

Machine Learning in der Logistik – Eine empirische Studie über die Anwendung in deutschen Unternehmen

Machine Learning in Logistics – An Empirical Study on the Application in German Companies

Markus Witthaut
Carina Culotta

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML

In dieser Arbeit werden die Ergebnisse einer Befragung von deutschen Unternehmen bezüglich Anwendungsstand und -planung von Machine Learning (ML) für logistische Aufgaben vorgestellt. Die Unternehmen wurden im April/Mai 2020 bezüglich ihres Kenntnisstands, Informationsbedarfs und der Anwendung (implementiert, in Umsetzung, geplant) im Themenfeld ML befragt.

[Schlüsselwörter: Maschinelles Lernen, Künstliche Intelligenz, Logistik, Supply Chain Management, Empirische Studie]

This paper presents the results of a survey of German companies regarding the application status and planning of Machine Learning (ML) for logistics tasks. The companies were surveyed in April/May 2020 regarding their level of knowledge, information needs and application (implemented, in progress, planned) in the field of ML.

[Keywords: Machine learning, Artificial Intelligence, Logistics, Supply Chain Management, Empirical Study]

1 EINLEITUNG

Maschinelles Lernen – englisch Machine Learning, im Folgenden ML abgekürzt – ist ein bedeutendes Teilgebiet der Künstliche Intelligenz (KI), welches in den letzten Jahren zu einem der Topthemen in einer Vielzahl an Foren, Zeitungsartikeln, Expertenrunden und in der Wirtschaft geworden ist. KI wird von der Deutschen Bundesregierung als die wesentliche Schlüsseltechnologie der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit des Landes gesehen und gefördert [BMB18]. Auch in der Logistikbranche steigt die Bedeutung dieser Technologie schnell: gut 70 % der Teilnehmenden der Bitkom-Studie »Digitalisierung der Logistik« aus dem Jahr 2019 sind der Meinung, dass KI in 10 Jahren für die Logistik unverzichtbar ist (vgl. Abbildung 1). Dennoch zeigt die Studie auch, dass sich bisher nur knapp 15 % der Unternehmen sich bereits mit KI beschäftigen oder die Einführung entsprechender Lösungen planen.

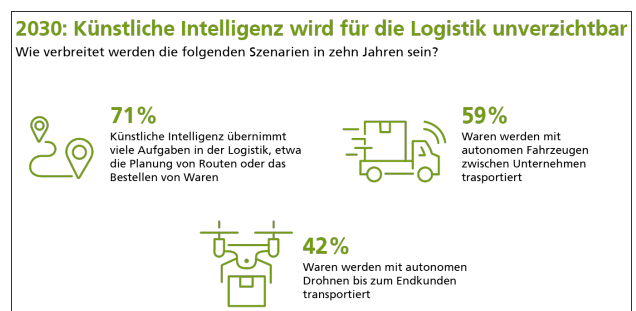


Abbildung 1. Einschätzung deutscher Unternehmen über den Stellenwert der KI für die Logistik [Roh19]

Vor diesem Hintergrund haben Forscher des Dortmunder Leistungszentrum Logistik und IT (vgl. [LLI21]) eine Studie zur Befragung von aktuellen und potenziellen Anwendern von KI in der Logistik konzipiert und eine Online-Befragung durchgeführt. Um den Umfang der zu erheben Fragen zu begrenzen, wurde auf den für KI besonders wichtigen Bereich ML fokussiert. Das Studien-Design, die Ergebnisse dieser Befragung sowie die Implikationen werden im Folgenden näher erläutert.

2 METHODISCHES VORGEHEN

Ziel der Studie war die Erhebung von Informationen zur aktuellen und geplanten Nutzung Maschinelles Lernens (ML) für Aufgaben in der Logistik durch deutsche Unternehmen. Dafür wurde zunächst das Studiendesign festgelegt und dann die zu stellenden Fragen definiert.

2.1 STUDIENDESIGN

Ziel der Studie war die Erhebung von Informationen zur aktuellen und geplanten Nutzung Maschinelles Lernens (ML) für Aufgaben in der Logistik durch deutsche Unternehmen. Durch eine Online-Befragung von Mitarbeitern deutscher Unternehmen sollten folgende Aspekte des ML-Einsatzes in der Logistik bei diesen Unternehmen erhoben werden:

- Wie wichtig ist das Thema ML?
- Welcher Kenntnistand bezüglich ML liegt vor?
- Welche ML-Aspekte interessieren besonders?
- Wie ist der Anwendungsstand von ML in der Logistik?

Die Befragung wurde als offene Online-Befragung konzipiert. Um eine hohe Teilnehmendenzahl zu erreichen, sollte die Zeit für die Beantwortung der Fragen nicht mehr als 15 Minuten betragen. Aus diesem Grund wurden 12 geschlossene Single-Choice bzw. Multiple-Choice-Fragen konzipiert. Der Fragebogen wurde mit dem Online-Befragungstool LimeSurvey umgesetzt. Die Befragung selbst wurde auf einem Server des Fraunhofer IML gehostet. Der Befragungszeitraum war von Anfang April bis Ende Mai 2020. Die Teilnahme erfolgte anonym und es war keine Registrierung erforderlich. Zur Teilnahme wurde über die Social-Media-Kanäle des Fraunhofer IML und des Leistungszentrums Logistik und IT aufgerufen.

