

Erfolgsfaktoren zur Einbindung künstlicher Intelligenz in Lieferketten

BVL⁷

infront

KPS

Whitepaper

von Infront zur BVL Studie

Triple Transformation:

Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Resilienz als
Leitlinien zukunftsfähiger Wertschöpfungsketten



Erfolgsfaktoren zur Einbindung künstlicher Intelligenz in Lieferketten

Whitepaper von

Dr. Joachim Getto, Partner bei Infront für Supply Chain Management und Logistik

im Rahmen der BVL-Studie

**Triple Transformation:
Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Resilienz als
Leitlinien zukunftsfähiger Wertschöpfungsketten**

aus der Reihe

**TRENDS UND STRATEGIEN IN LOGISTIK UND
SUPPLY CHAIN MANAGEMENT**

Supply Chain-Konzepte – Erschöpfender Wettbewerbsvorteil und neuer Ansatz zur Leistungssteigerung

Ein prägendes Element der Lieferkette ist das Bestreben ihrer Entscheidungsorgane, wettbewerbsfähige Supply Chain Leistungen zu erzielen. Über die vergangenen fünf Jahrzehnte wurde eine Vielzahl an Supply Chain Konzepten zur Vereinfachung („lean“), zu höherer Agilität, verbesserter Nachhaltigkeit und ganzheitlicher Transparenz entwickelt und umgesetzt. Jedes Konzept trägt in seinem Jahrzehnt zu einem Wettbewerbsvorteil im Sinne einer Leistungssteigerung der Lieferkette bei. Nachdem jedoch die entsprechenden Instrumente und Methoden in einer beträchtlichen Anzahl von konkurrierenden Unternehmen eingeführt und umgesetzt wurden, ist die Wirkung im Allgemeinen erschöpft, und es werden neue Konzepte benötigt, um Methoden und Instrumente für den nächsten Schritt der Leistungsverbesserung hinzuzufügen. Für die kommenden Jahrzehnte sollte das Konzept einer umfassend KI-gestützten, selbstdenkenden und lernenden Lieferkette als leistungssteigerndes Zukunftsm

Abbildung 1: Kollaborationstypen und KI-Anteil in Lieferketten (Quelle: Getto, J., 2021, S. 278)

| # | Kollaborationstyp | Prinzipal | Agent | Anteil in Lieferketten |
|--------------|---|----------------------|----------------------|------------------------|
| 1 | Nicht KI-unterstütztes Subsystem | Menschlicher Experte | Menschlicher Experte | 88 % |
| 2 | Gemischtes Subsystem mit menschlichem Experten in der Führungsrolle | Menschlicher Experte | KI-Anwendung | 6 % |
| 3 | Gemischtes Subsystem mit KI-Anwendung in der Führungsrolle | KI-Anwendung | Menschlicher Experte | 4 % |
| 4 | Reines KI-Subsystem | KI-Anwendung | KI-Anwendung | 2 % |
| Total | | | | 100 % |

modell betrachtet werden. Notwendig für dessen Umsetzung ist a) ein hoher Anteil von KI-Anwendungen im Zusammenspiel zwischen menschlichen Experten und KI-Agenten und b) die intensive Nutzung dieser KI-Anwendungen entlang der Lieferkette.

