

Analyse und Bewertung von KI-Anwendungen in der Logistik

Analysis and evaluation of AI applications in logistics

Thomas Straßer
Bernhard Axmann

Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen
Technische Hochschule Ingolstadt

Es werden für eine große Anzahl von Einsatzgebieten derzeit KI-Anwendungen entwickelt und erprobt. Aber wie weit, also wie reif sind diese Anwendungen für den täglichen, industriellen Betrieb. Demnach ist das Ziel dieses Artikels für den Bereich Logistik effizienzsteigernde KI-Anwendungsszenarien zu beschreiben und zu bewerten. Zu diesem Zweck werden mit der empirischen Methode „Analytischer Hierarchieprozess“ KI-Anwendungen durchleuchtet, um als Ergebnis vier Anwendungsfälle auszuwählen. Diese vier KI-Anwendungsfälle werden in Form von Steckbriefen detailliert beschrieben und bewertet. Die Bewertung orientiert sich an den Kriterien des 5D - Digital Technology Assessment Cycles. Neben dem Einsatz von Smart Wearable Technologien sind insbesondere text- und sprachbasierte Informationseingaben mittels Chatbots zu nennen. Auch der frühzeitigen Erkennung von Ineffizienzen mittels prädiktiver Analysemethoden (Routenoptimierung) sowie der Inanspruchnahme mobiler robotischer Systeme (Kommissionierung) können hohes Anwendungspotenzial beigemessen werden. Mit Blick auf die Veränderung logistischer Prozesse im Zuge zunehmend KI-optimierter Produktions- und Logistiksysteme, kann dem Einsatz intelligenter Technologien demnach enormes Potenzial attestiert werden.

[Schlüsselwörter: Digitalisierung, Künstliche Intelligenz, Machine Learning, Smart Wearable, Chatbot, Prädiktive Analytik, Mobile Robotik]

AI applications are currently being developed and tested for a large number of application areas. But how far, i.e. how mature are these applications for daily, industrial operations? Accordingly, the aim of this article is to describe and evaluate efficiency-enhancing AI application scenarios for the field of logistics. For this purpose, the empirical method "Analytical Hierarchy Process" is used to screen AI applications in order to select four use cases as a result. These four AI use cases are described and evaluated in detail in the form of profiles. The

evaluation is based on the criteria of the 5D - Digital Technology Assessment Cycle. In addition to the use of smart wearable technologies, text- and voice-based information inputs via chatbots are particularly worthy to mention. The early detection of inefficiencies using predictive analysis methods (route optimization) and the use of mobile robotic systems (order picking) can also be seen as having high application potential. In view of the change in logistics processes in the course of increasingly AI-optimized production and logistics systems, the use of intelligent technologies can therefore be attested enormous potential.

[Keywords: Digitalization, Artificial Intelligence, Machine Learning, Smart Wearable, Chatbot, Predictive Analytics, Mobile robotics]

1 WELCHE KI-ANWENDUNGEN SIND IN DER LOGISTIK SINNVOLL?

1.1 MOTIVATION: ZAHLEN UND FAKTEN

Die KI-basierte Analyse von Datenmengen ermöglicht es, bisher ungesehene Zusammenhänge zu erkennen, realistische Szenarien für die nahe Zukunft zu entwickeln und den gesamten Warenfluss deutlich agiler und weniger stör anfällig zu gestalten [SSI18]. Innerhalb der Logistik bieten KI-Technologien völlig neue Ansätze und Werkzeuge zur Optimierung [Bos18]. Die jüngste Analyse von Infoholic Research (2018) zeigt auf, dass der globale Markt für KI im Bereich des Logistikwesens auf 0,76 Mrd. US-Dollar im Jahr 2017 geschätzt wurde. Mit Blick auf die Zukunft soll dieser Markt bei einer jährlichen durchschnittlichen Wachstumsrate von 43 %, bis 2023 auf 6,5 Mrd. US-Dollar anwachsen. [Inf18]

Vor diesem Hintergrund und da der Einsatz von KI-Technologien als die größte und bedeutendste Veränderung innerhalb der Logistik gilt, ist es von hoher Relevanz, diesen Bereich näher zu betrachten. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich daher mit KI-Anwendungsszenarien im Bereich der Logistik mit dem Ziel aufzuzeigen, inwieweit

spezifische Anwendungsszenarien effizienzsteigernd im logistischen Umfeld Anwendung finden können. Auf dieser Grundlage sollen die folgenden Forschungsfragen untersucht und ausgearbeitet werden [Str21]:

- Welche KI-Ansätze bieten das größte Potenzial für eine erfolgreiche Implementierung innerhalb des Logistikwesens?
- Wie kann die Vorteilhaftigkeit dieser Ansätze bewertet und dargestellt werden?

1.2 GRUNDSÄTZE DER KI

Die KI wird in der Regel als die Fähigkeit eines IT-Systems definiert, menschenähnliche und intelligente Verhaltensweisen zu zeigen. Dabei stehen kognitive Funktionen wie die Verarbeitung von Erkenntnissen und Informationen im Vordergrund [Bau17]. Als Teilgebiet der Computer Science (engl. für Wissenschaft der Informatik) ist die KI eng mit den Begrifflichkeiten Machine Learning (ML), Natural Language Processing (NLP) und Intelligent Process Automation (IPA) verknüpft. Dabei ist Deep Learning (DL) ein Teilbereich von ML, welches wiederum der KI untergeordnet ist. [Lub20]

Es werden Abhängigkeit der genannten Bereiche in der nachfolgenden Abbildung 1 in Form eines Euler-Diagramms taxonomisch dargestellt.