2.2 GESTALTUNG DER FRAGEN

2.2.1 BESCHREIBUNG DER TEILNEHMENDEN UNTERNEHMEN

Um festzustellen, ob es Unterschiede bezüglich der Anwendung von ML zwischen verschiedenen Branchen und in Hinblick auf die Unternehmensgröße sowie der Funktion der Teilnehmenden gibt, wurden folgende Fragen gestellt.

- *In welcher Branche lässt sich Ihr Unternehmen am ehesten einordnen?*
 Single-Choice-Frage mit folgenden Antwortmöglichkeiten: Automobilindustrie, Bergbau, Baugewebe/Bau, Chemieindustrie, Finanzen und Versicherung, Forschung, Handel, Handwerk, Gastgewerbe, Grundstücks- und Wohnungswesen, IT und Kommunikation, Land- und Forstwirtschaft, Maschinen- und Anlagebau, Metallverarbeitende Industrie, Öffentlicher Dienstleister, Erziehung und Gesundheit, Pharmawesen, Produzierendes Gewerbe, Transport und Logistik, Versorger- und Energiewirtschaft, Verkehr, Andere Industrie, Sonstige Dienstleistung
- *Wie viele Mitarbeiter beschäftigt Ihr Unternehmen?*
 Single-Choice-Frage mit folgenden Antwortmöglichkeiten: Bis zu 10 Mitarbeiter, Zwischen 11 und 50 Mitarbeiter, Zwischen 51 und 250 Mitarbeiter, Zwischen 251 und 1.000 Mitarbeiter, Mehr als 1.000 Mitarbeiter

- *Welche Funktion haben Sie in dem Unternehmen?*
 Single-Choice-Frage mit folgenden Antwortmöglichkeiten: Mitarbeiter/-in, Mittleres Management, Geschäftsführung / Mitglied der Geschäftsführung, Keine Aussage möglich

2.2.2 RELEVANZ UND INFORMATIONSBEDARF

Mit zwei Fragen wurde die Einschätzung der Relevanz von ML für die Unternehmen sowie der Informationsbedarf erhoben.

- *Wie relevant ist ML für Ihr Unternehmen?*
 a) zum jetzigen Zeitpunkt
 b) innerhalb der nächsten drei Jahre
 Single-Choice-Frage mit einer 5-Punkte-Likert-Skala von sehr relevant bis irrelevant sowie der Antwortmöglichkeit „keine Angabe“.
- *Worüber möchten Sie im Bereich ML mehr erfahren?*
 Multiple-Choice-Frage mit folgenden Antwortmöglichkeiten: Anwendungsbeispiele von ML, Funktionsweise der Einführung von ML, Nutzen von ML, Voraussetzungen für ML, Kein Bedarf an weiteren Informationen, Keine Aussage möglich, Sonstiges

2.2.3 ANWENDUNG VON ML

Die Anwendungsmöglichkeiten von ML in Unternehmen sind sehr vielfältig und erfordern eine differenzierte Betrachtung. So unterscheiden sich Aufgaben bei der Bestandsplanung erheblich von Tätigkeiten im innerbetrieblichen Transport. Für eine strukturierte Erhebung wurden daher die Fragen in Anlehnung an das Supply Chain Operations Reference Modell (vgl. Abbildung 2) in die Bereiche Beschaffung und Einkauf, Produktion und Lagerung sowie Vertrieb und Distribution gegliedert.

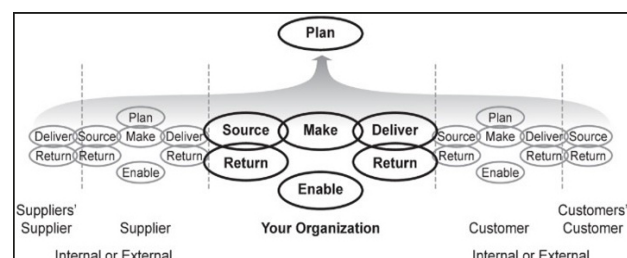


Abbildung 2. Die sechs Hauptprozesse des SCOR-Modells [API17]

Für diese drei Bereiche wurden nach dem Umsetzungsstand – mit den jeweiligen Antwortmöglichkeiten im Einsatz, in der aktuellen Umsetzung, in der Planung für die nächsten 3 Jahre, derzeit nicht relevant bzw. nicht geplant sowie keine Aussage möglich – bezüglich folgender Anwendung erfragt:

- *Wird ML in Ihrem Unternehmen für folgende Aufgaben im Bereich Beschaffung und Einkauf eingesetzt bzw. ist ein Einsatz für folgende Aufgaben geplant?*
Single-Choice-Fragen zu den folgenden Aufgaben: Lieferantenauswahl, Bedarfsermittlung und Bestellplanung, Transportplanung und Steuerung, Wareneingang und automatische Identifizierung von Warenanlieferungen, Automatische Erkennung von Qualitätsmängeln im Wareneingang
- *Wird ML in Ihrem Unternehmen für folgende Aufgaben im Bereich Produktion und Lagerhaltung eingesetzt bzw. ist ein Einsatz für folgende Aufgaben geplant?*
Single-Choice-Fragen zu den folgenden Aufgaben: Produktionsplanung und Steuerung, Automatisierter innerbetrieblicher Transport, Lagerverwaltung, Instandhaltung, Qualitätskontrolle in der Fertigung
- *Wird ML in Ihrem Unternehmen für folgende Aufgaben im Bereich Vertrieb und Distribution eingesetzt bzw. ist ein Einsatz für folgende Aufgaben geplant?*
Single-Choice-Fragen zu den folgenden Aufgaben: Absatzplanung, Distributionsplanung, Transportplanung, Kommissionierung, Automatische Kundenkommunikation und Kundenmanagement

2.2.4 DATENGRUNDLAGE, CHANCEN, HEMMNISSE UND IMPLEMENTIERUNGSPARTNER

Bezüglich der Datengrundlage, den Chancen und Hemmnisse sowie möglicher Implementierungspartner für wurde jeweils eine Frage konzipiert.

- *Wie schätzen Sie die aktuelle Verfügbarkeit von Daten (Qualität und Menge) in Ihrem Unternehmen ein?*
Single-Choice-Frage mit folgenden Antwortmöglichkeiten: Sehr gut, Gut, Befriedigend, Ausreichend, Mangelhaft, Keine Aussage
- *Worin sehen Sie Chancen durch den Einsatz von ML?*
Multiple-Choice-Frage mit folgenden Antwortmöglichkeiten: Entgegenwirkung Fachkräftemangel, Entwicklung neuer Services/Produkte und Überführung in neue

Geschäftsmodelle, Kostenreduktion, Leistungsverbesserung, Zugang zu neuen Märkten und Kunden, Keine Aussage möglich, Sonstige

- *Worin sehen Sie Hemmnisse für den Einsatz von ML?*
Multiple-Choice-Frage mit folgenden Antwortmöglichkeiten: Fehlendes Know-how über Einführung/Umsetzung im Unternehmen, Fehlende personelle Ressourcen, Unklarheit beim Datenschutz, Unklarer Nutzen von Maschinellen Lernen, Nicht vorhandene Daten, Keine Aussage möglich, Sonstige
- *Mit welchen Partnern implementieren Sie ML in Ihrem Unternehmen bzw. können Sie sich eine Implementierung vorstellen?*
Single-Choice-Fragen mit den Antwortmöglichkeiten Implementiert bzw. in Umsetzung, In Planung bzw. denkbar, keine Aussage möglich bezüglich der folgenden Kategorien: Eigenständig, ohne externe Unterstützung, Externen IT-Dienstleister, Forschungsinstitutionen, Kunden, Zulieferer

3 ERGEBNISSE DER BEFRAGUNG

3.1 TEILNEHMENDE UNTERNEHMEN

Insgesamt haben 57 Teilnehmende den Online-Fragebogen beantwortet. Für die Auswertung wurden auch Antworten von unvollständig beantworteten Befragungen verwendet. Die Fragen zu den teilnehmenden Unternehmen wurden am Ende des Online-Fragebogens gestellt. Ein bedeutende Teilnehmendenzahl hat diese Fragen nicht beantwortet. Aus diesen Gründen würden die Kategorien bezüglich der Branchen und der Mitarbeiteranzahl noch weiter zusammengefasst.

In Abbildung 3 ist die Verteilung der Antworten entsprechenden der Branchenkategorien Handel (3 Unternehmen), Industrie (5 x Chemie, 2 x Automobil, 2 x Maschinen- und Anlagenbau, 2 x Metallverarbeitung, 1 x Produzierendes Gewerbe, 3 x Andere) und Dienstleistung (7 x Transport und Logistik, 4 x Sonstige Dienstleistungen, 2 x Gastgewerbe, 2 x Handwerk, 1 x Verkehr, 1 x IT und Kommunikation, 1 x Forschung,) dargestellt.

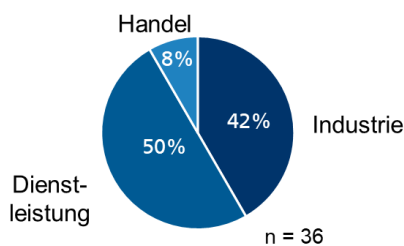


Abbildung 3. Verteilung der teilnehmenden Unternehmen nach Branchenbereiche

Bezüglich der Verteilung nach Unternehmensgröße auf Basis der Anzahl der Mitarbeiter gibt es eine annähernde Gleichverteilung zwischen KMU (bis zu 250 Mitarbeiter), Unternehmen mit bis 1000 Mitarbeiter und Unternehmen mit mehr als 1000 Mitarbeiter (vgl. Abbildung 4).

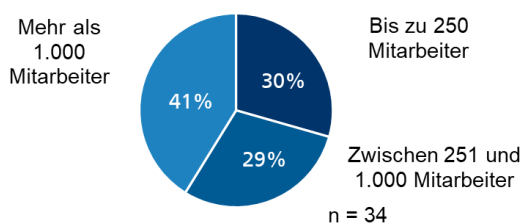


Abbildung 4. Verteilung der Teilnehmenden nach Unternehmensgröße

Die Frage zur Funktion im Unternehmen haben 31 Teilnehmende beantwortet. Gut die Hälfte der Teilnehmenden

kommt aus dem Mittleren Management und ein Viertel aus der Geschäftsführung (vgl. Abbildung 5).