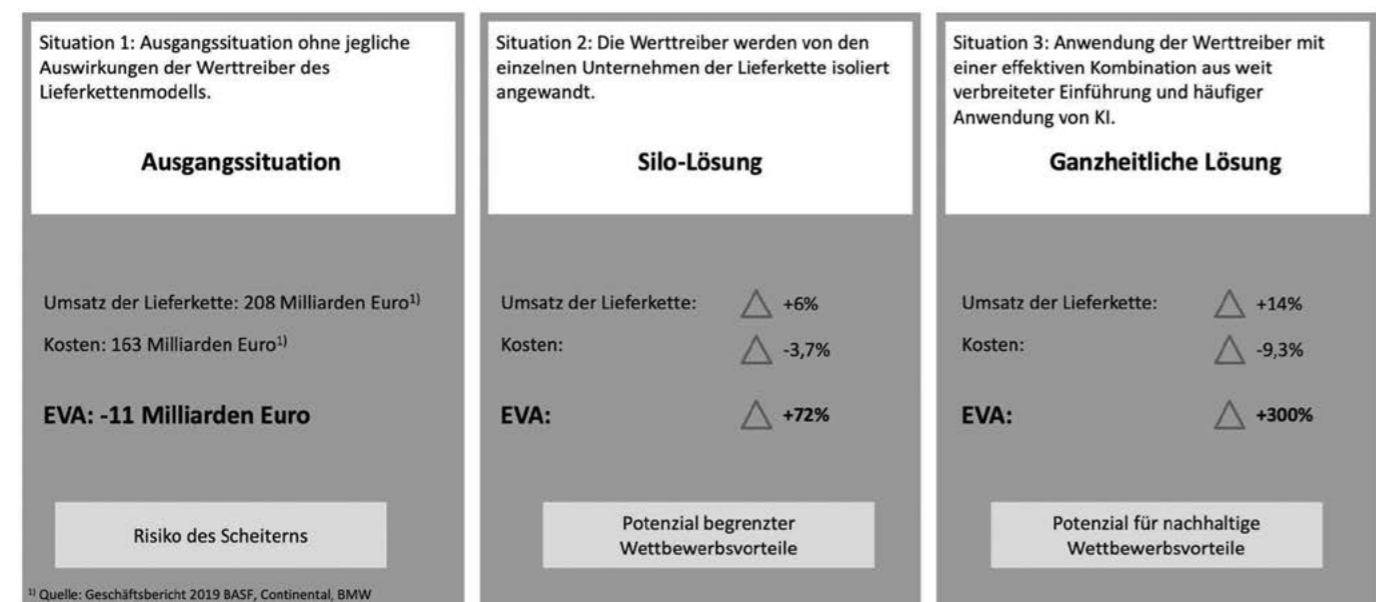
Aktuell sind allerdings nur 12 % aller Lieferkettenprozesse durch KI-Anwendungen unterstützt (siehe Abbildung 1).

Supply Chain Modell als Entscheidungshilfe zur Bewertung von Wertbeiträgen durch KI entlang der Lieferkette

In unserem Alltag stellen wir fest, dass viele Unternehmen noch mit Unsicherheit reagieren, wenn es um den Einsatz von KI geht. Die konkreten Auswirkungen auf das eigene Geschäftsmodell sowie die wertschöpfenden

Prozesse können nicht klar und ganzheitlich abgeschätzt werden. Häufig fehlt es an Referenzen und den nötigen Kompetenzen, um das Thema mit Blick auf die eigene Unternehmung zu bewerten.

Abbildung 2: EVA verschiedener Szenarien der Modellrechnung, Quelle: Getto, J., 2021, S. 311ff



Aus diesem Grund haben wir unsere Projekterfahrungen mit KI-basierten Lieferketten und unsere Forschungsergebnisse aus verschiedenen wissenschaftlichen Arbeiten und ausführlicher Literaturanalyse in ein Supply-Chain-Modell einfließen lassen.

Am Beispiel einer Original Equipment Manufacturer (OEM)-Lieferkette der Automobilindustrie mit Tier-1 und Tier-2-Entitäten (siehe Abbildung 2) haben wir die Ausgangssituation (Situation 1) mit zwei Zukunftsszenarien (Situation 2: Silo-Lösung und Situation 3: Ganzheitliche Lösung) hinsichtlich Umsatz-, Kosten- und „Economic Value Added (EVA)“-Potential berechnet.

Situation 1 (Ausgangssituation) repräsentiert die prozentuale Verteilung der Kollaborationstypen aus Abbildung 1. In **Situation 2** (Silo-Lösung) legen Führungskräfte ihren Fokus darauf, die Effektivität von Lieferketten durch isolierte KI-Anwendungen in ihrem eigenen Verantwortungsbereich zu erhöhen. Situation 2 ist charakterisiert durch ein voneinander getrenntes Optimieren innerhalb der einzelnen Supply Chain Entitäten. Eine gemeinsame Kultur entlang der gesamten Lieferkette entwickelt sich nur begrenzt. Die Lernfähigkeit der Lieferkette ist eingeschränkt. **Situation 3** (Ganzheitliche Lösung) ist geprägt durch einen hohen Anteil der Kollaborationstypen 2, 3 und 4 aus Abbildung 1 und repräsentiert die Vision einer ganzheitlich gesteuerten Lieferkette durch autonomes Planen und einen möglichst autonomen physischen Materialfluss.

Die ausführliche Modellrechnung in Getto, J. (2021): Analysis and evaluation of the impact of artificial intelligence on value creation in the supply chain. PhD thesis, University of Gloucestershire zeigt, dass nur diejenigen, die die Performance ihrer Supply Chain mit dem Konzept der KI-basierten, selbstdenkenden und lernenden Lieferkette in eine ganzheitliche Lösung überführen, nachhaltig wettbewerbsfähig sein werden.

