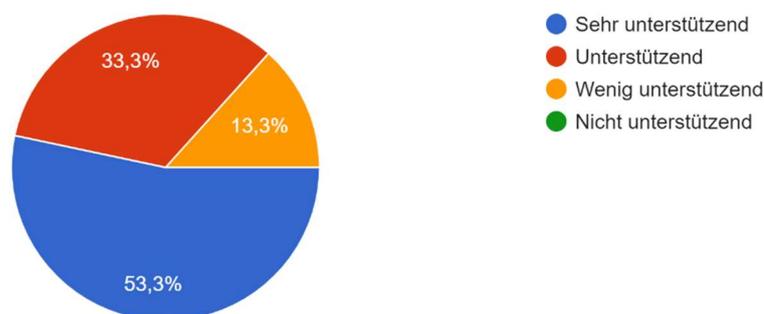


Abbildung 13: Optimierungen in der Einlagerstrategie

Bestandsoptimierung ist also, wie bereits von den Experten vermutet, ein relevanter Anwendungsfall für KI-Prozesse. Dabei ist vor allem die Zusammenlagerung von Artikeln, die

häufig gemeinsam kommissioniert werden, für den Kunden relevant. Dies ist vermutlich vor allem mit der damit verbundenen Effizienzsteigerung im Warenausgang begründbar.

8.2.3 Bedarf in Prüfprozessen

Prüfprozesse wurden bereits in der Ermittlung des allgemeinen Bedarfs (Kapitel 8.2.1) als wichtigen Anwendungsfall eingestuft. Innerhalb der Lagerprozesse ist der Bedarf recht gleichmäßig verteilt, wobei vor allem die Erkennung von Fehlern in der Kommissionierung als wichtigen Anwendungsfall eingestuft wird. 40 Prozent der Befragten geben diesen Anwendungsfall als den Wichtigsten an. Zusätzlich ist die Erkennung von Artikelkombinationen ein für die Kunden relevanter Prozess.

In welchem der folgenden Prüfprozesse ist Ihrer Meinung nach der höchste Bedarf nach zusätzlichen intelligenten Prozessen?

15 Antworten



Abbildung 14: Bedarf in Prüfprozessen

Bereits in den Experteninterviews wurden unterschiedliche Anwendungsbereiche gefunden, in denen KI bei Prüfprozessen unterstützen kann. Die gleichmäßige Verteilung der Antworten lässt vermuten, dass auch bei den Kunden kein eindeutiger Fall existiert. Allgemein lässt sich jedoch sagen, dass Bedarf für zusätzliche intelligente Funktionen in diesem Bereich besteht.

9 ERGEBNISSE UND AUSBLICK

Aus den Interviews und der Kundenbefragung heraus ist deutlich ersichtlich, dass es im WMS-Umfeld keinen direkten Bedarf nach KI-Lösungen, sondern viel mehr nach allgemeinen intelligenten Lösungen gibt (Kapitel 7.2.1). Da diese intelligenten Lösungsansätze durchaus vieldimensional und über herkömmliche Implementierungsparadigmen schwierig zu lösen sind ist KI hier jene Technologie, die eine Implementierung ermöglicht.

Sowohl die Experten als auch die Kunden stimmen der Hypothese zu, dass KI dem Lagerleitstand in der Bestandsoptimierung helfen kann. Diese Bestandsoptimierung ist ein vielschichtiges Problem und Kernbestandteil ist eine intelligent aufgebaute Lagerplatzsuche, die unterschiedliche Kriterien beachtet. Saisonalität sowie das Prüfen von Beziehungen zwischen Artikeln sind zwei Dimensionen, die nicht in herkömmlichen Lagerplatzsuchen abgebildet werden. Als einfachste Optimierungsmöglichkeit wäre eine Optimierung der ABC-Klassen. Diese ist jedoch nicht immer in Lagerverwaltungssystemen vom Kunden gewartet sondern wird eher vom ERP übertragen (Kapitel 7.2.6). Daher geht eine Lagerplatzoptimierung mit einer intelligenter Lagerplatzsuche sowie einer Berücksichtigung von Verbunds Beziehungen weit über eine ABC-Analyse hinaus. Laut den Experten sind im WMS auch die hierfür notwendigen Daten verfügbar, weshalb eine intelligente Lagerplatzsuche mithilfe von KI als ein möglicher Anwendungsfall gesehen werden kann.

Als weiterer Punkt innerhalb der Bestandsoptimierung ist eine frühzeitige Erkennung von Kapazitätsproblemen von Experten als Anwendungsfall identifiziert worden. Da gewisse Produkte häufig als Palette bestellt aber als Einzelstück verkauft werden kommt es vor, dass unterschiedliche Paletten desselben Artikels im Lager verteilt sind. Diese Paletten sollten grundsätzlich im Zuge eines Konsolidierungsprozesses zusammengefasst werden, wobei dies vom Lagerleitstand ausgelöst werden muss. Da diese Arbeit nicht direkt zu Umsatz führt, wird sie häufig vernachlässigt. Eine intelligente Lösung, die mithilfe einer Regressionsanalyse erkennt, dass ein Kapazitätsproblem entstehen könnte und dies dem Lagerleitstand zum richtigen Zeitpunkt zeigt, könnte dieses Problem lösen. Dabei ist zusätzlich eine Berücksichtigung des zeitlichen Aspekts zu berücksichtigen. Eine derartige Lösung ist auch für Ermittlung eines ABC-Optimierungsdurchlaufes anwendbar. KI ist also eine Möglichkeit, mit der der zeitlich optimale Zeitpunkt für gewisse Optimierungsprozesse im Lager ermittelt werden kann.

Die Kundenumfragen zeigen, dass Kunden nach Lösungen suchen, die den Lagerleitstand bei der Suche nach Fehlern unterstützen (Kapitel 8.2.3). Dies ist aus mehreren Gründen erklärbar. Zum einen sind Prüfprozesse sehr zeit- und kostspielige Prozesse innerhalb eines Lagers. Diese Prozesse tragen jedoch dazu bei, noch größere Kosten im Retouren Bereich zu vermeiden. Daher ist eine wesentliche Lagerleitstandsaufgabe die Sicherstellung von Qualität (Kapitel 2.2.1). Außerdem treten gewisse Fehler aufgrund vorangegangener Arbeit auf. Wenn das System grobe Indifferenten bereits frühzeitig erkennt, können so spätere Fehler vermieden werden. Der Vorteil von KI für derartige Prozesse wäre, dass die Lösung nicht statisch auf gewisse Probleme reagiert, sondern je nach Lagertyp auf unterschiedliche Kriterien achten kann. Diese Lösung ist vielschichtig einsetzbar. Die Experten weisen hier Prüfprozesse im Wareneingang und

Warenausgang aus. Zudem ist es denkbar, dass Fehlermuster aufgedeckt werden können, die auf Basis des Lagerlayouts entstehen. Als Datenbasis ist hier sowohl die verfügbare Datenbasis des WMS möglich, zusätzliche Sensordaten können jedoch zur genaueren Fehlererkennung herangezogen werden.

Als letzter Punkt ist die Ressourcenoptimierung innerhalb des Lagers ein Anwendungsfall für KI. Die Optimierung von Ressourcen wird aus Sicht des Lagerleitstandes vor allem aufgrund des Effizienzgedanken der Läger immer wichtiger (Kapitel 2.2.4). Diese bezieht sich sowohl auf Personaleinsatzplanung jedoch auf die Planung des Lagers selbst. In Lagerverwaltungssystemen sind Ein- und Auslagerstrategien, welche auch für die Lagerplatzsuche benötigt werden, statisch hinterlegt. Eine Überprüfung der Validität dieser Strategien im Zusammenhang mit den Geschäftstätigkeiten erfolgt typischerweise nicht, würde aber unter Umständen zu Effizienzgewinnen führen. Daher könnte mithilfe einer intelligenten Lösung überprüft werden, ob Lagerstrategien und Lagerbereiche noch für die aktuelle Geschäftstätigkeit richtig sind und wo Optimierungspotentiale liegen.

Die Forschungsfrage, welche Aufgaben des Lagerleitstandes in einem teilautomatisierten Lager mithilfe von KI unterstützbar sind lässt sich also mit vier unterschiedlichen Szenarien beantworten. Sowohl die Bestandsoptimierung, Ermittlung des optimalen Zeitpunktes für gewisse Tätigkeiten, Prüfprozesse sowie Ressourcenoptimierung sind mithilfe von KI-Lösungen implementierbar. Diese Lösungen würden den Lagerleitstand aktiv bei seinen Aufgaben unterstützen. KI dient hier als Lösungsansatz für die Implementierung.

Diese Arbeit hat sich vor allem mit der Erfassung von Anwendungsfällen für KI beschäftigt. In weiteren Forschungsarbeiten sind diese Anwendungsgebiete weiter zu untersuchen. Da die Freiplatzsuche ein durchaus komplexes Unterfangen ist, ist hier zu analysieren, welche Aspekte mit KI und welche Aspekte über einen traditionellen Algorithmus gelöst werden können. Aufgrund der bereits bestehenden Daten und des dringenden Bedarfs der Kunden können zukünftige Arbeiten konkrete Prüfprozesse für WMS-Lösungen implementieren und deren Nutzen für den Kunden analysieren. Außerdem ist das Thema der Ressourcenoptimierung weiter zu untersuchen.

ANHANG A Transkript Interview 1

Datum: 08.07.2021 13:30

Ort: Online-Meeting

I: Ich habe die Aufnahme nun gestartet. Zur besseren Auswertung des Interviews ganz kurz von jedem, welche Rolle haben Sie im Unternehmen?

B1: Letztendlich sind wir in Moosburg hier eine Abteilung, die unsere Vertriebseinheiten unterstützt im WMS Vertrieb sowie in den meisten Fällen wird versucht, den Vertrieb für Jungheinrich WMS Produkte zu optimieren.

B2: Genau, und ich bin im Team von Befragten 1 und habe da die Aufgabe einerseits in operativen Projekten dem Vertrieb Unterstützung zu geben und andererseits in Software und Tools dem Vertrieb Hilfestellung zu geben sodass die entsprechenden Vertriebseinheiten da möglichst produktiv arbeiten können.

#01:10

I: Nachdem dieses Interview in einigen Fällen auf KI eingehen wird die Frage wie die bisherigen Berührungspunkte mit dem Thema KI sind?

B1: Unsere Berührungspunkte kommen eigentlich zentral aus den internen Entwicklungsprojekten in welchen wir quasi uns, speziell auch ich, erstmals konkrete Gedanken über KI-Produkte im WMS gemacht haben.

B2: Ja das gleiche trifft im Prinzip auf mich auch zu. Wirkliche Berührungspunkte abgesehen von diesen WMS-Entwicklungsprojekten hatte ich eigentlich auch nicht.

#02:03

I: Es ist ja grundsätzlich auch ein großes und neues Thema. Darf ich Ihnen einen Überblick über die bisherigen Erkenntnisse meiner Forschungsarbeit geben?

B1: Ja bitte.

I: Wie bereits erwähnt KI ist ein recht großes Fachgebiet der Informatik wobei es durchaus interdisziplinär ist. Also da sind auch andere Disziplinen der Wissenschaft, wie etwa die Biologie beteiligt einfach auch darum, um herauszufinden was intelligente Systeme auszeichnet. Intelligente Systeme sind Programme, die ohne exakte Spezifikation des Softwareentwicklers Entscheidungen treffen können. Das kann entweder, also das bedeutet, der Softwareentwickler ist dafür zuständig, Parametrierung zu treffen oder die Umgebung zu spezifizieren. Aus Sicht der Lagerlogistik wird KI dafür eingesetzt Roboter zu steuern, mithilfe von Predictive-Maintenance vorherzusagen, wann bestimmte Materialien ausgetauscht werden müssen oder im ERP Kundenverhalten zu analysieren und so eben vorherzusagen, wann bestimmte Bestellungen auftreten werden. Die Literatur macht jedoch ganz deutlich, dass es vor allem im WMS Umfeld recht wenig Anwendungsfälle umgesetzt wurden weil eben noch recht wenig Anwendungsfälle identifiziert wurden und genau aus diesem Grund habe ich mich auf dieses Themengebiet spezialisiert. Dabei habe ich auch einige Anwendungsfälle identifiziert. Um aber konkret etwas herauszufinden habe ich drei Anwendungsfälle konkret betrachtet. Diese Anwendungsfälle sind die Optimierung des Bestandes im Lager mithilfe von Prognose und Analyse des Bestandes im Lager, das Slotting, also die Optimierung von Kommissionierplätzen und Fehlererkennung in Wareneingangsprozessen und vielleicht auch in Warenausgangsprozessen. Der letzte Punkt ist mir als besonders wichtiger Punkt aufgefallen, weil KI eben gut darin Daten zu analysieren und Muster zu erkennen. Diese Fehler können dann im Zuge einer Inventur validiert werden. Gibt es dazu Fragen?

B2: Grade noch nicht.

B1: Ich hab da auch keine.

#04:53

I: Gut, dann komme ich jetzt zu den Kernfragen die sich jetzt auf diese Anwendungsfälle beziehen. Für welche Anforderungen beziehen sich Ihrer Meinung nach im Speziellen auf KI, also wo der Kunde eben für genau dieses Thema nachfragt?

B2: Soll ich?

B1: Ich habe grad noch was aufgeschrieben, du kannst gerne anfangen.

B2: Kundenanfragen speziell auf KI, also mit der expliziten Forderung nach KI; war ich bisher noch gar nicht konfrontiert. Das heißt, es gab jetzt kein Gespräch über KI ohne dass ich es selbst angesprochen hätte in meiner bisherigen Sales Erfahrung. Das ist aber auch klar, weil es ist ja kein Selbstzweck. Der Kunde hat irgendeine Anforderung und ob wir die dann mit KI lösen oder auf irgendeine andere Weise ist dem Kunden wahrscheinlich erstmal egal. Fragen die dann zum Thema KI aufkommen sind vom Kunden häufig ob es sich denn um echte KI handelt oder sagt der das nur, also etwas ungläubig sind da einige Kunden. Dann erklärt man halt dass es sich um echte Machine Learning Algorithmen handelt. Und wenn es um Anforderungen geht und die auch mit KI gelöst werden

könnten und die auch immer wieder angemerkt werden von Kunden sind das solche Themen in der Lagerplatzsuche. Also so etwas wie eine intelligente Lagerplatzsuche, also das man Artikel gemeinsam hält die gemeinsam kommissioniert werden. Das man eine Saisonalität abbilden kann, dass man über das ganze Jahr hinweg, also über die gesamte Kommissionierzeit analysiert und so diese über eine intelligente Lagerplatzsuche minimiert. Das Lager also intelligent befüllt, sodass wir uns während der Kommissionierung Zeit spart. Also diese Zusammenhaltungs geschichten werden häufig angefragt und könnten mit KI gelöst werden.

I: Hat sich diesbezüglich das Kundenverständnis verändert. Also speziell in den letzten fünf Jahren wo dann speziell solche Anfragen gekommen sind?

B2: Kann ich jetzt nicht beobachten. Diese Ideen für diese Anforderungen ohne Betrachtung wie dies mit Software gelöst werden soll die gibt es meiner Erfahrung nach schon länger. Nicht ersichtlich dass das deutlich mehr geworden wäre. Wie gesagt, im Wareneingang. Dann hätte ich gesagt, wir haben jetzt mit der Berechnung der Kommissionszeit ob sich das nach hinten ausgeht wenn man das angesprochen hat war die erste Frage ob das WMS hier einen Lösungsvorschlag machen könnte oder gleich das Thema automatisch lösen kann. Nicht nur eine Warnung abzugeben.

I: Bezieht sich dann eh auf eine Frage die später noch kommt.

B1: Ja, Befragter 2 hat ja bereits gesagt, wenn es um Effizienzsteigerungen geht, was mit Geschwindigkeiten in der Auslagerung zu tun hat handelt es sich sicher um ein Feld, das gut lösbar ist mit KI. Der Kunde spricht hier keine konkrete Anforderung aus, dass KI gefordert wird. Ich kenne auch keine Ausschreibung die unbedingt KI erfordert. Aber natürlich ist die Anforderung immer, dass das Maximum an Effizienz und Arbeitsvolumen für diverse Schritte, in diesem Fall Kommissioniervolumen, rausgeholt werden muss. Und da kann KI ein Tool sein, dass dabei hilft, beim Einlagern, beim Zusammenlagern, Auslagerwege und so weiter. Das ist definitiv ein Feld, bei dem es sicher Sinn macht, Lösungen zu implementieren.

#11:17

I: Was im Prinzip zur vorherigen Frage schon gut zusammenpasst ist, vom WMS gibt es ja bereits die Möglichkeit, vorherzusagen, wie lange Kommissionierungen brauchen und dass es Nachfrage nach Bestandsoptimierung gibt. Genau das habe ich eben auch herausgefunden, dass das eine gute Variante ist KI einzusetzen. Allerdings ist dieses Problem ein recht komplexes bei dem es verschiedene Teillösungen geben muss. Ein Teil davon wäre die Vorhersage was denn eigentlich die erwartbare Nachfrage pro Artikel ist. Hierfür muss natürlich ein Modell aufgesetzt werden, das mit bestimmten Daten gefüttert wird. Darum meine Frage, gibt es Ihrer Meinung nach den notwendigen Daten um ein Modell aufzusetzen, das die erwartbare Nachfrage nach bestimmten Artikeln vorhersagt. Auch zusammenhängend damit ob die Daten denn überhaupt auch im WMS und nicht nur im ERP vorhanden sind.

B2: Kann sich bestimmt ganz unterschiedlich darstellen. In gewissen ERP Systemen sind diese Daten bestimmt verfügbar und auswertbar. Aber das heißt dann ja trotzdem noch nicht, dass man im WMS was mit den Daten anfangen können. Letztendlich müssen wir ja diese Daten auch irgendwo ablegen damit wir daraus etwas lernen können. Das heißt zunächst mal zum Start eines Systems werden die Daten auf keinen Fall in der Qualität vorhanden sein.

B1: Ich denke auch, dass über die Laufzeit eines Systems diese Optimierung stattfinden kann, weil, wie Befragter 2 bereits erwähnt hat, man initial ja keine Datenbasis hat. Wenn das System bereits 1-2 Jahre gelaufen ist und das Produktspektrum nicht allzu dynamisch ist, das muss natürlich auch berücksichtigt werden und diese Daten dann an einer bestimmten Stelle verfügbar sind kann man sicher auf diese Algorithmen zählen, die dann auch Optimierungspotential hervorheben können, definitiv.

B2: Ob man nach 2 Jahren schon den Saisonfaktor ableiten kann ist sicher auch nicht so einfach.

#14:48

I: Genau das wollte ich auch gerade sagen. Ich glaube für Saisonalität braucht man längerfristige Daten. Wobei hier wäre es eine Möglichkeit, dass man Beispieldaten, also branchenspezifische Beispieldaten hernimmt und daraus heraus dieses Modell immer weiter verbessert. Daher die Frage, welche Gemeinsamkeiten existieren zwischen Lagern ähnlicher Branche im Bezug auf beispielsweise die Kommissionierhäufigkeit bestimmter Artikel oder Kommissionierdauer von bestimmten Artikeln?

B1: Das ist jetzt interessant. Wir haben hier aber recht wenig Erfahrung weil wir nach der Installation der Anlage mit den Kunden datentechnisch nicht mehr allzu viel machen. Da ist für uns mit etwa Daily Auswertungsjobs mit den Daten des Kunden eher schwierig zu sagen, ob es hier Ähnlichkeiten gibt. Weil wir halt auch keine Auswertungen machen welches Volumen der Kunde durch seine Anlagen durchlässt.

I: Es gibt hier ja Kunden die ähnlichen Anforderungen an das System haben weil sie ähnlicher Branche entstammen. Von daher ist die Frage entstanden.

B2: Es ist zwar jetzt Spekulation aber natürlich ist davon auszugehen, dass Unternehmen mit ähnlichen Produktspektrum oder ähnlicher Branche auf ähnliche Lösungsvarianten kommen. Das heißt, dass das dann die optimale Lösung ist. Aber vielleicht haben wir da auch zu wenig Projekte in den gleichen Branchen bearbeitet. Aber Anforderungen bezüglich Artikelstammdaten oder wie gewisse Produkte gelagert werden, da gibt es bestimmt Ähnlichkeiten.

#17:37

I: Vielleicht noch tiefer in diese Richtung gefragt. Glauben Sie, dass ein Kunde so eine Lösung annehmen würde? Also das man mit einem bestimmten Modell startet und dem Kunden begründet, dass dieses Modell aus derselben Branche erlernt wurde. Und gleichzeitig muss dieses Modell erlernt werden. Dieses Erlernen funktioniert mit anonymisierten Daten von Kunden. Gibt es da Bedenken Ihrer Meinung nach, dass der Kunde das überhaupt akzeptiert?