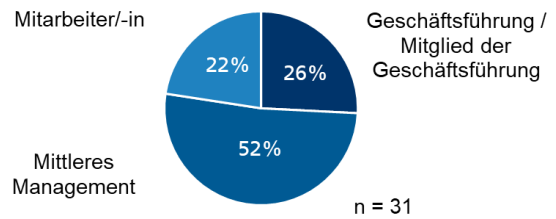


Abbildung 5. Verteilung der Teilnehmenden nach Position im Unternehmen

Aufgrund der geringen Antwortanzahl konnte für die Ergebnisauswertung der weiteren Fragen nicht nach Branchen bzw. Branchenbereich, Unternehmensgröße oder Position im Unternehmen differenziert werden.

3.2 RELEVANZ UND INFORMATIONSBEDARF

Im Jahr 2020 war ML für jedes dritte Unternehmen ein relevantes oder sehr relevantes Thema. Es wird erwartet, dass bis Mitte 2023 sich dieser Anteil auf Zweidrittel der Unternehmen erhöhen wird (vgl. Abbildung 6).

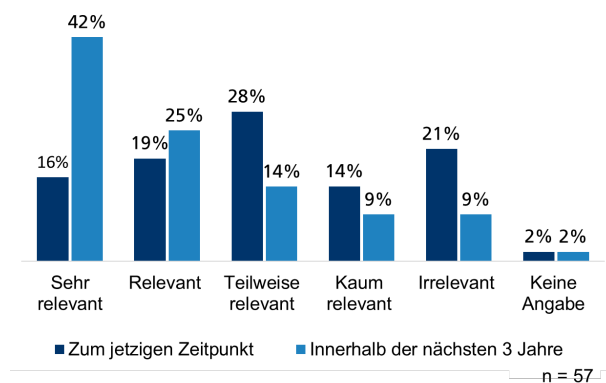


Abbildung 6. Bewertung der Relevanz von ML

Informationsbedarf über Anwendungsbeispiele, Funktionsweise (in Hinblick auf die Einführung) von ML und Nutzen von ML wurde von vielen Unternehmen nachgefragt (vgl. Abbildung 7). Bei dieser Frage haben drei Teilnehmende zusätzlichen Informationsbedarf hinsichtlich der Überführung der Ergebnisse in operative Prozesse, Kosten sowie das Ensemble Learning / Simulation geäußert.

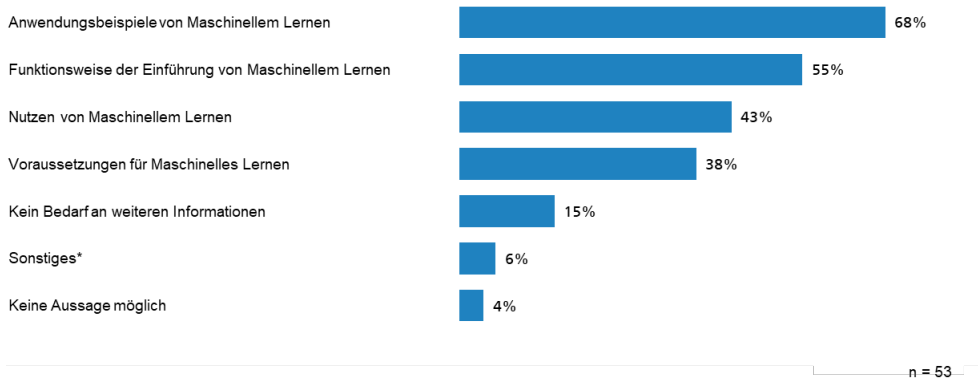


Abbildung 7. Informationsbedarf über ML

3.3 ANWENDUNG VON ML

Sehr wenige Unternehmen setzen ML im Jahre 2020 bereits in der Logistik ein. Es fällt jedoch auf, dass fast Zweidrittel der Unternehmen des Thema ML angehen oder für die nächsten drei Jahre geplant haben (vgl. *Abbildung 8*).

Die nach den Aufgabebereichen Beschaffung und Einkauf, Produktion und Lagerung sowie Distribution und Vertrieb differenzierte Betrachtung zeigt einen Schwerpunkt bei Produktion und Lagerung (vgl. *Abbildung 9*, *Abbildung 10* und *Abbildung 11*).

