OTH
Amberg-Weiden

Die Hochschule im Dialog:

Perception in der Logistik und im Supply Chain Management

Stephanie Abels-Schlosser

Weidener Diskussionspapiere Nr. 99, November 2025

Perception in der Logistik und im Supply Chain Management

Stephanie Abels-Schlosser
Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden
Hetzenrichter Weg 15
D-92637 Weiden
s.abels-schlosser@oth-aw.de

Abstract

Perception-Technologien erfahren derzeit eine signifikante Entwicklung und etablieren sich zunehmend als ein zentralen Enabler für die digitale Transformation in der Logistik und im Supply Chain Management. Anhand von Projekten mit Unternehmen vorzugsweise aus der Oberpfalz wird demonstriert, wie Perception als Grundlage datenbasierter Entscheidungsfähigkeit in unterschiedlichen logistischen Anwendungsbereichen verankert ist. Das Spektrum erstreckt sich von Sichtbarkeits- und Rückmeldesystemen über kameragestützte Robotik und Digital Twins bis hin zu integrativen Plattformlösungen. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Perception nicht nur die Effizienz und Transparenz steigert, sondern auch die Resilienz und die Nachhaltigkeit logistischer Systeme stärkt. Die regionale Perspektive unterstreicht, dass Perception in mittelstandsorientierten Netzwerken spezifische Ausprägungen und Entwicklungsdynamiken entfaltet.

English Abstract

It is evident that perception technologies are currently undergoing significant development. It is becoming increasingly evident that they are establishing themselves as a key enabler for digital transformation in the logistics and supply chain management sectors. Projects undertaken in collaboration with companies, predominantly from the Upper Palatinate region, illustrate how perception is firmly embedded in a range of logistics applications, serving as the foundation for data-driven decision-making processes. The spectrum encompasses a range of applications, including visibility and feedback systems, camera-assisted robotics, digital twins, and integrative platform solutions. The findings show that perception improves logistics systems' efficiency, transparency, resilience, and sustainability. The regional perspective emphasises that perception fosters specific characteristics and dynamics in networks oriented towards small and medium-sized enterprises.

Schlüsselworte:

Digitalisierung, Logistik, Perception, Supply Chain Management

JEL:

L23 – Organization of Production
L91 – Transportation: General
O33 – Technological Change: Choices and Consequences; Diffusion Processes
C63 - Computational Techniques; Simulation Modeling
R11 – Regional Economic Activity: Growth, Development, Environmental Issues, and Changes

1. Einleitung

Globale Lieferketten sind heute mit geopolitischen Spannungen, pandemiebedingten Disruptionen, Extremwetterereignissen und Ressourcenengpässen konfrontiert, die durch Marktvolatilität und steigende Kundenindividualisierung weiter verschärft werden. Diese Dynamiken zwingen Unternehmen, Logistik- und Supply Chain Management (SCM)-Strukturen neu auszurichten, um Agilität, Anpassungsfähigkeit und Resilienz zu sichern. (Ivanov 2021, 2024; Scholten et al. 2020)

Zentral ist dabei die Fähigkeit logistischer Systeme, operative, infrastrukturelle und externe Zustände in Echtzeit zu erfassen, zu interpretieren und adaptiv darauf zu reagieren. Dieses umfassende Wahrnehmungsvermögen – als Perception verstanden – bildet die Grundlage für digitalisierte und resiliente Logistikprozesse. Im SCM-Kontext bezeichnet Perception die intelligente Verknüpfung von Sensorik, Echtzeitdatenerfassung, semantischer Analyse und kontextadaptiver Entscheidungslogik (Winkelhaus und Grosse 2020) (Abbildung 1).

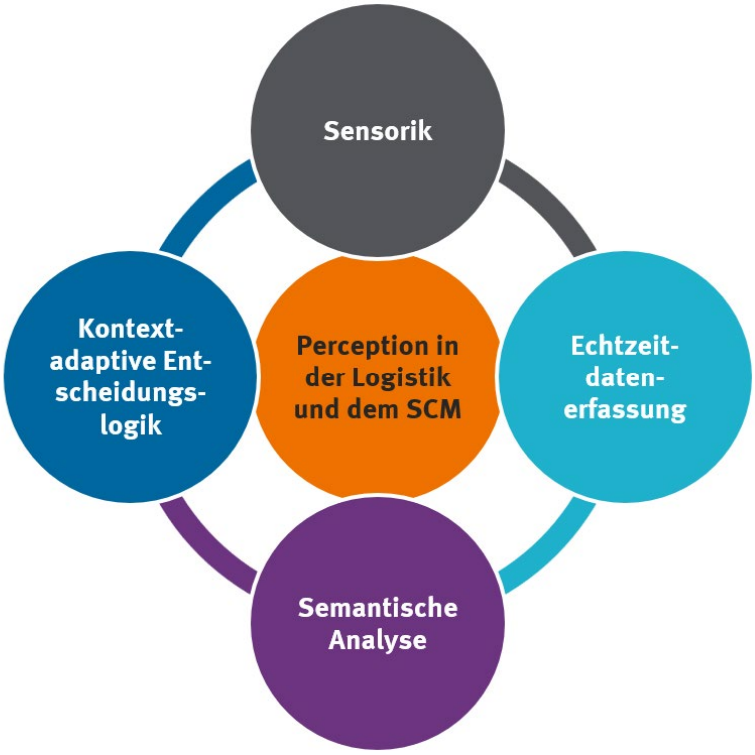

Abbildung 1 Perception in der Logistik und im Supply Chain Management– Intelligente Verknüpfung von Sensorik, Echtzeitdatenerfassung, semantischer Analyse und kontextadaptiver Entscheidungslogik

Durch Internet of Things (IoT), Radio-Frequency Identification (RFID), kamerabasierte Systeme und digitale Zwillinge (Digital Twin) lassen sich Bestände, Auftragsflüsse und Maschinennutzung erfassen sowie potenzielle Störungen antizipieren (Ivanov 2021, 2024; Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML 2025). Diese Informationen fließen direkt in operative Steuerung ein, etwa zur dynamischen Routenanpassung, Fehlerprävention oder Risikoanalyse (Becker 2024). Perception wird damit zum Katalysator für vorausschauende Kontrolle, Transparenz und Selbstregulation logistischer Netzwerke und markiert eine Schlüsselressource für die Transformation zu kontextsensitiven, lernfähigen Supply Chains (Scholten et al. 2020; Winkelhaus und Grosse 2020).

2. Begriffsdefinition und theoretische Einordnung

Perception wurde bereits in der Antike in der Lehre der Stoa zur Kennzeichnung einer klaren und unfehlbaren Wahrnehmung verwendet (Zwanziger 1788). Der Begriff wird aktuell vorzugsweise in der Wahrnehmungspsychologie verwendet und bezeichnet dort die Gesamtheit der Vorgänge der Wahrnehmung und den Inhalt der Wahrnehmung (Wirtz 2020).

2.1. Perception im Vergleich mit Visibility, Transparency und Sensing

Im Kontext zu Perception werden die Begriffe Visibility (SAP 2024; McIntire 2016; Weyrich 2024; Delgado et al. 2025), Sensing (Weyrich 2024) und Transparency (Bendhi 2025) genutzt. Abgrenzungen ergeben sich durch die Datenerfassung, -verarbeitung, -sichtbarkeit sowie -transparenz (Abbildung 2).

Begriff	Bedeutung	Fokus/Charakteristik
Sensing	Datenerfassung durch Sensoren oder Geräte	Registrierung von Zuständen/Ereignissen im physischen System, z.B. Temperatur, Bewegung, Standort. (Sandra Hohenecker 2020)
Perception	Verarbeitung + Interpretation der erfassten Sensordaten	Aus den rohen Daten entsteht „Wahrnehmung“: Objekte/Lagen/Zustände werden erkannt und für Entscheidungen nutzbar (maschinelle Wahrnehmung). (Sandra Hohenecker 2020)
Visibility	Einsicht in Daten, Status, Ereignisse innerhalb einer Supply Chain	Überblick über Flüsse/Bestände/Abläufe – oft (aber nicht zwangsläufig) in Echtzeit; Stakeholder können Daten einsehen, um Prozesse zu steuern. (Lyon 2021)
Transparency	Offenlegung von Informationen gegenüber allen Beteiligten	Tiefergehende Offenheit und Nachvollziehbarkeit in der gesamten Supply Chain, inklusive Herkunft, Verantwortlichkeiten, Qualität, Ethik u.v.m.; ermöglicht Verantwortung und Strategieanpassung. (Bendhi 2025)

Abbildung 2 Abgrenzung von Sensing, Perception, Visibility, Transparency

Zusammenfassend kann Sensing als Rohdatensammlung, Perception als Bedeutungszuweisung oder Herstellen von Zusammenhängen, Visibility als Datenverfügbarkeit oder -sichtbarkeit und Transparency als Offenheit im Sinne einer Nachvollziehbarkeit im Hinblick auf Verantwortlichkeit und Vertrauen bezeichnet werden. Alle vier Stufen sind für moderne, resiliente und verantwortbare Logistik von Bedeutung. Sie adressieren aber unterschiedliche Ebenen des Informations- und Prozessmanagements. (Schäfer 2023)

Abbildung 3 zeigt ein praktisches Beispiel aus der Versandhausabwicklung, welches die Begriffe *Sensing*, *Perception*, *Visibility* und *Transparency* veranschaulicht.

Sensing: Im Zentrallager des Versandhauses werden Pakete auf Förderbändern transportiert. An jeder Station sind Barcode-Scanner und Gewichtssensoren installiert. Diese Sensoren erfassen Rohdaten wie Paket-ID, Gewicht und Position auf dem Förderband.

Perception: Das IT-System verarbeitet die erfassten Sensordaten und erkennt beispielsweise, dass ein Paket zu leicht ist (möglicherweise fehlt ein Artikel), dass es falsch etikettiert wurde oder an der falschen Station angekommen ist. Das System meldet umgehend eine entsprechende Warnung und initiiert gegebenenfalls eine automatische Umlenkung zur Kontrollstation.

Visibility: Die aktuellen Statusinformationen (z.B. „Paket für Bestellung 92637 wurde heute 13:40 Uhr am Packplatz XYZ übernommen, Gewicht in Ordnung, auf dem Weg zur Versandstation“) sind in Echtzeit für die Versandsteuerung und den Kundendienst sichtbar. Mitarbeitende und Kunden können online den aktuellen Sendungsstatus abrufen, inklusive voraussichtlicher Zustellzeit.