B2: Man wird dann wahrscheinlich mit einer gewissen Datenbasis kommen und wird dann vielleicht mit dem Kunden abstimmen, ob er sich darin wiedererkennt. Und dann könnte man diesen Datensatz auch initial verwenden. Wichtig ist, dass der Kunde dem System dann nicht hilflos ausgeliefert ist. Also man muss dann klar machen, dass KI ein Hilfsmittel ist, mit dem der Kunde effizienter arbeiten kann, dass er aber auch überstimmen kann wenn er ganz anderer Meinung ist. Also wenn er der Meinung ist dass ein anderer Vorschlag besser wäre dann muss das auch möglich sein. Einerseits ist es also wichtig, gut zu begründen warum etwas so ist wie es ist und andererseits muss man auch die Flexibilität bieten, auf diese Ergebnisse Einfluss nehmen zu können.

B1: Ich denke auch dass die Akzeptanz da in diesem Thema nicht das Thema ist wenn man bestimmte Einflussfaktoren von Kunden zu anderen Kunden transferiert. Wenn man hier Modelle generieren kann und ich glaub das da die Anforderungen am höchsten sind, diese Datenmodelle auch transportieren kann zu erstellen. Die dann auch die Funktion, die man beabsichtigt zu beeinflussen auch beeinflussen können. Aber ich glaube Akzeptanzprobleme gibt es nicht, wenn man die Argumentation gut aufbauen kann und die Funktionsweise gut erklären kann.

B2: Wobei man dem Kunden damit den Benefit gleich von Tag 1 zur Verfügung stellt. Also das er gleich mit der Datenbasis aus der Branche startet und nicht erst jahrelang Daten sammeln muss.

B1: Gibt sicher auch Kunden die aufgrund der jahrelangen Partnerschaft Daten zur Verfügung haben.

#21:26

I: Gut, danke. Vielleicht auch zum Thema Akzeptanz, glauben Sie dass Kunden es akzeptieren würden wenn ein KI-System selbstständig Entscheidungen trifft. Im Bezug auf WMS wären das etwa Transporte die automatisch generiert werden. Also etwa eine Umlagerung einer Ware die besonders häufig benötigt wird näher zum Warenausgang, was ja ansonsten auch die Aufgabe des Lagerleiters ist dies zu erkennen. Glauben Sie, dass ein Kunde so etwas akzeptiert, wenn dies automatisiert passiert?

B1: Wenn es funktioniert wird der Kunde das bestimmt akzeptieren. Wir versuchen ja heute schon Lösungen zu generieren die Reorganisationsläufe anhand bestimmter Kriterien durchlaufen. Wenn man die Kriterien weiter fassen kann und dann bessere Reorganisation ermöglicht, wird das sicher auf positive Resonanz stoßen.

B2: Dort wo man dann Zeiten mit wenig Auslastung speziell dafür nutzen kann ist es sicher sinnvoll, vor allem im Automatikbereich. In manuellen Lägern auch unter hoher Last dann eher über die Einlagerstrategien solche Themen lösen würde, also dass man dann nicht nochmal umlagert sondern gleich auf einen optimalen Platz lagert.

I: Ist eben auch ein Thema, dass ich herausgefunden habe, bei zu vielen Optimierungsschritten in manuellen Lägern, wo dann vielleicht auch spezialisiertes Personal vorhanden ist dass genau weiß wo etwas liegt kann das ein Problem sein.

B2: Ja oder einfach dadurch dass man dann keine Effizienzgewinne hat wenn man Ware einfach innerhalb des Lagers hin und her fährt. Und auf den anderen Teil der Frage, das dies automatisch erstellt wird. Für den Lagerleiter ist es wichtig, dass er es noch mehr oder weniger nachvollziehen kann was jetzt passiert. Also eine totale Automatisierung dass die KI die Kontrolle des Lagers hat, soweit sind wir noch nicht.

B1: Das sehe ich genauso. Wenn das Verständnis über die erzeugten Aktivitäten da ist und die Qualität immer passt und man dann keine Übersicht mehr hat, was da eigentlich passiert, dann wird die Akzeptanz sicher nicht steigen, vor allem dann wenn etwas passiert was so nicht gewünscht ist. Die Transparenz muss schon immer gegeben sein was da läuft.

#25:07

I: Das ist eh eine gute Überleitung. Gibt es da spezielle Anforderungen an die Transparenz. Was glauben Sie was ein KI-System bieten muss, dass es transparent genug ist?

B1: Ich denk, dass man immer nachvollziehen kann über gewisse Logfiles wer und was etwas erzeugt hat. Wir haben diese Daten auch heute in Historien. Also wann von bestimmten Usern bestimmte Aktionen, etwa Scans etc. gesetzt wurden. Und genauso müsste das dann auch sein, dass man die Aktionen, die dadurch erzeugt wurden, dann nachvollziehen kann und dadurch dann auch Einsicht dazu nehmen und dass dann möglicherweise auch zu korrigieren.

B2: Genau, das sehe ich genauso. Zusätzlich hätte ich jetzt noch gesagt, dass man wenn man mit dem System startet, Kunden eher bevorzugen würden wenn das System zunächst mal assistiert. Also zunächst nur Hinweise gibt und der Lagerleiter das System selbst steuert. Kann ich mir vorstellen, dass dem Lagerleiter zunächst mal Vorschläge gibt und dann nachvollzieht, wie der Lagerleiter auf diese Vorschläge reagiert. Bestätigt er die oder lehnt er die ab? Irgendwann stellt der Lagerleiter dann vielleicht fest dass nur noch

gute Vorschläge kommen, die er genau so machen würde und dann würde er vielleicht einen fließenden Übergang dazu geben dass Kontrolle mehr abgeben wird.

#27:27

I: Wie bereits erwähnt ist KI ein hervorragendes Tool, um Muster zu erkennen. Mit derartigen Mustern wäre es denkbar, dass man Fehler in Daten erkennt und so dem Lagerleitstand mitteilt, dass Daten existieren, die so nicht in Ordnung ist. Welche Mechanismen gibt es aktuell im WMS, dass man Fehler erkennt? Oder ist das nur über die Inventur abgebildet?

B1: Technische Fehler in Schnittstellen werden sowieso erkannt über die Validierung.

I: Genau, aber natürlich können auch Abweichungen auftreten, die mit der Beschaffung des Artikels zu tun haben.

B1: Letztendlich kann das schon passieren, dass falsche Mengen gebucht werden. Für Artikel im Wareneingang gibt es in der Regel ja Bestellungen und da werden bestimmte Differenzen verteilt, etwa auf verschiedene Ladehilfsmittel. Hier ist es aber schwierig Prüfungen einzubauen weil es letztendlich ja am Benutzer liegt, der das dann bucht. Technische Hilfsmittel müssen eben auch die Bestellungen berücksichtigen, die für das Gegenbuchen der Mengen eben hergenommen werden. Sowas ist ganz klar. Letztendlich nimmt das System falsche Mengen halt so hin, wenn es sich dann zum Schluss wieder ausgeht, dann ist das so. Qualitätsprüfungen finden schon statt, zumindest den Hinweis dazu. Ist aber auch in Stammdaten oder Bestelldaten hinterlegt, ob diese Prüfung stattfinden soll.

B2: Ich wüsste da jetzt auch nicht konkret einen Anwendungsfall beziehungsweise welche Fehler da auftreten sollen. Wir haben natürlich in der Regel ja ein Aviso auf das wir gegenbuchen sollen. Man muss davon ausgehen, dass der Aviso korrekt ist. Das können wir ja nicht überprüfen. Und dann haben wir damit eine Grundlage, auf die wir dann die physischen Bestände gegenbuchen. Wenn wir hier total daneben liegen, dann wird das auffallen. Also entweder es gibt eine geringere Menge und wir können nicht mehr gegenbuchen oder es bleibt was übrig, weil man sich verzählt hat oder weniger geliefert wurde. Also ich weiß jetzt nicht genau welche Fehler im Wareneingang mithilfe von KI festgestellt werden können.

I: Also aus dem Forschungsstand heraus habe ich eben folgenden Anwendungsfall identifiziert: Dieser Mitarbeiter hat vor einigen Wochen einem Artikel Paletten erstellt und da einen Fehler gemacht. Das ist dann im Zuge der Inventur aufgefallen. Und dass man dann so etwas feststellt, zum Beispiel falsche Verpackungseinheit ausgewählt.

B2: Ja also, dass man generell Fehler aufdeckt, oder häufige Fehler erkennt. Aber nicht zwingend im Wareneingang. Also das man erkennt wie etwa Artikel, die beim Picken häufig verwechselt werden, erkennt. Das man sagt, es ist schon 10-mal aufgefallen, also beim Packen, dass ein Artikel falsch ist und man versucht zu erkennen, woran das liegt.

B1: Was ich noch am Wareneingang sehen würde, wäre, wenn ich häufig beim Kommissionieren feststelle, dass Waren von Lieferanten schlechte Qualität aufweisen, auch anhand von Retouren, dann könnte ich diese Artikel genauer betrachten. Das ist schon interessant, muss aber die ganze Kette betrachten. Hat natürlich nicht den Charakter, dass irgendjemand etwas im Lager falsch gemacht hat sondern den Effekt dass ich ganz nach hinten schaue wie sich der Artikel beim Kunden verhalten hat. Damit kann ich schon im Vorfeld versuchen, die Situation zu beheben, sodass es nicht zu ineffizienten Retouren kommt. Und da wäre Wareneingang schon die richtige Stelle. Also das man dort eine Mitteilung bekommt, jetzt wird eine Qualitätskontrolle benötigt weil wir eine bestimmte Anzahl an Retouren bezogen auf Artikel von diesem Lieferanten bekommen haben.

I: Könnte man auch damit kombinieren, dass bestimmte Konstellationen aufgetreten sind, wie etwa falsche Kommissioniermengen eines Artikels und deswegen kommen Bestellungen zurück.

B2: Genau, stimmt. Sehe ich genauso, dass man Artikel, die häufig zurückkommen dann im Wareneingang gleich häufiger prüft und so Fehler früh vermeidet.

#34:39

I: Danke für die gute Idee. Wie bereits erwähnt ist Slotting eine weitere Möglichkeit KI einzusetzen. Gibt es für Slotting im WMS irgendwelche bestimmten Funktionalitäten? Gibt es vom Kunden derartige Anforderungen?

B2: Was ist genau unter Slotting gemeint?

I: Innerhalb von Kommissionierlagern gibt es ja häufig den Fall, dass es für bestimmte Artikel Festplatzzuordnungen gibt. Macht man ja dafür, dass bestimmte Plätze für Artikel verwendet, oder das man einen Artikel einem bestimmten Lagertyp zuordnet. Etwa dem Automatiklager. Damit diese immer dort kommissioniert werden. Diese Zuordnungen sind eben fix und in kleinen Lagern oder bei Saisonalität müssen diese Zuweisungen verändert werden. Gibt es da im WMS Funktionalitäten, passiert das schon automatisiert?

B1: Automatisiert passiert hier meiner Meinung nach nix. Wir haben natürlich diese Bereichszuordnungen aber die werden mehr oder weniger manuell durchgeführt. Dass man Artikel für bestimmte Bereiche kennzeichnet. Ich denke automatische Optimierungen haben wir hier keine.

B2: Abgesehen von den Reservebereichen und Kommissionierbereichen, also dass ich für einen Artikel zwei Bereiche definiere, ein Hochregallager wo er in Reserve gehalten wird und ein Kommissionierbereich wo er für die Kommissionierung im Zugriff ist. Die

Zuordnung dieser Bereiche zu Artikeln erfolgt im Artikelstamm. Die Anforderung gibt es aber durchaus dass der Kunde sagt, dass wenn das WMS feststellt, dass dieser Artikel besonders häufig kommissioniert wird dann dieser Artikel auch besser in diesem anderen Lagerbereich gelagert werden sollte. Oder die Lagerplatzsuche künftig auf diesen anderen Lagerbereich gehen sollte. Was wir bisher nur haben ist natürlich die Berücksichtigung von ABC. Das ist dann aber innerhalb von diesem Lagerbereich, also innerhalb des Lagerbereichs kann dieser Artikel dann wandern, wenn sich sein ABC-Kriterium verändert. Wenn etwa ein Artikel ein A Artikel ist dass der dann weiter vorn gelagert wird.

#38:33

I: Bezieht sich eh schon auf die nächste Frage. Aber Festplatzzuweisungen gibt es in Ihrem WMS eher weniger?

B1: Kommt schon auch vor. Ist immer kundenspezifisch. Bei Automatiklagern gibt es sowas sowieso nicht. In manuellen Lagern gibt es das definitiv, etwa Lebensmittellager. Oder wo das Produktspektrum relativ gering ist. Aber in größeren Lagern ist das schon immer sehr schwierig, weil man diese ja auch sehr häufig pflegen muss. Insofern wäre eine derartige Unterstützung für solche Lagertypen sicher sinnvoll.

B2: Echte Fixplätze pro Artikel sind eher seltener. Häufig ist das in den bisherigen Systemen so implementiert und Kunden kommen mit dieser Anforderung. Hier wird aber dann das Verständnis geschaffen dass chaotische Lagerung kein Problem ist. Was aber auch sinnvoll sein kann sind Artikelgruppen, dass diese in gewissen Fixbereichen gelagert werden.

B1: Wollte ich auch gerade sagen. Gruppen sind sicher sinnvoll. Etwa auch wenn man zur Kommissionierung geht, die schweren Artikel in eine Gruppe, die also als ersters entnommen werden. Frische Produkte auch in eine Gruppe, etwa Molkerei Produkte. So etwas könnte man sicher auch automatisiert tun.

B2: Da kommt wieder dieses Zusammenlagerungsthema. Das man eben häufig gemeinsam kommissionierte Produkte nicht in verschiedenen Lagerbereichen lagert sondern das bei der Lagerplatzsuche mit berücksichtigt.

I: Also ist die Lagerplatzsuche eben auch der wirkliche Ursprung, wo man eben mit dieser Optimierung anfangen sollte.

B1: Gibt ja auch große Versanddienstleister, die ihre Lager so aufbauen, dass die Artikel, die nichts miteinander tun nebeneinander lagert, sodass es hier zu keinen Verwechslungen kommt. Das man etwa nicht alle Stifte in einer Regalzeile lagert. Sondern völlig fremde Artikel nebeneinander gelagert werden um Fehlerpotential zu minimieren.

I: Da könnte Machine-Learning beim Rückschluss auf diese Fehler unterstützen. Und dies kann dann innerhalb des Lagers oder beim Bau eines neuen Lagers berücksichtigt werden.

#42:36

I: Schon eine gute Überleitung zur ABC-Strategie. Das heißt Sie haben bereits Erfahrung mit dieser Strategie. Ändern sich ABC-Klassifizierungen häufig in bestimmten Lagertypen? Ist ja eine Zuweisung zu einem Produkt, ob das ein A/B oder C Produkt ist und gibt es da häufig Veränderungen? Gibt es da Mechanismen im WMS?

B2: Also die Häufigkeit kann ich nicht beurteilen. Hängt sicher von der Branche ab. Oder auch vom Produktspektrum also wie hier die Innovationsgeschwindigkeit ist. Aber was wir im WMS haben ist eine ABC-Analyse basierend auf der Pick-Analyse und können so auch automatisch neue Klassifizierungen zuweisen. Diese Neuzuweisung hat dann natürlich auch zur Konsequenz, dass sich die Freiplatzsuche anders verhält, der Artikel also wo anders gelagert wird. Was man wissen muss, ist die ABC-Bereich Auswahl passiert innerhalb eines Lagerbereichs.

B1: Ich denke, dass man hier mit der initialen Zuweisung sicher Fortschritte machen kann. Ich muss ja Artikel zuweisen, wenn ich etwa neue Lieferanten habe oder wenn ich ein Lager komplett neu befülle. Wenn ich Daten habe, dann macht es Sinn die Artikel basierend auf deren Ähnlichkeit zu klassifizieren. Aktuell werden diese Klassifizierungen erst im Nachgang optimiert aber es wäre sicher auch denkbar dass man von einer anderen Stelle Unterstützung bekommt, sodass die Effizienz im Lager nicht erst nach einiger Zeit sondern von Tag 1 an ermöglicht wird.

45:49

I: Dann danke dafür. Ist wahrscheinlich eh genau dafür eine gute Möglichkeit. Wir kommen eh schon zur letzten Frage. Fallen Ihnen basierend auf diesem Interview noch konkrete Anwendungsfälle ein die eindeutig ins Auge fallen, für die KI eine Lösungsvariante zur Verfügung stellen kann?

B2: Was mir noch einfällt, was diesen Effizienzgedanken reinkommt. KI kann darin unterstützen, wie ich etwa mit einem bestimmten Kommissionierauftrag umgehe beziehungsweise umgehen soll. Der ein bestimmtes Auslieferdatum hat, der eine bestimmte Struktur hat, der bestimmte Artikel beinhaltet. Mengen und so weiter. Wo vielleicht das System eine Empfehlung gibt, wie kommissioniert wird. Wie viele Leute arbeiten daran? Mach ich das seriell oder parallel. Also das man dem Lagerleiter hier eine Unterstützung gibt, wie mit dem Auftrag verfahren werden soll.

I: Ist hier auch denkbar, dass man die Situation am Warenausgang berücksichtigt?

B2: Genau, also je mehr man da berücksichtigen kann umso besser. Welche anderen Aufträge habe ich im Lager. Wie ausgelastet sind die Packplätze. Kann ich hier etwas parallelisieren. Je mehr man betrachten kann umso besser.

I: Ja, aber natürlich ist KI für genau derartige komplexe Problemstellungen geeignet.

B1: Qualitätssicherung ist sicher noch ein Thema. Vor allem wenn es um die Kommissionierung geht, ist die Sicherstellung der Qualität ein umfangreicher Einsatzbereich. Fehler aus der Vergangenheit erkennen und Aktionen daraus heraus vorschlagen. Wenn man erkennt, dass es in der Vergangenheit gewisse Fehler gab dass man die erkennt und dann verbessert, eben durch Einfügen von Prüfungsschritten, Versand natürlich das gleiche. Auch Verpackungsdaten basierend auf Historiendaten verbessern, Verpackungsvorschriften hier optimieren. Oder Maßnahmen setzten, wenn etwa viele Retouren kommen dann andere Vorgehensweisen vorschlagen. Warenausgang war ja bereits ein Thema, etwa Versandflächen optimieren. Hier gibt es viele Einsatzbereiche. Ist halt ein umfangreicher Prozess, bei dem einige Dinge berücksichtigt werden müssen.

I: Fasst gut zusammen was ich so erforscht habe. Gibt hier ja viele Anwendungsfälle, aber gleichzeitig sind diese ja auch nicht so einfach zu lösen.

B1: Absolut.

B2: Ich habe an noch etwas gedacht. Neben der Lagerplatzsuche könnte man etwa auch vorhersagen, in welchen Einheiten etwas kommissioniert wird sodass man es gleich in diesen Einheiten lagert. Somit spart man sich einen Extraschritt und schafft es so die Effizienz zu steigern. Man spart sich also diesen Kommissionierschritt. Aber andererseits ist das schon auch Lagerbereich abhängig.

B2: Was sicher auch noch ein Thema ist, ist wie Ressourcen genutzt werden.

I: Also Mitarbeitern?

B2: Ja genau, aber auch Staplerressourcen. Hier vielleicht auch eine Prognose wie viele Mitarbeiter als Leiharbeiter benötigt würden.
54:50

I: Gut, dann wären wir durch die Fragen. Sind also quer durchs Lager gegangen. Ich werde das Interview auswerten und basierend darauf Kundenbefragungen durchführen und auch das auswerten um so zu einem guten Ergebnis zu kommen. Wollen Sie dass ich Ihnen die Arbeit zuschicke?

B1: Sicher sinnvoll.

B2: Je mehr man da weiß in diesem Bereich umso besser.

I: Perfekt dann danke und ich stoppe ich die Aufnahme.

ANHANG B Transkript Interview 2

Datum: 12.07.2021 15:00

Ort: Online-Meeting

#00:00

I: Gut, dann noch einmal danke für die Zeit und das Einverständnis, dass Sie für das Interview Zeit haben. Wie bereits angekündigt beschäftigt sich das Interview mit den Anforderungen von Kunden an KI-Systeme im Speziellen bezogen auf den Lagerleitstand. Daher die Frage, welchen Kontakt Sie bereits mit KI gehabt haben?

B1: Wer zuerst?

B2: Ich hätte gesagt, Befragter 1 zuerst.