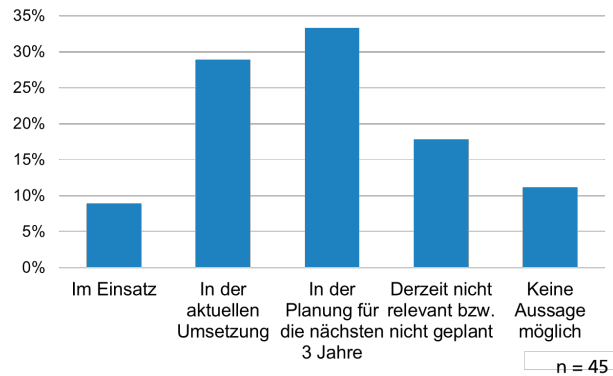


Abbildung 8. Einsatz von ML für die Logistik

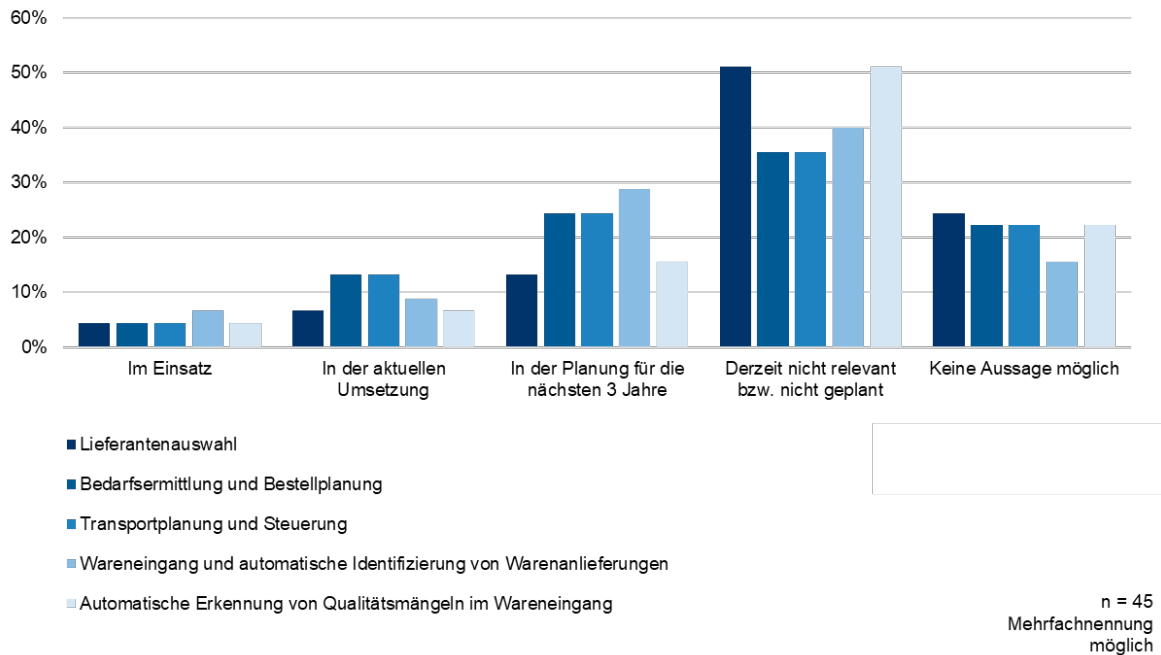


Abbildung 9. Einsatz von ML im Bereich Beschaffung und Einkauf

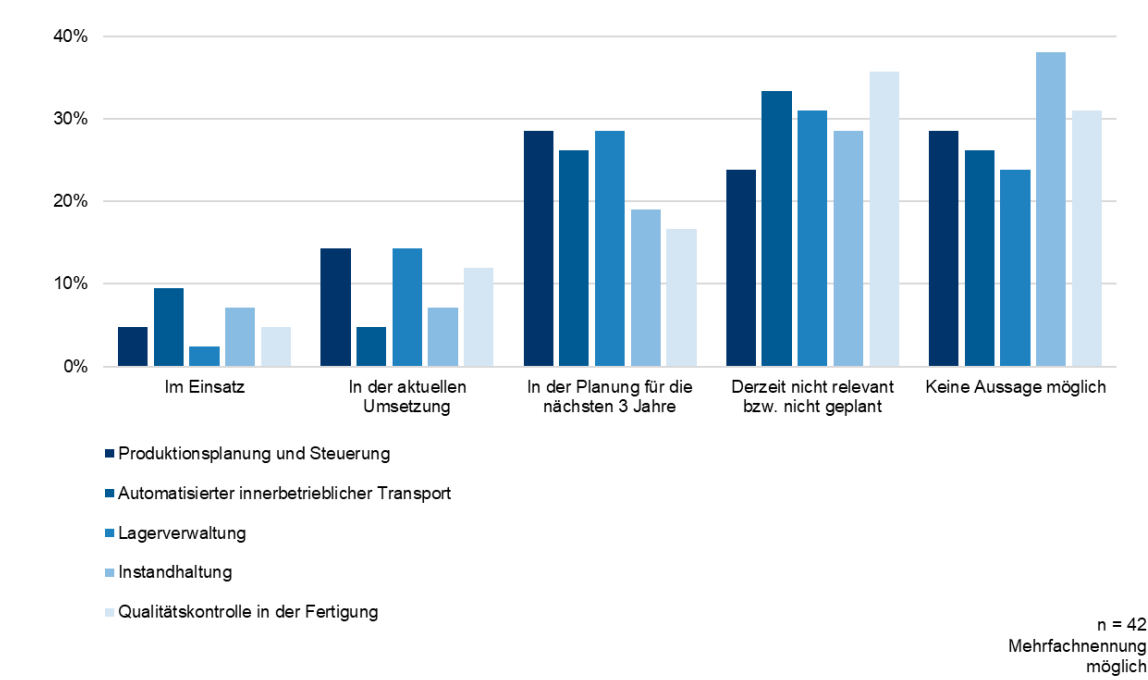


Abbildung 10. Einsatz von ML im Bereich Produktion und Lagerung

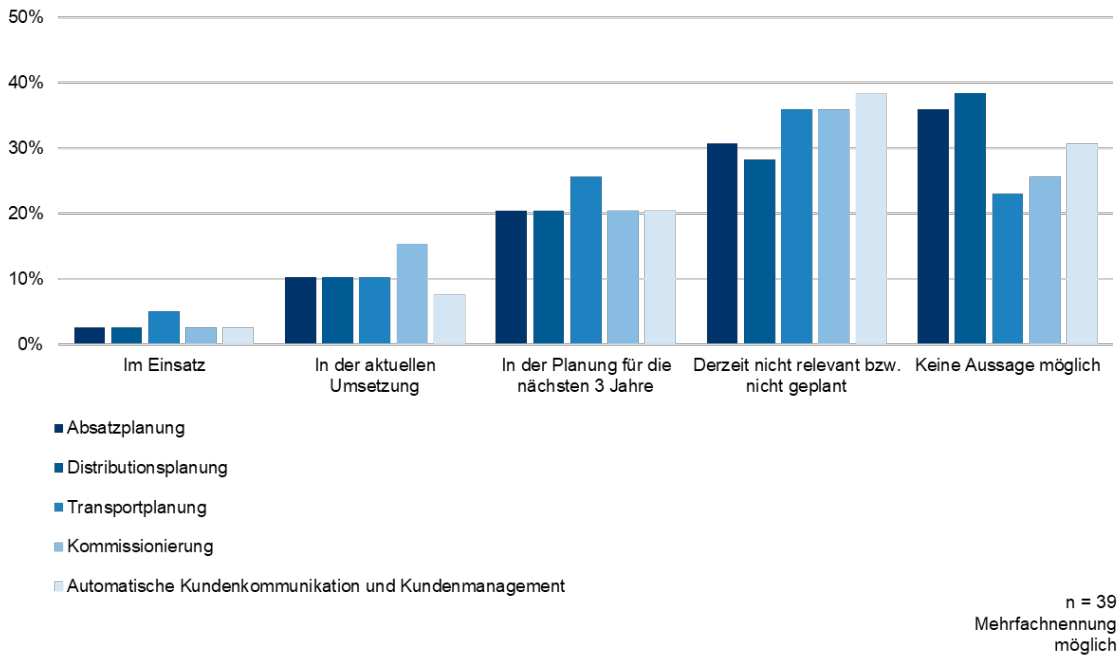


Abbildung 11. Einsatz von ML im Bereich Vertrieb und Distribution

3.4 DATENGRUNDLAGE, CHANCEN, HEMMNISSE UND IMPLEMENTIERUNGSPARTNER

Für den Einsatz von ML werden Daten in möglichst guter Qualität und Menge benötigt. Nur wenige Unternehmen verfügen nach eigener Einschätzung über eine sehr gute oder gute Datengrundlage (vgl. Abbildung 12). Jedoch meinen nur 21 % der Unternehmen, dass die Datengrundlage mangelhaft ist.