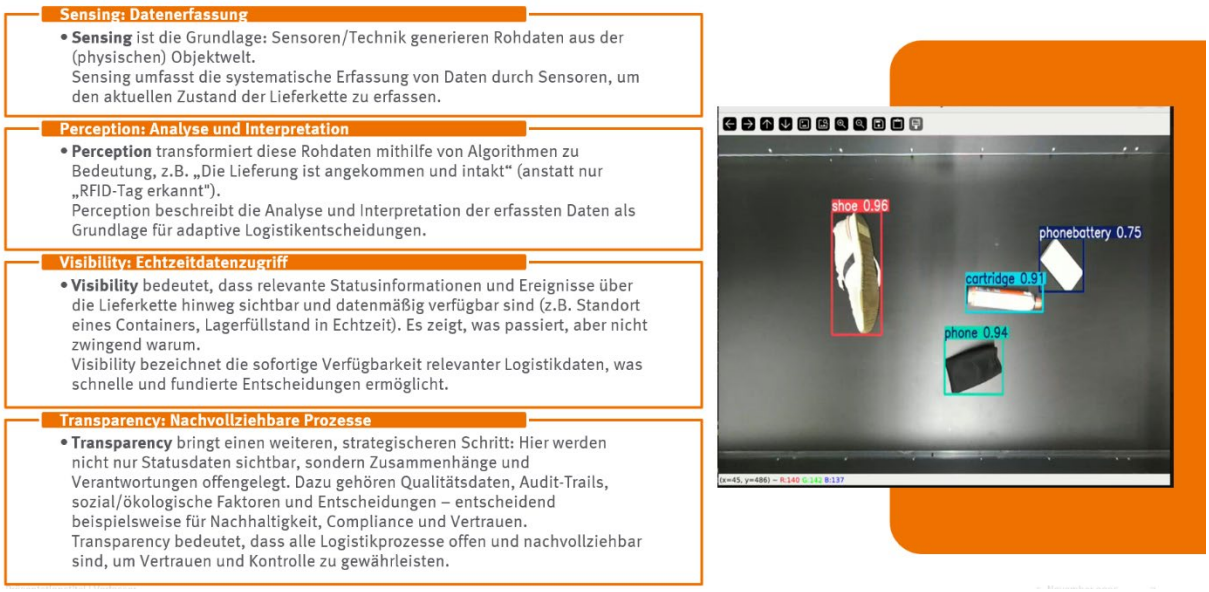

Abbildung 3 Begriffe in der Logistikdatenanalyse (Bild in Anlehnung an (Schlosser et al. 2025b)

Transparency: Im Fall einer Reklamation (z.B. Kunde meldet fehlende Ware) kann lückenlos nachvollzogen werden, an welcher Stelle im Versandprozess das Problem aufgetreten ist. Die komplette Prozesshistorie beispielsweise welcher Mitarbeitende das Paket bearbeitet hat, Sensorwerte, ggf. Fotoaufnahmen beim Verpacken wird offengelegt, und der Kunde bekommt auf Nachfrage eine nachvollziehbare Information zum Bearbeitungs- und Prüfprozess.

Dieses Beispiel zeigt, wie durch die aufeinander aufbauenden Stufen von *Sensing* (Datenerfassung), *Perception* (Dateninterpretation), *Visibility* (Statussichtbarkeit) und *Transparency* (offene Nachvollziehbarkeit) eine präzise, effiziente und kundenorientierte Versandhausabwicklung möglich wird.

2.2. Perception in technischen Systemen

In technischen Systemen bezeichnet Perception die Fähigkeit, Umweltzustände über sensorische oder digitale Informationsquellen in Echtzeit zu erfassen. Sie umfasst die kontextuelle Interpretation und semantische Verarbeitung der aufgenommenen Daten. Der Prozess beinhaltet die Erhebung, Filterung und Fusion heterogener Informationen sowie deren Überführung in entscheidungsrelevante Handlungsmodelle. (Shahian Jahromi et al. 2019; Yang et al. 2025)

Technische Perception beschreibt die Erfassung von Umgebungsdaten durch Sensoren wie Kameras, Radar, Light Detection and Ranging (Lidar) oder Ultraschall. Diese Daten werden von Algorithmen verarbeitet und interpretiert, um Objekte, Hindernisse, Positionen oder Bewegungen zu erkennen und zu klassifizieren. Das Ergebnis ist ein digitales Abbild der Umgebung, das für Planung, Steuerung oder Navigation genutzt wird. In autonomen Fahrzeugen ermöglichen Perception-Systeme die präzise Detektion, Identifikation und Klassifikation von Objekten und Verkehrsteilnehmern. Sie bilden damit die Grundlage für automatisiertes Handeln. (ITK Engineering 2025; Pierre Olivier 2022; Bosch Global 2025)

Im Kern ist technische Perception somit die maschinelle Umsetzung der menschlichen Wahrnehmung: Sie macht es möglich, dass „künstliche" Systeme ihre Umgebung eigenständig erfassen, analysieren und darauf reagieren können. (Bosch Global 2025; ITK Engineering 2025)

2.3. Perception in logistischen Systemen

In logistischen Systemen wird Perception insbesondere durch den Einsatz vernetzter Sensorik wie Radio-Frequency Identification (RFID), Light Detection and Ranging (LiDAR), Kamerasystemen oder computerbasierten Bildverarbeitungsverfahren realisiert. Dadurch können Materialflüsse, Lagerbestände und Transportbewegungen kontinuierlich überwacht und analysiert werden. Die Transformation von regelbasierten Automatisierungssystemen hin zu lern- und wahrnehmungsfähigen Architekturen markiert einen paradigmatischen Wandel in der Steuerung logistischer Prozesse. (Ferreira und Reis 2023; Liu et al. 2023; Wang et al. 2016)

Perception bezeichnet damit die Erfassung und Interpretation relevanter Umgebungs- und Prozessdaten in einem Logistiksystem — also aller Aktivitäten und Bewegungen von Gütern, Informationen und Ressourcen entlang der Wertschöpfungskette (Abbildung 4).

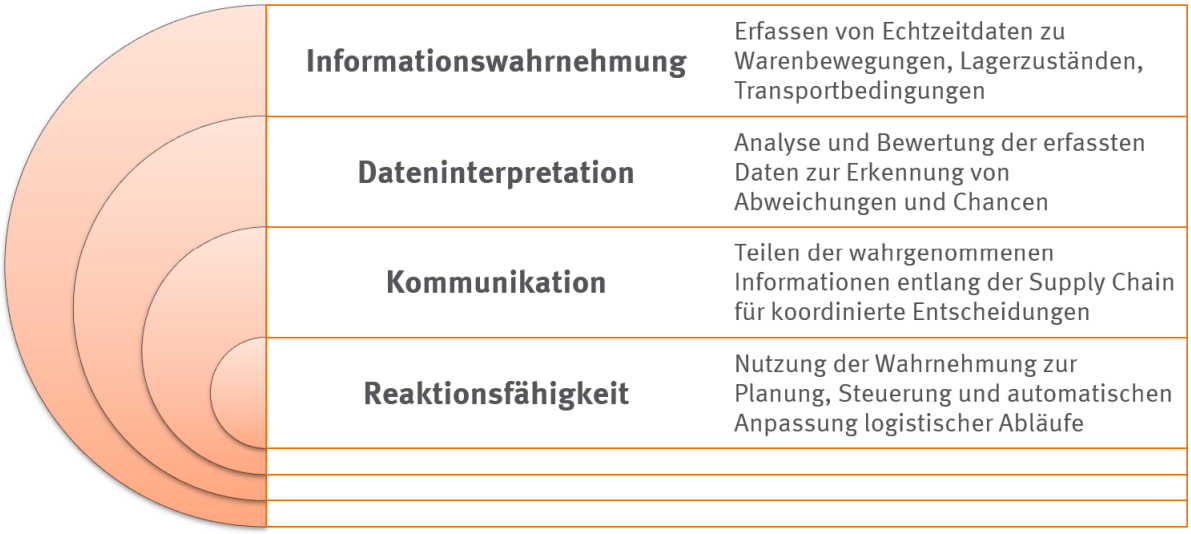

Abbildung 4 Perception im Logistik-/Supply Chain Management-Kontext

Perception ermöglicht es, logistische Abläufe transparent und dynamisch zu steuern und zu optimieren. (Taj et al. 2023)

Im Zuge von Logistik 4.0 spielt Perception eine zentrale Rolle bei der Vernetzung von Prozessen und Objekten sowie bei der Echtzeit-Erfassung von Zustandsdaten mittels Sensoren, RFID, Global Positioning System (GPS) und vielen weiteren Anwendungen. Dadurch können Systeme und Akteure die logistischen Abläufe „erkennen“, interpretieren und selbstständig Entscheidungen treffen. So werden Prozessgeschwindigkeiten erhöht und Fehler reduziert. (Palos et al. 2025)

Perception ist notwendig, um kritische Punkte wie Break Bulk Points (Auflösungspunkte) oder Consolidation Points (Konzentrationspunkte) zu erkennen und zu managen. Hier greifen Lager- und Bewegungsprozesse ineinander. Eine koordinierte Wahrnehmung von Mengen, Qualitäten und Zeitpunkten ist dabei essenziell. (Oguntola et al. 2023; Bendhi 2025)

Im Supply Chain Management ist Perception die Grundlage für Transparenz und kollaborative Entscheidungsfindung zwischen den Partnern einer Lieferkette. Durch die systematische Einbindung sensorischer Datenquellen an Knotenpunkten der Lieferkette bei Lieferanten, Distributionszentren oder Transportmitteln wird die frühzeitige Erkennung von Nachfrageschwankungen, Engpässen und Störungen ermöglicht. (Atieh Ali et al. 2024). Fortschritte in den Bereichen cyber-physischer Systeme, digitaler Zwillinge und Edge Intelligence erlauben es, SCM-Systeme zu selbstadaptiven, resilienten Netzwerken weiterzuentwickeln (Zaidi

et al. 2024; Parnianifard et al. 2022). Die gemeinsame Wahrnehmung von Bedarfen, Risiken und Prozesszuständen ermöglicht eine bessere Abstimmung und Flexibilität entlang der gesamten Kette (Pal und Kant 2020; Oguntola et al. 2023). Perception stellt somit einen zentralen Baustein für die Reaktions- und Wandlungsfähigkeit globaler Lieferketten dar (Atieh Ali et al. 2024; Liu et al. 2023).

Perception in Logistiksystemen ist somit definiert als die grundlegende Fähigkeit aller beteiligten Akteure und technischen Systeme, relevante Ereignisse und Zustände im Netzwerk zu erkennen, zu interpretieren und entsprechend zu handeln, um Effizienz, Flexibilität und Resilienz der logistischen Prozesse zu sichern. (Oguntola et al. 2023; Pal und Kant 2020; Palos et al. 2025)

2.4. Einordnung in Supply Chain Management-Theoriemodelle

Perception nimmt innerhalb der Theoriemodelle des Supply Chain Managements (SCM) eine zentrale Rolle ein, insbesondere im Kontext von Agilität und Resilienz. Sie beschreibt die Fähigkeit von Unternehmen, Informationen, Risiken und Veränderungen innerhalb komplexer Wertschöpfungsnetzwerke wahrzunehmen, zu interpretieren und darauf zu reagieren.

Agilität bezeichnet im SCM die Fähigkeit, flexibel und schnell auf unerwartete Veränderungen zu reagieren (Christopher 2000; Srinivasan et al. 2011). Voraussetzung dafür ist die rechtzeitige Wahrnehmung von Störungen oder Chancen sowie deren korrekte Interpretation und Ableitung geeigneter Handlungen (Srinivasan et al. 2011). Ein hohes Perception-Niveau ermöglicht es Akteuren, Informationen präzise zu erfassen und agil zu entscheiden (Dennehy et al. 2021).

Resilienz beschreibt die Widerstandsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit von Lieferketten gegenüber Störungen wie Umweltkatastrophen oder plötzlichen Nachfrageschwankungen (Wieland und Durach 2021; Norrman und Jansson 2004). Die Wahrnehmung von Risiken, Abweichungen oder Schwachstellen bildet die Grundlage, um Bedrohungen frühzeitig zu erkennen und Gegenmaßnahmen einzuleiten, etwa durch Umleitung von Lieferungen oder die Aktivierung alternativer Lieferanten (Norrman und Jansson 2004). Fehlende oder verzögerte Wahrnehmung schwächt die Resilienz signifikant (Xu et al. 2023; Madzík et al. 2024).