B1: Ok, dann fange ich an. Letztlich gibt es auf dem Markt so selbst lernende Staplerleitsysteme. Die auf Basis der gelernten Fahrzeiten sich selbst optimieren und darauf basiert dann auch zum einen die Transportreihenfolge steuern und dann darauf aufbauend auch die Lagerplatzsuche steuern, also bei der Einlagerplatzsuche, um einfach auf Basis, wie lange der Stapler wohin gebraucht hat und dadurch die gesamte Konfiguration im Lager verändert. Darüber hinaus überall wo es sich um Rückwärtsterminierungen sowie zu erreichende Zielzeiten handelt kann ich mich KI Strategien sehr gut vorstellen wo man lernt aus den Vergangenheitsdaten und daraus aufbauend Strategien aufbaut, das sind meine wesentlichen Punkte.

B2: Die Punkte, auf die ich am häufigsten treffe sind, sehr vergleichbar, einfach weil wir die gleichen Ausschreibungen auf dem Tisch bekommen und mit gleichen Kunden zu tun haben. Ganz wesentlicher Punkt, der tatsächlich immer häufiger aufkommt, ist der, dass man einen Termin hat, zu dem ein bestimmter Prozess abgeschlossen sein muss und herausrechnen muss, wann denn dieser Prozess gestartet werden muss. Daraus heraus basiert das ganze auf ständig neuem Input basiert, das ist natürlich in einem solchen System, wo ich Einlagerung, Auslagerung und verschiedene andere Themen habe natürlich ein fließender Prozess und daher schon vielfach die Anforderungen und Vorstellungen des Kunden dass man mit KI dann herausrechnen kann, wann ich denn das ganze starten muss, unter Umständen das ganze vielleicht sogar automatisieren kann und die Voraussetzung dafür ist natürlich das man aus der Vergangenheit lernt. Der zweite Punkt, der natürlich schon angesprochen wurde, ist wenn man ein Staplerleitsystem hat, das hat meiner Meinung nach nur dann einen Sinn, wenn ich Flurfahrzeuge habe. Da wo ich fest definierte Wege habe auf der Fördertechnik kann ich keine Wege verändern. Da geht es dann darum, dass ich Knotenpunkte abhängig von Randbedingungen zu erkennen, zu verzerren, vielleicht eine Route zu verzerren, also dass man die Route vielleicht nicht so optimal stattfinden, sondern dass man Bottlenecks zeigt, die sich im Lager befinden, also dass das System das autark tut. Das ist auch eine Erwartungshaltung, mit der wir da immer wieder konfrontiert werden. Und allgemein gesprochen ist dann die Frage dabei wie weit Strategien und Logiken fließend im Lager angepasst werden können anhand der Situation.

B3: Da habt ihr mir ja noch ein bisschen was übriggelassen. Das letzte Thema, dass ich hatte ist das Thema der Zusammenlagerungen. Also dass man Artikel, die besonders oft zusammen kommissioniert werden, zusammen gelagert werden und entsprechend einer gewissen KI-Logik eingelagert werden. Das kann man in einem WMS natürlich relativ stumpf über gewisse Kennzeichen machen aber dass da eine gewisse KI hängt, um sich von dieser Kennzeichen Logik zu trennen wäre sicher wünschenswert und ist auch sicherlich eine Sache, die in Zukunft umfangreicher gestaltet werden kann.

B1: Ja, das ist sehr gut, dass Sie das gebracht haben. Flexibilität ist das Stichwort hier.

#05:50

I: Sehr detailliert schon, guter Einstieg. Sehr viele Themen, die ich bereits in der Arbeit habe und auch einige Themen, auf die wir noch genauer eingehen werden. Soll ich ganz kurz einen Einblick in die Erkenntnisse meiner Arbeit geben?

B1: Ja bitte.

I: Wie Sie bereits wissen ist KI eben ein recht interdisziplinäres Fachgebiet das nicht nur ein Informatik Gebiet ist. Es bedarf auch die Biologie, um herauszufinden was denn ein intelligentes System ist und wie es arbeitet. Wichtig zu wissen ist eben, dass das System eben ohne genaue Spezifikation des Softwareentwicklers Entscheidungen trifft. Der Softwareentwickler ist in diesem Fall dafür zuständig, eine lernfähige Umgebung zu machen sowie das System zu parametrieren. Aus der Sicht der Lagerlogistik wird KI bereits erwähnt, dafür eingesetzt, Roboter zu steuern. Mittels Predictive-Maintenance zu erfragen, wann bestimmte Materialien benötigt werden oder aus der Sicht des ERP Kundennachfrage vorherzusagen. Aus der Literatur heraus ist recht deutlich, dass es wenig konkrete Anwendungsfälle im WMS gibt. Klar es gibt noch einige Ansätze aber noch recht wenig Konkretes und deshalb habe ich mich auf dieses Thema fokussiert. Es gibt grundsätzlich einige Anwendungsfälle jedoch habe ich mich auf drei konkrete Anwendungsfälle fokussiert, die wir im Interview genauer beleuchten, heißt aber nicht, dass andere Anwendungsfälle weniger relevant

sein könnten. Die Anwendungsfälle sind zum einen die Bestandsoptimierung, also die Zusammenlagerung von bestimmten Gütern oder dass ich den Bestand so optimiere, dass häufig kommissionierte Ware nah am Lagerausgang gelagert wird. Dann das Slotting, also die Festplatzzuweisung optimiert mit KI. Als besonderer Fall wäre dann noch die Fehlererkennung in diversen Warenprozessen wie etwa im Wareneingang aber genauso auch im Warenausgang, sodass man hier feststellen kann, ob eine Ware überprüft werden muss. Können gerne auf einzelne Themen noch eingehen.

#08:48

B2: Darf ich einen Input an der Stelle noch geben bei dem ich aktuell noch eine Schwachstelle bei KI sehe?

I: Gerne

B2: KI untersucht Dinge, kommt zu bestimmten Schlüssen und gibt entsprechenden Output. Da ich keine fest programmierten Algorithmen habe, sondern diverse Algorithmen, im Idealfall ein neuronales Netz oder was weiß ich noch dahinter, ist das oft nicht nachvollziehbar warum ein KI-System zu einem bestimmten Schluss kommt. Wenn wir uns andere Anwendungsfälle außerhalb der Lagerlogistik ansehen, zum Beispiel beim Rechtswesen der USA oder beim Human-Ressource Wesen, dann sind dort schon diverse Fälle aufgedeckt worden, bei denen KI aufgrund dessen, weil der Input nicht neutral war, zu entsprechenden Schlüssen kommt, die nur bedingt hilfreich waren. Um sowas aufdecken zu können oder auch herauszufinden, wie KI zu einem bestimmten Schluss kommt, da wäre es bestimmt nützlich, ein Protokoll zu haben, bei dem ersichtlich ist, wie es zu einem Ergebnis gekommen ist. Das sehe ich heute noch als Schwachstelle, da es so etwas noch nicht zu geben scheint.

I: Ist definitiv so und darum habe ich mir das Thema auch genauer angesehen und ein Kapitel darüber verfasst. Es gibt dazu auch eine Frage und ich denke wir können prinzipiell gleich damit starten. Das Thema ist, es kommt immer darauf an welche KI-Methodik man einsetzt. Da gibt es verschiedene Varianten wie etwa neuronale Netze, gelernte Entscheidungsbäume oder Clustering. Und da gibt es eben Fälle in denen Nachvollziehbarkeit einfach ist, Entscheidungsbäume kann ich aufzeichnen, Clustering kann ich abhängig von der Dimensionalität auch noch so einiges ableiten jedoch ist es beim neuronalen Netz dann schwierig etwas nachzuvollziehen. Aber es gibt Wege dies zu protokollieren. Aber nun zur Frage. Es gibt eben besondere Anforderungen an das Lagerverwaltungssystem im Bezug auf Nachvollziehbarkeit, es muss eben nachvollzogen werden, warum etwas passiert ist. Daher die die Frage an Sie wie Ihre Anforderungen an die Nachvollziehbarkeit eines KI-Systems sind?

B2: Da wäre eben genau das der Fall. Wenn eine KI beispielsweise Routen ändern will, dann wäre es auf der einen Seite notwendig, dass es diese Unterstützung gibt. Dann wäre es noch notwendig sowohl für den User als auch für andere darlegt, warum eine Entscheidung getroffen wurde. Hoch relevant ist, dass diese Protokollierung auch in einer bestimmten Tiefe erfolgt. Wenn ich noch weiterdenke, gibt es Kunden, bei denen es ohne Nachvollziehbarkeit kein System geben darf und kann. Dies bezieht sich sowohl auf Prozesse im Lager und auch was mit der Ware passiert.

I: Sind das dann lediglich Logfiles oder gibt es dann auf User Seite entsprechende Anforderungen, etwa grafisch aufgezeichnet.

B2: Situationsabhängig. Also die Logfile Einträge auf alle Fälle und das hängt dann natürlich ab.

B3: Eigentlich müsste das wie ein Bestandsjournal sein. Dass man das nachvollziehen kann, filtern kann und so weiter. Oder dass das dann noch geprüft wird von einer Person, wie beispielsweise bei der Reorganisation wo nur ein Umlagervorschlag erzeugt wird und der Mitarbeiter diesen dann aktiviert. In einer derartigen Form kann ich mir das schon eher vorstellen, also das der Mitarbeiter auch immer dann den Überblick hat und die Kontrolle nicht zu hundert Prozent aus der Hand gibt. Das Thema Transparenz ist ja immer auch etwas mit dem wir werben, wenn wir ein WMS verkaufen wollen. Und im Augenblick, wo wir dann KI im Einsatz haben, gibt man ja gewisse Transparenz ab und sollte die aber nicht abgeben.

B2: Geht ja Akzeptanz dabei. Also das Akzeptieren eines Ergebnisses fällt natürlich leichter, wenn ich nachvollziehen kann, warum ein bestimmter Schluss zustande gekommen ist. Das ist der eine Part und der zweite Part ist natürlich die Unterschiedlichkeit der Systeme. Wir haben hier natürlich Systeme, bei denen wir hochgradig automatisch Prozesse steuern und wir haben andere Systeme, wo der Lagerleiter oder Schichtführer immer steuern eingreifen können möchte und soll. Dazwischen gibt es eine entsprechende Bandbreite. Von daher wird kein Weg daran vorbeiführen, dass man den Grad an Automatisierung, die man eben möchte, parametrisieren kann.

B1: Ja ich glaube das ist auch gar nicht so einfach, wenn man sich überlegt, wie jetzt so eine KI zu einer Entscheidung kommt läuft diese ja unterschiedliche Entscheidungsbäume ab und man müsste jetzt genau diesen Entscheidungsbaum in irgendeiner Form ablegen. Weil ja nicht nur der allerletzte Vergleich beziehungsweise die letzte Frage zu der Entscheidung geführt haben, sondern die Vielzahl an Fragen vermutlich. Das müsste man dann eigentlich irgendwie protokollieren.

#15:40

I: Ist eh ganz ähnlich, wie es in der Hypothese aufgestellt wurde. Ist sicher so, dass man das entsprechend protokollieren muss. Hängt natürlich vom Modell ab. Danke für diese erste Runde. Ein recht relevanter Anwendungsfall ist ja die Optimierung des Bestandes. Dieser Anwendungsfall ist ein recht komplexes Unterfangen. Es fängt mit der Optimierung der Freiplatzsuche an. Ein Teil davon ist

die Berechnung der erwartbaren Nachfrage, also wieviel Bestand werde ich für einen bestimmten Artikel zu einem bestimmten Zeitpunkt brauche. Daher die Frage, glauben Sie, dass das WMS die hierfür notwendigen Daten hat?

B2: Begrenzt. Also es kommt auch hier wieder darauf an, wie das Zusammenspiel zwischen ERP und WMS ist. Wenn ich die Hoheit über den kompletten Datenfluss im WMS habe, habe ich auch die Hoheit darüber, wie der Materialdurchsatz ist. Auf der anderen Seite, wenn ich nicht nur die aktuellen Materialanforderungen bekomme, sondern auch die zukünftigen Materialanforderungen bekomme, das hängt immer von den Systemgrenzen ab, dann habe ich natürlich auch eine Chance vorausschauend Berechnungen machen kann. Es gibt aber eine Information, die das WMS ganz selten hat, ich müsst weit zurückdenken, dass ich diesen Fall mal hatte, und das ist die Wiederbeschaffungszeit. Und von daher tut sich das WMS an dieser Stelle natürlich sehr schwer zu sagen was der Mindestbestand im Lager ist, dass ich einen Artikel freigeben kann und dementsprechend auch einen entsprechenden Wiederbeschaffungsantrag habe damit ich die nächste Anforderung auch wieder zufrieden stellen kann. Also das wird denk ich mal nur auf der WMS Ebene sehr schwer zu lösen sein. Wenn es aber um Nachschübe innerhalb eines Lagers zwischen verschiedenen Lagerbereichen geht, dann kann ich mir das sehr gut vorstellen. Bei anderen Themen, etwa der Lagerplatzoptimierung, da sehe ich es auch wieder recht kritisch, weil die Artikelstammdaten nicht hinreichend sind. Das betrifft zum Beispiel wie hoch, wie breit, wie tief ist ein Artikel, wie schwer ist der Artikel damit ich ihn zuordnen kann. Wenn er kubisch ist, mag das noch ausreichen aber wir haben ja teilweise andere geometrische Formen mit denen dann Tetris gespielt werden muss, bis hin zu amorphen Formen. Das ist genau der Punkt, bei dem sich klassische Wegberechnungsformeln schwertun. Solang ich etwas rein kubisch berechnen kann, kommen wir mit klassischen Formeln sehr weit. Sobald ich Tetris spielen muss oder gar amorphe Formen kombinieren will, will ich etwa innerhalb eines Tablaus unterschiedliche Formen miteinander kombinieren oder für das Wissen ob denn noch ein bestimmter Platz frei ist, da wird es dann mit klassischen Berechnungen sehr schwierig. Da wäre es spannend zu erfahren, ob da KI helfen kann.

I: Das wäre dann also im operativen Betrieb, wenn man ein Ladehilfsmittel zusammenstellt, dass man dann Vorschläge macht.

B2: Genau, aber da geht es dann auch um Drehrichtung, es ist natürlich nicht jede Drehrichtung richtig, weil ich natürlich schauen muss, wo ist der Schwerpunkt, wann kippt der Artikel um. Es kann auch sein, dass eine bestimmte Fläche nicht nach unten zeigen darf. Und zusätzlich muss ich natürlich die komplette Form des ganzen berücksichtigen. Das ist hoch spannend, wenn man das versucht zu optimieren. Hatten wir in der Vergangenheit schon häufig, wenn man etwa versucht, Packschema für Roboterkommissionierung bearbeiten soll und da tun sich die klassischen Wege sehr schwer.

B3: Oder auch Laderaumberechnung bei LKW. Ist natürlich immer schwierig. Gerade wenn man ein hohes Artikelspektrum hat. Das ist ja auch das Problem, wenn man, wie gerade gesagt, wie das WMS lernen soll, wenn man dem WMS nicht mitteilt, wie ein Artikel auf einer Palette liegt. Wenn man jetzt jedes Mal sagen müsste, wie der Artikel eingelagert wurde könnte man dann daraus heraus Schlüsse ziehen.

B1: Ja, aber das wären dann tatsächlich Daten, die erhoben werden müssten, damit man auch eine derartige Optimierung laufen lassen könnte. Genau so was, wo man aber schon die Daten hätte ist beispielsweise wenn man die Auftragsliste mit seiner Struktur anschaut und daraus die Ressourcen berechnet, also die Ressourcenplanung für den nächsten Tag oder die nächsten Tage beziehungsweise eben auch Auftragslisten prohezieieren auf die Vergangenheit. Am Montag habe ich etwa so viele Aufträge, so viele Klein oder Großaufträge, vielleicht laufen die dann auch über andere Kommissionierplätze weil sie unterschiedliche kommissioniert werden und daraus heraus ergeben sich dann die Zeitaufwände, die ich eben benötige.

#22:48

B2: Das sehe ich doch tatsächlich bei zweien noch einen Schritt gesteigert weil der Anwender weniger Mitarbeiter hat als Arbeitsplätze und die Last sich aber über den Tag verschiebt und da ist tatsächlich die Anforderung, mit der ich mich jetzt im Q3 oder Q4 wieder auseinander setzen darf, dass man eine Logik zum Tauschen zwischen den Arbeitsplätzen implementiert, also sogenannte Springer einsetzt.

#23:17

I: Spielt eh auch auf einen Anwendungsfall, dass man eben sagt, dass man die Ressourcen im Lager mittels KI optimiert. Eben herausfindet, wieviel Personal benötige ich im Lager, wieviel Leiharbeiter werde ich benötigen. Noch einmal zur Wiederholung, der Scope der Masterarbeit war ja die Tätigkeit des Lagerleitstandes und weniger der operative Betrieb, weshalb ich die Optimierung der Palette nicht als Anwendungsfall identifiziert habe. Glauben Sie, dass man dem Lagerleitstand eher Hinweise geben muss oder dass das KI-System selbstständig Entscheidungen treffen kann?

B3: Oder das ganze stufenweise machen. Ein Lagerleitstand muss ja Vertrauen in das System bekommen. Am Anfang macht dann das WMS gewisse Berechnungen und der Lagerleitstand bestätigt dies und sagt final welche Mitarbeiter eingesetzt werden sollen und dann irgendwann passiert das ganze automatisch, sowas kann ich mir eher vorstellen. Von Anfang an ist das schwierig. Gerade auch weil wir viele Kunden haben, die noch kein WMS eingesetzt hatten, für die würde das sicher zu weit gehen. Die haben ja sowieso

die Sorge das Zepter aus der Hand zu geben. Aber Leute die jetzt aber vorher schon mit einem WMS gearbeitet haben oder im Zuge einer Erweiterung die Funktionalität bekommen die würden schon eher Vertrauen in das System haben.

B2: Ich komm eigentlich eh wieder zurück auf die Parametrierung. Das passt einmal zu dem von Befragten 2 und zum anderen ist es ja auch von Anlage zu Anlage unterschiedlich. Es gibt ja Anlagen, bei denen viele Dinge einfließen, aufgrund derer man nach wie vor das letzte Wort einer Person überlassen möchte, wie etwa einem Schichtführer oder Lagerleiter, und es gibt Anlagen, in denen man mit einem recht hohen Automationsgrad arbeitet. Nach der Hochfahrphase läuft die Kiste dann. Von daher ist der einzige Weg, dass man das so einstellen kann, dass etwas parametrierbar ist.

I: Das nimmt dem Lagerleitstand auch einiges an Arbeit ab.

B2: Ja, er muss es erkennen und das Vertrauen darin gewinnen. Umso mehr Vertrauen er hat umso mehr Spielraum wird er der KI überlassen.

B3: Ist ein bisschen wie beim autonomen Fahren. Es geht weniger darum ob etwas geht oder nicht sondern mehr darum ob der Mensch dem System bei fragwürdigen Entscheidungen glaubt oder nicht.

#26:55

I: Also grundsätzlich zum Thema Vertrauen, da muss erst mal etwas rauskommen was richtig ist das man dem System vertraut. Und da ist natürlich schon das Problem, wenn man ein neues Lager hochfährt, hat man die Daten zur Modellbildung ja noch nicht. Gerade bei Saisonalität wäre es jedoch von Nachteil, wenn ich erst einmal einige Jahre Daten sammeln muss, bevor das System vernünftige Vorschläge macht. Darum wäre eine Möglichkeit, Branchenspezifische anonymisierte Daten für den Lernvorgang nimmt. Welche Bedenken haben Sie da diesbezüglich und welche Gemeinsamkeiten gibt es überhaupt zwischen unterschiedlichen Lagern?

B2: Gemeinsamkeiten gibt es, das ist Fakt, auch wenn keine zwei Läger wirklich komplett gleich sind. Aber Gemeinsamkeiten zwischen Kunden aus verschiedenen Branchen beziehungsweise Anwendern verschiedener Branchen gibt es sogar branchenübergreifend, also völlig unterschiedliche Produkte hat aber gleiche Artikelprobleme auftauchen. Um so einen Grundstock sich zu schaffen, müsste man sehr wahrscheinlich eine zentrale Datenbank mit Material, aus dem gelernt werden kann aus verschiedensten Lagern zusammengefasst. Und da sehe ich eine Herausforderung mal rein Datenrechtlich und zum zweiten auch bezüglich der Interessen der Anwender denn wenn zwei Anwender, die auf diese gleiche Datenquelle zugreifen Konkurrenten zueinander sind haben die unter Umständen gar kein Interesse ihre Daten in dieses Lernmedium hinzugeben aus denen der Wettbewerber ja auch lernt. Da denke ich mal, dass es nicht ganz einfach sein dürfte diesen Grundstock an Daten zu bilden aus denen die KI dann lernen kann.