Erfolgsfaktoren für einen nachhaltigen Wettbewerbsvorteil

Aus den Erkenntnissen der Modellrechnung ergeben sich vier wesentliche Erfolgsfaktoren (Abbildung 3).

Abbildung 3: Erfolgsfaktoren für einen nachhaltigen Wettbewerbsvorteil

| Erfolgsfaktor | Bezeichnung |
|-----------------|--|
| Erfolgsfaktor 1 | Rationalität und Mustererkennung der KI |
| Erfolgsfaktor 2 | Zusammenspiel Experte Mensch und Experte KI |
| Erfolgsfaktor 3 | Lernfähigkeit der KI – Die gemeinsame Kultur der Lieferkette |
| Erfolgsfaktor 4 | Schutz vor Wettbewerbern |

Erfolgsfaktor 1: Rationalität und Mustererkennung der KI
Die KI ist der technische Agent, der die Unsicherheit durch erwartete Werte von Variablen oder Funktionen von Variablen besser modellieren kann und sich immer für das optimal-rationalere Ergebnis unter allen möglichen Handlungen entscheidet.

Algorithmen sind in der Lage, Warenströme gezielt und effizient zu steuern und gegebenenfalls umzuleiten. Mitarbeiter dagegen bräuchten Tage für die Auswertung aller Daten. Zudem können sich gerade in Stresssituationen, wie bei Verspätungen, Fehler einschleichen. Die künstliche Intelligenz hingegen ist in der Lage, Daten sofort und emotionslos zu verarbeiten und schnell die richtige, nämlich eine rationale Entscheidung zu treffen.

Die Fähigkeit der KI, große Datenmengen schneller und präziser als menschliche Experten zu verarbeiten, ermöglicht es der Lieferkette, relevante Muster unter anderem für eine Bedarfsplanung über einen längeren Zeithorizont sicher zu identifizieren. Während in der Vergangenheit die bedarfsgesteuerte

Lieferkette (Demand-driven Supply Chain) den Bedarf nur über einen relativ kurzen Zeithorizont verlässlich bestimmen konnte, wird KI zukünftig eine sichere, primär prognosegesteuerte Lieferkette (Forecast-driven Supply Chain) ermöglichen.

Erfolgsfaktor 2: Zusammenspiel Experte Mensch und Experte KI
Dass der Mensch durch die KI ersetzt werden könnte, ist eine häufig geäußerte Sorge. Es wird jedoch oft vergessen, dass KI-gestützte Fähigkeiten bereits die menschlichen Fähigkeiten ergänzen und viele Schwächen des Menschen kompensieren – ihn also in der täglichen Arbeit unterstützen. Dabei unterscheiden sich die technologischen Ansätze der KI von den Denkstrukturen des Menschen: Menschliche Agenten in Lieferketten kombinieren und vereinen ihre Fähigkeiten (sogenannte „Sensorfusion“) zu einem einheitlichen und konsistenten Bild. Ihre emotionale und soziale Intelligenz wird durch das Zusammenspiel von Hormonen und chemischen Prozessen gesteuert. KI-gestützte Agenten haben in diesem Bereich Nachholbedarf, so dass auf die Vorteile menschlicher Entscheidungsinstanzen auf Sicht nicht verzichtet werden kann.

War die Lieferkette bis zum Beginn des 21. Jahrhunderts noch sozioökologisch geprägt, ist der Wandel hin zu einer sozio-technologischen Prägung unausweichlich. Die Lieferkette ist zukünftig überwiegend daten-gesteuert. Wie groß der Wertbeitrag der KI ist, hängt auch davon ab, wie sehr das durch die KI-Anwendung zusammengetragene implizite, datenbasierte Fachwissen das gesamte Wissen entlang der Lieferkette anreichert. Und es hängt davon ab, inwieweit es in die Normen und Regeln aufgenommen und von menschlichen Experten genutzt wird.

Erfolgsfaktor 3: Lernfähigkeit der KI – Die gemeinsame Kultur der Lieferkette
Die zunehmende Komplexität und der sehr große Informationsumfang der Supply Chain macht es Entwicklern von Softwareprogrammen unmöglich, die erforderlichen Lösungen für eine optimale Entscheidung mit ihren (entwicklungs-) sprachlichen Möglichkeiten in Form von Programmiersprache zu kodieren.