Perception ist in vielen SCM-Theorien implizit verankert. In der Prinzipal-Agent-Theorie bildet sie die Grundlage zur Einschätzung von Risiken und Unsicherheiten zwischen Partnern. Sie bestimmt, wie auf Informationsasymmetrien reagiert wird. Wahrnehmungsunterschiede – sogenannte Perception Gaps – können zu Fehlentscheidungen und Ineffizienzen führen (Ankenbrand et al. 2019; Lu et al. 2014; Lu et al. 2019). In Netzwerk- und Integrationstheorien ermöglicht Perception die Entwicklung gemeinsamer Situationsbilder und abgestimmtes Handeln über Schnittstellen hinweg (Richey et al. 2022).

Im Resource-Based View gilt die Wahrnehmung relevanter Informationen und Entwicklungen in der Supply Chain als zentrale Fähigkeit. Sie befähigt Unternehmen, aus Wissen und Beobachtung etwa durch innovatives Risiko- oder Bedarfsmanagement Wettbewerbsvorteile zu generieren. Diese Fähigkeit stellt häufig ein entscheidendes Differenzierungsmerkmal dar. (Ankenbrand et al. 2019; Lu et al. 2014; Lu et al. 2019)

Perception ist kein isoliertes Element, sondern ein integraler Prozessbaustein für Agilität und Resilienz. Sie ermöglicht es, Unsicherheiten frühzeitig zu erkennen, Risiken und Veränderungen zu interpretieren und daraus Handlungsoptionen abzuleiten. Theoretische und empirische Arbeiten zeigen, dass Wahrnehmungslücken erhebliche Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit und Robustheit von Supply Chains haben. (Ankenbrand et al. 2019; Lu et al. 2014; Lu et al. 2019)

Im Kontext logistischer Systeme und des Supply Chain Managements bezieht sich Perception auf die Wahrnehmung, Interpretation und Bewertung von Informationen, Risiken und Zusammenhängen innerhalb komplexer Wertschöpfungsnetzwerke (Abbildung 5).

Visibilität und Transparenz: Die Schaffung von Sichtbarkeit entlang der gesamten Supply Chain von Materialflüssen über Lagerbestände bis zu Engpässen ist zentral für eine effiziente Steuerung. Gemeinsame Datennutzung und Digitalisierung erhöhen die kollektive Wahrnehmung und ermöglichen ein frühzeitiges Reagieren auf Abweichungen oder Störungen. (Kraft et al. 2018; Chai et al. 2025; Alicke et al. 2022)

Risikowahrnehmung: Die Art und Weise, wie Risiken von verschiedenen Akteuren der Supply Chain wahrgenommen werden, beeinflusst Entscheidungsprozesse und Maßnahmen zur Risikoreduktion. Unterschiedliche Rollen im Netzwerk beispielsweise Produktion, Logistik, Beschaffung verfügen oft über unterschiedliche Informationsstände und Einschätzungen der Bedrohungslage, was zu Wahrnehmungslücken führen kann. Die systematische Wahrnehmung und Kommunikation von Risiken sind entscheidend für resiliente Supply Chains. (Tse et al. 2018; Sato et al. 2020; McWilliams et al. 2022)

Interpretation von Zusammenhängen: Supply Chains bestehen aus diversen Organisationseinheiten mit eigenen Interessen. Die individuelle sowie organisationale Wahrnehmung dieser Schnittstellen und Zusammenarbeitsformen, die beispielsweise als Chance oder als Risiko, als kooperativ oder als kontrollierend beeinflusst werden, ist dabei von entscheidender Bedeutung für die Effizienz und Effektivität der Kooperation und des Informationsaustauschs. (Barratt 2004; Jamaluddin und Saibani 2021; Koot et al. 2021; Nguyen 2021; Stefansson und Russell 2008)

Planungs- und Entscheidungsprozesse: Wahrnehmung beeinflusst die Geschwindigkeit und Zielgerichtetheit, mit der Informationen in operative Maßnahmen überführt werden. Fehlende Transparenz oder einseitige Informationsverarbeitung führen zu reaktivem Handeln, während ein gemeinsames Situationsverständnis Anpassungsfähigkeit und Effizienz stärkt. (Nguyen 2021; Koot et al. 2021)

Bereich	Positive Perception	Negative Perception
Visibilität	Frühzeitige Problemerkennung, proaktive Steuerung	Verzögerungen, Reaktion erst bei Störung
Risiko	Präventive Maßnahmen, gemeinsame Krisenstäbe	Fehlendes Risikobewusstsein, unkoordinierte Reaktion
Kollaboration	Offene Kommunikation, Vertrauen, flexible Planung	Misstrauen, Datenzurückhaltung, Inseldenken

Abbildung 5 Beispielhafte Effekte von Perception

Perception ist ein somit Schlüsselfaktor für Effizienz und Resilienz in logistischen Systemen und im innovativen Supply Chain Management. Sie bestimmt, wie gut beteiligte Unternehmen und ihre Mitarbeiter komplexe Supply-Chain-Prozesse erfassen, interpretieren und darauf reagieren können, und bildet damit die Basis für erfolgreichen Informationsfluss, Planung und Risikomanagement. (Logistik vs. Supply Chain Management | einfach erklärt 2025; Christopher und Peck 2004; Chopra et al. 2021; Brede und Vries 2009; Zsidisin und Wagner 2010)

3. Technologische Grundlagen der Perception in der Logistik und im Supply Chain Management

Perception im Supply Chain Management bildet die Schnittstelle zwischen physischer Realität und digitaler Intelligenz. Erst durch das Zusammenspiel von Sensorik, Internet of Things, Sensordatenfusion, digitalen Zwillingen sowie Künstliche Intelligenz (KI)-basierter

Mustererkennung entsteht eine adaptive, kontextbewusste und handlungsfähige Wahrnehmungsarchitektur entlang logistischer Ketten. (Djenouri et al. 2022; Tanveer et al. 2020)

Diese Technologien ermöglichen die Erfassung und Interpretation von Prozess- und Umgebungsdaten in Echtzeit. Die gewonnenen Informationen werden in entscheidungsrelevante Modelle überführt, die proaktives und vorausschauendes Handeln unterstützen. Damit schaffen sie die Grundlage für ein dynamisches, selbstadaptives Supply Chain Management. (Zaman et al. 2025)

3.1. Sensorik, Internet of Things und Sensordatenfusion

Die technologischen Grundlagen der Perception im Supply Chain Management beruhen auf den drei zentralen Säulen Sensorik, Internet of Things und Sensordatenfusion. Diese Technologien verbinden physische Prozesse mit digitalen Informationssystemen und bilden die Basis für datengetriebene Entscheidungen in vernetzten Lieferketten. (Djenouri et al. 2022)

Sensorik ermöglicht die Erfassung physischer Zustände und Ereignisse in Echtzeit. Typische Sensoren sind Barcode-Scanner, RFID-Systeme, Temperatur- und Feuchtigkeitssensoren, Bewegungssensoren sowie Kameras. Sie liefern präzise Daten zu Standort, Zustand und Umgebung von Produkten oder Transportmitteln. Moderne Lager- und Transportsysteme nutzen diese Sensorik, um Warenflüsse, Bestände und Umgebungsparameter kontinuierlich zu überwachen und Abweichungen frühzeitig zu erkennen. (Tan und Sidhu 2022; Su 2012)

Das Internet of Things vernetzt diese Sensoren und Objekte über Kommunikationssysteme wie Wireless Local Area Network (WLAN), Mobilfunk oder Low Power Wide Area Networks (LPWAN). IoT-Geräte erfassen Daten kontinuierlich und übertragen sie in Echtzeit an zentrale IT-Systeme. So entsteht eine durchgängige digitale Transparenz entlang der gesamten Lieferkette. Anwendungen reichen vom Echtzeit-Tracking von Lieferungen über intelligente Lagerverwaltung bis hin zu automatisierten Nachschubprozessen und Zustandsüberwachung während des Transports. Das Internet of Things fungiert als zentrales System moderner Supply-Chain-Perception. Es gilt als zentrales Element der industriellen Digitalisierung und bildet eine Kernkomponente von Industrie 4.0. (Cai et al. 2020; Zaman et al. 2025)

Die Sensordatenfusion beschreibt die Zusammenführung, Verarbeitung und Interpretation von Daten aus verschiedenen Quellen. Ziel ist die Erstellung eines konsistenten und präzisen Lagebilds der betrachteten Umgebung. Durch die Kombination mehrerer Sensorsignale lassen sich Unsicherheiten reduzieren und die Informationsqualität deutlich verbessern. (Djenouri et al. 2022; Duro 2024)

Algorithmen, die auf Methoden der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens beruhen, analysieren diese Datenströme und erkennen Muster, Anomalien und Trends. So können Engpässe, Abweichungen oder Risiken frühzeitig identifiziert und geeignete Maßnahmen eingeleitet werden (Rajagopal 2025; Shelley 2024). Diese Verknüpfung ist nötig, um beispielsweise Abweichungen, Engpässe oder Risiken frühzeitig zu identifizieren und gezielt reagieren zu können, anstatt bloß einzelne Messwerte isoliert zu betrachten (Tsanousa et al. 2022).

Das Zusammenspiel von Sensorik, IoT und Sensordatenfusion bildet das Fundament für eine technische Perception der Supply Chain. Die Sensorik erfasst die Daten. Das IoT führt die Datenübertragung und Vernetzung durch. Die Sensordatenfusion interpretiert diese und führt die Ereigniserkennung durch. Sie bilden gemeinsam die technologische Grundlage für Perception in der vernetzten, digitalen Supply Chain. (Rajagopal 2025; Shelley 2024)

Unternehmen können damit logistische Prozesse automatisiert überwachen, analysieren und optimieren, von der Bestandsüberwachung über Transportkontrolle bis hin zur

Qualitätssicherung und Prognose von Nachfrage oder Risiken. Diese technologische Basis ermöglicht eine höhere Agilität, Resilienz und Nachhaltigkeit der Lieferketten und ist Treiber der digitalen Transformation logistischer Systeme. (Rajagopal 2025; Shelley 2024)

In der Umsetzung überwachen in einem modernen Distributionszentrum Sensoren den Zustand und Standort jeder Palette. Über das IoT werden diese Daten zentral gebündelt; mithilfe von Sensordatenfusion entstehen daraus in Echtzeit digitale Zwillinge, die ein vollständiges, automatisiert auswertbares Bild des Lagers ermöglichen und Entscheidungen unterstützen. (Roman et al. 2025)

3.2. Digitale Zwillinge als technologische Grundlage digitaler Perception im Supply Chain Management

Die fortschreitende Digitalisierung verändert die Wahrnehmung und Steuerung logistischer Netzwerke. Digitale Zwillinge etablieren sich als datengetriebene Abbilder physischer Prozesse, die Zustände in Echtzeit erfassen, interpretieren und adaptiv steuern. Sie fungieren damit nicht nur als Visualisierungen, sondern als digitale Sinnesorgane cyber-physischer Systeme. (Göpfert 2022)

Digitale Zwillinge verknüpfen aktuelle, historische und prädiktive Daten. Grundlage ist die Vernetzung von Sensorik und IoT. So lassen sich Abweichungen frühzeitig erkennen, Szenarien simulieren und Reaktionen automatisiert auslösen (Abbildung 6). (Miehling et al. 2020; Zarnitz et al. 2023)

Die Einsatzfelder reichen von der Lager- und Transportlogistik bis zur prädiktiven Instandhaltung. Durch Datenfusion, KI und Cloud-Architekturen entsteht ein semantisch angereichertes Lagebild, das die Effizienz und die Resilienz stärkt (Schlosser et al. 2025a). Digitale Zwillinge werden damit zu zentralen Bausteinen digitaler Perception in einer adaptiven, datengetriebenen Logistik (Oehlschläger et al. 2024).