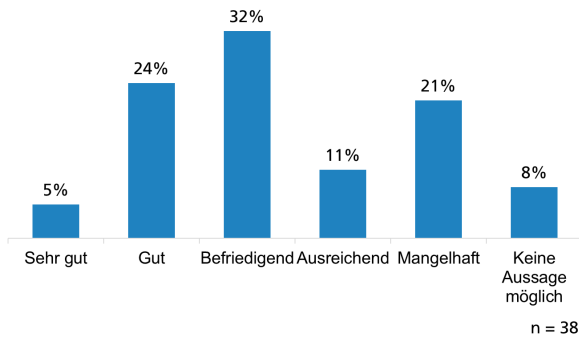


Abbildung 12. Datenverfügbarkeit für ML

Der überwiegende Teil der Unternehmen sieht durch den Einsatz von ML Chancen zur Leistungsverbesserung und zur Kostenreduktion (vgl. Abbildung 13). Etwas weniger als die Hälfte der Unternehmen sieht Chancen in Hinblick auf neue Services, neue Produkte und neue Geschäftsmodelle. Die Entgegenwirkungen bezüglich des Fachkräftemangels wird von knapp 40% der Unternehmen als Chance für ML betrachtet.

Gleichzeitig werden fehlendes Know-how und fehlende personelle Ressourcen von knapp der Hälfte der Unternehmen als Haupt-Hemmnisse für den Einsatz von ML betrachtet. Unklarer Nutzen und nicht vorhandene Daten sind weitere Hemmnisse (vgl. Abbildung 14).