I: Heißt dann halt, dass ein Kunde von null weg starten muss. Glauben Sie dass man das entsprechend begründen kann wenn man zwei Optionen bietet, also entweder man startet bei 0 oder man beginnt mit etwas Optimierung?

B2: Ja gut, da ist dann natürlich gefordert was wir täglich an Arbeit leisten. Das Know-How geht ja immer in die Projektierung hinein. Das heißt es gibt eine Basisparametrierung, die ja nicht mit 0 Optimierung startet. Sondern man überlegt sich wie sieht das Lager aus, welche Techniken führen zum optimalen Kompromiss aus teilweise gegensätzlichen Anforderungen, um das Lager sinnvoll zu steuern. Ich fange also nicht bei 0 an. Die Grundparametrierung ist also der Startpunkt für den Lernvorgang. Die Gespräche, die ich hierzu in der Vergangenheit führen durfte, weiß nicht, ob das von den Kollegen bestätigt würde, zeigen, dass Kunden durchaus das Verständnis dazu zeigen, dass ein derartiges System erst wirklich optimiert agiert, wenn es Historiendaten hat und umso mehr Historiendaten man hat umso besser. Es kommt natürlich schon auch immer auf den Gesprächspartner, an den man hat. Der eine hat sich damit schon befasst, beim anderen ist mehr Basisinformation notwendig.

B3: Ich glaub, das klassische Beispiel ist ABC-Analyse. Ich glaub, wenn man ein System in Echtbetrieb übergibt, hat man eine Basis. Das ein bestimmter Artikel ein A Artikel ist und basierend auf Bewegungsdaten ist der Artikel anderwärtig klassifiziert. Gerade im Thema KI betrifft hier folgendes: Wir haben ja häufig Saisongeschäft. Also das ich einige Jahr brauche, bis ich saisonale Schwankungen kenne und gelernt habe. Ich glaube da hilft KI noch sehr viel. Es ist hierfür halt elementar wichtig, die Bewegungsdaten des Lagers kennt, nicht die eines anderen Kunden. Man muss hier eigentlich die Bewegungsdaten des Lagers nehmen, alle anderen machen hier eigentlich keinen Sinn. Aber das heißt ja nicht das man bei 0 startet. Mit einem Rahmen, den man vorgibt kann man starten.

B2: Gut bei diesem saisonalen Verhalten, das kann einmal saisonal übers Jahr sein, kann aber auch über den Tag sein. Und da wieder die Querverbindung zum Lager zum einen zum Thema Ressourcen aber zum anderen auch zum Thema Engpässe vermeiden. Wenn ich geschickt oder ungeschickt lagere habe ich einen theoretisch kurzen Weg zur Auslagerung. Wenn ich aber zu viele ähnliche Artikel lagere erzeuge ich damit einen Engpass, wo ich mit der Routenführung nicht mehr zurechtkomme und damit zum Beispiel fünf Stapler an derselben Tür stehe. Also da gibt es Querverbindungen zur optimalen Ressourcenauslastung und auf der anderen Seite wie ich optimal lagere und die ich saisonal entsprechend anpassen möchte und dann noch die Routenführung. Und das ist dann

genau der Aspekt, der für eine klassische Logik schwer erfassen ist und wo ein bisschen die Hoffnung drinsteckt, dass etwas was, umgeschrieben, die umfassendere Denkweise hat, solche Dinge vielleicht erfassen kann.

#33:58

I: Interessanter Punkt. Vom Kollegen war ja die ABC-Strategie schon erwähnt. Ist ja eine einfache Art und Weise wie man Bestand optimieren kann. Darum habe ich mir auch diese Strategie etwas näher angesehen und dabei eben festgestellt, dass man KI hier einsetzen. Welche Hilfsmittel stellt das WMS hier zur Verfügung?

B2: Die klassische ABC-Einteilung kann jedes WMS. Die Form der Analyse mit den Vergangenheitsdaten können die auch gut. Da wo sie sich aber schwertun, ist der Blick in der Zukunft. Wie bereits von Befragten 3 erwähnt haben wir ja diese saisonale Schwankung, ich errechne einen Artikel, müsste aufgrund einer Häufigkeit ein A-Artikel sein und schlage das dem Lagerleiter vor. Da sind wir aber auch genau wieder bei dem Aspekt das ein Mensch hier doch noch einmal drüber schauen muss. Die Logik würde sagen, dass das ein A-Artikel ist. Der Lagerleiter weiß aber, das ist Aktionsware, die lagere ich am Freitag nicht mehr um, weil er ja etwas weiß, was die KI noch nicht weiß. Und da ist sicher das Thema, ob man solche Informationen einfließen lassen kann. Und bei generellen Schwankungen ein Lernen, also bei saisonalen Schwankungen das eben festzustellen. Diese Schwankungen können kurzfristig aber auch sehr langfristig über Jahre entstehen.

#36:20

I: Glauben Sie, dass das Hostsystem solche Daten einem Lagerverwaltungssystem zur Verfügung stellen würde?

B2: Muss es nicht. Also einige Daten kennen wir ja ohnehin. Zum Beispiel, wir wissen die Vergangenheitsdaten auf jeden Fall und wir kennen die Anforderungsdaten in Richtung Warenausgang. Derartige Daten werden auf jeden Fall über die Schnittstelle ausgetauscht. Für die Vorhersage in die Zukunft wäre es dann interessant anzuschauen wie weit schaue ich in die Zukunft. Jetzt gibt es aber eine Information, die heute noch nicht ausgetauscht wird. Das ist nämlich die Information darüber, inwieweit es eine Saisonabhängigkeit gibt. Wüsste ich nicht wie häufig so etwas überhaupt am Artikelstamm gepflegt wird oder ob es ein derartiges Feld überhaupt gibt. Auch bei den Hostsystemen, also das die das möglicherweise selbst nicht haben. Und das andere ist die Information, das man ein Flag setzt, oder ein Zeitpunkt setzt, von Datum X bis Datum Y ist ein Artikel Saisonware. Das sind auch Informationen, die heute typischerweise nicht gepflegt werden und bei denen man sich sicher Gedanken machen müsste, wie das in Zukunft gepflegt wird. Hier ist aber zuerst das Hostsystem dafür zuständig diese Daten erst einmal zur Verfügung zu stellen denn was das Hostsystem nicht hat, kann das WMS auch nicht haben.

#38:01

I: Das ist eben auch wie in der Einleitung bereits erwähnt das Thema, dass das ERP häufig Prognosen bereits macht aber es da dann doch noch Daten gibt, die man nicht hat.

B1: Ja das ist natürlich schon so. Am Anfang muss man halt so eine grobe Aussage erst mal einspielen können, wann ein Artikel Saison hat. Und zusätzlich zu dieser ABC-Kennzeichnung, grundsätzlich können WMS das zwar, aber das ist immer nach einem relativ starren Muster. Was da wirklich für die KI spannend wäre ist die ABC Struktur in Verbindung mit der eingesetzten Kommissionierstrategie und den Wegen macht weil man ja eine ABC Strategie verwendet um Zugriffszeiten zu reduzieren und da ist es natürlich ganz entscheidend ob ich im AKL unterwegs bin, bin ich in einer Fach-Boden Lagerstruktur wo ich verschiedene Routen ablaufen muss und hier hilft bisher neben der ABC-Kennzeichnung von Artikeln dann gerade auch die Verbundintensität auch eine Rolle. Ist ja gerade in den manuellen Systemen, also Mensch zu Ware, relevant, dass ich diese Verbundintensität miteinbeziehe.

#39:57

I: Da gibt es ja grundsätzlich auch traditionelle Algorithmen, die das teilweise bereits umsetzen, aber das ist sicher ein Thema, das man sich nochmal genauer ansehen kann.

B1: Ja vor allem, weil ich glaube, dass es da keine optimale Lösung gibt. Ist ja sicher eher ein Näherungsproblem und gerade für das Lösen von solchen Näherungsproblemen ist die KI sicherlich auch ein geeignetes Mittel, um zur gewünschten Lösung zu kommen.

B2: Also gerade die Verbundintensität denk ich mal ist etwas was bei den klassischen Wegen nicht die entsprechende Berücksichtigung findet. Betrachten wir zum Beispiel ein Lager in dem Schrauben sind. Wir haben Schrauben, wir haben Muttern, wir haben Unterlegscheiben. Wir haben jetzt eine bestimmte Schraube, die besonders oft bestellt wird. Eine andere Schraube hat eine andere Zusammensetzung und ist aktuell ein C-Artikel. Jetzt gibt es zwischen den beiden ein Wechsel. Die Unterlegscheibe brauche ich aber für beide, die bleibt ein A-Artikel. Und die Zusammenhänge sind dann häufig nicht betrachtet von den klassischen Algorithmen weil die eben die Artikel einzeln betrachten und dazu gehört dann eben auch wie lagere ich die Ware möglichst nah beieinander ohne dass es zu Kollisionen auf den Routen kommt.

#41:56

I: Gut, dann danke für den Gedanken. Dann weiter zum Slotting beziehungsweise der Festplatzzuweisung. Es existieren ja Lagertypen, die eine Festplatzzuweisung erfordern. Dann gibt es die Anforderung, dass Festplätze getauscht werden. Wie ist dieses Slotting im WMS aktuell abgebildet?

B2: Ist tatsächlich eine häufige Anwendung. Es gibt diverse Stoffe, die nicht miteinander gelagert werden. Im Extremfall bei Gefahrenstoffen, da gehe ich nicht konkret rein. Nur da sieht es so aus, dass man fixe Zuordnungen zwischen Materialgruppen und Lagerbereichen gibt. Die werden zwingend beachtet, weil es gewisse Richtlinien gibt. Bei Lebensmittellagern dürfen etwa Milch und Fleisch nicht miteinander gelagert werden, die müssen in räumlich getrennten Bereichen gelagert werden. Das wird hart hinterlegt und darf auch nicht von einer Logik übersprungen werden. Von daher, diese Dinge gibt es bereits. Harte Kriterien sind einfach umzusetzen von einer klassischen Logik. Da wo ich hingegen wechselnde Verhältnisse habe, da wird es wiederum sehr spannend und da wäre glaube ich die größte Herausforderung im Gefahrstofflager, in dem es eine Gefahrstoffmatrix gibt, mit Zusammenlagerungsverboten. Weil jede Stoffmenge eines Gefahrstoffes, der eingelagert wird, verändert die möglichen Zusammenlagerungen und sorgt damit dafür dass ich einen bestimmten Lagerplatz, der zwar räumlich passen würde unter Umständen doch nicht nehmen darf weil in einem bestimmten Abstand ein anderer Stoff liegt und ich diese Menge nicht überstimmen darf, da wird es dann wirklich herausfordernd.

#44:45

I: Ein recht hoch-dimensionales Problem haben wir dann. Denken Sie dass eine Unterstützung des Slottings auf Basis von Nachfrageanalysen vom Lagerleitstand akzeptiert würde? Natürlich mit Betrachtung der genannten harten Kriterien.

B2: Ich wüsste nicht, warum sie nicht akzeptiert werden sollten.

I: Man müsste das ja entsprechend umlagern. Das würde dann Overhead für das Lager produzieren, vor allem in manuellen Lägern.

B2: Da sind wir eh wieder bei der Querverbindung, die ich schon erwähnte. Also auf der einen Seite der Lagerplatzoptimierung, auf der anderen Seite der Routen und dann noch der Ressourcen, die ich im Lager zur Verfügung habe. Denn es bringt mir nichts, wenn ich einen Artikel von A nach B lagere, um ihn für Operation C zu haben, wenn ich mit dieser Aktion Ressourcen überlaste, die ich für eine andere Operation benötigen würde. Dann muss ich mir wirklich überlegen, ob ich überhaupt einen Vorteil erziele.

#46:50

B2: Ganz kurze Frage, alle noch Ton?

B3: Ja passt.

B1: Ja passt.

I: Gibt es noch andere Kommentare von den anderen zu diesem Thema?

B3: Ne, war hervorragend ausgeführt vom Kollegen.

#47:22

I: Gut, dann kommen wir zum dritten Anwendungsfall, also zur Fehlererkennung. KI eignet sich ja hervorragend dazu, Muster zu erkennen. Und mit diesen Mustern ist es denkbar, dass Fehler erkannt werden. Diese Fehler können entweder im Wareneingang oder bei der Kommissionierung auftreten. Dies wäre dann etwa die Erkenntnis, dass ein Mitarbeiter schon einmal einen ähnlichen Fehler machte und auf Basis dieser Information erzeugt das System eine Inventur oder eine Empfehlung zur Inventur. Gibt es derartige Mechanismen im WMS bereits?

B3: Die Informationsbasis gibt es. Etwa über das Bestandsjournal, in dem man herausfindet, wo eine gewisse Kommissionierung aufgetreten ist und mit dem man dann eine Inventur einleiten könnte. Der Vorteil von KI wäre hier, dass man so etwas proaktiv erkennen kann. Wenn Artikel etwa ständig falsch kommissioniert werden, wenn ein anderer Artikel ebenso benötigt wird, kann das daran liegen, dass ähnliche Artikel gemeinsam gelagert werden. Etwa ein Fachboden, wo Artikel nebeneinander liegen. Das ist dann etwas was mithilfe von Vorschlägen mit KI unterstützt werden könnte. Das ist dann auch etwas, wo KI recht eigenständig Einlagerstrategien anpassen könnte ohne, dass es jemanden stört.

B2: Das Beispiel kann ich mir auch sehr gut vorstellen. Also nicht nur auf Personen fokussiert, weil da könnte man auch ein rechtliches Problem bekommen, sondern diese Mustererkennung nutzt, um festzustellen, in welcher Konstellation Fehler häufig auftreten und wie man derartige Konstellationen vermeidet, um so Fehler zu reduzieren. Von daher, den Ansatz könnte ich mir gut vorstellen.

#50:25

I: Welche Daten würde man für so eine Fehlererkennung benötigen? Reicht das was das WMS hat oder würde man etwa auch Bilddaten benötigen, um diese Fehler aufzudecken?

B2: Ich glaub man muss offen sein für die Zukunft. Also nicht nur an das Denken was man heute hat, sondern einfach auch mal ich nutze diverse Möglichkeiten der Sensorik zum Beispiel in einem Forschungslager und überprüfe welche Eigenschaften, auf die ich gar nicht käme, würde eine KI aufdecken, wenn es an das Optimieren geht. Vielleicht wäre das ein Ansatz, um zu neuen Erkenntnissen zu kommen. Wir wollen ja weg von diesem starren Ansatz und wir wollen weg von diesen fixen Zuweisungen. Und vielleicht kämen

wir mit solchen Erkenntnissen weiter. Vielleicht können wir das auch so machen, dass wir eben nicht personenrechtliche Daten verwenden. Also auf Basis von Bilderkennung, Tonerkennung und diverser anderer Sensorik zu Erkenntnissen zu kommen, wie ich an bestimmten Stellen noch optimieren kann.

B1: Ja ich glaub ein typisches Beispiel hierfür ist, wenn man einen Behälter beispielsweise hat, mit einer Kamera auf den Behälter schaut und dann die KI nachprüft, ob die Buchung denn mit dem gerade Vollzogenen übereinstimmt. Das ist sicherlich ein ganz klassischer Bilderkennungsbedarf, um solche Fehler aufzudecken. Da fange ich schon im Wareneingang an um vorausschauend Fehler zu vermeiden.

B2: Also das die KI sieht, wo die Hand hin fasst und ob das wirklich der Sektor ist, wo entnommen werden soll und ob das dort hineingetan wurde, wo es auch wirklich hingehört?

B1: Ja genau.

B2: Okay.

I: Sehr spannend. Beispielsweise könnte man dann erkennen, ob etwas nicht korrekt nicht ausgepackt wurde und dadurch zu viel Stück kommissioniert werden. Bilderkennung ist ja schon recht gut umsetzbar.

B2: Bei dieser Geschichte mit einem Tablar kann ich mir das sehr gut vorstellen. Die Kamera sieht ja nur die Ware und die eingreifende Hand und sieht daher nicht das Gesicht der Person. Von daher ist das sicher umsetzbar. Es gab in der Vergangenheit auch schon viele Versuche das zu lösen, etwa mit Lichtschranken oder RFID Handringen, die hatten aber alle sehr hohen sensorischen Aufwand produziert und waren trotzdem nicht so genau, wie man sich das wünschen würde. Wir wissen alle, ein Mensch sieht Dinge, die ein Rechner nur sehr schwierig schaffen würde. Das Nachbauen dieser Erfassungsmöglichkeit sicher sehr sinnvoll.

B1: Genau, und da kann man zwei Sachen daraus bauen. Nämlich einmal nur den Prozess absichern, also nur mit der KI warnt, wenn etwas falsch gebucht wurde. Und man könnte dann sogar noch weiter gehen und man sich einige Benutzerangaben spart. Also das man mittels Bildervergleich, vorher nachher, feststellt, wo ein bestimmter Bestand hin gebucht worden ist. Der Mitarbeiter gibt dem System also nur mehr Bescheid, dass ein Artikel in einer Menge kommissioniert wurde. Man benötigt dann eigentlich gar keine Sektor Zuordnung mehr, weil man erkennt, ja schon über den Vergleich wo etwas hin gebucht wurde und muss nur noch nachfragen ob das denn so stimmt.

I: Was auch Effizienzsteigerung während der Kommissionierung ermöglichen würde.

B1: Ja genau! Das man nicht mehr so viel Information eingeben muss, weil KI sich diese selbst beschafft.

B2: Genau dafür lassen sich unzählige Anwendungsfälle identifizieren, die heute nicht unbedingt immer trivial gelöst werden können. Das wäre einmal das eben genannte Beispiel. Wenn wir das ganze aber weiter denken wäre das auch möglich beim Absortieren von Ware im Lager, wie lege ich die nieder, wie greife ich diese und lege ich diese an die richtige Stelle im Lager. Und auf der anderen Seite beim Weg raus aus dem Lager. Zum Beispiel auch beim Multi-Order Processing. Da lässt sich glaube ich eine ganze Menge optimieren, wenn ich mir mit der Bilderkennung einzelne Schritte sparen kann und ich den Benutzer entsprechend führen kann.

58:07

I: Gibt es da von Kunden konkrete Anforderungen an Überprüfprozesse? Also das etwa parametrisiert werden kann wie oft etwas überprüft werden muss. Wäre es denkbar, dass derartige Anforderungen dynamisch erfasst werden?

B3: Ich kenne den Fall eigentlich nur dass es die Vorgabe gibt, dass ein Foto gemacht wird von dem was rausgeschickt wird oder halt nicht. Einen individuellen Fall der auf bestimmte Versendungen abzielt habe ich jetzt so noch nicht gehabt.

B2: Gleiche Anforderung. Sowohl beim Wareneingang als auch beim Warenausgang haben wir die Anforderung gehabt, dass wir erfassen müssen, wie und in welchen Zustand die Ware angekommen ist damit da eine Nachvollziehbarkeit herrscht. Aber eine Individualisierung hatte ich da bis jetzt noch nicht. Was ich aber ergänzend schon hatte war die Verfolgbarkeit von Multi-Order Picking sowie das ich die Zusammensetzung der Artikel verfolgbar brauchte.

59:50

I: Vielleicht noch zuletzt, Prüfprozesse können auch dazu verwendet werden, dass man darauf schließt, dass Ware von einem bestimmten Lieferanten häufig fehlerhaft ist und deswegen genauer überprüft werden muss. Glauben Sie dass ein derartiger Prozess im Lager Anwendung finden würde?

B3: Nützlich schon aber nur im Zusammenspiel mit dem ERP. Ist ja eher nur im Zusammenspiel mit dem ERP. Das WMS weiß nicht von welcher Kundenbestellung eine Retoure erzeugt wurde.

B2: Für mich ist das kein KI-Anwendungsfall. Ist eine einfache Verknüpfung von Daten und das kann ich ohne KI. Um festzustellen, ob etwas aus einer Quelle häufig zurück kommt das geht heute schon.

B3: Ist natürlich allgemein ein schmaler Grad, häufig so dass man vielleicht nicht KI benötigt für eine Problemstellung.

I: Wichtig zu unterscheiden ist ja genau das.

01:02:18

I: Wir sind jetzt durch die wichtigsten Fragen durch. Am Anfang haben Sie alle ja schon konkrete Beispiele genannt, wie Ihrer Meinung nach KI eingesetzt werden kann. Basierend auf dem Interview, fallen Ihnen konkret noch Anwendungsfälle ein in Bezug auf KI?

B2: Müsste man gedanklich natürlich durch alle Prozesse nochmal durchgehen, um festzustellen wo das ganze noch Sinn machen würde.