Abbildung 6 Digital Twin in Logistik und SCM (Bild Simulation in Anlehnung an (Schlosser et al. 2024))

3.3. Künstliche Intelligenz und semantische Datenverarbeitung als technologische Grundlage der Perception in der Logistik und im Supply Chain Management

In dynamischen Logistik- und Supply-Chain-Umgebungen entstehen kontinuierlich heterogene Datenströme von Sensorik, RFID und Computer Vision bis hin zu IoT-Plattformen und fahrzeuggestützter Umgebungserfassung (Beul et al. 2018; Teixeira et al. 2025). Diese Daten bilden die Grundlage digitaler Perception. Sie entfalten ihren Wert jedoch erst durch intelligente Verarbeitungstechnologien. Ziel ist weniger die reine Erfassung, sondern die semantische Interpretation logistischer Zusammenhänge zur Ableitung adaptiver Entscheidungen in Echtzeit (Oncioiu et al. 2025).

Künstliche Intelligenz fungiert dabei als zentraler Enabler. Maschinelle Lernverfahren erkennen Muster, prognostizieren Ereignisse und leiten operative Handlungsoptionen ab, etwa für Estimated Time of Arrival (ETA)-Predictions, Risikoabschätzungen oder dynamische Lagersteuerung (Weinke 2023). KI-Systeme integrieren neue Datenpunkte fortlaufend und entwickeln daraus Vorschläge für autonome Systeme wie fahrerlose Transportsysteme. Erst in Kombination mit semantischen Technologien entsteht jedoch ein vollständiges Prozessverständnis. Ontologien, Wissensgraphen und regelbasierte Modelle verknüpfen logistische Ereignisse, Ressourcen und Abhängigkeiten über einzelne Datenpunkte hinaus (Ye et al. 2008). Dadurch lassen sich Kausalitäten etwa die Folgewirkung von Verzögerungen auf die Logistiksysteme systematisch abbilden.

Die Synergie von KI und Semantik schafft eine Perception, die nicht nur Daten erkennt, sondern Zusammenhänge „versteht“. Sie bildet damit die Grundlage adaptiver, resilienter Supply Chains im Sinne cyber-physischer Logistiksysteme. (Vogel-Heuser et al. 2021)

Die Implementierung KI-gestützter Perception-Systeme in der Logistik und im Supply Chain Management gilt als zukunftsweisend, bleibt jedoch komplex. Eine zentrale Herausforderung liegt in der Heterogenität sensorischer Infrastrukturen. RFID, LiDAR und Bilddaten erzeugen fragmentierte Datensilos mit eingeschränkter Interoperabilität. Gleichzeitig sind Echtzeitfähigkeit und Robustheit gegenüber Umwelteinflüssen entscheidend, insbesondere in der Intralogistik und in Außenumgebungen. (Mohsen 2023)

Hinzu kommt die Integration in etablierte Enterprise Resource Planning (ERP)-Systeme, Warehouse Management Systeme (WMS) und Transport Management Systeme (TMS), die einen bidirektionalen Datenfluss erfordert, ohne Betriebsprozesse zu destabilisieren (Mhaskey 2024; Lukyanova et al. 2022). Datenschutzrechtliche Vorgaben bilden hier zusätzliche Grenzen (Oseni et al. 2021).

Trotzdem haben sich entlang der Wertschöpfungskette konkrete Anwendungsfelder etabliert. In der Lagerlogistik ermöglichen autonome Drohnen mit multimodaler Sensorik eine präzise Inventurerfassung, während Pick-by-Vision-Systeme Fehler in der Kommissionierung um bis zu 20 % reduzieren (Beul et al. 2018; Teixeira et al. 2025). In der Transportlogistik verbessern KI-gestützte ETA-Modelle Tourenplanung und Ressourcennutzung (Boute und Udenio 2021). Branchenstudien zeigen, dass solche Systeme Produktivitätssteigerungen bis zu 30 % und Kostenreduktionen bis zu 10 % realisieren (Mohsen 2023).

Ein technologischer Treiber ist Edge AI (Artificial Intelligence), das KI-Algorithmen direkt an der Sensorquelle ausführt und dadurch Latenz reduziert. Dies ist besonders für dynamische intralogistische Umgebungen relevant, wo Verzögerungen gravierende Prozessstörungen verursachen können. (Fragapane et al. 2021; Wang et al. 2025)

Hybride Edge-Cloud-Architekturen ermöglichen dabei die lokale Vorverarbeitung und die Übertragung verdichteter Daten in zentrale Systeme (Salis et al. 2022).

Auch Digitale Zwillinge leisten einen wesentlichen Beitrag. Sie bilden physische Prozesse kontinuierlich ab, simulieren Szenarien und unterstützen adaptive Entscheidungen in Echtzeit. Studien belegen ihre Effizienzsteigerungen in Lagerlogistik, Transportsteuerung und prädiktiver Instandhaltung (Espinosa-Jaramillo 2024; Roman et al. 2025). Besonders relevant ist ihr Beitrag zur Resilienzsteigerung, da Störfälle virtuell antizipiert und robuste Strategien abgeleitet werden können (Le und Fan 2023).

Kommerzielle Plattformen wie SAP BTP (Business Technology Platform) oder SAP S/4HANA integrieren KI, IoT und Digital Twin in ERP-Landschaften (SAP 2025). Sie ermöglichen die Transformation logistischer Prozesse von reaktiv zu adaptiv und langfristig zu autonomen Systemen. Digital Twins lassen sich hier direkt mit ERP-Prozessen verknüpfen, um Lagerstände oder Durchlaufzeiten in Echtzeit zu simulieren und operative Entscheidungen datenbasiert zu steuern (Metzger 2024; Rejeb et al. 2021).

Damit zeigt sich, dass die KI-basierte Perception in der Logistik über eine reine Datenerfassung hinausgeht. Sie verbindet Sensordaten, semantische Verarbeitung und simulationsgestützte Szenarien zu einem adaptiven Fundament, das Transparenz, Resilienz und Effizienz globaler Supply Chains stärkt.

4. Anwendungen in der Praxis mit Fokus auf Deutschland und regionalen Anwendungen

Die deutsche Logistik- und Supply-Chain-Branche befindet sich in einem tiefgreifenden Transformationsprozess, geprägt durch Digitalisierung, Automatisierung und den Einsatz von Perception-Technologien. Unter Perception wird mehr verstanden als reine Prozesssichtbarkeit: Es geht um die Fähigkeit, logistische Systeme in Echtzeit wahrzunehmen, Daten semantisch zu interpretieren und adaptiv zu steuern. (Kern 2021; Kersten et al. 2017)

Bis zu 40 % der Lagerhäuser haben bereits Industry-4.0-Technologien implementiert, während ein erheblicher Anteil Transport-Management-Systeme für eine prädiktive Planung einsetzt (Kern 2021). IoT, RFID und KI bilden zunehmend die Grundlage interpretativer und adaptiver Steuerungssysteme (Oncioiu et al. 2025; Gula und Erden Ayhün 2023). Gleichzeitig bleibt die Wahrnehmung ambivalent. Echtzeittransparenz wird als Vorteil gesehen, während Komplexität und Integrationshürden Skepsis hervorrufen (Gula und Erden Ayhün 2023). Informationsqualität und Zuverlässigkeit sind essenzielle Dimensionen logistischer Dienstleistungen, eng verbunden mit datenbasierten Wahrnehmungen (Arabelen und Kaya 2021). Mehr als 20 % der Logistikunternehmen setzen bereits KI-basierte Systeme ein, wodurch Perception zur zentralen Wettbewerbsressource wird (Bitkom 2022).

Ein wichtiges Instrument ist der digitale Zwilling, der Sensordaten, IoT und Telematik integriert. Speditionsunternehmen und Reedereien erfassen Warenbewegungen kontinuierlich, visualisieren Engpässe und steuern Umschlagsprozesse adaptiv (Digitaler Zwilling: So funktioniert @ILO – DACHSER magazin digital 2025; Hapag-Lloyd launches real-time container tracking tool 2025).

Der Flughafen Frankfurt hat als führender europäischer Cargo-Hub ein Echtzeit-Dashboard zur Steuerung zeitkritischer Fracht eingeführt. Dieses Dashboard ermöglicht die kontinuierliche Überwachung von Volumina, Durchlaufzeiten, Infrastruktur-Auslastung und Prozessleistung. Für zeitkritische Sendungen wird dadurch die Transparenz signifikant erhöht und die Nachvollziehbarkeit entlang der gesamten Frachtkette gestärkt. (TravelWires 2025)

In Bayern prägen industrielle Netzwerkstrukturen und Verkehrsknotenpunkte die Umsetzung von Perception-Technologien. Projekte wie Digital Testbed Air Cargo (DTAC) am Flughafen München demonstrieren KI und Robotik in Echtzeit-Frachtprozessen (TravelWires 2025). Hier kommen

autonome Roboter wie „Robot Dog“, evoBOT oder Omnidirectional-Fahrzeuge im automatisierten Handling zum Einsatz. Das DTAC-Projekt zielt darauf ab, Frachtprozesse digital und effizient zu gestalten, wodurch insbesondere zeitkritische Sendungen transparenter und nachvollziehbarer werden. (Fraunhofer Institute for Material Flow and Logistics IML 2025)

Güterverkehrszentren (GVZ) in Nürnberg oder Regensburg sind zentrale Datendrehscheiben für multimodale Koordination. Beim GVZ Regensburg wird die Rampensteuerung und die RFID-gestützte Lagerverwaltung eingesetzt, um Transparenz und Vorhersagbarkeit zu erhöhen(Bayern Innovativ 2025). Unternehmen wie EURO-LOG entwickeln Plattformen für die Prozessintegration, während CargoBeamer intermodale Lösungen mit Echtzeittracking anbietet (cargobeamer.de 2025; Euro-Log 2025). Diese Beispiele zeigen, dass Perception in Bayern eng mit multimodalen Infrastrukturen und industrieller Vernetzung verbunden ist.

Die modulare Supply Chain Suite von Siemens integriert heterogene Datenquellen zu einer durchgängigen, digitalen Repräsentation logistischer Netzwerke. Diese Perception-Basis ermöglicht kontextbasierte Szenarienbewertung, frühzeitige Abweichungserkennung und adaptive Planung. Simulation gestützt werden Risiken minimiert, Ineffizienzen erkannt und Routen dynamisch optimiert. Dies ermöglicht resiliente, vorausschauende Supply Chains. (Siemens Digital Industries Software 2025)

Die Oberpfalz zählt zu den industriestärksten Regionen Bayerns. Logistiklösungen sind hier eng mit Produktionsnetzwerken, mittelständisch geprägten Unternehmen und grenzüberschreitenden Verkehren verbunden. Perception-Technologien werden vor allem intralogistisch und produktionstief eingesetzt. Ihr Einsatz beschränkt sich nicht auf lagerbezogene Applikationen, sondern erstreckt sich bis in Produktionslinien, Anlagenstrukturen und materialflussnahe Steuerungsebenen. (IHK Regensburg; VBW - Die Bayerische Wirtschaft 09.08.2024)

Das Logistikzentrum von BHS Global Logistics in Weiherhammer nutzt KI-basierte Robotik und smarte Kameratechnologie zur Effizienzsteigerung. Der Kommissionierroboter LUKE3 führt lernbasiert Einzelstückkommissionierungen durch. Ein Smart Quality Gate erkennt automatisch Anomalien in Behältern. Ein Smart Logistics Cockpit, ein digitaler Zwilling mit 3D-Visualisierung und KPI-Alerts, ermöglicht proaktive Steuerung und Echtzeitübersicht über Prozesse (Case Study: KI und Robotik für die Intralogistik | DISPO 2025). Ergänzend nutzt BHS Intralogistics mit der Plattform iMotion® autonome Transportlösungen, automatisierte Warenflüsse und Echtzeitprozesse zur Effizienzsteigerung und Transparenz im Materialfluss. (BHS Intralogistics 2025).