Künstliche neuronale Netze mit ihrer Fähigkeit, selbstlernend Daten zu verarbeiten und Wissen zu generieren, bewältigen diese Kom-

plexität. Diese Art KI steckt bereits in Anwendungen wie beispielsweise dem Natural Language Processing, das unter anderem in Sprachassistenten (Chatbots) eingesetzt wird. Computersysteme, die vorhandenes Wissen erforschen und daraus lernen, finden sich außerdem im computerbasierten Sehen (Computer Vision), in adaptiven Robotern, in Anwendungen zur Simulation, in Cloud-Systemen sowie bei der Erzeugung von virtueller Realität beispielsweise bei der Kommissionierung und Verladung.

Für die Lernfähigkeit von Menschen und KI ist eine gemeinsame Kultur wichtig, denn sie reduziert den Zeitaufwand, der für die Kommunikation und Kooperation der Akteure nötig ist, um Informationen auszutauschen und zu integrieren. Eine solche gemeinsame Kultur entsteht, wenn alle Akteure auf Basis gemeinsamer Richtlinien, Daten und Erfahrungen aufbauen und Wissen aufnehmen, teilen und erweitern können. Gefördert wird diese gemeinsame Kultur, wenn das Wissen aller multiplen künstlichen Intelligenzen durch eine zentrale Cloud zusammengeführt wird.

Während KI-Anwendungen große Datenmengen analysieren und Handlungsempfehlungen geben können, ist der Mensch mit seiner emotionalen Intelligenz immer noch entscheidend, um aus den Daten die richtigen Schlüsse zu ziehen, Strategien zu entwickeln und Maßnahmen in die Wege zu leiten. Während die KI heute schon vorhandenes Wissen ergänzt, wird sie künftig eine wichtigere Rolle spielen.

Erfolgsfaktor 4: Schutz vor Wettbewerbern
KI schafft Wissen. Damit daraus ein strategischer Wettbewerbsvorteil wird, sind zwei Punkte entscheidend: Zum einen darf das Entstehen dieses Wissens für Wettbewerber nicht nachvollziehbar sein. Zum anderen bietet das Wissen nur dann einen Vorteil, wenn es über die gesamte Lieferkette hinweg genutzt wird.

Im vergangenen Jahrzehnt haben KI-Expertensysteme wie IBM Watson, ImageNet oder Google mit ihren KNN (künstlichen neuronalen Netzen) für Bilderkennung oder NLP (Natural Language Processing) damit begonnen, einen Wissensspeicher kontinuierlich aufzubauen und komplexe Selbstlernfähigkeiten zu entwickeln. Allein durch die historisch gewachsene, schierere Menge an verarbeiteten Daten konnten sie einen Wettbewerbsvorteil schaffen. Sind diese KI-gestützten Expertensysteme in die sogenannte Intelligenzarchitektur einer Lieferkette integriert, ist dieser Komplexitätsvorteil von Konkurrenten nur schwer aufzuholen, da die Schnittstellen zwischen KI und den übrigen Teilen der Intelligenzarchitektur schwieriger zu imitieren sind als KI-Insellösungen.

Je häufiger KI-Anwendungen eingesetzt werden, desto eher sind sie Teil der Lieferkette und entziehen sich der systematischen und direkten Kontrolle und Beeinflussung durch Unternehmen. In Kombination mit der Selbstlernfähigkeit der KI wird aus der Lieferkette ein komplexes, adaptives System, das sich kaum imitieren lässt. In diesem Fall bedeutet Komplexität und Anpassungsvorteil einen strategischen Wettbewerbsvorteil. Ein solcher Wettbewerbsvorteil ist dann nachhaltig, wenn andere Lieferketten es aufgeben, diese Strategie zu duplizieren. Um diesen Vorteil zu sichern, muss die Lieferkette vermeiden, dass das Wissen über die Verbindung zwischen den Ressourcen und den Vorteilen verständlich und transparent wird.