B1: Ich denk die meisten Themen haben wir im Laufe des Gesprächs schon angesprochen. Was man im Bezug auf Leitstand sicher noch einmal herausheben kann ist eine Abstimmung zwischen der KI und dem Leitstandsmitarbeiter. Das KI für bestimmte, die so gravierende Themen selbst Entscheidungen trifft aber bei bestimmten schwerwiegenden Fehlerquellen und Gruppen den Leitstand miteinbezieht sodass nicht am Ende irgendwas passiert, was total falsch laufen kann sondern das dann trotzdem der Mensch bei sicherheitsrelevanten Themen noch einmal besonders in Anspruch genommen wird.

B2: Da sehe ich dann auch das Thema der Haftung, die uns auch Grenzen setzen wird. Weil wenn eine Entscheidung der KI auf Basis von Daten getroffen wird und diese Entscheidung von der KI wird ein Material zerstört. Dann entsteht ein Sachschaden. Da muss jemand dafür haften. Der Programmierer hat diese Logik ja nicht programmiert.

B3: Da wären wir wieder beim autonomen Fahren.

B2: Beispiel, ich habe Eiscreme, die lagert das KI-System neben dem Ofen bei 80 Grad. Jeder von uns würde sagen, das ist nicht sinnvoll. Aus irgendeinem Grund kommt KI zum Schluss das mache ich jetzt. Wenn das ein Mensch macht, ist recht klar was passiert. Der kommt zum Chef. Bei der KI ist das dann schon nochmal etwas spannender. Hoffe ich drauf, dass das nicht wieder passiert? Wie kann ich eingreifen, dass das morgen nicht wieder passiert?

I: Haftung ist aber auch ein Thema bei der klassischen Software. Kann ja genauso gut etwas schief gehen in der Implementierung und dann muss der Support das Abwickeln.

B2: Da weiß man aber was man machen kann. Da gibt es dann ein Parameter, der eingestellt werden kann. Bei KI geht das wieder nicht so gut.

I: Gibt es entsprechend Varianten, das Modell müsste in diesem Fall neu erlernt werden. Passieren tut das aber auf Basis von Daten, muss also irgendwie zustande gekommen sein.

B2: Käme ich aber zum Schluss, dass ich bei KI einen begrenzten Implementierungsraum habe, also dort wo ich nur Vorschläge machen kann wegen diesen Haftungsrisiken. Und auf der anderen Seite muss ich bei all den erlernten Prozessen darauf schauen, dass ich eine gewisse Supportfähigkeit gewährleisten.

01:08:03

I: Guter Punkt! Danke für den Punkt. Dann wären wir gedanklich einmal durchs Lager gegangen. Danke auf alle Fälle für die neuen Anwendungsfälle. Ich werde, wie bereits angekündigt dieses Interview auswerten und daraus heraus Kundenbefragungen erstellen, auf deren Basis ich dann mein finales Resultat erstellen werde. Soll ich Ihnen die Ergebnisse zukommen lassen?

B2: Sehr gerne.

I: Gut, dann stoppe ich jetzt die Aufnahme und bedanke mich für das Interview.

ANHANG C Transkript Interview 3

Datum: 19.07.2021 14:45

Ort: Online-Meeting

Bereits vorab Besprechung des Inhalts der Masterarbeit.

#00:00

I: Ich habe die Aufnahme jetzt gestartet. Nachdem dieses Interview durchaus auch auf KI eingehen wird die Frage wie Ihre Erfahrungen mit KI bisher sind?

B: Meine Erfahrungen sind insofern, dass ich als Produktmanager für das Warehouse Management System immer wieder mit Use Cases in Kontakt komme, bei denen wir einerseits versuchen, KI und intelligente Funktionen versuchen ins WMS zu bringen und bei dem wir auch versuchen zu analysieren inwieweit Nutzen und Wirtschaftlichkeit gegeben ist. Des Weiteren existieren natürlich immer wieder Kundenanforderungen, die sich in irgendeiner Form auf intelligente Funktionen beziehen. So bin ich im Allgemeinen mit diesem Thema in Kontakt, habe die verschiedensten Erfahrungen damit gemacht, etwa wo man dann in der tieferen Analyse bemerkt in welchem Anwendungsfall diese Methodik tatsächlich etwas bringt und in welchem Anwendungsfall KI eher wenig Nutzen hat.

#01:21

I: Dankeschön. Sie haben bereits erwähnt, dass es immer wieder Kundenanfragen für intelligente Systeme gibt. Für welche Anwendungsfälle gibt es diese aktuell?

B: Wir haben zum Beispiel Anfragen von Kunden die sich vor allem in der Auswertung von Kennzahlen, also nicht unbedingt im Reporting, etwas wünschen. Also dass das WMS wirklich automatisch gewisse Zustände im Lager erkennt und die auch entsprechend meldet. Sei es eben die Auftragsdurchlaufzeit, die sich erhöht und damit ein Trend bestätigt wird. Solche Dinge existieren. Wir haben aber auch Anfragen, die teilweise nicht selbst in der Lage sind, ihre Stammdaten so zu konfigurieren, dass das Lager auch wirklich richtig läuft. Beispiele sind hier vor allem die Einstellungen zur Bestandsverteilung, also welche Artikel sollen in welcher Menge in welchem Lagerbereich sein und wie soll die Verteilung sein. Das ist etwas, was grundsätzlich der Kunde einstellen muss, wir unterstützen hier natürlich dabei, aber es ist prinzipiell die Aufgabe des Kunden. Und hier ist es so, gerade Kunden, die vorher kein WMS hatten, diese Kennzahlen selbst schwer einschätzen können. Für diesen Fall fragt der Kunde zwar nicht allgemein um eine intelligente Funktion, aber das sind dann genau diese Anforderungen, wo wir dann mit intelligenten Systemen darauf reagieren können.

#03:27

I: Hat sich das Kundenverständnis in den letzten 5 Jahren für KI verändert?

B: Hat sich stark verändert. Anfangs, also im ersten Teil dieser fünf Jahre war es noch stärker zu einem Zeitpunkt als KI und Intelligenz zu einem Trendwort geworden ist. Dort wollte dann jeder, der irgendwas wollte etwas Lernendes, Intelligentes und Machine-Learning und sowie KI und derartige Schlagwörter sind dort häufig durch die Luft geflogen immer wieder. Mittlerweile hat sich das ein wenig eingedämmt, aber es ist nach wie vor ein Thema wo jeder hinmöchte. Wo auch Kunden immer wieder sagen, dass sie modern unterwegs sein möchte, dass sie den ein System haben möchten, dass am Zahn der Zeit unterwegs ist.

#04:33

I: Sie haben ja bereits erwähnt, dass sich die Anfragen von Kunden immer mal wieder Datenfehler oder Datenerkennung beziehen können. So etwas ähnliches habe ich in der Arbeit auch bereits als einen möglichen Anwendungsfall identifiziert. Allerdings in Bezug auf Daten, die im Wareneingang erfasst wurden. Gibt es Mechanismen im WMS, um Fehler erkennen zu können, etwa bezogen auf den Wareneingang? Etwa Funktionen, die erkennen, dass ein neuer Vereinnahmer etwas erfasst hat, das so nicht stimmen kann.

B: Im Sinne von einer lernenden Funktion gibt es da nichts. Wir haben aber natürlich so Themen wie Konturenerkennung, bei der Abweichungen erkannt werden bei dem die Palette ausgeschleust und dann behandelt wird. Das gibt es bei Automatanlagen schon. Eine lernende Funktion in dem Sinne, die anhand eingegebener Daten ein Fehlerpotential erkennt gibt es derzeit noch nicht.

#06:11

I: Welche Daten müssten Ihrer Meinung nach zur Erkennung von Fehlern benutzt werden und gibt es diese im WMS?

B: Das könnte über diverse Richtungen angegangen werden. Einerseits kann Datenbasiert ein Gewichtsvergleich durchgeführt werden. Etwa dass man sich ansieht, wenn ein Artikel ein Stückgewicht hat, wieviel kommt auf eine Palette, passt das zusammen. Von der Seite kann man das angehen. Man kann wahrscheinlich einen Teil mit einer Volumenberechnung durchführen. Man kann aber auch Modelle anlernen, die sich auf einen Lieferanten beziehen. Etwa Lieferanten, die häufig falsch liefern, oder wenn der

Lieferant noch unbekannt ist, also das erste Mal liefert. Also da denke ich schon, dass man Modelle mit bestehenden Daten definieren kann.

#07:37

I: Denken Sie, dass eine derartige Lösung vom Lagerleitstand auch akzeptiert wird und entsprechend verwendet wird?

B: Ja, glaube ich schon. Ist definitiv eine unterstützende Funktion für den Leitstand. Es ist auch nicht so, dass man den Leitstand damit eine Arbeit abnimmt. Man muss da immer auch darauf aufpassen, dass der Leitstand keine Sorge bekommt, weg rationalisiert zu werden. Es ist weiterhin eine unterstützende Funktion, es bleibt natürlich das ein guter Leitstandsmitarbeiter erkennt, wo man ein zweites Mal hinsehen muss, und darum glaube ich schon, dass dieses Feature benützt werden würde.

#08:24

I: Wäre es Ihrer Meinung auch möglich, dass man externe Quellen zusätzlich verwenden kann? Ich denke hier zum Beispiel an Bilderkennung oder eine zusätzliche Wage.

B: Ja kann ich mir schon vorstellen, dass das auch grafisch unterstützt werden kann. Wir haben in unserem WMS zusätzlich auch die Möglichkeit, zu vereinnahmten Waren Fotos zu hinterlegen, wenn man das am Funkterminal vereinnahmt, kann man prinzipiell Fotos der Ware machen. Ich kann mir vorstellen, dass auch mit einer Bilderkennung zusätzlich zu unterstützen.

#09:32

I: Es ist immer besonders wichtig, dass KI auch benützt wird. In dem Zusammenhang ist die Nachvollziehbarkeit ein relevanter Teil. Ist ja auch Bestandteil des WMS nachvollziehbar zu haben, wann wer etwas gemacht hat. Welche Anforderungen haben Sie an KI-Funktionen, die im WMS integriert sind in Bezug auf die Nachvollziehbarkeit?

B: Ich denke, dass Entscheidungen journalisiert sind. Das heißt es muss für den Leitstand nachvollziehbar sein welche Entscheidungen das System in den letzten x-Tagen getroffen hat, um das nachvollziehen zu können. Wenn jetzt das System bei einer gewissen Palette im Wareneingang eine Qualitätskontrolle vorgeschlagen hat und der Mitarbeiter diese abgelehnt hat dann muss das nachvollziehbar sein, also es muss erkennbar sein, dass da eigentlich eine Qualitätskontrolle ausgelöst wurde. Genauso bei steuernden Funktionalitäten, wenn etwa das KI-System darauf kommt, dass eine Palette in einen anderen Lagerbereich gebracht werden soll, dann muss diese Entscheidung im System nachvollziehbar sein.

#11:16

I: Genügt für diese Nachvollziehbarkeit ein Journal oder ist hier zusätzlich eine grafische Darstellung notwendig?

B: Ich denke, dass ein Journal reicht.

#11:36

I: Ist es wahrscheinlich, dass ein Lagerleitstand es annimmt, wenn KI-Systeme nicht nur Vorschläge machen, sondern konkrete Entscheidungen auch selbst treffen? Wie im vorangegangenen Beispiel etwa das Erstellen einer Inventur basierend auf einer Kennzahl?

B: Ich glaube, dass der Leitstand gerne automatische Entscheidungen annimmt, aber ich glaube, dass er trotzdem die Möglichkeit haben muss seine Expertise darüber stellen zu können. Es wird gewisse Lagerleiter und Use-Cases geben, die eine automatische Umsetzung ok finden. Es ist aber definitiv Use-Case und Lager, oder sogar Mitarbeiter spezifisch. Und ich glaube auch, dass in den meisten Fällen der Lagerleitstandsmitarbeiter seine Expertise darüber stellen möchte. Also wenn das System etwas erkennt er trotzdem noch sagen kann, etwa durch Sichtkontrolle erkennt dass keine Kontrolle einer Palette notwendig ist.

#13:14

I: Dann geht es weiter zur Optimierung des Bestandes als möglichen Anwendungsfall. Darunter wird zum einen die Bestandsoptimierung durch Bundeling und zum anderen die Reorganisation des Lagers verstanden. Welche Hilfsmittel stellt das WMS aktuell für solche Prozesse zur Verfügung, ist ja eine Anforderung, die bereits häufig existiert.

B: Absolut, ja. Also was wir dafür eben bieten ist unsere Artikel-Stamm-Bereichsoptimierung. Beziehungsweise Nachschubsoptimierung wie wir das nennen. Bei der wir auf Basis vom Kunden bereitgestellter Entnahmewerte Berechnungen anstellen welcher Artikel in welcher Menge in welchem Lagerbereich vorrätig sein sollte. Und ab Unterschreitung welcher Menge auch wieder nachgeschoben wird. Das wird auf Basis erwarteter Entnahmemenge berechnet. Und darauf aufbauend läuft zyklisch das KI-Modell neu drüber und passt diese Mengen an auf die aktuellen Umstände. Es lernt also aktiv und passt das auch an. So wird etwa Saisonalität abgebildet. Das ist so die große Funktionalität, die da den Mitarbeiter unterstützt. Und da kann ich auch dazu sagen, zum Thema Vorschlag oder automatische Umsetzung des WMS. Da bieten wir beide Möglichkeiten an.

#15:55

I: Sie haben ja kurz erwähnt, dass da die erwartbare Menge vom ERP zur Verfügung gestellt wird. Ist das eher ein Problem diese Daten zu bekommen da man häufig Daten bekommt, die nicht im WMS vorhanden sind. Ist es da ein Problem, dass man diese Daten bekommt?

B: Also in den Projekten, in denen wir das umgesetzt haben, hat das gut funktioniert, dass wir an diese Daten kommen. Es ist auch so, dass wir Daten, wenn wir diese nicht vom ERP haben, dann kann das über Einschätzung generiert werden. Ist dann natürlich ein gewisser manueller Aufwand. Aber prinzipiell würde ich sagen, es kann ein Problem sein aber wir haben bisher gute Erfahrungen damit gemacht.

#17:19

I: Wie bereits erwähnt, ist das Slotting ein anderer Anwendungsfall, bei dem KI unterstützen kann. Darunter wird eine Festplattuweisung verstanden wie man es zum Beispiel im Lebensmittellager hat. Wie ist dieser Mechanismus im WMS aktuell abgebildet, geschieht das manuell oder automatisiert?

B: Ist aktuell manuell. Also die Festplattuordnung funktioniert im Moment nur statisch, man gibt dem Artikel einen fixen Lagerort ohne Optimierung. Was wir machen können sind dynamische Zuordnungen etwa im Kanallager. Sodass der Artikel dann für einen Kanal fixiert wird. Aber wenn wir von Fixplattuweisung reden, geschieht das aktuell nur statisch.

#18:43

I: Ist denkbar, dass eine dynamische Herangehensweise verwendet werden kann und dass ein Lagerleitstand so etwas akzeptiert?

B: Ja unter der Voraussetzung, dass auch hier die Möglichkeit geschaffen wird, dass das nur als Vorschlagwesen implementiert wird. Oder zumindest über eine Kontrollinstanz geht. Ich glaub eine automatische Fixplattuweisung im Lager bedingt zu viel Kontrollaufwand durch den Leitstand im Nachhinein.

#19:38

I: Der dritte Anwendungsfall ist die ABC-Strategie unterstützt mit KI. Ursprünglich angesehen wäre eine Funktion, die die ABC-Analyse durchführt, allerdings ist dies von WMS bereits umgesetzt. Daher gibt es auch eine Möglichkeit, basierend auf Eigenschaften ABC-Klassifizierungen vornimmt und so diese Arbeit der ABC-Zuweisung reduziert. Wie ist die Erfahrung mit der ABC-Strategie bisher?

B: ABC-Analyse durch das WMS im Lager wird eher wenig benutzt. Natürlich gibt es Kunden, die diese Funktion benutzen aber das passiert meiner Erfahrung nach hauptsächlich im ERP. Aber meiner Erfahrung nach wird die Klassifizierung bereits vom ERP vorgegeben. Nichtsdestotrotz gibt es den ein oder anderen Kunden, der die ABC-Analyse verwendet.

#21:26

I: Ein ganz wichtiger Faktor für KI-Systemen sind Daten für das Anlernen des Systems. Gerade bei neuen Systemen fehlen diese Daten aber. Daher ist es eine Möglichkeit von einer zentralisierten Quelle Daten für den Lernvorgang zur Verfügung stellt und darauf aufbauend eben ein Modell erstellt, dass man kontinuierlich verbessert. Welche Bedenken haben Sie, wenn man branchenspezifische anonymisierte Daten für den Lernvorgang nimmt?

B: Prinzipiell glaube ich, dass das möglich ist. Aber ich habe Bedenken, dass das Artikelspektrum auch in derselben Branche zu verschieden ist, Lagerprozesse sich unterscheiden und das Lagerlayout von verschiedenen Kunden sehr unterschiedlich ist. Da habe ich gewisse Bedenken, dass eine ABC-Kategorisierung andere Daten benötigen würde und wahrscheinlich Kundenindividuellere Daten benötigen würde. Daher sind wir da etwas zu hoch von der Flughöhe meiner Meinung nach.

I: Bezieht sich ja nicht nur auf ABC-Analyse. Man könnte das ja auch auf Fehlererkennung anwenden.

B: Würde ich meine Antwort auch auf andere Use-Cases ausweiten. Ich glaube, dass man mit Branchenspezifischen Daten Versuche starten kann, ist natürlich besser als keine Daten. Aber ich glaube nicht, dass man damit den Benefit generieren kann.

#23:52

I: Es ist also besser von 0-weg zu starten. Heißt dann halt auch das man länger keinen Benefit vom System hat.

B: Stimmt. Aber ich glaube, dass es durchaus der bessere Weg ist bestehende Daten zu versuchen zu verwenden. Da ist es auch durchaus besser, den Kunden mit in die Verantwortung zu nehmen entsprechende Daten zu liefern. Und wenn es diese Daten nicht gibt, dann glaube ich auch dass das argumentierbar ist, dass das Lernen eine gewisse Zeit braucht. Ein gewisses Produktivitätsparadoxon hat man bei diesen Dingen natürlich immer. Es wird am Anfang nicht viel bringen und zahlt sich dann irgendwann aus.

24:50

I: Ein Experte hat eingebracht, dass Ressourcenplanung intelligent abgebildet werden kann. Etwa Personalplanung und Staplerplanung. Welche Bestandteile sind Ihrer Meinung nach mit KI optimierbar?

B: Also ich glaube, dass mit künstlicher Intelligenz bei der Ressourcenplanung sehr viel möglich ist. Einerseits bezieht sich das auf die Mitarbeiterverteilung, das heißt wieviel Mitarbeiter brauche ich zu einer Zeit in einem Lagerbereich für welche Aufgabe. Ich glaube gerade in Automatiklagern die Verwendung von Arbeitsplätzen entsprechend über KI steuerbar ist. Das heißt zu gewissen Arbeitszeiten werden gewisse Arbeitsplätze benötigt. Und ich glaube, dass die allgemeine Arbeitsaufteilung über KI optimierbar ist. Das heißt welche Aufträge müssen zuerst abgearbeitet werden, um für den Tag noch das optimale Pensum herausholen zu können.

#26:36

I: Dann einmal danke für die bisherigen Antworten. Durch die Kernfragen sind wir prinzipiell durch. Vielleicht noch, fallen Ihnen basierend auf diesem Interview zusätzliche Anwendungsfälle ein für die sich KI aufdrängt?

B: Also ein Thema, das mich sehr interessiert und das wir dieses Jahr versucht haben zu beleuchten, wir aber ohne Ergebnis ausgestiegen sind, ich aber trotzdem sehr viel Potential sehe, ist im Bereich der intelligenten Prozessoptimierung. IRPA, also Intelligent-Robotic-Process-Automation, wo man eben versucht, repetitive Tasks zu finden und zu automatisieren. Das heißt dass gewisse Dinge nicht mehr vom Lagerleitstand durchgeführt werden müssen sondern diese automatisiert werden. Beispiel wäre als Trigger, man scannt einen Lieferschein und das WMS bucht den Wareneingang, erzeugt die Palette und legt den Auftrag an. Eine andere Möglichkeit wäre das System lernt, dass jeden Tag um 13 Uhr Kommissionen bis Prio 2 gestartet werden und das System, das dann irgendwann automatisch durchführt. Also ich glaube, dass in diesem Bereich ein gewisses Potential liegt, wir haben nur noch nicht den knackigen Use Case gefunden. Ich bin der Meinung, dass hier noch Potential schlummert. Wir haben den generischen Use-Case, der dann vielen Kunden etwas bringt einfach noch nicht gefunden. Ganz einfach, bei einem speziellen Kunden findet man schnell Sachen der er immer wieder macht. Man kann da auch machen, dass man das dann benutzerbasiert macht. Also zum Beispiel erkennt, dass ein Benutzer immer ein Fenster aufmacht, wenn ein anderes Fenster offen ist und genau das dann automatisiert. Also immer wieder dieses Wiederholen von wiederkehrenden Tätigkeiten und Automatisierung.