Die IGZ Ingenieurgesellschaft für logistische Informationssysteme mbH mit Sitz in Falkenberg integriert kamerabasierte Robotiklösungen nahtlos in SAP-EWM (Extended Warehouse Mangement)/MFS(Material Flow System)-Architekturen. In dieser Kopplung fungiert das Material Flow System (MFS) als Schnittstelle zwischen digitaler Prozesssteuerung und physischer Fördertechnik. Auf Basis von Digitalen Zwillingen entstehen dynamische Echtzeitmodelle logistischer Abläufe, die automatisierte Inventuren, adaptive Fahrwegplanung und proaktive Störfallreaktionen ermöglichen und damit eine kontextsensitive Perception in der Intralogistik schaffen. (Step by step to your new logistics by IGZ-Ingenieurgesellschaft - Issuu 2025)

WITRON Logistik + Informatik GmbH (Parkstein) entwickelt hochautomatisierte Intralogistiksysteme mit umfassender Sensorintegration, die RFID, visuelle Erkennung und Sensorfusion kombinieren. Durch die Kopplung mit ERP- und WMS-Systemen entsteht eine durchgängige Echtzeittransparenz, die adaptive Steuerung von Beständen und Materialflüssen ermöglicht und Perception als integrale Funktion der Systemarchitektur etabliert. (Leonhardt 2016; Witron Ideenraum 2025)

Berger Logistik (Wernberg-Köblitz) stärkt digitale Transparenz internationaler Lieferketten durch Smart Logistics Services und Partnerlösungen wie ZeKju, die Echtzeitdaten konsolidiert und

medienbruchfrei bereitstellen (Berger Logistik 2025; Hendrik 2024). CargoBeamer (Regensburg) ergänzt dies durch automatisierte Umschlagssysteme und Echtzeit-Tracking im kombinierten Verkehr Straße–Schiene (cargobeamer.de 2025). Beide Unternehmen verankern Perception und Transparenz in multimodalen Netzwerken und tragen zur ökologischen Transformation logistischer Systeme bei.

Strukturelle Standortfaktoren verstärken diese Entwicklung: Die Oberpfalz liegt an den Achsen A6/A93 und in direkter Nähe zu Tschechien. Dies begünstigt Investitionen in grenzüberschreitende Logistiksysteme, die Echtzeittracking und adaptive Steuerung nutzen (Regionaler Planungsverband Oberpfalz-Nord 2024). Durch die geringe Flächenkonkurrenz können neue Logistikzentren entstehen, in denen Perception von Anfang an strukturell integriert ist. (Regionaler Planungsverband Oberpfalz-Nord 2024)

Kooperationen von Unternehmen mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen schaffen praxisnahe, mittelstandsgerechte Lösungen, die maßgeschneidert für regionale Industrieprozesse entwickelt werden. (OTH Amberg-Weiden 02.11.2025; Regionaler Planungsverband Oberpfalz-Nord 2024)

5. Perception in der Logistik und im Supply Chain Management auf Basis betrieblicher Anwendungsperspektiven

Die folgenden Darstellungen basieren auf praxisorientierten Forschungsarbeiten im Bereich Logistik und Digitalisierung an der OTH Amberg-Weiden, die in enger Kooperation mit Unternehmen, vorzugsweise aus der Oberpfalz, durchgeführt wurden. Methodisch eröffnen diese Arbeiten empirische Einblicke in betriebliche Anwendungskontexte, die für die wissenschaftliche Analyse von Perception in der Logistik und im Supply Chain Management nutzbar gemacht werden können. Zentrale Erkenntnis ist, dass Perception nicht als isoliertes Technologieelement verstanden werden darf, sondern als grundlegende Voraussetzung datenbasierter Entscheidungsfähigkeit. Die untersuchten Umsetzungen reichen von konzeptionellen Ansätzen, die indirekt, jedoch substanziell zur Weiterentwicklung betrieblicher Logistik- und SCM-Strukturen beitragen, über funktional verankerte Sichtbarkeits- und Rückmeldesysteme bis hin zu strategisch integrierten Architekturen mit hohem Perception-Bezug.

Die Einordnung der Fallstudien erfolgt entlang der zwei Dimensionen, dem Reifegrad und dem Perception-Bezug. Der Reifegrad beschreibt den Entwicklungsstand der jeweiligen Anwendung unterschieden von konzeptionellen Ansätzen bis hin zu vollständig integrierten Systemen. Er verdeutlicht den Fortschritt von ersten Pilotumsetzungen über partielle Integrationen bis zu operativ etablierten Lösungen. Der Perception-Bezug differenziert die Ausprägung der Wahrnehmungsfähigkeit dieser logistischen Systeme. Er reicht von rein strategisch-konzeptionellen Überlegungen ohne direkten Technologieeinsatz bis hin zu vollständig integrierten, datengesteuerten Steuerungen mit Echtzeitfähigkeit (Abbildung 7).

Beschreibung	Reifegrad
Konzeption	1
Frühphase / im Aufbau	2
Frühphase / Pilot	3
Analysephase	4
Teil-implementierung	5
Frühe Umsetzung	6
Fortgeschritten	7
Operativ eingeführt	8
Vollständig eingeführt	9

Perception-Bezug	Beschreibung
1	rein strategisch-konzeptionell, kein direkter Technologieeinsatz
2	strategisch mit Technologiebezug, aber nicht operativ implementiert
3	operative Umsetzung mit teilweiser Rückmeldung und Steuerung (Pilot/Teilimplementierung)
4	voll integrierte, datengesteuerte Steuerung mit Echtzeitfähigkeit

Abbildung 7 Beschreibungen der Dimensionen Reifegrad und Perception-Bezug

Die Kombination beider Dimensionen erlaubt eine systematische Positionierung der Szenarien und unterstützt damit die vergleichende Analyse betrieblicher Anwendungsperspektiven auf Perception in der Logistik und im Supply Chain Management.

5.1. Strategische Grundlagen und technologische Gestaltung der logistischen Perception

Die Entwicklung logistischer Perception setzt nicht zwingend mit einer vollständigen technologischen Implementierung ein. Vielmehr bilden strategische Leitbilder, konzeptionelle Rahmenarchitekturen und gezielte technologische Ergänzungen den Ausgangspunkt für eine lernende und adaptive Logistik. Solche Ansätze besitzen zwar nur einen begrenzten direkten Perception-Bezug, tragen jedoch maßgeblich zur langfristigen Ausrichtung und Reife bei. Sie schaffen Orientierungsrahmen, definieren Zielarchitekturen und initiieren organisationale Lernprozesse, die eine schrittweise technologische Erweiterung ermöglichen. In ihrer Spannweite reichen sie von konzeptionellen Modellen bis hin zu idealtypisch vernetzten Steuerungssystemen. Diese weisen bereits ein hohes Maß an Integration und Funktionalität auf und bereiten damit den Übergang zu datengetriebenen, resilienten Logistikstrukturen vor (Tabelle 1).

Tabelle 1 Anwendungsbereiche für die Perspektive 5.1

Szenario	Anwendungs-bereich	Technologie-ansatz	Perception-Funktion	Reifegrad	Perception-Bezug
5.1-1	Einkauf	KI-Framework, Data Governance	Strategisch-konzeptionelle Perception	Konzeption (1.0)	rein strategisch (1.0)
5.1-2	Fuhrpark-strategie	Technologie-vergleich	Strategische Perception	Konzeption (1.0)	rein strategisch (1.0)
5.1-3	Intralogistik-optimierung	Lean Management	Prozesssichtbarkeit (Konzeption)	Konzeption (1.0)	rein strategisch (1.0)

Szenario	Anwendungs-bereich	Technologie-ansatz	Perception-Funktion	Reifegrad	Perception-Bezug
5.1-4	Lieferanten-strategie	Warengruppen-analyse	Strategische Perception	Konzeption (1.0)	rein strategisch (1.0)
5.1-5	Lieferketten-resilienz	Digitalisierung, Lieferanten-management	Organisatorische Sichtbarkeit	Konzeption (1.0)	rein strategisch (1.0)
5.1-6	Additive Serien-fertigung	Visuelle Transparenz, Rückmelde-strategien	Operative Sichtbarkeit ohne Echtzeit	Konzeption (1.0)	rein strategisch (1.0)
5.1-7	Lieferketten-Compliance (LkSG)	Blockchain, KI	Rechtssichere Transparenz	Frühphase / im Aufbau (2.0)	strategisch mit Technologie-bezug (2.0)
5.1-8	Lebensmittel-logistik	Big Data, Cloud, IoT	Transparenz, Rückverfolgbarkeit, Reaktionsfähigkeit	Frühphase / im Aufbau (2.0)	strategisch mit Technologie-bezug (2.0)
5.1-9	Ersatzteil-prozess	Process Mining	Digitale Prozessvisualisierung, KPI-Steuerung	Analyse-phase (4.0)	Analyse-phase, daten-getrieben ohne Rückkopplung (2.5)
5.1-10	Halbleiter-produktion	KPI-Dashboards	Situationsbezogene Wahrnehmung	Analyse-phase (4.0)	Analyse-phase, daten-getrieben ohne Rückkopplung (2.5)
5.1-11	Vertriebs-prozesse	Process Mining, Digital Twin	Erkennung und Bewertung von Prozessab-weichungen	Analyse-phase (4.0)	Analyse-phase, daten-getrieben ohne Rückkopplung (2.5)

Die konzeptionell-strategischen Ansätze bilden die Basis für die Entwicklung von Perception in der Logistik und im Supply Chain Management. Im Einkauf (5.1-1) wird Perception über KI-Frameworks und Data Governance vor allem als Orientierungsrahmen verstanden, der langfristige Entscheidungsprozesse strukturiert. Ähnlich verhält es sich in der Fuhrparkstrategie (5.1-2), wo Technologievergleiche als strategisches Instrument zur Bewertung von Optionen dienen, ohne dass operative Implementierungen vorliegen. Auch die Intralogistikoptimierung (5.1-3) folgt diesem Muster. Lean Management fungiert hier primär als konzeptionelles Werkzeug zur Sichtbarmachung von Prozesspotenzialen, während konkrete technische Rückmeldesysteme

noch fehlen. Die Lieferantenstrategie (5.1-4) nutzt Warengruppenanalysen, um Risiken und Abhängigkeiten im Netzwerk zu identifizieren, wodurch Perception vor allem in einer analytischen Funktion eingesetzt wird. Schließlich zeigt auch die Lieferkettenresilienz (5.1-5), dass organisatorische Sichtbarkeit als strategisches Steuerungsinstrument dient, wenngleich operative Echtzeitintegration noch nicht erreicht ist. In der additiven Serienfertigung (5.1-6) werden visuelle Transparenz und Rückmeldestrategien genutzt, um operative Sichtbarkeit zu erzeugen, allerdings ohne durchgängige Echtzeitanbindung.