Die Transparenz von Wissen entsteht durch Kodifizierung. Wissenskodifizierung ist die Umwandlung von stillem, implizitem Wissen in explizites Wissen. Doch je offener und beobachtbarer das Wissen ist, desto leichter kann es von Konkurrenten erlernt werden, und desto weniger wertvoll ist es, da die Gefahr besteht, dass es nachgeahmt wird. Daher müssen Agenten implizites Wissen anwenden, um die Lieferkette zu verwalten und Aktivitäten durchzuführen. Die Selbstlernfähigkeit der KI schafft ein solches implizites Wissen, denn KI-Anwen-

dungen lernen ohne kodifizierte Programmierung, stellen Regeln auf und passen diese an, um ihre Algorithmen ohne menschliche Eingaben zu verarbeiten. Sie besitzen Fähigkeiten, Prozesse implizit auszuführen. KI-inhärentes implizites Wissen ist für den außenstehenden Beobachter verborgen. Die Wissensverteilung in der Lieferkette erfolgt durch kompatible Kooperationsroutinen wie Formulare, Regeln, Verfahren, Konventionen, Strategien und Technologien. Dieses gemeinsame Schema, auch interorganisationale Kultur genannt, enthält und verteilt implizites Wissen über alle Entitäten der Lieferkette. Eine KI-gestützte Plattform bearbeitet und konvertiert Daten in Informationen und stellt die Informationen als gemeinsames Supply-Chain-Wissen für alle autorisierten Agenten der Lieferkette bereit.

KI-Anwendungen oder menschliche Experten greifen auf diesen Wissensbestand zu, können aber nur in begrenztem Maße ausdrücken, wie sie ihre einzelnen, aber miteinander verknüpften Aktivitäten verarbeiten und wie das Wissen entsteht. Daher sind das Netzwerk des individuellen Wissens und das allgemeine Wissen als Teil der gemeinsamen Kultur der Lieferkette durch den Wissensspeicher der dezentralen KI-Anwendungen und der zentralen KI-gestützten Plattform untrennbar miteinander verbunden, nur teilweise transparent und dementsprechend geschützt.

Das vor Wettbewerbern geschützte Wissen ist nur dann wertvoll, wenn es eine Lieferkette in die Lage versetzt, Strategien zu konzipieren oder umzusetzen, die ihre Effizienz und Effektivität verbessern, indem sie die Chancen nutzt oder Gefahren im Umfeld der Lieferkette neutralisiert. Nach dieser SICHTWEISE können selbst zwei Lieferketten, die Zugang zu demselben internen und externen Wissen haben, unterschiedliche Wettbewerbspositionen erreichen. Das geschieht dann, wenn eine Lieferkette über eine überlegene Intelligenz verfügt, die spezifische Erkenntnisse als Grundlage für gezielte Wettbewerbsmaßnahmen ermöglicht, die dem anderen Unternehmen fehlen.

Anwendungsbeispiel Schlechtteile-Erkennung im Szenario der ganzheitlichen Kollaboration

Anhand der Schlechtteile-Erkennung lässt sich das Szenario 3 des oben aufgeführten Supply-Chain-Modells – die ganzheitliche Kollaboration – gut darstellen: Das Erkennen von Schlechtteilen in der Produktionslinie eines Herstellers oder in der Lieferung eines Zulieferers durch KI-gestütztes computerbasiertes Sehen hilft, Fehler zu reduzieren. Das allein schafft aber noch kein Wissen. Wenn aber die selbstlernenden Algorithmen permanent hunderte von Schlechtteilen analysieren und ein Muster erkennen, das die Ursache für diese Schlechtteile aufdeckt, dann wird neues Wissen geschaffen.

Fazit und Ausblick

Das entscheidende Merkmal langfristig wettbewerbsfähiger Lieferketten ist nicht die KI-unterstützte Prognosefähigkeit, wie oft vermutet, sondern die vollständig implementierte Anwendung von KI entlang der gesamten Lieferkette durch ein hohes Maß an Prozessautonomie gepaart mit integrierter, aber dezentraler Koordination der Supply-Chain-Partner. Deshalb ermöglicht die vom Autoren empfohlene zukünftige Organisationsstruktur entlang der gesamten Lieferkette einen hohen Grad an kontrollierter Freiheit für adaptive Agenten, die unternehmensübergreifende Cluster an den Schnittstellen der Supply-Chain-Einheiten bilden.

Die Kombination von Wissensschaffung und Wissensverteilung mit vollständig implementierten und weit verbreiteten KI-gestützten Prognosen und autonomer Supply-Chain-Planung ist das einzig praktikable Zukunftskonzept, um durch den unvermeidlichen datenzentrierten Ansatz in der gesamten Lieferkette einen ausreichenden Mehrwert zu erzielen.