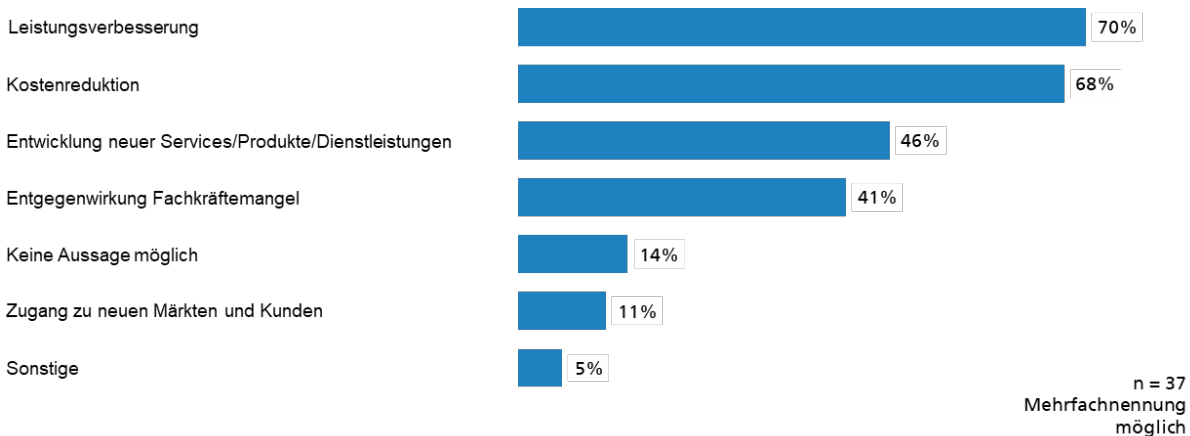


Abbildung 13. Chancen durch den Einsatz von ML

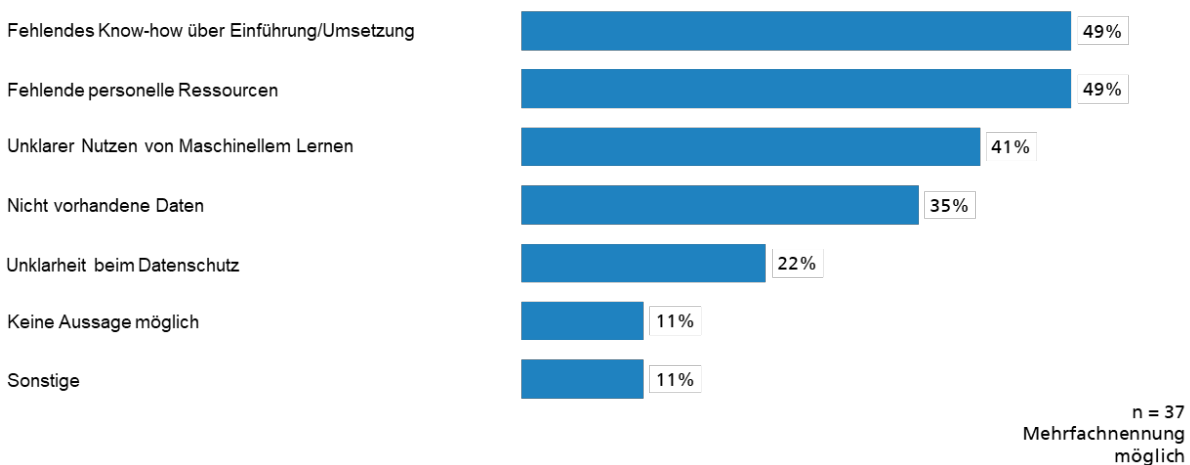


Abbildung 14. Hemmnisse für den Einsatz von ML

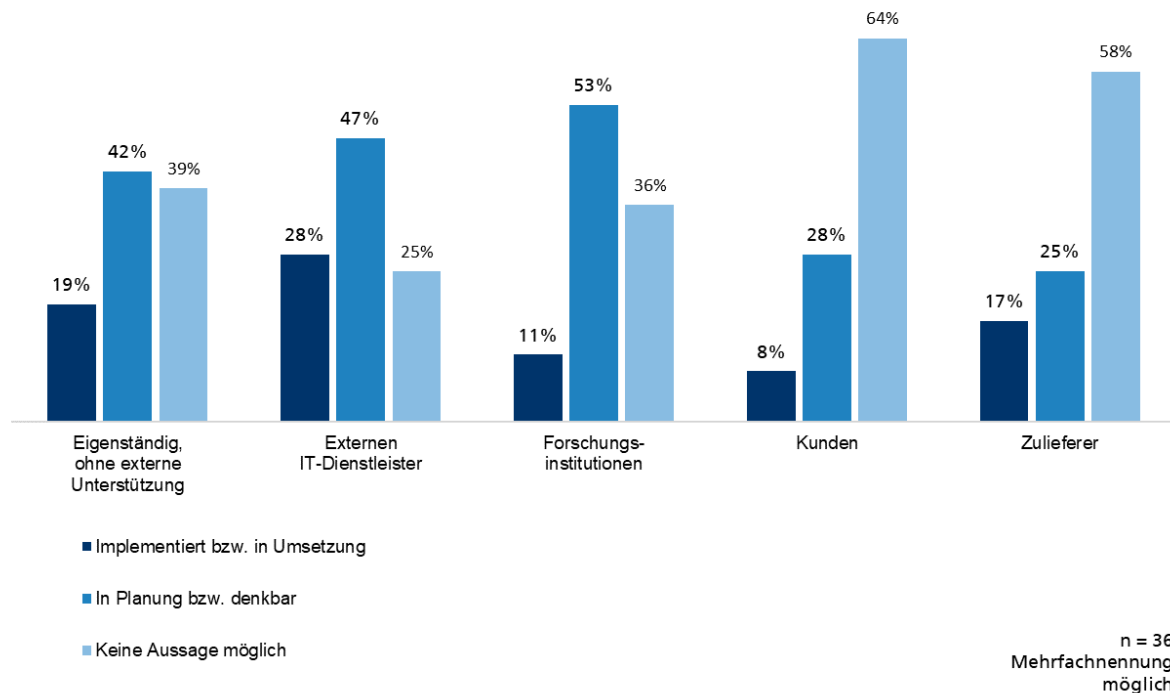


Abbildung 15. Aktuelle und vorstellbare Partner zur Implementierung von ML

Unternehmen sehen in erster Linie eigene Ressourcen, externe Dienstleister und Forschungsinstitutionen als Umsetzungspartner an (vgl. Abbildung 15). Implementierte bzw. in der Umsetzung befindliche Projekte werden überwiegend mit externen Dienstleistern durchgeführt. ML-Projekte mit Kunden und/oder Lieferanten sind die Ausnahme. Von den 18 Unternehmen die als Haupthemmnis Personalmangel genannt haben, planen bemerkenswerterweise acht Unternehmen eine eigenständige Einführung von ML.

4 DISKUSSION

Aufgrund der kleinen Teilnehmendenzahl sind die Ergebnisse dieser Studie mit Vorsicht zu betrachten. Weiterhin kann auch die Offenheit der Umfrage zu einem Self-Selection Bias geführt haben, d.h. es könnten vermehrt Teilnehmende geantwortet haben, für die Maschinelles Lernen relevant ist.

Bemerkenswert ist jedoch, dass eine Ende 2020 von Tata Consultancy und Bitkom veröffentlichte Studie mit 995 Teilnehmenden zu ähnlichen Ergebnissen kommt [Tat20]. Die Daten wurden vom 11. Mai bis 26. Juni 2020 mittels telefonischer, computergestützter Interviews erhoben. In dieser Studie äußern knapp die Hälfte der befragten Unternehmen, dass sie KI als eine Schlüsseltechnologie für die Logistik ansehen. Andererseits wird gesetzt nur 10%

der befragten Unternehmen KI bereits ein und auch nur weitere 17 % haben den Einsatz konkret geplant. Als Haupthemmnisse für die Einführung von KI und ML werden entsprechend zu den Ergebnissen der hier vorgestellten Befragung in der Tata/Bitkom-Studie hohe Investitionskosten, Anforderungen an die Datensicherheit, lange Entscheidungsprozesse, Anforderungen an den Datenschutz, fehlende Anwendungsbeispiele, Komplexität des Themas sowie Mangel an Expertise genannt.

Aus diesen Gründen kommen wir zur Überzeugung, dass noch ein erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf für Implementierung von Praxis-geeigneten Lösungen für ML und KI in der Logistik besteht.