Mit fortschreitendem Reifegrad rücken technologieunterstützte Anwendungen in den Vordergrund. Bei der Lieferketten-Compliance (5.1-7) ist der Fokus auf die Integration von Blockchain und KI gelegt, wodurch rechtssichere Transparenz gewährleistet wird, ohne dass eine umfassende operative Rückkopplung etabliert ist. Ein vergleichbares Entwicklungsstadium zeigt sich in der Lebensmittellogistik (5.1-8), wo Big Data, Cloud-Computing und IoT eine verbesserte Rückverfolgbarkeit ermöglichen. Hier gewinnt Perception an operativer Relevanz, da Transparenz und Reaktionsfähigkeit im Alltag des Supply Chain Managements bereits sichtbar gesteigert werden.

Einen höheren Reifegrad erreichen Szenarien, die datengetriebene Analysen mit stärkerer operativer Steuerung verbinden. So wird im Ersatzteilprozess (5.1-9) Process Mining eingesetzt, um Abläufe transparent darzustellen und eine Key Performance Indicator (KPI)-gesteuerte Steuerung zu ermöglichen. In der Halbleiterproduktion (5.1-10) dienen KPI-Dashboards der situationsbezogenen Wahrnehmung, die ein detailliertes Monitoring erlaubt, jedoch ohne geschlossene Rückkopplung auf operative Entscheidungen. Schließlich nutzen die Vertriebsprozesse (5.1-11) Process Mining und digitale Zwillinge, um Abweichungen zu erkennen und zu bewerten. Perception wird hier nicht mehr nur als konzeptionelles Leitbild verstanden, sondern fungiert als analytisches Instrument, das die Grundlage für eine zunehmend integrierte Entscheidungslogik bildet.

5.2. Perception an logistischen Knotenpunkten im Kontext von Sichtbarkeit, Rückmeldung und operativer Steuerbarkeit

Digitale und visuelle Perception entwickelt sich zunehmend zu einem zentralen Fundament der Steuerung intralogistischer Abläufe. Insbesondere an logistischen Knotenpunkten etwa im Wareneingang, im Slot Management oder in der Produktionsversorgung zeigt sich, dass operative Sichtbarkeit und Rückmeldemechanismen entscheidend für die zeitliche und funktionale Koordination von Prozessen sind. Während strategisch integrierte Plattformlösungen häufig erst im Aufbau begriffen sind, leisten punktuelle Anwendungen bereits heute substanzielle Beiträge zur Transparenz und Steuerbarkeit.

Im Mittelpunkt dieser Perspektive stehen Schnittstellenprozesse, die eine unmittelbare operative Verbesserung ermöglichen. Digitale Systeme zur Prozessvisualisierung, Echtzeit-Rückmeldung und slotbasierten Strukturierung unterstützen deren Umsetzung. Zeitfenster und Kapazitäten dienen dabei als strukturierende Elemente. So lassen sich Durchlaufzeiten verkürzen, Abweichungen frühzeitig erkennen und Ressourcen gezielter einsetzen. Charakteristisch ist, dass der Perception-Bezug funktional verankert ist. Die eingesetzten Technologien liefern Sichtbarkeit und Rückmeldung und schaffen eine Grundlage für adaptive Entscheidungen im laufenden Betrieb, ohne zwingend auf eine übergeordnete strategische Integration angewiesen zu sein (Tabelle 2).

Tabelle 2 Beschreibung für die Perspektive 5.2

Szenario	Anwendungs-bereich	Technologie-ansatz	Perception-Funktion	Reifegrad	Perception-Bezug
5.2-1	C-Teile-Logistik	Sensorik, KI, Visuali-sierung	Sozio-technische Integration, adaptive Steuerung	Frühphase / Pilot (3.0)	strategisch mit Technologie-bezug (2.0)
5.2-2	Kleinteile-logistik	e-Kanban, Pick-by-Light, Wiege-systeme	Sensorisch-visuelle Rückmeldung	Teilimple-mentierung (5.0)	operative Umsetzung (3.0)
5.2-3	Lagerlogistik	ERP, AKL, Handhelds	Prozesssichtbarkeit, teilautomatisierte Steuerung	Teilimple-mentierung (5.0)	operative Umsetzung (3.0)
5.2-4	Produktions-logistik	Layout-planung, Werker-führung	Sichtbarkeit, Materialfluss-steuerung	Teilimple-mentierung (5.0)	operative Umsetzung (3.0)
5.2-5	Produktions-steuerung	Wertstrom-analyse, Bestands-regelung	Steuerbarkeit, Sichtbarkeit	Teilimple-mentierung (5.0)	operative Umsetzung (3.0)

Die Studienergebnisse verdeutlichen diese Entwicklungslinie. In der C-Teile-Logistik (5.2-1) wird Perception durch Sensorik, KI und Visualisierung realisiert, um eine adaptive Steuerung zu ermöglichen. Obwohl sich diese Ansätze noch in einem Pilotstadium befinden, eröffnen sie einen klaren Weg zur sozio-technischen Integration.

In der Kleinteilelogistik (5.2-2) wird Perception stärker operativ eingesetzt. Pick-by-Light, Kanban-Systeme und Gewichtssensoren erzeugen unmittelbare Rückmeldungen, die den Materialfluss strukturieren und Fehlerquoten senken. Einen vergleichbaren Reifegrad weist die Lagerlogistik (5.2-3) auf. Hier ermöglicht die Kombination von ERP-Systemen, automatisierten Kleinteilelagern und mobilen Endgeräten eine kontinuierliche Prozesssichtbarkeit. Perception dient nicht nur der Beobachtung, sondern wird aktiv in teilautomatisierte Steuerungsmechanismen eingebunden. In der Produktionslogistik (5.2-4) ist diese Integration noch stärker ausgeprägt. Layoutplanung und Werkerführung werden mit Rückmeldungen aus dem Materialfluss gekoppelt, wodurch eine dynamische Steuerung von Fertigungsprozessen erreicht wird. Diese Ausprägung innerhalb dieser Perspektive zeigt ebenfalls die Produktionssteuerung (5.2-5). Mit Wertstromanalysen und Bestandsregelungen werden operative Daten systematisch in Echtzeit zurückgeführt. So entsteht eine nahezu selbstregulierende Steuerung. Perception ist hier nicht mehr nur funktional verankert, sondern bildet den Kern einer adaptiven Logik, die operative Abläufe kontinuierlich optimiert und Resilienz im Produktionsumfeld stärkt.

Damit wird deutlich, dass Perception an logistischen Knotenpunkten eine Brückenfunktion einnimmt. Sie verbindet die Erfassung von Daten mit der Rückmeldung an operative Prozesse und markiert so einen Übergangsbereich zwischen strategischer Konzeption und voll integrierten Architekturen.

5.3. Perception als systematisch integriertes Steuerungselement

Diese Perspektive umfasst Anwendungen, in denen digitale Perception als systematisch integriertes Steuerungselement fungiert (Tabelle 3). Der Schwerpunkt liegt auf vernetzten Datenplattformen, automatisierter Rückmeldung und adaptiver Entscheidungsfindung. Die Bandbreite reicht von konzeptionellen Einstiegslösungen über funktional etablierte Umsetzungen bis hin zu umfassend integrierten Systemen mit strategischem Steuerungsanspruch.

Tabelle 3 Beschreibung für die Perspektive 5.3

Szenario	Anwendungs-bereich	Technologie-ansatz	Perception-Funktion	Reifegrad	Perception-Bezug
5.3-1	CRM-/ Datenbank-integration	Prozessanalyse	Informations-sichtbarkeit	Frühe Umsetzung (6.0)	Frühe Umsetzung, teilweise integriert (3.3)
5.3-2	Inbound-Logistik	Spendcube, Incoterms-Strategie	Transparenz, Kostenperception	Frühe Umsetzung (6.0)	Frühe Umsetzung, teilweise integriert (3.3)
5.3-3	Produktivitäts-management	Holistisches Modell	Strategisch-operative Perception	Frühe Umsetzung (6.0)	Frühe Umsetzung, teilweise integriert (3.3)
5.3-4	Instand-haltung	Sensorik, KI, Kosten-Wirksamkeitsanalyse	Prädiktive Instandhaltung	Frühe Umsetzung (6.0)	Frühe Umsetzung, teilweise integriert (3.3)
5.3-5	Produktions-logistik	Auto-ID, mobile Scanner	Echtzeit-Sichtbarkeit, Materialfluss-koordination	Frühe Umsetzung (6.0)	Frühe Umsetzung, teilweise integriert (3.3)
5.3-6	Inbound-Logistik	Slot- und Pager-Systeme	Strukturierte Anlieferungs-steuerung	Frühe Umsetzung (6.0)	Frühe Umsetzung, teilweise integriert (3.3)
5.3-7	Container-logistik	Digitales Hubset, Echtzeit-verfolgung	Situations-bewusstsein, Automatisierung	Fortgeschritten (7.0)	Fortgeschritten, weitgehend integriert (3.8)
5.3-8	Transport Management Systeme	Modulare TMS, Daten-integration	Datenbasierte Entscheidungs-plattform	Fortgeschritten (7.0)	Fortgeschritten, weitgehend integriert (3.8)
5.3-9	Versand-prozess	Prozessanalyse, Kommunikati-onsoptimierung	Sichtbarkeit, Koordination	Operativ eingeführt (8.0)	voll integriert, Echtzeitfähig (4.0)

Szenario	Anwendungs-bereich	Technologie-ansatz	Perception-Funktion	Reifegrad	Perception-Bezug
5.3-10	Zollprozesse	Ticketsystem, Visualisierung, Statistik	Fehleranalyse, Feedback	Operativ eingeführt (8.0)	voll integriert, Echtzeitfähig (4.0)
5.3-11	Integrierte SCM-Perception	RFID, Pick-by-Voice, digitale Disposition	Adaptive Mensch-System-Interaktion	Vollständig eingeführt (9.0)	vollständig eingeführt, idealtypisch integriert (4.2)

Ein erstes Beispiel liefert die CRM- und Datenbankintegration (5.3-1), bei der Prozessanalysen eine verbesserte Informationssichtbarkeit ermöglichen. Obwohl diese Ansätze noch einer frühen Umsetzungsphase zuzuordnen sind, tragen sie bereits zur Vereinheitlichung von Datenflüssen und zur Transparenz in kundenorientierten Prozessen bei. Die Inbound-Logistik (5.3-2) weist einen ähnlichen Reifegrad auf. Durch den Einsatz von Spendcubes zur systematischen Ablauf- und Aufwandsanalyse und die gezielte Anwendung Incoterm-basierter Strategien werden Transparenz und Kostenbewusstsein entlang der Lieferkette gezielt verbessert.

Fortgeschrittenere Ausprägungen finden sich im Bereich des Produktivitätsmanagements (5.3-3), wo holistische Modelle nicht nur Kennzahlen sichtbar machen, sondern zugleich eine strategisch-operative Kopplung herstellen. Eine vergleichbare Tiefe erreicht die Instandhaltung (5.3-4). Hier wird durch eine sensorbasierte Datenerfassung, durch KI-gestützte Analysen und durch Kosten-Wirksamkeits-Bewertungen ein prädiktives Steuerungselement etabliert. Beide Ansätze verdeutlichen, dass Perception in dieser Phase nicht mehr nur reaktiv, sondern proaktiv wirkt.