#29:21

I: Interessanter Anwendungsfall. Dann sind wir einmal quer durchs Lager gegangen und haben einige Anwendungsfälle beleuchtet. Ich werde dieses Interview qualitativ auswerten und darauf aufbauend Kundenbefragungen erstellen und diese dann zur finalen Auswertung hernehmen. Sehr gerne lasse ich Ihnen die Ergebnisse zukommen.

B: Bitte gerne ja.

I: Gut, dann beende ich nun die Aufnahme.

ANHANG D Transkript Interview 4

Datum: 28.07.2021 14:45

Ort: Online-Meeting

Bereits vorab Besprechung des Inhalts der Masterarbeit. Das Interview ist auf zwei Aufnahmen geteilt, da die Verbindung zwischendurch abbrach.

#00:00

I: Ich habe die Aufnahme jetzt gestartet. Danke nochmal für die Zeit sowie dafür, dass sie dieses Interview mit mir durchführen. Zur besseren Auswertung bitte ich Sie kurz Ihre Rolle im Unternehmen zu beschreiben.

B: Ich arbeite für eine Vertriebsniederlassung in der Schweiz und bin zuständig für den Vertrieb von WMS und Datenfunklösungen.

#00:30

I: Da das Interview in einigen Fälle auf KI eingehen wird kurz die Frage, inwieweit Sie bereits Berührungspunkte mit diesem Thema gehabt haben.

B: Die Themen sind uns bekannt werden aber nicht direkt vom Markt gefordert. Natürlich sind die Kunden immer daran interessiert, dass die Systeme so intelligent wie möglich sind.

#01:00

I: Dann gehen wir gleich in die Kernfragen. Welche konkreten Kundenanfragen gibt es für intelligente System und Funktionalitäten?

B: Bei uns in der Schweiz?

I: Ja.

B: Der Kunde hat bei uns den Wunsch, dass wir seine Logistikprobleme halt bestmöglich bewältigen können. Das beinhaltet halt in der Regel Hardware wie Software. Das heißt Fahrzeuge, Terminals, Automatiklösungen wie auch Software. Und der Kunde kommt da normal nicht mit der Anfrage, dass etwas intelligent gelöst werden soll. In der Regel wird eine intelligente Gesamtlösung benötigt, der Kunde kommt also selten mit der Anfrage dass KI Funktionalitäten benötigt werden aber eher mit der Anfrage dass ein funktionierendes Lager benötigt wird.

#02:14

I: Haben sich hier die Kundenanfragen in den letzten fünf Jahren verändert?

B: Im Prinzip ist das gleichgeblieben. Was sich aber geändert hat ist die Nachfrage nach Lösungen für den bestmöglichen Ressourceneinsatz. Das heißt die Kunden benötigen wir unterschiedliche Lösungen.

Abbruch wegen Störung

Zweite Aufnahme

#00:00

I: Grundsätzlich waren wir ja grad bei den Kundenanfragen für KI. Das letzte was ich gehört habe war, dass es sich in den letzten fünf Jahren nicht grob verändert hat aber dann sind Sie auf Ressourcenplanung eingegangen.

B: Genau, die Anfragen des Kunden sind hier sehr programmatisch was das Thema Ressourceneinsatz anbelangt. Das System soll möglichst Ressourcenoptimiert und Ressourcenschonend arbeiten und den Bediener größtmöglich unterstützen. Die größte Zeit geht in der Logistik dabei drauf, Lagerplätze und Artikel zu scannen, wie auch Fehler zu vermeiden, das heißt wenn man Fehler vermeiden will, muss man scannen. Dieser Zeitfaktor ist den Kunden vielfach ein Dorn im Auge. Deswegen gehen die Anfragen der Kunden meist dahin, dass das System Ware selbst erkennt und Lagerplätze selber erkennt und Fehler verhindert. Kurz zusammengefasst soll sich der Bediener nicht mit unnötigen Tätigkeiten auseinandersetzen.

#01:30

I: Das heißt das bezieht sich dann, zum Beispiel dass ein Stapler selbstständig erkennt, wo man gerade im Lager ist.

B: Genau, das fängt damit an, dass das Leitstandssystem hier optimiert arbeitet, geht bei der Führung des Mitarbeiters weiter, das heißt das der Mitarbeiter optimiert durch das Lager geführt wird, also Leerfahrten vermieden werden.

#02:03

I: Kurz haben Sie das Thema Ressourcenplanung ja bereits erwähnt. Welche Bestandteile werden hier von Kunden gefordert?

B: Zum einen natürlich das Thema, dass die Auslastung irgendwo angezeigt wird oder dass man die Auslastung irgendwo sieht und so frühzeitig erkennt, wann mehr Mitarbeiter wo benötigt werden und dass die Mitarbeiter dann auch Ressourcenschonend eingesetzt werden.

I: Ist das WMS Ihrer Meinung hierfür das richtige System? Also dass beispielsweise Ressourcenplanung auf eine Zeitdauer gemacht werden kann, Rückschlüsse für Mitarbeiter gezogen werden.

B: Grundsätzlich ist das Thema, ob das WMS überhaupt über die Daten verfügt, um diese Entscheidungen treffen zu können. Daten, die die Geschäftstätigkeit betreffen sind ja eher in einem ERP-System anzutreffen. Vielfach wissen auch nur die Menschen, wann man Peaks hat, wann gibt es saisonale Aktionen, wann sind Feiertage wann mehr zu tun ist. Das sind Punkte, die schwierig in einem WMS abzubilden sind.

#04:02

I: Grundsätzlich wurde in der Arbeit festgestellt, dass diese Saisonalität zumindest teilweise festgestellt werden kann. Wenn man etwa Daten entsprechend sammelt. Hier gibt es das Problem, dass man in einem neu gebauten Lager diese Daten eben noch nicht hat. Eine Möglichkeit hier einen initialen Stand zu generieren wäre, dass man KI-Modelle basierend auf branchenspezifischen Daten generiert. Wie ist Ihrer Meinung nach dieses Vorgehen zu beurteilen? Gibt es Ihrer Meinung nach zwischen Lägern genug Ähnlichkeiten für diese Vorgehensweise?

B: Ja das ist die große Frage. Für uns ist jedes Lager hier gewissermaßen einzigartig da wir branchenunabhängige Lösungen anbieten. Wir sind nicht Anbieter von einer branchenspezifischen Lösung sondern bieten Lösungen an, die etwa sowohl für Food und Non-Food Lager funktionieren. Das heißt, wir treffen bedingt durch unterschiedliche Branchen komplett andere Voraussetzungen an.

#05:15

I: Das heißt, es gibt schon sehr große Unterschiede zwischen unterschiedlichen Branchen? Also auch wie sich Ressourcenplanung verhält.

B: Genau.

#05:39

I: Haben Sie hier noch bestimmte Bedenken wegen Datenschutz die berücksichtigt werden sollten. Stichwort wäre auch dass man Daten von der Konkurrenz nehmen würde, wäre das vielleicht nicht sinnvoll.

B: Ja also grundsätzlich müssen Daten anonym bleiben oder die Datenerhebung sollte keine Rückschlüsse ziehen lassen. Grundsätzlich ist in der Schweiz die Situation in der Schweiz etwas anders als in Ländern wie Deutschland, wo ich sag jetzt mal, Leistungsmessung von Mitarbeitern durch Betriebsräte nicht geduldet wird. Dahingehend ist das in der Schweiz durchaus möglich Leistungen von Mitarbeitern zu messen.

#06:54

I: Als nächstes ist wichtig, dass das aufgesetzte KI-System auch eingesetzt wird und eingesetzt wird ein System immer nur dann, wenn entsprechendes Vertrauen in das System vorhanden ist. Sprich, wenn ein Vorschlag für eine Aktion macht, dass dann der Vorschlag auch übernommen wird. Welche Anforderungen haben Sie allgemein an ein KI-System im Bezug auf die berechneten Ergebnisse, also was muss alles vorhanden sein, damit Sie sagen, dass ein Leitstand das akzeptiert.

B: Das ist wieder schwierig, inwiefern solche Themen nachvollziehbar sind. Ich denke, das Vertrauen ergibt sich mit dem täglichen Arbeiten mit dem System. Wenn der Leitstand merkt, dass ein System funktioniert. Damit ist auch immer ein Umdenken verbunden. Wenn ich ein System in einem papierbasierten Lager einführe dann haben die Mitarbeiter und auch der Leitstand oft Mühe warum gewisse Dinge passieren, etwa warum eine Palette auf einem bestimmten Platz gelagert wird. Weil das nicht nachvollzogen werden kann und die Mitarbeiter gewöhnt sind, dass sie den Platz wählen können. Das Umdenken, dem System zu vertrauen kommt halt nur mit der Zeit. Das heißt das wichtigste ist, dass man den Kunden bei der Einführung begleitet und der Kunde merkt, dass er sich auf das System verlassen kann. Das merkt man dann schnell, wenn es da Probleme gibt und Misstrauen entsteht dann geht das relativ lange, bis das Misstrauen wieder weg ist. Also sprich, wenn das System durch Falschbuchungen falsche Lagerbestände hat, dann ist das Misstrauen schwer wieder weg zu bekommen. Da werden Mitarbeiter auch nach vielen Monaten noch sagen, dass das System manchmal nicht richtig arbeitet und kontrollieren jeden Abend gewisse Lagerspiegel, einfach deswegen, weil sie nicht glauben, dass das System richtig arbeitet. Und beim KI ist das halt das gleiche. Wenn nicht nachvollzogen werden kann, warum etwas passiert, wird das lange brauchen bis das Vertrauen da ist. Und wenn dann was schief geht, ist das Vertrauen auch wieder sehr schnell weg.

#10:04

I: Wie bereits erwähnt ist KI hervorragend darin Muster zu erkennen. Mit derartigen Mustern ist es denkbar, Fehler in Daten zu identifizieren. Etwa dass man basierend auf Datenmustern erkennt, dass es bestimmte Fehler im Wareneingang gibt. Oder zum Beispiel auch im Warenausgang, dass man erkennt, dass etwas schief gegangen ist. Welche Mechanismen gibt es aktuell im WMS Fehler zu erkennen?

B: Mir sind bis jetzt keine bekannt. Schon gar nicht vorhersagend Fehler zu erkennen. Bisher ist das Thema halt so, Fehler treten auf und Mitarbeiter im Leitstand muss da eine Systematik erkennen und muss dann schauen warum tritt dieser Fehler auf und das resultiert dann meist in einer Arbeitsanweisung auf einem Blatt Papier, welches irgendwo aufgehängt wird. Das ist so die gängige

Praxis. Also sprich, beim Kommissionieren steht da 6er Pack und dann steht da 3 dann ist den Benutzern oft nicht klar ob sie 3 Stück aus dem 6er Pack nehmen sollen oder 3 6er Pack nehmen sollen. Und irgendwann wird der Fehler bemerkt und dann geht da der Leitstand hin und hängt da einen Zettel hin. Also grundsätzlich eine sehr pragmatische Vorgehensweise. In einem zweiten Schritt wird dann meist überlegt, wie können wir die Fehler verhindern.

#12:06

I: Für welche Anwendungsfälle wäre eine vorhersagende Fehlererkennung denkbar?

B: Grundsätzlich ist das natürlich so, der Wunsch ist da. In der Kommissionierung oder noch viel früher im Wareneingang Fehler zu erkennen. Der erste in der Kette ist der der den Wareneingang macht. Und wenn beim Wareneingang ein Fehler passiert, zieht sich der durch die ganze Kette. Der Kunde reitet häufig auf dem Fehler beim Kommissionieren hin, wichtig ist aber, dass Fehler bereits im Wareneingang erkannt werden können.

#13:17

I: Mit welchen Daten könnte man derartige Fehler im Wareneingang erkennen?

B: Das ist schwierig zu sagen. Die Fehler können sehr vielfältig sein. Schlussendlich sind das immer menschliche Fehler, typische Fehler sind dann, wenn ein Mensch zählt oder bestimmte Dateneingaben tätigt.

#13:58

I: Eine andere Vorgehensweise wäre laut einem Experten auch, Kameradaten dafür zu verwenden, Fehler zu erkennen.

B: Ja das ist aber natürlich immer dieses Thema, wie kann ich Fehler erkennen. Ich stütze mich hier aber auch darauf, das einzige dass das tun kann ist eine effiziente Bilderkennung. Damit können Fehler erkannt werden, gezählt werden oder auch Artikel identifiziert werden.

#15:00

I: Man könnte das ja auch so umsetzen, dass wenn ein Fehler erkannt wird eine Meldung an den Lagerleitstand geschickt wird. Man könnte das aber auch so machen, dass man automatisiert eine Inventur erstellt. Was ist Ihrer Meinung nach der bessere Weg um Akzeptanz zu erreichen?

B: Ich bin natürlich der Meinung, wenn ein Fehler auftritt, soll schnell gehandelt werden. Ob das immer ratsam ist, das nachher der CEO etwa mitkriegt, der macht einen Fehler. Per se sollte der Mitarbeiter darauf hingewiesen werden ob er sich sicher ist eine Aktion durchzuführen. So wie das System ja auch arbeitet wenn er einen falschen Lagerplatz scannt und das System eben sagt, dass das der falsche Lagerplatz ist. Also ich denke, das ist das beste Mittel im Betrieb. Sobald eine Fehlerwahrscheinlichkeit erkannt wird den Mitarbeiter darauf hinzuweisen.

#16:42

I: Und wenn man das dann schon entsprechend erkannt hat, dass eine Palette wo steht was falsch ist? Es geht vor allem darum, darf ein KI-System automatisch Entscheidungen treffen?

B: Inventur ist natürlich nochmal ein anderes Thema. Was natürlich oft Kunden entscheiden wollen, wann wird eine Inventur gemacht? Weil das ist wie mit Umlagerungen oder Inventurprozessen, das System darf das nicht anstoßen wenn viel los ist im Lager. Etwa vor Black-Friday und dann ist das ein Elektronik Händler dann ist das sehr unpassend wenn genau dann so was ausgelöst wird. Das heißt, die KI müsste das erkennen wie die Auslastung ist. Was ist jetzt das richtige zu tun. Wenn viel läuft sollte niemand zu einer Inventur geschickt werden denn damit verdient der Betrieb ja nicht sein Geld.

#18:17

B: Oder das in der Hinterhand zu haben, also punktuell zu sagen, da wird was eingelagert das System erkennt, da könnte was schiefgelaufen sein. Und dann bei der ersten Kommissionierung wird geprüft ob da was falsch passiert ist. Das Interesse des Kunden hier ist immer das gleiche, es soll ressourcenschonend gearbeitet werden. Ressourcen sollen effizient eingesetzt werden.

#19:00

I: Der nächste Anwendungsfall hat sich auf die Bestandsoptimierung bezogen. Also das man Artikel zum Beispiel zusammenlagert, die häufig gemeinsam ausgelagert werden. Welche Hilfsmittel stellt das WMS aktuell für das Bundeling zur Verfügung?

B: Ja, also jetzt haben wir sehr viele Ein- und Auslagerstrategien haben, die man im Zuge des Projektes für den Kunden zurechtschneidet. Dann aber im Vertriebsprozess Routinen drin hat bei dem man nach ein paar Jahren zum Kunden geht und schaut, ob das noch alles seine Gültigkeit hat. Das heißt, wir haben da gute Mittel oder gute Möglichkeiten Ein- und Auslagerstrategien zu setzen aber die dann halt statisch sind. Und das ist halt das Thema, dass sich das heutzutage ändert. Ist auch etwas, das Kunden häufig bemängeln, also das nicht alle halben Jahre jemand vom Anbieter kommt und sagt, lass uns doch mal dein System optimieren. Das wäre der Wunsch des Kunden möglichst kostenlos natürlich. Das wäre von meiner Seite, die dringendsten Anwendungsfällen von KI. Also das man Änderungen in der Geschäftstätigkeit erkennt und darauf reagiert, also die Prozesse entsprechend optimiert

oder diese Optimierungen anstoßen kann. Das sind natürlich Themen, das Lager ist physisch aufgebaut, passen Bereiche innerhalb des Lagers noch, passt die Bereichszuteilung noch, passen die Ein- und Auslagerstrategien denn noch.

#21:42

I: Um ein Modell aufzusetzen und die Optimierung des Bestandes überhaupt betreiben zu können müssen Daten von einem übergeordneten System, etwa die erwartbare Nachfrage pro Produkt, an das WMS übertragen werden. Glauben Sie, dass ein derartiges System solche Daten an das WMS übermitteln kann und würde?

B: Können ist die eine Frage. Die grundsätzliche Frage ist, ist es die Aufgabe des WMS das Einkaufsverhalten von Kunden zu analysieren. Das sind eindeutig Aufgaben des ERP-Systems. Natürlich gibt es hier auch Unterschiede, es gibt etwa das kleine Handelsunternehmen, das einen Standort hat und alles mit dem WMS verwaltet. Da sind dann alle Bewegungsdaten im WMS. Es gibt dann natürlich auch Konzerne mit vielen Standorten innerhalb des Landes oder im Ausland. Und dann kann ja nur das ERP System entscheiden, wie die Warenbewegungen sind. Die Aufgabe des WMS das Lager zu verwalten und nicht Kundennachfrage zu analysieren. Das wird schwierig sein, dass ein WMS entscheiden kann, wieviel von einem Artikel gelagert werden sollen. Das sind Aufgaben des ERPs weil das einen gewissen Einfluss auch auf das Budget hat.

#24:05

I: Auf Basis welcher Daten werden dann diese Ein- und Auslagerstrategien optimiert? Ich muss, ja irgendwie das Umgestalten dieser Strategien vornehmen können.

B: Grundsätzlich hat das WMS nur Einfluss auf das Lager, was es eben verwaltet. Hier muss es Einfluss darauf haben, was passiert im Lager. Das kann das WMS etwa mit ABC Kriterien durchführen, was sind Schnell-, Mittel- und Langsam Dreher. Und das sind schon Punkte, die natürlich nicht ganz einfach zu beantworten sind. Wenn das Lager hochfährt, muss der Kunde eine Einschätzung machen. Da gibt es vom WMS eine Einschätzung, dass man Historiendaten ABC-Kennzeichen verwenden kann. Das sind dann aber auch sehr statische Historiendaten. Das System erkennt da keine Saisonalität. Oder es erkennt die Saisonalität erst wenn sie da gewesen ist. Das WMS ist nicht soweit, dass es erkennt, jetzt gibt es wieder bestimmte Jahreszeiten und Wetterbedingungen, um etwa zu sagen, dass jetzt dann Streusalz wieder in rauen Mengen benötigt werden wird. Das macht das System nicht. Das erkennt das System schlicht nicht.

#26:04

I: Grundsätzlich habe ich die ABC-Strategie auch als Möglichkeit zum Einsatz von KI gesehen. Ändern sich ABC-Klassifizierungen sehr häufig? Also dass sich diese häufig anpassen müssen? Es gibt ja Module im WMS, die bei der ABC-Klassifizierung unterstützen.

B: Also man muss da natürlich immer sagen, ABC ist eine der Einlagerkriterien. Wichtig ist auch Platzgröße Lagerbereich und so weiter. Dann gibt es noch so spezifische Sachen wie etwa, Schokolade sollte nicht unter dem Dach gelagert werden. Artikel zusammenhalten wie auch immer. Das ist also ein Kriterium, welches sehr branchenabhängig ist. Bei manchen Branchen ändern sich Artikeldaten kaum. Da ändert sich auch nichts an ABC. Dann gibt es aber Handelsunternehmen, bei denen sich viel ändert. Da kann es auch sein dass ein Artikel nur einmal eingekauft wird und dann nie wieder kommt. Das ist sehr branchenabhängig wie schnell sich das ändert. Das Thema ist natürlich, dass das jetzt statisch ist. Jemand im Leitstand muss erkennen, dass man jetzt ABC Zuweisungen ändern muss. Also erst dann kann das neu eingestellt werden. Da unterstützt das System. Aber nicht dabei, wenn Optimierungspotential vorhanden wäre, also dass das System das selbst erkennt und den Leitstand zu der Aktion bringt, ABC-Zuweisungen zu ändern. Der Lagerleitstand muss aktuell von sich aus drauf kommen etwas zu ändern. Da gibt es eh den schönen Spruch in der IT, Never change a running system, das nehmen Kunden dann oft zu wörtlich. Wenn es läuft, läuft es. Dann kommt man oft erst darauf etwas zu tun wenn kein A-Platz mehr frei ist. Oder bei den Lagerplätzen, typisches Beispiel ist auch die Konsolidierung, ich hab ganz viele Paletten des selben Artikels mit wenig Stück. Da ist die Frage, wann konsolidiere ich diese Paletten. Das passiert meistens erst dann, wenn zu wenig Platz im Lager vorhanden ist. Und das hat dann das Problem, dass man dann im Wareneingang vom System gesagt wird es gibt keinen Platz mehr. Und dann ist Feuer am Dach. Es gibt also nichts was den Leitstand vorhersagend darauf hinweist, dass es Probleme geben wird, wenn so weitergearbeitet wird.