Einerseits lernen die KI-Anwendungen aus der permanenten Analyse der Schlechtteile und der Aktualisierung ihres inhärenten Wissensspeichers. Andererseits lernen die menschlichen Experten aus den Ergebnissen der KI-Anwendungen. Je mehr komplementäre Informationen von den beteiligten Agenten – also sowohl von Menschen als auch KI – verarbeitet werden, desto besser sind die Ergebnisse der Mustererkennung. Das liegt daran, dass das neu geschaffene gemeinsame Wissen zwischen den beteiligten menschlichen Experten und KI-Agenten zirkuliert. Eine weit verbreitete und vollständig integrierte Information, die über alle Teilsysteme der Lieferkette hinweg ausgetauscht wird, verbessert die Bereitstellung komplementärer Informationen zur

Das implizite Wissen und die hohe Anzahl der KI-Anwendungen sorgen dafür, dass die Verbindung zwischen dem Ursprung und den Vorteilen dieses Wissens intransparent bleibt.

Was wir ebenso sehen: Noch gibt es eine große Unsicherheit im Umgang mit KI. Viele Rahmenbedingungen sind nicht definiert, es gibt noch wenig Vorwissen und Fähigkeiten zur Anwendung sind nicht flächendeckend vorhanden. Zudem sind die konkreten Auswirkungen auf das eigene Unternehmen nicht klar. Der Aufbau eines Zielbildes, das einerseits Anwendungsfälle klar benennt, andererseits die Auswirkungen auf die eigenen Prozesse und die Wertschöpfung berücksichtigt, kann hier helfen. Daneben werden die Grundlagen, um überhaupt solche Modelle einführen zu können, identifiziert und heute vorhandene Lücken transparent. Darauf aufbauend können Unternehmen dann zielgerichtet ihre Prozesse optimieren und sukzessive KI richtig im Alltag einsetzen.

Erforschung der Grundursache von Fehlern jeglicher Art. Bei dieser Zusammenarbeit stellt die KI-Anwendung mit der Fähigkeit zum computerbasierten Sehen die Ergebnisse des Musters der KI-gestützten Plattform zur Verfügung, die das Wissen mit den jeweiligen Teilsystemen in der Produktions- und in der Forschungs- und Entwicklungsorganisation sowie mit dem Zulieferer teilt und Handlungsalternativen empfiehlt. In dem Moment, in dem die KI-Plattform aufgrund ihrer präskriptiven Analysefähigkeit dem Menschen Maßnahmen empfiehlt, wird dieser Prozess kodifiziert. Das bedeutet, dass daraus generierte Anpassungen als Normen und Regeln durch den Menschen als kodifiziertes Wissen in die gemeinsame Kultur aufgenommen werden.

Quellenangaben

BASF (2020): BASF Report 2019, <https://report.basf.com/2019/en/>

Continental (2020): Transformation – Annual Report Continental AG 2019, <https://www.continental.com/en/investors/events/financial-calendar/details/annual-report-2019-available-only-in-a-digital-format/>

BMW (2020): Power of Choice – Annual Report BMW Group 2019 (EN), https://www.bmwgroup.com/content/dam/grpw/websites/bmwgroup_com/ir/downloads/en/2020/gb/BMW-GB19_en_Finanzbericht.pdf

Brown, T. (2020): Impact of AI in Supply Chain Management. Artificial Intelligence. <https://itchronicles.com/artificial-intelligence/ai-in-supply-chain-management/>

Getto, J. (2021): Analysis and evaluation of the impact of artificial intelligence on value creation in the supply chain. PhD thesis, University of Gloucestershire

Leonard, M. (2020): So only 12% of supply chain pros are using AI? Apparently. BRIEF. <https://www.supplychaindive.com/news/artificial-intelligence-machine-learning-supply-chain-mhi-report-automation/574745/>



Dr. Joachim Getto ist Partner bei Infront für Supply Chain Management und Logistik.

Er verbindet angewandtes betriebswirtschaftliches Denken mit einem fundierten technologischen Hintergrund und ist verantwortlich für Forschungsaktivitäten zum Beitrag von künstlicher Intelligenz zur Wertschöpfung von Lieferketten. Unternehmen aus der Chemie-, und Pharmaindustrie, des Handels und der Logistikbranche vertrauen auf sein umfangreiches Erfahrungswissen und seinen strategischen Weitblick.

Joachim ist Autor zahlreicher Studien und Fachartikel zur Transformation von Lieferketten und häufiger Redner auf Konferenzen sowie Dozent an Hochschulen.



Bundesvereinigung Logistik e.V.

Schlachte 31

28195 Bremen

www.bvl.de