Noch deutlicher wird die operative Integration in der Produktionslogistik (5.3-5), wo Auto-ID-Systeme und mobile Scanner genutzt werden, um Materialflüsse in Echtzeit zu koordinieren. Eine verwandte Logik prägt die Inbound-Logistik (5.3-6), in der Slot- und Pager-Systeme eine strukturierte Anlieferungssteuerung sicherstellen. Beide Systeme stehen exemplarisch für eine frühe operative Umsetzung, die bereits eine kontinuierliche Rückkopplung zwischen physischem Prozess und digitaler Steuerung realisiert.

Einen höheren Integrationsgrad erreichen die Containerlogistik (5.3-7) und die Transport-Management-Systeme (5.3-8). Hier gewährleisten digitale Hubs, Echtzeitverfolgung und modulare Plattformen nicht nur situationsbewusste Entscheidungen, sondern auch eine zunehmend automatisierte Prozesssteuerung.

Die Reifestufe operativ eingeführter Systeme wird schließlich durch Versandprozesse (5.3-9) und Zollprozesse (5.3-10) verdeutlicht. Prozessanalysen, Kommunikationsoptimierungen und digitale Ticketsysteme erzeugen eine geschlossene Rückmeldungsschleife, welche die Transparenz und Fehlervermeidung in den Vordergrund stellt.

Den höchsten Integrationsgrad bildet die vollständig eingeführte SCM-Perception (5.3-11), in der RFID, Pick-by-Voice und digitale Dispositionsprozesse zu einer adaptiven, rückgekoppelten Mensch-Maschine-Interaktion verschmelzen.

Die Fallstudien zeigen die gesamte Bandbreite intralogistischer Perception. Sie reicht von datenorientierten Ansätzen bis zu vernetzten Architekturen. Diese Systeme verbinden operative und strategische Steuerungsebenen. Unternehmen integrieren Perception dabei schrittweise in ihre Strukturen. Der Weg führt von ersten Konzepten über analytische Anwendungen bis zu adaptiven, selbstlernenden Systemen. Jede Stufe steigert die Lernfähigkeit und

Reaktionsfähigkeit der Organisation. Perception bildet das Fundament des Reifegradmodells. Sie ermöglicht den Übergang von datenbasierten Logistiksystemen zu resilienten und vernetzten Wertschöpfungsnetzwerken.

6. Zusammenfassung

Die Untersuchung zeigt, dass Perception zunehmend ein zentraler Faktor für die Weiterentwicklung von Logistik und Supply Chain Management wird. In der Oberpfalz, einer industriestarken Region mit mittelständischer Prägung, zeigt sich die regionale Verankerung von Perception-Technologien deutlich.

Die Anwendungsfelder reichen von innerbetrieblichen Logistikprozessen über adaptive Bestandssteuerung bis zu grenzüberschreitenden Transportnetzwerken. Fallstudien aus betrieblichen Praxisprojekten illustrieren, wie Perception von der konzeptionellen Ebene bis zur systematischen Integration reicht. Der Entwicklungsweg reicht von digitalen Sichtbarkeitslösungen über kamerabasierte Robotik und digitalen Zwillingen bis hin zu Plattformarchitekturen, die ERP, WMS und IoT-Daten in Echtzeit verknüpfen. Er umfasst die Einführung digitaler Sichtbarkeitslösungen und Rückmeldesysteme sowie den Einsatz kameragestützter Robotik. Dabei wird Perception nicht als isolierte Technologie verstanden, sondern als Grundlage datenbasierter Entscheidungslogik und strategischer Steuerung.

Die Ergebnisse zeigen, dass Perception maßgeblich zur Effizienzsteigerung, Transparenz, Resilienz und Nachhaltigkeit logistischer Prozesse beiträgt. Die regionale Analyse macht deutlich, dass Perception in mittelständischen Produktionsnetzwerken auf spezifische organisatorische Bedingungen reagiert und sich kontextabhängig entwickelt. Sie stärkt die Fähigkeit von Unternehmen, aus Daten zu lernen, sich dynamisch an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen und durch technologische Innovationen die Weiterentwicklung ihrer Logistik- und Supply-Chain-Strukturen aktiv zu gestalten.

7. Ausblick

Zukünftig wird die Rolle von Perception in der Logistik und im Supply Chain Management weiter zunehmen. Dies gilt insbesondere im Zusammenspiel mit Künstlicher Intelligenz, semantischen Technologien und Digital Twins. Für die Oberpfalz eröffnet sie neue Chancen, regionale Produktionsnetzwerke resilienter, transparenter und nachhaltiger zu gestalten.

Die Übertragbarkeit der regional entwickelten Lösungen auf internationale Lieferketten stellt ein wichtiges Forschungs- und Entwicklungsfeld dar. Darüber hinaus wird die Integration von Perception in autonom agierende Systeme, etwa in Lager- und Transportrobotik, entscheidend für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen. Perception wird damit zum Bindeglied zwischen lokaler Innovationskraft und globaler Wertschöpfung.

Literaturverzeichnis

Alicke, Knut; Barriball, Edward; Forster, Tracy; Mauhourat, Julien; Trautwein, Vera (2022): Taking the pulse of shifting supply chains. Our latest survey shows global supply chains on the move. In: *McKinsey Global Publishing*. Online verfügbar unter https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/taking-the-pulse-of-shifting-supply-chains.

Ankenbrand, Karina; Linß, Isabel; Sucky, Eric (2019): Theorie(n) des Supply Chain Managements : Eine Literaturanalyse 22, S. 114–137. DOI: 10.20378/irb-47075.

Arabelen, Gamze; Kaya, Hasan Tolga (2021): Assessment of logistics service quality dimensions: a qualitative approach. In: *J. shipp. trd.* 6 (1). DOI: 10.1186/s41072-021-00095-1.

Atieh Ali, Ahmad Ali; Sharabati, Abdel-Aziz Ahmad; Allahham, Mahmoud; Nasereddin, Ahmad Yacoub (2024): The Relationship between Supply Chain Resilience and Digital Supply Chain and the Impact on Sustainability: Supply Chain Dynamism as a Moderator. In: *Sustainability* 16 (7), S. 3082. DOI: 10.3390/su16073082.

Barratt, Mark (2004): Understanding the meaning of collaboration in the supply chain. In: *Supply Chain Management: An International Journal* 9 (1), S. 30–42. DOI: 10.1108/13598540410517566.

Bayern Innovativ (2025): Bayern Innovativ eMagazin. Hg. v. Bayern Innovativ GmbH. Online verfügbar unter https://www.bayern-innovativ.de/emagazin/produktion/detail/de/seite/foerderaufruf-zu-kuenstlicher-intelligenz-und-data-science/, zuletzt aktualisiert am 01.08.2025, zuletzt geprüft am 01.08.2025.

Becker, Torsten (2024): Strategische Gestaltung und Digitalisierung der Supply Chain. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Bendhi, Manish Reddy (2025): Supply Chain Transparency: Real-Time Analytics for Product Tracking, Bottleneck Detection, and Logistics Optimization. In: *int.jour.sci.res.mana* 13 (04), S. 2125–2144. DOI: 10.18535/ijsrm/v13i04.ec02.

Berger Logistik (2025): Smart Logistics. Online verfügbar unter https://berger-logistik.com/en/smart-logistics, zuletzt aktualisiert am 19.08.2025, zuletzt geprüft am 19.08.2025.

Beul, Marius; Droeschel, David; Nieuwenhuisen, Matthias; Quenzel, Jan; Houben, Sebastian; Behnke, Sven (2018): Fast Autonomous Flight in Warehouses for Inventory Applications. In: *IEEE Robot. Autom. Lett.* 3 (4), S. 3121–3128. DOI: 10.1109/LRA.2018.2849833.

BHS Intralogistics (2025): iMotion - die Zukunft der automatisierten Intralogistik. Hg. v. BHS Intralogistics GmbH. Online verfügbar unter https://www.bhs-intralogistics.com/portfolio.

Bitkom (2022): Jedes fünfte Logistikunternehmen setzt Künstliche Intelligenz ein | Presseinformation | Bitkom e. V. Unter Mitarbeit von Maria Wiez und Paul Hannappel. Hg. v. Bitkom e.V. Online verfügbar unter https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Jedes-fuenfte-Logistikunternehmen-setzt-Kuenstliche-Intelligenz-ein, zuletzt aktualisiert am 08.01.2025, zuletzt geprüft am 19.08.2025.

Bosch Global (2025): Superhuman perception: Neue Sensor-Konzepte für das Automatisierte Fahren. Online verfügbar unter https://www.bosch.com/de/forschung/forschungsschwerpunkte/automatisierung/forschung-zu-automatisiertem-fahren/superhuman-perception/, zuletzt aktualisiert am 23.07.2025, zuletzt geprüft am 24.07.2025.

Boute, Robert N.; Udenio, Maximiliano (2021): AI in Logistics and Supply Chain Management. In: *SSRN Journal*. DOI: 10.2139/ssrn.3862541.

Brede, Markus; Vries, Bert J.M. de (2009): Networks that optimize a trade-off between efficiency and dynamical resilience. In: *Physics Letters A* 373 (43), S. 3910–3914. DOI: 10.1016/j.physleta.2009.08.049.

Cai, Baoping; Sun, Xiutao; Wang, Jiaxing; Yang, Chao; Wang, Zhengda; Kong, Xiangdi et al. (2020): Fault detection and diagnostic method of diesel engine by combining rule-based algorithm and BNs/BPNNs. In: *Journal of Manufacturing Systems* 57, S. 148–157. DOI: 10.1016/j.jmsy.2020.09.001.

cargobeamer.de (2025): Technologie. Online verfügbar unter https://www.cargobeamer.de/technologie, zuletzt aktualisiert am 01.08.2025, zuletzt geprüft am 01.08.2025.

Case Study: KI und Robotik für die Intralogistik | DISPO (2025). Online verfügbar unter https://dispo.cc/intralogistik/ki-und-robotik-fuer-die-intralogistik/, zuletzt aktualisiert am 19.08.2025, zuletzt geprüft am 19.08.2025.

Chai, Limeng; Lai, Kee-hung; Zong, Longyu (2025): How digital transformation enhances supply chain transparency? Based on the perspective of information improvement and resource optimization. In: *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 201, S. 104256. DOI: 10.1016/j.tre.2025.104256.

Chopra, Sunil; Sodhi, ManMohan; Lücker, Florian (2021): Achieving supply chain efficiency and resilience by using multi-level commons. In: *Decision Sciences* 52 (4), S. 817–832. DOI: 10.1111/deci.12526.

Christopher, Martin (2000): The Agile Supply Chain: Competing in Volatile Markets. In: *Industrial Marketing Management* 29 (1), S. 37–44. DOI: 10.1016/S0019-8501(99)00110-8.

Christopher, Martin; Peck, Helen (2004): Building the Resilient Supply Chain. In: *The International Journal of Logistics Management* 15 (2), S. 1–14. DOI: 10.1108/09574090410700275.

Delgado, Fernanda; Garrido, Susana; Bezerra, Barbara Stolte (2025): Barriers to Visibility in Supply Chains: Challenges and Opportunities of Artificial Intelligence Driven by Industry 4.0 Technologies. In: *Sustainability* 17 (7), S. 2998. DOI: 10.3390/su17072998.

Dennehy, Denis; Oredo, John; Spanaki, Konstantina; Despoudi, Stella; Fitzgibbon, Mike (2021): Supply chain resilience in mindful humanitarian aid organizations: the role of big data analytics. In: *IJOPM* 41 (9), S. 1417–1441. DOI: 10.1108/IJOPM-12-2020-0871.