#29:59

I: Dass das System schon vorhersagend agiert und wenn wenig Arbeit vorhanden ist, diese Reorganisation zu triggern.

B: Genau, das System muss zum richtigen Zeitpunkt Optimierungspotential aufzeigen.

#30:25

I: In dem Fall, würde der Lagerleitstand das dann auch akzeptieren? Auch wenn man, wie Sie bereits sagen, oft sagt, Never change a running system.

B: Ja hier geht es halt darum, dass man zum richtigen Zeitpunkt einen guten Hinweis bekommt, den man nachvollziehen kann. Wenn das System also sagt, es gibt potentiell Probleme in der Zukunft, klar dann würde der Lagerleitstand das akzeptieren. Was er hingegen

sicher nicht akzeptieren würde ist wenn plötzlich der Mitarbeiter kommt und sagt, wir haben so schon viel zu tun und jetzt schickt mich das System Inventuren machen. Das wird der Leitstand nicht akzeptieren.

#31:31

I: Der letzte Anwendungsfall betrifft das Thema der Festplatzzuweisung. Diese eben zu optimieren. Also das bestimmte Artikel fix zu Plätzen zuzuweisen. Wird diese Zuweisung häufig von Kunden gefordert?

B: Also rein in der Kommissionierung ist das häufig so, dass man aus der Not diese Plätze zugewiesen werden. Der Hauptgrund dafür ist, oder kann sein, dass der Kunde damit sicherstellt, dass die Kommissionierreihenfolge richtig gewählt wird. Also dass zuerst schwere Verpackungen und dann leichte Verpackungen kommissioniert werden. Also das ist ein ewiges Thema, wo sich Systeme sehr schwer tun. Das System die Kommissionierplätze so vergibt, dass es den Produkten gerecht wird. Da braucht es aber auch bestimmte Stammdaten von den Artikeln. Und da tun sich wiederum viele Kunden sehr schwer.

#33:15

I: Falsche Artikelstammdaten sind da oft ein Manko und machen es schwer, intelligente Systeme anzulernen. Also im WMS sind Kommissionierreihenfolgen über Plätze abgebildet. Gibt es hier noch andere Varianten?

B: Ja genau. Also das man das häufig über Plätze macht sodass etwa zuerst Getränke und dann Chips kommissioniert werden. Das kann dann über Artikelgruppen auch gemacht werden. Irgendeine Ordnung wird da halt abgebildet. Im Grundsatz funktioniert eine Kommissionierung ja so, dass er sich nicht sternförmig im Lager bewegt, sondern der will ja in einem Fluss einmal durch das Lager kurven und dann kommissioniert haben. Der geht nicht zuerst ganz ans Ende, dann wieder zum Anfang sondern der will ja eine Schleifenfahrt durchführen. Dann ist das System ja so, dass es diese Schleifenfahrt entsprechend abbildet.

#34:58

I: Gut, dann wären wir durch die Hauptfragen gekommen. Danke für die vielen Antworten. Fällt Ihnen noch ein konkreter Anwendungsfall ein, bei dem KI unterstützen kann?

B: Ja interessant ist immer dann, wenn eine KI hinweisen kann, dass Prozesse sich verändern und die nicht optimal abgebildet werden können. Wie gesagt, das kann mit Ressourceneinsatz sein, das kann aber auch sein, dass KI merken könnte, dass die Lagertopologie nicht zu den Artikeln passt.

#35:58

I: Danke nochmal für die Antworten. Ich werde das Interview auswerten und basierend auf der qualitativen Inhaltsanalyse auswerten. Diese Ergebnisse werden dann mit einer Kundenanfrage validiert. Ich lasse Ihnen gerne die Ergebnisse zukommen und werde die Aufnahme nun stoppen.

ANHANG E Kodierleitfaden

Nummer	Überggruppe	Kategorie	Definition	Ankerbeispiel	Kodierregel
1	Kundenanfragen zu KI	Hohe Kundennachfrage für intelligente Funktionen	<p>Die befragte Person identifiziert hohe Kundennachfrage für KI-Systeme.</p> <p>Das bedeutet:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Kundenanfragen explizit für KI * Intelligente Funktionen und nicht nur Kennzahlen werden angefragt 	<p>Also dass das WMS wirklich automatisch gewisse Zustände im Lager erkennt und die auch entsprechend meldet. Sei es eben die Auftragsdurchlaufzeit, die sich erhöht und damit ein Trend bestätigt wird.</p>	<p>Das Beispiel entspricht einer der beiden Definitionen</p>
2	Kundenanfragen zu KI	Intelligente Funktionen werden erwartet aber nicht nachgefragt	<p>Die befragte Person schätzt die Kundennachfrage für intelligente Systeme zwar hoch ein, jedoch werden diese nicht explizit nachgefragt.</p> <p>Das bedeutet:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Kunden fragen nicht explizit nach besonderen intelligenten Funktionen * Im Laufe des Projektes wird Bedarf für intelligente Funktionen erkannt. 	<p>Das ist aber auch klar, weil es ist ja kein Selbstzweck. Der Kunde hat irgendeine Anforderung und ob wir die dann mit KI lösen oder auf irgendeine andere Weise ist dem Kunden wahrscheinlich erstmal egal.</p>	<p>Das Beispiel entspricht einer der beiden Definitionen</p>

Kodierleitfaden

3	Kundenanfragen zu KI	Intelligente Funktionen werden nicht nachgefragt	Die befragte Person schätzt die Kundennachfrage für intelligente Systeme als niedrig ein	Die Themen sind uns bekannt werden aber nicht direkt vom Markt gefordert.	Das Beispiel entspricht der Definition
4	Kundenanfragen zu KI	Kundenanfragen für intelligente Funktionen mehren sich.	Die befragte Person sagt aus, dass sich mehr Kunden für KI interessieren, als vor 5 Jahren.	Wo auch Kunden immer wieder sagen, dass sie modern unterwegs sein möchte, dass sie den ein System haben möchten, dass am Zahn der Zeit unterwegs ist.	Das Beispiel entspricht der Definition
5	Kundenanfragen zu KI	Kundenanfragen für intelligente Funktionen mehren sich nicht.	Die befragte Person sagt aus, dass sich die Nachfrage für KI-Lösungen nicht gehäuft hat.	Kann ich jetzt nicht beobachten. Diese Ideen für diese Anforderungen ohne Betrachtung wie dies mit Software gelöst werden soll die gibt es meiner Erfahrung nach schon länger.	Das Beispiel entspricht der Definition
	Akzeptanz	Intelligente Funktionen werden vom Lagerleitstand akzeptiert	Die befragte Person sagt aus, dass der Lagerleitstand intelligente Funktionen akzeptiert, wenn bestimmte Umstände eintreten (Nachvollziehbarkeit).	Aber ich glaube Akzeptanzprobleme gibt es nicht, wenn man die Argumentation gut aufbauen kann und die Funktionsweise gut erklären kann.	Das Beispiel entspricht der Definition
	Akzeptanz	Intelligente Funktionen werden vom Lagerleitstand unter Umständen akzeptiert	Die befragte Person sagt aus, dass der Lagerleitstand intelligente Funktionen akzeptiert, wenn bestimmte Umstände eintreten und diese verändert werden können. (Nachvollziehbarkeit).	Wenn es funktioniert wird der Kunde das bestimmt akzeptieren. Wir versuchen ja heute schon Lösungen zu generieren die Reorgansiationsläufe anhand bestimmter Kriterien durchlaufen. Wenn man die Kriterien weiter fassen kann und dann bessere Reorganisation ermöglicht, wird das sicher auf positive Resonanz stoßen.	Das Beispiel entspricht der Definition

Kodierleitfaden

4	Entscheidungen durch KI	KI kann Entscheidungen selbständig treffen	Die befragte Person schätzt dass es vom Leitstand akzeptiert würde, wenn ein KI-System selbständig Entscheidungen trifft.	Wenn es funktioniert wird der Kunde das bestimmt akzeptieren. Wir versuchen ja heute schon Lösungen zu generieren die Reorgansiationsläufe anhand bestimmter Kriterien durchlaufen.	Das Beispiel entspricht der Definition
5	Entscheidungen durch KI	KI kann Entscheidungen konfigurierbar selbständig treffen	Die befragte Person schätzt dass automatische Entscheidungen nur in gewissen Fällen durch KI getroffen werden dürfen und daher diese konfigurierbar sein müssen.	Von daher wird kein Weg daran vorbeiführen, dass man den Grad an Automatisierung, die man eben möchte, parametrisieren kann.	Das Beispiel entspricht der Definition
6	Entscheidungen durch KI	KI stellt Daten für Entscheidungsfindung nur zur Verfügung	Die befragte Person schätzt, dass KI keine Entscheidungen treffen darf und daher lediglich die Entscheidungsfindung unterstützen kann.	Wir haben hier natürlich Systeme, bei denen wir hochgradig automatisch Prozesse steuern und wir haben andere Systeme, wo der Lagerleiter oder Schichtführer immer steuern eingreifen können möchte und soll	Das Beispiel entspricht der Definition
7	Bestandsoptimierung	Bestandsoptimierung mit KI ein sinnvoller Anwendungsfall	Die befragte Person schätzt, dass KI die Bestandsoptimierung in unterschiedlicher Form unterstützen kann	Das Lager also intelligent befüllt, sodass wir uns während der Kommissionierung Zeit spart. Also diese Zusammenhaltungs geschichten werden häufig angefragt und könnten mit KI gelöst werden.	Das Beispiel entspricht der Definition

Kodierleitfaden

8	Bestandsoptimierung	Bestandsoptimierung mit KI ein teilweise sinnvoller Anwendungsfall	Die befragte Person schätzt, dass KI die Bestandsoptimierung im WMS zwar durchführen kann jedoch gewisse Daten bzw. Optimierungspotentiale hierfür nicht vorhanden sind.	Jetzt gibt es aber eine Information, die heute noch nicht ausgetauscht wird. Das ist nämlich die Information darüber, inwieweit es eine Saisonabhängigkeit gibt. Wüsste ich nicht wie häufig so etwas überhaupt am Artikelstamm gepflegt wird oder ob es ein derartiges Feld überhaupt gibt. Auch bei den Hostsystemen, also das die das möglicherweise selbst nicht haben. Und das andere ist die Information, das man ein Flag setzt, oder ein Zeitpunkt setzt, von Datum X bis Datum Y ist ein Artikel Saisonware	Das Beispiel entspricht der Definition
9	Bestandsoptimierung	Bestandsoptimierung mit KI kein sinnvoller Anwendungsfall	Die befragte Person schätzt, dass es andere, bessere Anwendungsfälle für KI als die Bestandsoptimierung gibt.	Vielfach wissen auch nur die Menschen, wann man Peaks hat, wann gibt es saisonale Aktionen, wann sind Feiertage wann mehr zu tun ist. Das sind Punkte, die schwierig in einem WMS abzubilden sind	Das Beispiel entspricht der Definition
10	Bestandsoptimierung	KI ist ein sinnvolles Werkzeug, um zu erkennen, wann die Bestandsoptimierung sinnvoll ist.	Die befragte Person schätzt, dass KI ein Tool ist, mit dem erkannt werden kann, wann die Bestandsoptimierung z.B. durch ABC Zuordnungen, sinnvoll ist.	Genau, das System muss zum richtigen Zeitpunkt Optimierungspotential aufzeigen.	Das Beispiel entspricht der Definition
11	Bestandsoptimierung	KI ist ein sinnvolles Werkzeug, um Bestandsoptimierung mittels Bundeling im Lager durchzuführen.	Die befragte Person sagt aus, dass KI dabei unterstützen kann im Lager häufig kommissionierte	Das man eben häufig gemeinsam kommissionierte Produkte nicht in verschiedenen Lagerbereichen lagert sondern das bei der Lagerplatzsuche mit berücksichtigt.	Das Beispiel entspricht der Definition

Kodierleitfaden

			Produkte gemeinsam zu lagern.		
12	Bestandsoptimierung	Bestandsoptimierung durch erwartete Nachfrage im WMS	Die befragte Person sagt aus, dass eine Bestandsoptimierung mithilfe der erwarteten Nachfrage im WMS sinnvoll und möglich ist	Also einige Daten kennen wir ja ohnehin. Zum Beispiel, wir wissen die Vergangenheitsdaten auf jeden Fall und wir kennen die Anforderungsdaten in Richtung Warenausgang. Derartige Daten werden auf jeden Fall über die Schnittstelle ausgetauscht.	Das Beispiel entspricht der Definition
13	Bestandsoptimierung	Bestandsoptimierung durch erwartete Nachfrage im WMS	Die befragte Person sagt aus, dass eine Bestandsoptimierung mithilfe der erwarteten Nachfrage in anderen Informationssystemen sinnvoller ist.	Das WMS ist nicht soweit, dass es erkennt, jetzt gibt es wieder bestimmte Jahreszeiten und Wetterbedingungen, um etwa zu sagen, dass jetzt dann Streusalz wieder in rauen Mengen benötigt werden wird. Das macht das System nicht. Das erkennt das System schlicht nicht.	Das Beispiel entspricht der Definition
14	Fehlererkennung	Fehlererkennung über KI im Wareneingang sinnvoll.	Die befragte Person stimmt zu, dass die Fehlererkennung über KI im Wareneingang als sinnvoller Anwendungsfall betrachtet werden kann.	Grundsätzlich ist das natürlich so, der Wunsch ist da. In der Kommissionierung oder noch viel früher im Wareneingang Fehler zu erkennen.	Das Beispiel entspricht der Definition
14	Fehlererkennung	Fehlererkennung über KI im Wareneingang nicht sinnvoll.	Die befragte Person stimmt nicht zu, dass die Fehlererkennung über KI im Wareneingang als sinnvoller Anwendungsfall betrachtet werden kann.	Grundsätzlich ist das natürlich so, der Wunsch ist da. In der Kommissionierung oder noch viel früher im Wareneingang Fehler zu erkennen.	Das Beispiel entspricht der Definition

Kodierleitfaden

15	Fehlererkennung	Fehlererkennung über KI im Warenausgang sinnvoll.	Die befragte Person stimmt zu, dass die Fehlererkennung über KI im Warenausgang als sinnvoller Anwendungsfall betrachtet werden kann.	Also das man erkennt wie etwa Artikel, die beim Picken häufig verwechselt werden, erkennt. Das man sagt, es ist schon 10-mal aufgefallen, also beim Packen, dass ein Artikel falsch ist und man versucht zu erkennen, woran das liegt.	Das Beispiel entspricht der Definition
16	Fehlererkennung	Fehlererkennung über KI in anderen Lagerprozessen sinnvoll.	Die befragte Person stimmt zu, dass die Fehlererkennung über KI in anderen Lagerprozessen als sinnvoller Anwendungsfall betrachtet werden kann.	Genau, und da kann man zwei Sachen daraus bauen. Nämlich einmal nur den Prozess absichern, also nur mit der KI warnt, wenn etwas falsch gebucht wurde. Und man könnte dann sogar noch weiter gehen und man sich einige Benutzerangaben spart	Das Beispiel entspricht der Definition
17	Fehlererkennung	Daten für Fehler können dem WMS entnommen werden.	Die befragte Person stimmt zu, dass im WMS die notwendigen Daten zur Fehlererkennung vorhanden sind.	Also da denke ich schon, dass man Modelle mit bestehenden Daten definieren kann.	Das Beispiel entspricht der Definition
18	Fehlererkennung	Zusätzliche Sensoren, wie etwa Bilder, sollten für die Fehlererkennung mitberücksichtigt werden.	Die befragte Person erläutert andere externe Datenquellen, die ebenfalls für die Fehlererkennung berücksichtigt werden sollten.	Ja ich glaub ein typisches Beispiel hierfür ist, wenn man einen Behälter beispielsweise hat, mit einer Kamera auf den Behälter schaut und dann die KI nachprüft, ob die Buchung denn mit dem gerade Vollzogenen übereinstimmt.	Das Beispiel entspricht der Definition
19	Fehlererkennung	Fehlererkennung in Lagerprozessen mittels KI	Die befragte Person erläutert, dass KI dabei unterstützen kann, um Fehler im Lagerprozess, wie etwa Einlagerstrategien oder	Fehler aus der Vergangenheit erkennen und Aktionen daraus heraus vorschlagen.	Das Beispiel entspricht der Definition

Kodierleitfaden

			Zusammenlagerungen aufzudecken.		
19	Slotting	Slotting unterstützt mit KI ist ein sinnvoller Anwendungsfall.	Die befragte Person stimmt zu, dass Slotting mithilfe von KI den Lagerleitstand entsprechend unterstützt. Das bedeutet: * Der Anwendungsfall ist sinnvoll einsetzbar. * Die hierfür notwendigen Daten sind vom WMS verwaltet	Da wo ich hingegen wechselnde Verhältnisse habe, da wird es wiederum sehr spannend und da wäre glaube ich die größte Herausforderung im Gefahrstofflager, in dem es eine Gefahrstoffmatrix gibt, mit Zusammenlagerungsverboten.	Das Beispiel entspricht einer der beiden Definitionen
20	Slotting	Slotting unterstützt mit KI ist kein sinnvoller Anwendungsfall.	Die befragte Person glaubt, dass es andere, sinnvollere Anwendungsfälle für den Einsatz von KI im WMS gibt.	Ich glaub eine automatische Fixplatzzuweisung im Lager bedingt zu viel Kontrollaufwand durch den Leitstand im Nachhinein.	Das Beispiel entspricht einer der beiden Definitionen
21	ABC-Analyse	Erkennen von Neuordnungen ist mittels KI sinnvoll.	Die befragte Person glaubt, dass KI vor allem dabei unterstützen kann, wann ABC-Zuordnungen neu durchgeführt werden sollten. Das bedeutet: * KI kann Muster erkennen, die darauf hinweisen, dass Neuordnungen durchgeführt werden sollten	Aber nicht dabei, wenn Optimierungspotential vorhanden wäre, also dass das System das selbst erkennt und den Leitstand zu der Aktion bringt, ABC-Zuweisungen zu ändern.	Das Beispiel entspricht einer der beiden Definitionen

Kodierleitfaden

	ABC-Analyse	Erkennen von Neuordnungen ist mittels KI nicht sinnvoll.	Die befragte Person glaubt, dass KI bei der ABC-Klassifizierung nur wenig Hilfe bietet. Das bedeutet: * Es gibt bessere Anwendungsfälle als ABC-Neuzuordnungen	Aber meiner Erfahrung nach wird die Klassifizierung bereits vom ERP vorgegeben. Nichtsdestotrotz gibt es den ein oder anderen Kunden, der die ABC-Analyse verwendet.	Das Beispiel entspricht der Definition
22	Ressourcenoptimierung	Ressourcenoptimierung mit KI	Die befragte Person glaubt, dass KI vor allem in der Optimierung von Ressourcen unterstützen kann.	Ja genau, aber auch Staplerressourcen. Hier vielleicht auch eine Prognose wie viele Mitarbeiter als Leiharbeiter benötigt würden.	Das Beispiel entspricht der Definition
23	Ressourcenoptimierung	Ressourcenoptimierung durch Vorhersage, wann ein bestimmter Prozess gestartet werden soll.	Die befragte Person glaubt, dass KI dabei unterstützen kann, zu erkennen, wann ein bestimmter Prozess gestartet werden muss um rechtzeitig fertig zu werden.	Ganz wesentlicher Punkt, der tatsächlich immer häufiger aufkommt, ist der, dass man einen Termin hat, zu dem ein bestimmter Prozess abgeschlossen sein muss und herausrechnen muss, wann denn dieser Prozess gestartet werden muss.	Das Beispiel entspricht der Definition
24	Ressourcenoptimierung	Ressourcenoptimierung durch Prozessoptimierung	Die befragte Person identifiziert Anwendungen im Zuge der Prozessoptimierung. Dies bedeutet: * KI kann für das Erkennen von Prozessschwachstellen verwendet werden * KI kann für das Erkennen von Effizienzsteigerungen in	Zum einen natürlich das Thema, dass die Auslastung irgendwo angezeigt wird oder dass man die Auslastung irgendwo sieht und so frühzeitig erkennt, wann mehr Mitarbeiter wo benötigt werden und dass die Mitarbeiter dann auch Ressourcenschonend eingesetzt werden.	Das Beispiel entspricht der Definition