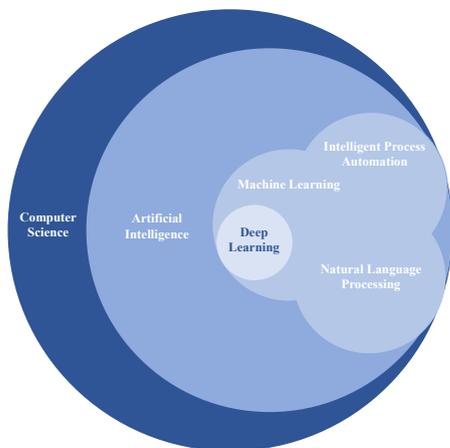


Abbildung 1: Taxonomie der KI [Ele19]

Natural Language Processing (NLP): NLP ist ein Teilgebiet der KI, die es Software- und Computersystemen ermöglicht, Sprach- oder Textkommunikation in normalisierte, für die Analyse geeignete Daten umzuwandeln. Text- und sprachbasierte Informationseingaben können demnach mit Kontext versehen werden und in eine für den Computer verständliche Form gebracht werden. NLP-Technologien fungieren dadurch als Brücke zwischen personalisierten Eingaben und den von Maschinen strukturierten Daten. [Dha20, Mey19]

Intelligent Process Automation (IPA): IPA ist ein softwarebasierter Ansatz, der mit einem einfachen Regelwerk wiederholbare Prozesse emuliert, die sonst von menschlichen Softwareanwendern durchgeführt werden. IPA ist eine Erweiterung der klassischen Robotic Process Automation (RPA) mit kognitiven Aspekte der KI und bietet diverse Optionen zur Prozessoptimierung. KI ermöglicht dabei die Strukturierung von Prozessdaten und schafft die erforderlichen Bedingungen, die eine Automatisierung durch RPA möglich macht. [Del21, Bus21]

Machine Learning (ML): Beim Machine Learning handelt es sich um Systeme, die ihre Leistung zur Lösung bestimmter Aufgaben durch stetig wachsenden Input von Erfahrungen und Daten steigern. Zur Lösung der Aufgaben werden Daten eingeholt und mithilfe des Einsatzes von Algorithmen in ein statistisches Modell überführt. Die Algorithmen passen sich demnach auf neue Daten und Erfahrungen an, um die Effizienz kontinuierlich zu verbessern und genauere Vorhersagen zu treffen. [Ele19, Bur19]

1.3 ANWENDUNGSFÄLLE VON KI IN DER LOGISTIK

Eine von McKinsey beauftragte Studie konstatiert, dass rund 64 % aller derzeit von Menschen ausgeführten Tätigkeiten in der deutschen Logistikindustrie das Potenzial haben, durch KI-Technologien automatisiert zu werden [McK17]. Eine Methode zur Einordnung dieses Potenzials bietet der von Gartner, einem US-amerikanischen Marktforschungsunternehmen, entwickelte Hype-Cycle. Dabei werden jährlich aufstrebende Technologien in den Zyklus eingeordnet und entsprechend deren Entwicklungsstands aktualisiert. Dadurch soll vorhersagbar sein, wann eine Technologie marktfähig ist und somit die nötige Reife erlangt.

Da der Schwerpunkt dieses Papers auf dem Thema KI liegt, werden im Folgenden ausschließlich KI-basierte Technologien innerhalb der Trends betrachtet. Abbildung 2 zeigt auf, welche Technologien der KI zugeordnet werden können.

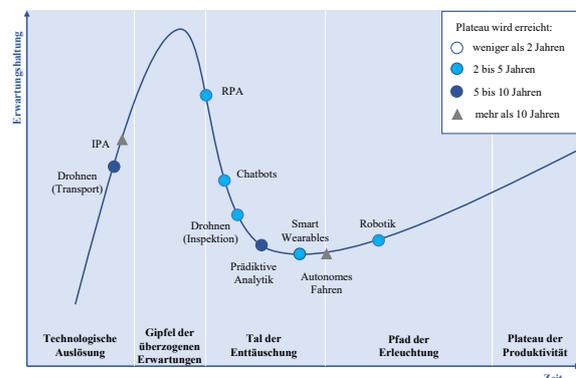


Abbildung 2: Hype-Zyklus nach Gartner im Jahr 2020 [Hip20]

Eine Kategorisierung der einzelnen Technologien in die vier übergeordneten Klassen „Analytik und Software“,

„Mobilität“, „Robotik“ sowie „IOT und Hardware“ ermöglicht dabei eine differenziertere Betrachtung hinsichtlich zukünftiger Potenziale zur Effizienzsteigerung.

Analytik und Software: Der Bereich Analytik und Software umfasst Werkzeuge zur autonomen oder teilautonomen Untersuchung von Daten oder Inhalten, die über die traditionellen Business-Erkenntnisse hinausgehen. Dabei ermöglicht die erweiterte Analyse tiefere Einblicke, Vorhersagen und Empfehlungen. Exemplarische Anwendungsszenarien markieren die Predictive Maintenance, die Routenoptimierung, die Prognose- als auch Transportplanung. Gartner misst der prädiktiven Analyse hohes Potenzial bei. Die Technologie befindet sich derzeit im Tal der Enttäuschung und wird innerhalb der nächsten zehn Jahre erfolgreich auf dem Markt implementiert sein. [Hip20]