LITERATUR

- [API17] APICS: *Supply Chain Operations Reference (SCOR) Model– Version 12.0.*
- [BMB18] Bundesministerium für Bildung und Forschung: *Eckpunkte der Bundesregierung für eine Strategie Künstliche Intelligenz.*
https://www.bmbf.de/files/180718%20Eckpunkte_KI-Strategie%20final%20Layout.pdf
– abgerufen am 12.05.2021.
- [LLI21] *Leistungszentrum Logistik und IT.*
<https://leistungszentrum-logistik-it.de/>
– abgerufen am 12.05.2021.
- [Roh19] Rohleder, Bernhard: *Digitalisierung der Logistik.*
https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-06/bitkom-charts_digitalisierung_der_logistik_03_06_2019.pdf
– abgerufen am 12.05.2021.
- [ten13] ten Hompel, Michael (Hrsg.): *IT in der Logistik 2013/2014: Marktübersicht & Funktionsumfang: Enterprise-Resource.Planning, Warehouse-Management, Transport-Management & Supply-Chain-Management-Systeme.*
Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- [Tat20] Tata Consultancy Service Limited: *Deutschland lernt KI: Wie Unternehmen digitale Technologien einsetzen.*
<https://www.tcs.com/de-de/trendstudie-digitalisierung/studie-digitalisierung-2020>
– abgerufen am 09.03.2021

Adresse: Fraunhofer IML, Abteilung Supply Chain Development & Strategy, Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2-4.
E-Mail: carina.culotta@iml-fraunhofer.de

Dr.-Ing. Markus Witthaut, ist seit 1992 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML in unterschiedlichen Rollen tätig. Seit 2019 ist er im Koordinationsteam des Forschungsfelds Maschinelles Lernen des Dortmunder Leistungszentrums Logistik und IT.

Adresse: Fraunhofer IML, Abteilung Supply Chain Development & Strategy, Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2-4.
E-Mail: markus.witthaut@iml-fraunhofer.de

Carina Culotta (M. Sc.), ist seit 2019 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML tätig. Dabei beschäftigt sie sich unter anderem mit den Themen Geschäftsmodellentwicklung innerhalb der Silicon Economy, in der Maschinelles Lernen eine zentrale Rolle spielt.