Kodierleitfaden

			Prozessen verwendet werden.		
25	Datenverfügbarkeit	Daten des WMS eignen sich für den Lernvorgang von KI-Systemen	Die befragte Person glaubt, dass im WMS die für einen Lernvorgang benötigten Daten zumindest teilweise verfügbar sind.	Wenn das System bereits 1-2 Jahre gelaufen ist und das Produktspektrum nicht allzu dynamisch ist, das muss natürlich auch berücksichtigt werden und diese Daten dann an einer bestimmten Stelle verfügbar sind kann man sicher auf diese Algorithmen zählen, die dann auch Optimierungspotential hervorheben können, definitiv.	Das Beispiel entspricht der Definition
26	Datenverfügbarkeit	Daten vom ERP können für den Lernvorgang von KI-Systemen hergenommen werden.	Die befragte Person glaubt, dass im WMS aus dem ERP Daten für den Lernvorgang verwendet werden können	Kann sich bestimmt ganz unterschiedlich darstellen. In gewissen ERP Systemen sind diese Daten bestimmt verfügbar und auswertbar.	Das Beispiel entspricht der Definition
27	Datenverfügbarkeit	Daten vom ERP können nicht für den Lernvorgang hergenommen werden	Die befragte Person glaubt, dass es im ERP entweder zu wenig Daten gibt oder dass diese nicht dem WMS zur Verfügung gestellt werden.	Hier ist aber zuerst das Hostsystem dafür zuständig diese Daten erst einmal zur Verfügung zu stellen denn was das Hostsystem nicht hat, kann das WMS auch nicht haben.	Das Beispiel entspricht der Definition
29	Datenmuster	In Daten des WMS gibt es relevante Muster	Die befragte Person glaubt, dass im WMS Muster erkennbar sind, die mithilfe einer KI	Aber Anforderungen bezüglich Artikelstammdaten oder wie gewisse Produkte gelagert werden, da gibt es bestimmte Ähnlichkeiten.	Das Beispiel entspricht der Definition

Kodierleitfaden

			identifiziert werden können.		
31	Entscheidungen durch KI	Entscheidungen von KI müssen unbedingt nachvollziehbar sein	Die befragte Person sagt aus, dass in einem WMS jegliche Entscheidungen unbedingt nachvollziehbar sein müssen.	Und genauso müsste das dann auch sein, dass man die Aktionen, die dadurch erzeugt wurden, dann nachvollziehen kann und dadurch dann auch Einsicht dazu nehmen und dass dann möglicherweise auch zu korrigieren.	Das Beispiel entspricht der Definition

ANHANG F Umfrageergebnisse

Zeitstempel	Wie hoch schätzen Sie den Bedarf nach zusätzlichen intelligenten Prozessen im WMS allgemein ein?	Ist die Nachfrage nach zusätzlichen intelligenten Funktionen in Ihrem Unternehmen in den letzten 5 Jahren gestiegen?	In welcher Lagerleitandaufgabe ist Ihrer Meinung nach der höchste Bedarf nach zusätzlichen intelligenten Prozessen?	In welchem der folgenden Prozesse in der Lagerplatzoptimierung ist Ihrer Meinung nach der höchste Bedarf nach zusätzlichen intelligenten Prozessen?	Wie wahrscheinlich würden Sie ein Modul einsetzen, welches den Lagerleitstand mit intelligenten Lagerplatzoptimierungen basierend auf der aktuellen Lagerauslastung unterstützt?	In welchem der folgenden Prüfprozesse ist Ihrer Meinung nach der höchste Bedarf nach zusätzlichen intelligenten Prozessen?	Wenn das WMS ein Modul beinhalten würde, welches den Personalbedarf für einen bestimmten Lagerbereich basierend auf der aktuellen Lagerleistung ermittelt, wie sehr würde dieses den Lagerleitstand unterstützen?	Inwieweit würden Sie es akzeptieren, wenn ein intelligentes System nicht nur Lagerplatzoptimierungen vorschlägt sondern diese basierend auf der aktuellen Personal- und Arbeitsauslastung auch automatisch durchführt?	Inwieweit würde es Ihrem Unternehmen unterstützen, wenn ein intelligentes WMS Modul Optimierungen in den bestehenden Einlagerstrategien vorschlägt?
03.09.2021 07:10:20	Hoch	Ja	Erkennen von fehlerhaften Zuständen im WMS durch fehlerhafte Nutzereingaben	Erkennung von möglichen zukünftigen Engpässen bei ABC-Zuordnungen	Wahrscheinlich	Erkennung von Fehlern in der Kommissionierung	Wenig unterstützend	3	Unterstützend
03.09.2021 07:36:54	Hoch	Ja	Erkennen von fehlerhaften Zuständen im WMS durch fehlerhafte Nutzereingaben	Unterstützung bei der Zusammenlagerung von häufig gemeinsam kommissionierten Artikeln	Wahrscheinlich	Erkennung von Fehlern bei der Erfassung von Paletten im Wareneingang	Unterstützend	3	Unterstützend
03.09.2021 09:28:22	Hoch	Ja	Erkennen von fehlerhaften Zuständen im WMS durch fehlerhafte Nutzereingaben	Unterstützung bei der Zusammenlagerung von häufig gemeinsam kommissionierten Artikeln	Sehr wahrscheinlich	Erkennung von Artikelkombinationen, die häufig Fehler verursachen	Wenig unterstützend	2	Unterstützend
03.09.2021 10:20:00	Sehr hoch	Ja	Ermitteln von zeitlich optimalen Zeitpunkten für den Start von Einlagerungen oder Auslagerungen	Erkennung von möglichen zukünftigen Engpässen bei Lagerplatzzuordnungen von Paletten	Wahrscheinlich	Erkennung von Artikelkombinationen, die häufig Fehler verursachen	Unterstützend	3	Unterstützend
03.09.2021 10:25:02	Gering	Nein	Optimierung von Abarbeitungsreihenfolgen von Kundenbestellungen	Erkennung von möglichen zukünftigen Engpässen bei Lagerplatzzuordnungen von Paletten	Wahrscheinlich nicht	Erkennung von Fehlern in der Kommissionierung	Wenig unterstützend	2	Wenig unterstützend
03.09.2021 11:01:47	Hoch	Ja	Optimierung von Abarbeitungsreihenfolgen von Kundenbestellungen	Unterstützung bei der Zusammenlagerung von häufig gemeinsam kommissionierten Artikeln	Wahrscheinlich	Erkennung von Artikelkombinationen, die häufig Fehler verursachen	Unterstützend	3	Sehr unterstützend
06.09.2021 07:17:28	Hoch	Ja	Optimierung von Ein- oder Auslagerstrategien	Unterstützung bei der Zusammenlagerung von häufig gemeinsam kommissionierten Artikeln	Wahrscheinlich	Erkennung von Fehlern bei der Erfassung von Paletten im Wareneingang	Wenig unterstützend	3	Wenig unterstützend
06.09.2021 09:44:38	Sehr hoch	Ja	Kurzfristigen Personalplanung (Ermittlung wo im Lager zusätzliches Personal benötigt wird)	Unterstützung bei der Zusammenlagerung von häufig gemeinsam kommissionierten Artikeln	Sehr wahrscheinlich	Erkennung von Artikelkombinationen, die häufig Fehler verursachen	Unterstützend	3	Sehr unterstützend
06.09.2021 10:02:11	Sehr hoch	Ja	Optimierung der ABC-Zuweisungen	Erkennung von möglichen zukünftigen Engpässen bei ABC-Zuordnungen	Sehr wahrscheinlich	Erkennung von Fehlern in der Kommissionierung	Unterstützend	3	Sehr unterstützend
06.09.2021 14:02:34	Sehr hoch	Ja	Kurzfristigen Personalplanung (Ermittlung wo im Lager zusätzliches Personal benötigt wird)	Unterstützung bei der Zusammenlagerung von häufig gemeinsam kommissionierten Artikeln	Wahrscheinlich nicht	Erkennung von Fehlern bei der Erfassung von Paletten im Wareneingang	Sehr unterstützend	3	Sehr unterstützend
07.09.2021 08:19:47	Sehr hoch	Ja	Optimierung von Ein- oder Auslagerstrategien	Unterstützung bei der Zusammenlagerung von häufig gemeinsam kommissionierten Artikeln	Sehr wahrscheinlich	Erkennung von Fehlern in der Kommissionierung	Unterstützend	4	Sehr unterstützend
20.09.2021 10:43:50	Hoch	Ja	Ermitteln von zeitlich optimalen Zeitpunkten für den Start von Einlagerungen oder Auslagerungen	Unterstützung bei der Zusammenlagerung von häufig gemeinsam kommissionierten Artikeln	Wahrscheinlich	Erkennung von Fehlern in der Kommissionierung	Unterstützend	3	Sehr unterstützend
20.09.2021 14:34:29	Sehr hoch	Ja	Optimierung von Ein- oder Auslagerstrategien	Unterstützung bei der Zusammenlagerung von häufig gemeinsam kommissionierten Artikeln	Sehr wahrscheinlich	Erkennung von Fehlern bei der Erfassung von Paletten im Wareneingang	Wenig unterstützend	3	Unterstützend

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abkürzung	Bedeutung
KI	Künstliche Intelligenz
AGV	Automated Guided Vehicle
ERP	Enterprise-Resource-Planning Software
WMS	Warehouse-Management Software
MFR	Materialflussrechner
WCS	Warehouse-Control-System
MIS	Management-Information-System
WWS	Warenwirtschaftssystem
BI	Business-Intelligence
NLP	Natural-Language-Processing
ROI	Return-On-Investment
ML	Maschinelles Lernen
EM-Algorithmus	Expectation-Maximum
KNN	Künstliche neurale Netze

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Informationsfluss im Lager am Beispiel Online Shops (vgl.Hompel und Schmidt 2008).....	14
Abbildung 2: Prozesse im Lager (vgl. Richards 2018).....	16
Abbildung 3: Klassifizierung mit Regression	28
Abbildung 4: Konzept Lernen durch Verstärkung (Gollapudi, 2016).....	31
Abbildung 5: Darstellung eines KNN (Buxmann und Schmidt, 2019).....	32
Abbildung 6: Kundennachfrage nach KI.....	54
Abbildung 7: Entscheidungsfindung durch KI	56
Abbildung 8: Fehlererkennung mit KI im Wareneingang.....	59
Abbildung 9: ABC-Analyse mit KI.....	60
Abbildung 10: Bedarf nach zusätzlichen intelligenten Prozessen im WMS	66
Abbildung 11: Höchster allgemeiner Bedarf nach inteligenen Prozessen	67
Abbildung 12: Bedarf in der Bestandsoptimierung.....	68
Abbildung 13: Optimierungen in der Einlagerstrategie.....	68
Abbildung 14: Bedarf in Prüfprozessen.....	69

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Kriterienkatalog..... 40

LITERATURVERZEICHNIS

Alicke, Knut; Azcue, Xavier; Barriball, Edward (2020): Supply-chain recovery in coronavirus times. Plan for now and the future. MCKinsey & Company.

Arrieta, Alejandro Barredo; Díaz-Rodríguez, Natalia; Ser, Javier Del; Bennetot, Adrien; Tabik, Siham; Barbado, Alberto et al. (2020): Explainable Artificial Intelligence (XAI). Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. In: *Information Fusion* 58, 2020, S. 82–115.

Bell, Jason (2020): Machine learning. Hands-on for developers and technical professionals. Second edition. Indianapolis, Indiana: Wiley.

Bose, J.; Reiners, T.; Steenken, D.; Voss, S. (2000): Vehicle dispatching at seaport container terminals using evolutionary algorithms. In: *Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2, S. 10.

Bughin, Jacques; Hazan, Eric; Ramaswamy, Sree; Chui, Michael; Allas, Tera; Dahlström, Peter et al. (2017): Artificial Intelligence. The next digital frontier. Hg. v. Jacques Bughin, Eric Hazan, James Manyika und Jonathan Woetzel. McKinsey Global Institute.

Buxmann, Peter; Schmidt, Holger (2019): Künstliche Intelligenz. Mit Algorithmen zum wirtschaftlichen Erfolg. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Chui, Michael; Manyika, James; Miremadi, Mehdi; Henke, Nicolaus; Chung, Rita; Nel, Pieter (2018): Notes from the AI frontier: Applications and value of deep learning. McKinsey Global Institute.

Copeland, Ella (2020): UK warehouses waste 3000 hours a year on poor processes. Online verfügbar unter <https://www.supplychaindigital.com/supply-chain-risk-management/uk-warehouses-waste-3000-hours-year-poor-processes>, zuletzt aktualisiert am 29.11.2020, zuletzt geprüft am 07.04.2021.

Elbert, Ralf; Franzke, Thorsten; Glock, Christoph H.; Grosse, Erich H. (2015): Picker Blocking in manuellen Kommissioniersystemen. A Simulation-based Analysis of the Effects of Picker Blocking in Manual Order Picking Systems. Fraunhofer IRB Verlag. Stuttgart.

Gesing, Ben; Peterson, Steve J.; Michelsen, Dirk (2018): Artificial Intelligence in Logistics. A collaborative report by DHL and IBM on implications and use cases for the logistics industry. DHL und IBM.

Gleißner, Harald; Femerling, Christian (2008): Logistik. Grundlagen - Übungen - Fallbeispiele. Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler | GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden (Lehrbuch).

- Gollapudi, Sunila (2016): Practical machine learning. Tackle the real-world complexities of modern machine learning with innovative and cutting-edge techniques. Birmingham, UK: Packt Publishing (Community experience distilled).
- Goodfellow, Ian; Bengio, Yoshua; Courville, Aaron (2016): Deep learning. Cambridge, Massachusetts, London, England: MIT Press.
- Große, Kathleen; Sartorius, Jeannine; Fittinghoff, Markus (2018): Predictive Maintenance at Automatic Storage Retrieval Machines (ASRS) with Vibration Sensors. Hochschule Heilbronn, Fakultät für Technische Prozesse (TP).
- Günthner, Willibald A.; Tenerowicz, Peter (2018): Modularisierung und Dezentralisierung in der Intralogistik. Auf dem Weg zur zellularen Fördertechnik. Technische Universität München. München.
- Hastie, Trevor; Tibshirani, Robert; Friedman, Jerome H. (2017): The elements of statistical learning. Data mining, inference, and prediction. Second edition, corrected at 12th printing 2017. New York, NY: Springer (Springer series in statistics).
- Hezel, P. (2020): Ist der Klimawandel ein persönliches Anliegen für Sie? MAKAM Research. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1119603/umfrage/umfrage-zur-persoelichen-relevanz-des-klimawandels-in-oesterreich-nach-alter/>, zuletzt aktualisiert am 01.2020, zuletzt geprüft am 24.04.2021.
- Hompel, Michael ten; Sadowsky, Volker; Beck, Maria (2011): Kommissionierung. Materialflusssysteme 2 - Planung und Berechnung der Kommissionierung in der Logistik. Berlin: Springer (VDI-/Buch]).
- Hompel, Michael ten; Schmidt, Thorsten (2008): Warehouse Management. Organisation und Steuerung von Lager- und Kommissioniersystemen ; mit 48 Tabellen. 3., korrigierte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (VDI-Buch).
- Hompel, Michael ten; Schmidt, Thorsten; Nagel, Lars (2007): Materialflusssysteme. Förder- und Lagertechnik. 3., völlig neu bearbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Intralogistik).
- Hoppe, Marc; Käber, André (2009): Warehouse Management mit SAP ERP. Effektive Lagerverwaltung mit WM. Bonn: Galileo Press.
- Keller, Sarah (2021): Umfrage zu den Auswirkungen des Corona-Virus auf die Logistikbranche. Hg. v. SCI Verkehr. SCI Verkehr. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1111437/umfrage/umfrage-zu-den-auswirkungen-des-corona-virus-auf-die-logistikbranche/>, zuletzt aktualisiert am 16.02.2021, zuletzt geprüft am 03.03.2021.
- Kipouridis, Orthodoxos; Roidi, Moritz; Günthner, Willibald A.; Hompel, Michael ten (2013): Kollaborative Planung dezentral gesteuerter Materialflusssysteme in der Intralogistik. Lehrstuhl

Fördertechnik Materialfluss Logistik, TU München, Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen, TU Dortmund.

Klug, Markus; Rief, Georg; Konrath, Karina (2019): Nutzung von Simulation und Künstlicher Intelligenz in der Intralogistik. Hg. v. Andreas Schlegel und Matthias Putz. Auerbach.

Kreutzer, Ralf T.; Sirrenberg, Marie (2019): Künstliche Intelligenz verstehen. Grundlagen, Use-Cases, unternehmenseigene KI-Journey. Wiesbaden: Springer Gabler.

Kruse, Rudolf J.; Borgelt, Christian; Klawonn, Frank; Moewes, Christian; Ruß, Georg; Steinbrecher, Matthias (2012): Computational Intelligence. Eine methodische Einführung in Künstliche Neuronale Netze, Evolutionäre Algorithmen, Fuzzy-Systeme und Bayes-Netze. Wiesbaden: Vieweg + Teubner (Studium).

Laudon, Kenneth C.; Laudon, Jane P. (2017): Management information systems. Managing the digital firm. Global Edition. 15th ed. India: Pearson.

Martin, Heinrich (2009): Transport- und Lagerlogistik. Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik ; mit 39 Tabellen. 7., erw. und aktualisierte Aufl. Wiesbaden: Vieweg + Teubner (Praxis).

Mayring, Philipp (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12., überarb. Aufl. Weinheim: Beltz (Beltz Pädagogik).

Motorola (2013): Warehousing 2018. From cost center to growth center.

O'Shaughnessy, D. (2003): Interacting with computers by voice: automatic speech recognition and synthesis. In: *Proceedings of the IEEE* 91, 2003 (9).

Poole, David L.; Mackworth, Alan K. (2011): Artificial intelligence. Foundations of computational agents. reprinted. Cambridge: Cambridge Univ. Press.

Richards, Gwynne (2018): Warehouse management. A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse. Third edition. London, New York, New Dehli: Kogan Page.

Russell, Stuart J.; Norvig, Peter (2018): Artificial intelligence. A modern approach. 4th edition. Boston: Pearson.

Samek, Wojciech; Müller, Klaus-Robert (2019): Towards Explainable Artificial Intelligence.

Samek, Wojciech; Wiegand, Thomas; Müller, Klaus Robert (2017): Explainable Artificial Intelligence. Understanding, Visualizing and Interpreting Deep Learning Models. Berlin.

Schadler, Michael; Hafner, Norbert; Landschützer, Christian (2019): Konzepte und Methoden für prädiktive Instandhaltung in der Intralogistik. Institut für Technische Logistik (ITL), Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften, Technische Universität Graz. Graz.

Shapiro, Benjamin R.; Fiebrink, Rebecca; Norvig, Peter (2018): How machine learning impacts the undergraduate computing curriculum 61, 2018 (11), S. 27–29.

Statista Research Department (Hg.) (2016): Prognose zum Umsatz mit Unternehmensanwendungen im Bereich künstliche Intelligenz weltweit von 2016 bis 2025 (in

Millionen US-Dollar). Online verfügbar unter

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/620443/umfrage/umsatz-mit->

[unternehmensanwendungen-im-bereich-kuenstliche-intelligenz-](https://de.statista.com/statistik/daten/studie/620443/umfrage/umsatz-mit-)

[weltweit/#:~:text=Umsatz%20mit%20Business%2DAnwendungen%20im%20Bereich%20k%C3](https://de.statista.com/statistik/daten/studie/620443/umfrage/umsatz-mit-)

[%BCnstliche%20Intelligenz%20weltweit%20bis%202025&text=Die%20Statistik%20zeigt%20di](https://de.statista.com/statistik/daten/studie/620443/umfrage/umsatz-mit-)

[e%20weltweite,8%20Milliarden%20US%2DDollar%20prognostiziert](https://de.statista.com/statistik/daten/studie/620443/umfrage/umsatz-mit-), zuletzt aktualisiert am

12.09.2016, zuletzt geprüft am 03.03.2021.

Ullrich, Günter (2015): Automated Guided Vehicle Systems. A Primer with Practical

Applications. Unter Mitarbeit von Paul a. Kachur. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin /

Heidelberg.

Volodymyr, Mnih; Adriá, Puigdoménech Badia; Mehdi, Mirza; Graves, Alex; Harley, Tim;

Lillicrap, Timothy P. et al. (2016): Asynchronous Methods for Deep Reinforcement Learning.

University of Montreal. Montreal.

Windt, Katja; Hülsmann, Michael (Hg.) (2007): Understanding autonomous cooperation and

control in logistics. The impact of autonomy on management, information, communication and

material flow. Berlin, New York: Springer.