Mobilität: Innerhalb der Mobilität werden unbemannte Fahrzeuge, die auf Sensor- und Videoerkennungstechnologien, KI und anderen Informations- und Kommunikationstechnologien basieren, zusammengefasst. Drohnen als Transportmittel bilden laut Gartner Innovationsauslöser, deren Reifegrad innerhalb der nächsten fünf bis zehn Jahre erreicht wird. Das autonome Fahren dagegen befindet sich aktuell im Tal der Enttäuschung. Gartner zufolge wird es mindestens zehn Jahre, bis zur Erlangung der Marktfähigkeit, andauern. [Rad20, Hip20]

Robotik: Das Themenfeld Robotik betrifft den Entwurf, die Konstruktion, den Betrieb und die Nutzung von Robotern sowie Computersystemen zur Informationsverarbeitung. Ein wesentliches Anwendungsgebiet im Logistikwesen bildet dabei die Lagerautomatisierung in Form von Inspektion, Transport, Kommissionierung und Inventarisierung. Gartner setzt hohe Erwartungen in robotische Systeme, die sich aktuell auf dem Pfad der Erleuchtung befinden. [Inf19, Hip20]

IOT und Hardware: Internet of Things (IoT) beschreibt die Fähigkeit zur Identifikation, Kommunikation und Interaktion durch Vernetzung physischer und virtueller Gegenstände. Im besonderen Maße sind die Technologien RPA, Chatbots und Smart Wearables zu nennen, welche sich gegenwärtig alle dem Tal der Enttäuschung zuordnen lassen können. Eine Marktreife wird laut Gartner in den nächsten zwei bis zehn Jahren erwartet. IPA-Technologien als technologische Auslöser hingegen, erreichen das Plateau voraussichtlich nicht in weniger als zehn Jahren. [Lub16, Hip20]

Als wesentlicher Treiber KI-basierter Technologien im logistischen Umfeld sind in diesem Zusammenhang Tech-Startups zu nennen. Abbildung 3 unterstreicht dieses Innovationspotenzial und listet Startups auf, die spezifische Ansätze für KI anbieten und diese bereits operationalisieren.

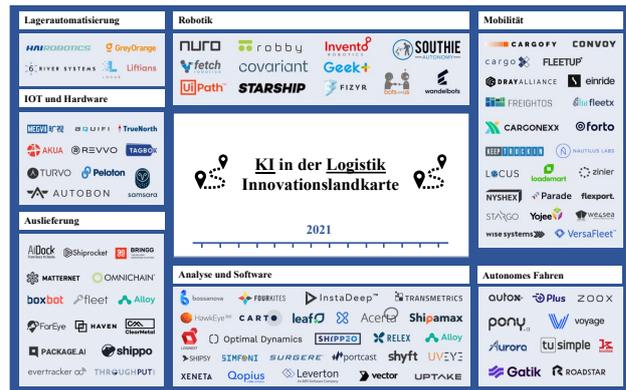


Abbildung 3: Innovationslandkarte KI in der Logistik [Syc20]

2 METHODIK

2.1 VORGEHENSWEISE

Im Rahmen dieser Arbeit finden empirische Methoden Anwendung, die sowohl auf Primär- als auch auf Sekundärquellen beruhen, um die Möglichkeiten KI-basierter Szenarien im logistischen Umfeld umfassend zu durchleuchten.

Zunächst wird zur Vorauswahl potenzieller Einsatzgebiete der systematische Ansatz des Analytischen Hierarchieprozesses (siehe Kapitel 2.1) gewählt. Auf Basis der vorangegangenen praktischen Aufarbeitung möglicher Einsatzgebiete innerhalb der Logistik und zur Präzisierung des bisherigen Wissenstands folgt die Erhebungsmethode des standardisierten Leitfadenterviews mit Experten (siehe Kapitel 2.2). Die SWOT-Analyse (siehe Kapitel 2.3) beschließt die systemische Situationsanalyse intelligenter Technologien auf dem Gebiet der Logistik.

2.2 ANALYTISCHER HIERARCHIEPROZESS

Der Analytische Hierarchieprozess ist ein multikriterielles Verfahren, das die Bewertung von Alternativen im Hinblick auf ein vorgegebenes Gesamtziel anhand von meist hierarchisch strukturierten Merkmalen und deren Gewichtung ermöglicht [Hip98]. Der Entscheidungsprozess läuft dabei in mehreren Stufen ab und gliedert sich im Allgemeinen in die folgenden Schritte [Mei02]:

- (1) Hierarchiekonstruktion
- (2) Bewertung der Hierarchieelemente
- (3) Berechnung der lokalen Prioritäten
- (4) Konsistenzprüfung
- (5) Berechnung der globalen Prioritäten

2.3 LEITFADENORIENTIERTES EXPERTENINTERVIEW

Das leitfadensorientierte Experteninterview ist eine strukturierte und systematische Erhebungsmethode zur Einholung von Informationen mithilfe gezielter Befragungen eines spezifischen Personenkreises [Mül18]. Die Umsetzung des erforderlichen Informationsbedarfs bedingt ein theoriegeleitetes Ablaufmodell sowie die Übertragung von Fragen und Kategorien in einen thematischen Leitfaden. Der generierte Leitfaden wirkt dabei als konkretes Hilfsmittel in der Erhebungssituation und hat einen orientierenden Charakter [Glä09]. Der Prozess zur Durchführung leitfadengestützter Experteninterviews kann im Wesentlichen in die folgenden drei Schritte unterteilt werden:

- (1) Aufbau des Interviewleitfadens
- (2) Auswahl der Expertengruppe
- (3) Qualitative Inhaltsanalyse

2.4 SWOT-ANALYSE

Die SWOT-Analyse ist eine mehrdimensionale Methode der strategischen Analyse, mit deren Hilfe die Positionierung von Unternehmen oder Technologien auf dem Markt beurteilt werden kann. Die Erhebungsmethode untersucht die internen Faktoren (interne Analyse) und externen Faktoren (externe Analyse) einer Organisation oder einer Technologie. Die Chancen und Risiken analysieren dabei das externe Umfeld, wohingegen die Stärken und Schwächen den Fokus auf die zu analysierende Technologie legen. [Bro18]

3 VORAUSWAHL VON 4 WESENTLICHEN ANWENDUNGSFÄLLEN

Es wird zur Vorauswahl der systematische Ansatz des Analytischen Hierarchieprozesses verwendet, um eine möglichst objektive und nachvollziehbare Entscheidungsfindung zu gewährleisten. Die Methodik zeigt dabei auf, welche intelligenten Technologien auf Basis der zuvor ermittelten Bewertungskriterien das höchste Potenzial für Effizienzsteigerungen im Logistikwesen bieten.

Als Ausgangspunkt werden alle Bewertungskriterien herangezogen, deren Beitrag zur Zielerreichung als besonders relevant angesehen wird. Dabei dienen die Evaluationskriterien des 5D – Digital-Technologie Assessment Cycle als notwendige Orientierungshilfe zur Bewertung von elf KI-basierten Anwendungsszenarien hinsichtlich ihrer Eignung im logistischen Umfeld.



Abbildung 4: Ergebnisse des Analytischen Hierarchieprozesses

Mit einer globalen Priorität von 21,73 % werden Smart Wearables als besonders zweckdienlich angesehen. Im Allgemeinen kann konstatiert werden, dass gerade Szenarien im Umfeld des Einsatzbereichs „IoT und Hardware“ effizienzsteigernd sind. Dazu zählen neben den bereits erwähnten Smart Wearable Technologien, text- und sprachbasierte Informationseingaben mittels Chatbots (18,62 %).

Der frühzeitigen Erkennung von Ineffizienzen mithilfe prädiktiver Analysemethoden wird ebenfalls hohes Anwendungspotenzial beigemessen. Insbesondere die Prognoseplanung (15,09 %) auf Basis intelligenter Datenanalysetechniken sowie die Routenoptimierung (8,69 %) im Bereich des Lagermanagements können gewinnbringend Anwendung finden und zu innerbetrieblichen Produktivitätssteigerungen beitragen.

Szenarien der mobilen Robotik werden auf die Ränge fünf und sechs verwiesen. Demzufolge tragen die Kommissionierung und Inventarisierung über robotische Systeme mit 7,35 % respektive 6,46 % nicht unmittelbar zum Ziel der Effizienzsteigerung im Logistikwesen bei. Vor dem Hintergrund technologischer Weiterentwicklungen auf dem Feld der Robotik, erscheint eine weitere Betrachtung und Analyse jedoch als zweckdienlich.

Ein Einsatz von Lieferdrohnen (1,60 %) sowie autonomen Fahrzeugen (4,26 %) kann nach derzeitigem Stand und unter Berücksichtigung der Bewertungskriterien als nicht zielführend erachtet werden.

Die Forschungsfrage, welche Ansätze das größte Potenzial für eine erfolgreiche Implementierung bieten, kann somit weitgehend beantwortet werden. Es wird ein Bild skizziert, welche Technologien und Szenarien als besonders zukunftssträftig und effizienzsteigernd angesehen werden können und worauf der Fokus in den nachfolgenden Kapiteln gesondert gelegt werden soll. Als Output ergeben sich demnach vier KI-Logistik Anwendungsfälle – Smart Wearables, Chatbots, prädiktive Analysemethoden und mobile robotische Systeme.

4 BESCHREIBUNG UND BEWERTUNG VON 4 KI-ANWENDUNGSFÄLLEN

4.1 SMART WEARABLES

Smart Wearables sind Computertechnologien, die am Körper oder Kopf getragen werden. Als Konkretisierung des Ubiquitous Computing (der Allgegenwart der Datenverarbeitung) und Bestandteil des IoT bezwecken sie die Unterstützung einer Tätigkeit in der realen Welt, etwa durch (Zusatz-) Informationen, Auswertungen und Anweisungen.

Innerhalb des logistischen Umfelds sind Smart Wearable Technologien prädestiniert für den produktionslogistischen Lagerbetrieb, insbesondere der Kommissionierung. Dem hohen Bedarf an Informationen wird durch einen Einsatz unterstützender Gegenstände nachgekommen und erwirkt erhebliche Effizienzsteigerungen im Betrieb. Potenzielle Einsatzformen stellen dabei neben Datenbrillen, Fingerscannern und Scanner-Handschuhen, Smart Watches und Exoskelette dar.

Die Technologie der Smart Wearables bewegt sich gegenwärtig gemäß des Gartner-Hype-Cycles auf dem Pfad der Erleuchtung. Erste marktreife Produkte bewähren sich unter rationalen Erwartungen und resultieren in Effizienzsteigerungen innerhalb des Logistikwesens. Eine übersichtliche und nach einheitlichem Aufbau visualisierte Darstellung von Leistungsbewertung und -kriterien kann der Abbildung 5 entnommen werden.

Leistungsbewertung	
Stärken <ul style="list-style-type: none"> Verbesserung der Ergonomie Geringere Fehleranfälligkeit Zeiteinsparung in operativen Prozessen Verbesserte Informationslage Geringer Schulungsbedarf Intuitive Bedienung 	Chancen <ul style="list-style-type: none"> Steigendes Marktwachstum Technologieverbesserungen Hoher Wettbewerb unter Anbietern Inklusion physisch eingeschränkter Personen Neue Einsatzszenarien Kombination mit anderen Technologien
Schwächen <ul style="list-style-type: none"> Fehlende Userakzeptanz Regelmäßiger Pflege- und Wartungsbedarf Unwohlsein des Mitarbeiters bzw. Tragekomfort Akkulaufzeiten 	Risiken <ul style="list-style-type: none"> Beschränkung der Persönlichkeitsrechte Anbindung an Cloud-Lösungen Datensicherheit und Datenschutz Netzwerkzugang
Leistungskriterien	
Kosten	hoch  niedrig
Technologische Reife	niedrig  hoch
Usability	niedrig  hoch
Company Readiness	niedrig  hoch

Abbildung 5: Leistungseinschätzung von Smart Wearables

4.2 CHATBOTS

Chatbots sind virtuelle, konversationsfähige Service-roboter, die die Interaktion zwischen Mensch und Computer ermöglichen. Die robotischen virtuellen Agenten unterstützen den Anwender über Desktop-Schnittstellen und bilden Sprach- und Texteingaben mittels Textharmonisierung und Mustererkennung als strukturierte Daten ab.

Als performantes Bindeglied zwischen Menschen und IT-Systemen können Chatbots für Logistikprozesse, bei

denen einfache Abfragen oder wenige Prozessschritte anfallen, unterstützend sein und eine bessere Supply-Chain-Sichtbarkeit erzeugen. Das Einsatzspektrum gestaltet sich dabei vielfältig und reicht von der Info-Assistenz im Lager (Informations-Bot) bis hin zur Durchführung von Inventuren und Verfügbarkeitsanfragen (Inventur- bzw. Bestell-Bot).

Gartner ordnet die Technologie dem Tal der Enttäuschung zu. Eine Marktreife wird in den nächsten zwei bis fünf Jahren erwartet. Wie und in welchem Maße eine Vorteilhaftigkeit eines Einsatzes einzustufen ist, wird in Abbildung 6 aufgeführt.

Leistungsbewertung	
Stärken <ul style="list-style-type: none"> Verbesserung Qualität / Servicegrad Intuitive Bedienung Permanente Verfügbarkeit Kurze Implementierungsdauer Verbesserung Transparenz / Informationslage 	Chancen <ul style="list-style-type: none"> Steigendes Marktwachstum Technologieverbesserungen Innovationen durch hohen Wettbewerb Kombination mit anderen Technologien Ausbaufähiger Reifegrad
Schwächen <ul style="list-style-type: none"> Fehlende Userakzeptanz Datensicherheit Probleme bei komplexen Anfragen Kontextualisierung und Empathie 	Risiken <ul style="list-style-type: none"> Datenmissbrauch Soziale Isolation Arbeitsplatzsicherheit Image- und Reputationsrisiken
Leistungskriterien	
Kosten	hoch  niedrig
Technologische Reife	niedrig  hoch
Usability	niedrig  hoch
Company Readiness	niedrig  hoch

Abbildung 6: Leistungseinschätzung von Chatbots

4.3 PRÄDIKTIVE ANALYTIK

Die Prädiktive Analytik ist eine fortgeschrittene Analysemethode, die historische Daten zur Generierung präziserer Prognosen verarbeitet und als Resultat Vorhersagemodelle erstellt. Somit zielt sie insbesondere darauf ab, aus Prozess- und Umgebungsdaten Einflüsse aus dem Umfeld zu bewerten und die Eintrittswahrscheinlichkeit eines spezifischen Ereignisses detailgenau zu berechnen.

Innerhalb der Logistik werden prädiktive Analysemethoden genutzt, um Entscheidungsprozesse über Cashflow, Risikobewertung, Kapazitätsplanung und Personalplanung bedarfsgerechter und vorausschauender zu gestalten und dadurch eine weitaus höhere betriebliche Effizienz zu erreichen. Zu den Anwendungsszenarien zählen die Prognoseplanung, Predictive Maintenance, die Routenoptimierung sowie die Transportplanung.

Gartner misst der prädiktiven Analyse hohes Potenzial bei. Die Technologie befindet sich nach aktuellem Stand im Tal der Enttäuschung und wird innerhalb der nächsten zehn Jahre erfolgreich auf dem Markt implementiert sein. Abbildung 7 unterstreicht das Leistungsvermögen und zeigt entsprechende Aspekte auf.

Leistungsbewertung	
Stärken <ul style="list-style-type: none"> Vorhersage von Bedarfsspitzen Optimierter Ressourceneinsatz Identifikation von Prozessstörungen Akkurate Datenerfassung und -analyse 	Chancen <ul style="list-style-type: none"> Wachsendes Start-Up-Umfeld Fördergelder für KI-Forschung Finanzstarke Investoren Verfügbarkeit von Open-Source KI
Schwächen <ul style="list-style-type: none"> Zeit- und kostenintensive Datenbereinigung Schulungsbedarf der Mitarbeiter Nachvollziehbarkeit der Prognosen Investitionen für Software und Infrastruktur 	Risiken <ul style="list-style-type: none"> Bürokratische Hürden Datensicherheit Vertrauensverluste durch Fehlprognosen Arbeitsplatzsicherheit
Leistungskriterien	
Kosten hoch ○○○○○○ niedrig	Usability niedrig ○○○○○○ hoch
Technologische Reife niedrig ○○○○○○ hoch	Company Readiness niedrig ○○○○○○ hoch

Abbildung 7: Leistungseinschätzung der prädiktiven Analytik

4.4 ROBOTISCHE SYSTEME

Als autonome mobile Roboter (fahrerlose Transportfahrzeuge bzw. Drohnen) werden intelligente Systeme bezeichnet, die sich in ihrer Umgebung selbstständig bewegen und agieren können. Dabei passen sie sich situativ an Veränderungen in ihrem Umfeld an und lernen aus Erfahrungen, um autonom komplexe Aufgaben zu planen und durchzuführen.

Mobile robotische Systeme werden vordergründig mit dem produktionslogistischen Umfeld in Verbindung gebracht, da dieses sich durch arbeits- und personalkostenintensive Tätigkeiten auszeichnet und somit hohes Einsparpotenzial aufweist. Neben der Inspektion, dem Transport und der Inventarisierung, sind dabei im Wesentlichen die Kommissionierung zur Zusammenstellung von Gütern nach Auftragsabwicklung zu nennen.

Die Technologie befindet im Übergangsstadium vom Tal der Enttäuschung in den Pfad der Erleuchtung und wird innerhalb der nächsten fünf Jahre Marktreife erlangen. Die nachvollziehbare Zuschreibung von Eigenschaften verbessert das Verständnis der Technologie und verdeutlicht die Vorteilhaftigkeit eines Einsatzes (siehe Abbildung 8).

Leistungsbewertung	
Stärken <ul style="list-style-type: none"> Flexibilität und schnelle Implementierung Konnektivität mit logistischen Systemen Adaptivität an Umweltbedingungen Standardisierte, widerstandsfähige Leistung Geringe Fehleranfälligkeit 	Chancen <ul style="list-style-type: none"> Steigendes Marktwachstum Technologieverbesserungen Förderung durch öffentliche Hand Geringe Installationsrate im Einsatz Zunehmendes Start-Up-Umfeld
Schwächen <ul style="list-style-type: none"> Zeit- und kostenintensive Datenbereitstellung Hoher Wartungsbedarf Fehlendes Vertrauen der Mitarbeiter Begrenzte Leistungsfähigkeit 	Risiken <ul style="list-style-type: none"> Stagnierender Entwicklungsstand Strenge Standards und Sicherheitsnormen Arbeitsplatzsicherheit Negative Schlagzeilen in den Medien
Leistungskriterien	
Kosten hoch ○○○○○○ niedrig	Usability niedrig ○○○○○○ hoch
Technologische Reife niedrig ○○○○○○ hoch	Company Readiness niedrig ○○○○○○ hoch

Abbildung 8: Leistungseinschätzung der mobilen Robotik

5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Zielsetzung der vorliegenden Masterarbeit war es, KI-basierte Anwendungsszenarien im logistischen Umfeld

aufzuzeigen und deren Vorteilhaftigkeit qualitativ zu bewerten. Zu diesem Zweck fanden empirische Erhebungsmethoden Anwendung, die sowohl auf Primär- als auch auf Sekundärquellen beruhen.

Eine Vorauswahl potenzieller KI-Einsatzgebiete im Logistikwesen bot der systematische Ansatz des Analytischen Hierarchieprozesses. Dazu wurden KI-basierte Anwendungsszenarien hinsichtlich ihrer Eignung im logistischen Umfeld anhand spezifischer Kriterien evaluiert. Auf Basis dieser theoretischen Aufarbeitung und zur Vertiefung des bisherigen Kenntnisstands aller zweckdienlicher Szenarien, die das höchste Potenzial auswiesen, erfolgte die Durchführung standardisierter Leitfadeninterviews mit ausgewählten Experten. SWOT-Analysen beschlossen die systemische Situationsanalyse und dienten der Positionsbestimmung des jeweiligen Anwendungsszenarios. Die Erkenntnisse aller empirischer Methoden und abgeleiteten Implikationen wurden abschließend als Bewertungsprofile dargestellt.

Was die Beantwortung der Forschungsfrage - *Welche Ansätze bieten das größte Potenzial für eine erfolgreiche Implementierung?* - betrifft, kann anhand des AHPs gezeigt werden, dass Ansätze im Umfeld des Einsatzbereichs „IoT und Hardware“ als besonders effizienzsteigernd und zielführend erscheinen. Neben dem Einsatz von Smart Wearable Technologien sind dabei insbesondere text- und sprachbasierte In-formationseingaben mittels Chatbots zu nennen. Auch der frühzeitigen Erkennung von Ineffizienzen mittels prädiktiver Analysemethoden sowie der Inanspruchnahme mobiler robotischer Systeme können hohes Anwendungspotenzial beigemessen werden. Interviews mit ausgewählten Experten unter Einbezug aller SWOT-Analysen untermauern den Gültigkeitsanspruch der erzielten Erkenntnisse und verdeutlichen die Vorteilhaftigkeit der vier ausgemachten Szenarien. Der zweiten Forschungsfrage - *Wie kann die Vorteilhaftigkeit der logistischen Ansätze bewertet und dargestellt werden?* - kann insofern zu großen Teilen Genüge geleistet werden, da eine Einstufung der vorab festgelegten Entscheidungskriterien seitens Experten sowie der Ausarbeitung von Möglichkeiten und Stärken die Nutzenpotenziale unterstreichen und transparent hervorheben.

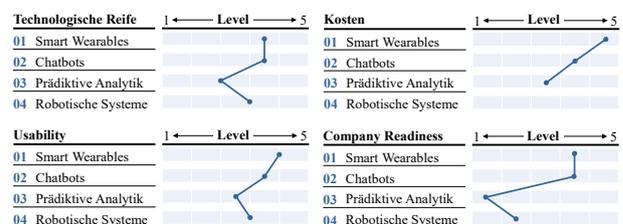


Abbildung 9: Einstufung der Interviewbefragungen

Gerade die übersichtliche Darstellung als Anwendungsprofil verbessert nicht nur das Verständnis für die Potenziale der in den Logistikprozessen eingesetzten KI-

Technologien. Sie verfolgt auch das Ziel, eine Orientierungshilfe zur Unterstützung bei der Investitionsentscheidung des spezifischen KI-basierten Anwendungsszenarios zu sein.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass die zu Beginn gestellten Forschungsfragen zu großen Teilen beantwortet werden können und zu einem zufriedenstellenden Ergebnis führen. Mit Blick auf die Veränderung logistischer Prozesse im Zuge zunehmend KI-optimierter Produktions- und Logistiksysteme kann dem Einsatz intelligenter Technologien enormes Potenzial attestiert werden. Gerade die Verfügbarkeit einer breiten Basis auswertbarer Daten, verbunden mit dem zunehmenden technologischen Fortschritt auf dem Gebiet der KI, können zu erheblichen Prozesseffizienzen führen und Planungsaktivitäten grundlegend erleichtern. Zudem erscheint eine ganzheitliche Betrachtung aller Einflussfaktoren über die Kostenebene hinaus, bei einer innerbetrieblichen Implementierung, als deutlich nutzbringender und verdeutlicht die positiven Effekte eines Einsatzes.

Dennoch gibt es in diesem Zusammenhang weitere Handlungsfelder, die noch empirischer Untersuchungen bedürfen. Demgemäß gilt es in einem nächsten Schritt bzw. einem weiteren Handlungsfeld spezifisch zu analysieren, wie und in welchem Umfang die identifizierten Ansätze vor dem konkreten Anwendungsfall im Unternehmen umgesetzt werden können. Speziell die Abhängigkeit von vorherrschenden betrieblichen Rahmenbedingungen, insbesondere der Datengrundlage und -qualität, sollte für zukünftige Betrachtungen stärker in die Bewertung eingebunden werden. Darüber hinaus gilt es, die zur Anwendung kommenden Technologiekomponenten und Szenarien fortwährend zu aktualisieren und technologische Weiterentwicklungen zu berücksichtigen. Damit die Auswahl befragter Experten ein möglichst genaues und saturiertes Abbild der Grundgesamtheit zeichnet und in ihrer Repräsentativität generalisierbar ist, kann in einem weiteren Schritt die Stichprobe erweitert und zusätzliches Expertenwissen eingeholt werden. Es darf zudem nicht außer Acht gelassen werden, dass die technologischen Möglichkeiten im Bereich der „Mobilität“ stetig an Relevanz gewinnen und ein kostengünstiger Einsatz in naher Zukunft als realistisch erscheint.

Abschließend kann festgestellt werden, dass die Frage, ob und bis zu welchem Grad KI-optimierte Systeme innerhalb des Logistikwesens einzusetzen sind, differenziert beantwortet werden muss. Einerseits ist zu erwarten, dass mit fortschreitender Digitalisierung und stetig steigendem Reifegrad der Technologien Einsätze wirtschaftlicher erachtet werden und somit an Attraktivität gewinnen. Andererseits gilt es, für Nachvollziehbarkeit und Transparenz unter den Mitarbeitern zu sorgen, um auch dauerhaft für die KI Akzeptanz zu schaffen. Nur so kann der KI die notwendige Relevanz beigemessen werden.

LITERATUR

- [Bau17] Bauer, Felix; Stefan, Buchberger; Andreas, Dewes; Jörg, Friedrichs; Alexander, Motzek; Nicolas, Sartor et al. (2017): *Künstliche Intelligenz. Wirtschaftliche Bedeutung, gesellschaftliche Herausforderungen, menschliche Verantwortung*. Hg. v. Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. Online verfügbar unter https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/import/9744_171012-KI-Gipfelpapier-online.pdf, zuletzt geprüft am 22.03.2021.
- [Bos18] The Boston Consulting Group (2018): *AI in the Factory of the Future. The Ghost in the Machine*. Online verfügbar unter https://image-src.bcg.com/Images/BCG-AI-in-the-Factory-of-the-Future-Apr-2018_tcm9-188726.pdf, zuletzt geprüft am 22.03.2021.
- [Bro18] Brost-Steffens, Heike (2018): *SWOT-Analyse*. Hg. v. Gabler Wirtschaftslexikon. Online verfügbar unter <https://www.gabler-banklexikon.de/definition/swot-analyse-61738>, zuletzt geprüft am 29.04.2021.
- [Bur19] Burns, Ed (2019): *Artificial neural network (ANN)*. Hg. v. TechTarget. Online verfügbar unter <https://searchenterpriseai.techtarget.com/definition/neural-network>, zuletzt geprüft am 26.03.2021.
- [Bus21] Business Consulting House (2021): *IPA. Intelligent Process Automation*. Hg. v. Business Consulting House. Online verfügbar unter https://businessconsultinghouse.de/technologien-zur-prozessautomatisierung/intelligent-process-automation_ipa/, zuletzt geprüft am 25.03.2021.
- [Del21] Deloitte (2021): *Übernehmen Roboter bald jeden Job? Wie Process-Automation die Arbeit im Büro komplett verändert*. Hg. v. Deloitte. Online verfügbar unter <https://www2.deloitte.com/de/de/pages/innovation/contents/Robotic-Process-Automation.htm>, zuletzt geprüft am 25.03.2021.
- [Dha20] Dharmani, Sven (2020): *How natural language processing can build supply chain resiliency*. Hg. v. EY. Online verfügbar unter https://www.ey.com/en_gl/advanced-manufacturing/how-natural-language-processing-can-build-supply-chain-resiliency, zuletzt geprüft am 25.03.2021.
- [Ele19] Elements of AI (2019): *Related fields*. Hg. v. Elements of AI. Online verfügbar unter <https://course.elementsofai.com/1/2>, zuletzt geprüft am 22.03.2021.
- [Glä09] Gläser, Jochen; Laudel, Grit (2009): *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse. Als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen*. 3.,

überarb. Aufl. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss (Lehrbuch).

- [Hip20] Hippold, Sarah (2020): *5 Trends From the Gartner Hype Cycle for Supply Chain Strategy*, 2020. Hg. v. Gartner. Online verfügbar unter <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-from-the-gartner-hype-cycle-for-supply-chain-strategy-2020/>, zuletzt geprüft am 14.04.2021.
- [Hip98] Hippner, Hajo; Meyer, Matthias; Wilde, Klaus D. (Hg.) (1998): *Computer Based Marketing*. Das Handbuch zur Marketinginformatik. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag; Imprint: Vieweg+Teubner Verlag.
- [Inf18] Infoholic Research (2018): *Artificial Intelligence in Logistics: Global Drivers, Restraints, Opportunities, Trends, and Forecasts up to 2023*. Hg. v. Infoholic Research. Online verfügbar unter https://www.infoholicresearch.com/report/artificial-intelligence-in-logistics-market-forecasts-to-2023/?utm_source=datarootlabs&utm_medium=blog, zuletzt geprüft am 11.04.2021.
- [Inf19] Infineon (2019): *Grundlagen der Robotik*. Hg. v. Infineon. Online verfügbar unter <https://www.infineon.com/cms/de/discoveries/grundlagen-robotics/>, zuletzt geprüft am 30.03.2021.
- [Lub16] Luber, Stefan; Nico, Litzel (2016): *Was ist das Internet of Things?* Hg. v. Big Data Insider. Online verfügbar unter <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-das-internet-of-things-a-590806/>, zuletzt geprüft am 30.03.2021.
- [Lub20] Luber, Stefan; Nico, Litzel (2020): *Was ist Data Science?* Hg. v. Big Data Insider. Online verfügbar unter <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-data-science-a-979153/>, zuletzt geprüft am 22.03.2021.
- [Mei02] Meixner, Oliver; Haas, Rainer (2002): *Computer-gestützte Entscheidungsfindung. Expert choice und AHP - innovative Werkzeuge zur Lösung komplexer Probleme*; [mit CD-ROM]. 1. [Dr.]. Frankfurt, Wien: Redline Wirtschaft bei Ueberreuter (Ueberreuter Wirtschaft).
- [Mey19] Meyer, Joseph (2019): *Natural Language Processing and Procurement*. Hg. v. Medium. Online verfügbar unter <https://medium.com/into-advanced-procurement/natural-language-processing-and-procurement-3e1c1ae3a8ea>, zuletzt geprüft am 25.03.2021.
- [McK17] McKinsey (2017): *A road map for digitizing source-to-pay*. Hg. v. McKinsey. Online verfügbar unter <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/a-road-map-for-digitizing-source-to-pay>, zuletzt geprüft am 26.03.2021.
- [Mül18] Müller, Johannes C. (2018): *Wissenstransfer in Einsatzorganisationen. Empirische Entwicklung eines Bezugsrahmens für den intraorganisationalen Transfer von Einsatzwissen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint: Springer Gabler (Wissen, Innovationen und Prozesse).
- [Rad20] Radivojevic, Gordana; Luka, Milosavljevic (2019): *The concepts of logistics 4.0*. Hg. v. University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering. Online verfügbar unter <http://logic.sf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/Papers/LOGIC2019/ID-32.pdf>, zuletzt geprüft am 30.03.2021.
- [SSI18] SSI Schaefer (2018): *Artificial Intelligence in logistics. Terms, applications and perspectives*. Hg. v. SSI SCHAEFER. Online verfügbar unter <https://www.ssi-schaefer.com/resource/blob/566408/06d87a3eff1abfdd7af3875404b724a/white-paper-artificial-intelligence-in-logistics--dam-download-en-16558--data.pdf>, zuletzt geprüft am 22.03.2021.
- [Str21] Straßer, Thomas (2021): *Analyse und Bewertung von KI-Logistik Use Cases*. Hg. v. Technische Hochschule Ingolstadt, Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen.
- [Syc20] Sychikova, Yuliya (2020): *AI in Logistics: Emerging Startups, Remaining Challenges and New Models. The drivers behind innovation in logistics and key players*. Hg. v. Data Root Labs. Online verfügbar unter <https://datarootlabs.com/blog/ai-in-logistics-emerging-startups-remaining-challenges-and-new-models#executive-summary>, zu-letzt geprüft am 14.04.2021.

Thomas Straßer, M.Eng., geb. 1990, hat Wirtschaftsingenieurwesen an der Technischen Hochschule Ingolstadt (THI) studiert. In seiner Masterarbeit „Analyse und Bewertung von KI-Logistik Use Cases“ hat Thomas Straßer die Grundlage für den vorliegenden Beitrag gelegt.

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Axmann, geb. 1970, ist Professor für Produktion und Industrie 4.0 an der Technischen Hochschule Ingolstadt. Nach der Promotion in Maschinenbau an der TU Berlin war er bei SELL, Herborn (Programm Direktor), Steinmeyer, Albstadt (Produktionsleiter), STEMME AG, Strausberg bei Berlin (Vorstand Technik), MTU Aero Engines, (Diverse Leitungs und Projektaufgaben) tätig. Seine Forschungsbereiche sind Fertigungstechnik, Produktionstechnik, Innovations- und Technologie Management, Digitalisierung der Fabrik.

Kontaktadresse:

Technische Hochschule Ingolstadt, Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen, Esplanade 10, 85049 Ingolstadt, Deutschland. Telefon: +49 841 9348-3505, E-Mail: Bernhard.Axmann@thi.de