Digitaler Zwilling: So funktioniert @ILO – DACHSER magazin digital (2025). Online verfügbar unter https://magazin.dachser.de/digitaler-zwilling-so-funktioniert-ilo/, zuletzt aktualisiert am 01.08.2025, zuletzt geprüft am 01.08.2025.

Djenouri, Youcef; Belhadi, Asma; Srivastava, Gautam; Houssein, Essam H.; Lin, Jerry Chun-Wei (2022): Sensor data fusion for the industrial artificial intelligence of things. In: *Expert Systems* 39 (5), Artikel e12875, e12875. DOI: 10.1111/exsy.12875.

Duro, Natividad (2024): Sensor Data Fusion Analysis for Broad Applications. In: *Sensors (Basel, Switzerland)* 24 (12). DOI: 10.3390/s24123725.

Espinosa-Jaramillo, María Teresa (2024): Digital Twins in Supply Chain Operations Bridging the Physical and Digital Worlds using AI. In: *jes* 20 (10s), S. 1764–1774. DOI: 10.52783/jes.5434.

Euro-Log (2025): IT-Lösungen für Supply Chain Management & End2End-Logistik. Online verfügbar unter https://www.eurolog.com/, zuletzt aktualisiert am 05.11.2025, zuletzt geprüft am 05.11.2025.

Ferreira, Bárbara; Reis, João (2023): A Systematic Literature Review on the Application of Automation in Logistics. In: *Logistics* 7 (4), S. 80. DOI: 10.3390/logistics7040080.

Fragapane, Giuseppe; Koster, René de; Sgarbossa, Fabio; Strandhagen, Jan Ola (2021): Planning and control of autonomous mobile robots for intralogistics: Literature review and research agenda. In: *European Journal of Operational Research* 294 (2), S. 405–426. DOI: 10.1016/j.ejor.2021.01.019.

Fraunhofer Institute for Material Flow and Logistics IML (2025): "Digital Testbed Air Cargo" takes air cargo handling to the next level - Fraunhofer IML. Online verfügbar unter https://www.iml.fraunhofer.de/en/news_archiv/dtac-munich-airport.html, zuletzt aktualisiert am 19.08.2025, zuletzt geprüft am 19.08.2025.

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML (2025): Neue Publikationen aus der Silicon Economy - Fraunhofer IML. Online verfügbar unter https://www.iml.fraunhofer.de/de/presse_medien/pressemitteilungen/silicon-economy-publikationen.html, zuletzt aktualisiert am 10.06.2025, zuletzt geprüft am 10.06.2025.

Göpfert, Ingrid (2022): Der digitale Zwilling in der Supply Chain – mehr als ein Software-Produkt. Unter Mitarbeit von Ingrid Göpfert. Wiesbaden: Springer Gabler.

Gula, Canan; Erden Ayhün, Sena (2023): Perception of Logistics 4.0: A Study of Supply Chain Department Employees. In: *IJIASOS* 7 (4), S. 157–172. DOI: 10.29329/ijiasos.2023.628.1.

Hapag-Lloyd launches real-time container tracking tool (2025). Online verfügbar unter https://www.seatrade-maritime.com/containers/hapag-lloyd-launches-real-time-container-tracking-tool, zuletzt aktualisiert am 07.08.2025, zuletzt geprüft am 07.08.2025.

Hendrik (2024): Berger Logistik & ZeKju Real-time tracking without compromise | Zekju. Online verfügbar unter https://www.zekju.com/berger-logistik-zekju-real-time-tracking-without-compromise/, zuletzt aktualisiert am 25.09.2024, zuletzt geprüft am 19.08.2025.

IHK Regensburg: Wussten Sie schon…? dass die Oberpfalz 2023 mit dem Wert 128,1 die höchste Industriedichte in Bayern aufwies? Unter Mitarbeit von Sibylle Aumer. IHK Regensburg. Online verfügbar unter https://www.ihk.de/regensburg/hauptnavigation/region/standortinformationen/statistik/wussten-sie-schon--1462730.

ITK Engineering (2025): Perception und Machine Vision - Expertise | ITK Engineering. Online verfügbar unter https://www.itk-engineering.de/stories/perception-und-machine-vision/, zuletzt aktualisiert am 24.07.2025, zuletzt geprüft am 24.07.2025.

Ivanov, Dmitry (2021): Supply Chain Viability and the COVID-19 pandemic: a conceptual and formal generalisation of four major adaptation strategies. In: *International Journal of Production Research* 59 (12), S. 3535–3552. DOI: 10.1080/00207543.2021.1890852.

Ivanov, Dmitry (2024): Digital Supply Chain Management and Technology to Enhance Resilience by Building and Using End-to-End Visibility During the COVID-19 Pandemic. In: *IEEE Trans. Eng. Manage.* 71, S. 10485–10495. DOI: 10.1109/TEM.2021.3095193.

Jamaluddin, Faridzah; Saibani, Nizaroyani (2021): Systematic Literature Review of Supply Chain Relationship Approaches amongst Business-to-Business Partners. In: *Sustainability* 13 (21), S. 11935. DOI: 10.3390/su132111935.

Kern, Johannes (2021): The Digital Transformation of Logistics, S. 361–403. DOI: 10.1002/9781119646495.ch25.

Kersten, Wolfgang; Seiter, Mischa; See, Birgit von; Hackius, Niels; Rosentritt, Caroline; Böhle, Carsten et al. (2017): Trends und Strategien in Supply Chain Management und Logistik. Chancen der digitalen Transformation. Bremen: DVV Media Group GmbH. Online verfügbar unter https://www.bvl.de/files/1951/1988/2128/Trends_und_Strategien_in_Logistik_und_Supply_Chain_Management_-_Kersten_von_See_Hackius_Maurer.pdf.

Koot, Martijn; Mes, Martijn R.K.; Iacob, Maria E. (2021): A systematic literature review of supply chain decision making supported by the Internet of Things and Big Data Analytics. In: *Computers & Industrial Engineering* 154, S. 107076. DOI: 10.1016/j.cie.2020.107076.

Kraft, Tim; Valdés, León; Zheng, Yanchong (2018): Supply Chain Visibility and Social Responsibility: Investigating Consumers' Behaviors and Motives. In: *M&SOM* 20 (4), S. 617–636. DOI: 10.1287/msom.2017.0685.

Le, Tho V.; Fan, Ruoling (2023): Digital Twins for Logistics and Supply Chain Systems: Literature Review, Conceptual Framework, Research Potential, and Practical Challenges. Online verfügbar unter http://arxiv.org/pdf/2311.17317.

Leonhardt, Norman (2016): Smart Logistics (4.0): End-to-end optimization based on maximum data transparency. "Logistics on demand" requires continuous digitization of the value added supply chain. Hg. v. WITRON Integrated Logistics Corp. witron.com. Arlington Heights. Online verfügbar unter https://scg-mmh.s3.amazonaws.com/pdfs/witron_wp_software_071516.pdf, zuletzt geprüft am 11/02/25.

Liu, Yang; Tao, Xin; Li, Xin; Colombo, Armando Walter; Hu, Shiyan (2023): Artificial Intelligence in Smart Logistics Cyber-Physical Systems: State-of-The-Arts and Potential Applications. In: *Trans. Ind. Cyb-Phy. Sys.* 1, S. 1–20. DOI: 10.1109/TICPS.2023.3283230.

Logistik vs. Supply Chain Management | einfach erklärt (2025). Online verfügbar unter https://www.cargointernational.de/ratgeber/logistik-supply-chain-management, zuletzt aktualisiert am 24.07.2025, zuletzt geprüft am 24.07.2025.

Lu, Dawei; Asian, Sobhan; Ertek, Gurdal; Sevinc, Mete (2019): Mind the perception gap. In: *IJPDLM* 49 (1), S. 33–51. DOI: 10.1108/IJPDLM-09-2017-0302.

Lu, Dawei; Ertek, Gurdal; Betts, Alan (2014): Modelling the supply chain perception gaps. In: *Int J Adv Manuf Technol* 71 (1-4), S. 731–751. DOI: 10.1007/s00170-013-5504-x.

Lukyanova, Iryna; Haddud, Abubaker; Khare, Anshuman (2022): Types of ERP Systems and Their Impacts on the Supply Chains in the Humanitarian and Private Sectors. In: *Sustainability* 14 (20), S. 13054. DOI: 10.3390/su142013054.

Madzík, Peter; Falát, Lukáš; Copuš, Lukáš; Čarnogurský, Karol (2024): Resilience in supply chain risk management in disruptive world: rerouting research directions during and after pandemic. In: *Ann Oper Res*. DOI: 10.1007/s10479-024-06126-x.

McIntire, Jonah Saint (2016): Supply Chain Visibility: Routledge. Online verfügbar unter https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781315611341/supply-chain-visibility-jonah-saint-mcintire.

McWilliams, Douglas; Lennon, Carmella; Lowery, Johnny (2022): Impact of Experience and Education on Risk Attitude and Risk Perception of Supply Chain Management Professionals. In: *OSCM: An Int. Journal*, S. 56–68. DOI: 10.31387/oscm0480330.

Metzger, Dominik (2024): Modernizing Supply Chains: The Autonomous AI-Driven Future. Online verfügbar unter https://news.sap.com/2024/08/modern-autonomous-ai-supply-chain/, zuletzt aktualisiert am 22.08.2024, zuletzt geprüft am 31.07.2025.

Mhaskey, Sanjay Vijay (2024): Integration of Artificial Intelligence (AI) in Enterprise Resource Planning (ERP) Systems: Opportunities, Challenges, and Implications. In: *IJCERT* 11 (12), S. 1–9. DOI: 10.22362/ijcert/2024/v11/i12/v11i1201.

Miehling, Jörg; Schleich, Benjamin; Wartzack, Sandro (2020): Digitale Zwillinge und Digitale Zwillingspaare im Kontext des Digital Engineerings. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 115 (s1), S. 55–57. DOI: 10.3139/104.112333.

Mohsen, Baha M. (2023): Impact of Artificial Intelligence on Supply Chain Management Performance. In: *JSSM* 16 (01), S. 44–58. DOI: 10.4236/jssm.2023.161004.

Nguyen, Thi Thanh Hoa (2021): Supply Chain Information Visibility and Its Impact on Decision-Making: An Integrated Model in the Pharmaceutical Industry. Massey University, Albany, Auckland. Online verfügbar unter https://mro.massey.ac.nz/server/api/core/bitstreams/4ab0d7ae-05fa-45bf-8d80-3e2d4e773a32/content.

Norrman, Andreas; Jansson, Ulf (2004): Ericsson's proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident. In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 34 (5), S. 434–456. DOI: 10.1108/09600030410545463.

Oehlschläger, Dominik; Glas, Andreas H.; Eßig, Michael (2024): How Digital Twins Impact Responsiveness: A Dynamic Fit Approach to Information Processing for High-Involvement Product Demand Management. In: *Schmalenbach J Bus Res* 76 (4), S. 661–706. DOI: 10.1007/s41471-024-00202-5.

Oguntola, Ibrahim O.; Ülkü, M. Ali; Saif, Ahmed; Engau, Alexander (2023): On the value of shipment consolidation and machine learning techniques for the optimal design of a multimodal logistics network. In: *INFOR: Information Systems and Operational Research* 62 (1), S. 1–52. DOI: 10.1080/03155986.2023.2202079.

Oncioiu, Ionica; Mândricel, Diana Andreea; Hojda, Mihaela Hortensia (2025): Artificial Intelligence-Enabled Digital Transformation in Circular Logistics: A Structural Equation Model of Organizational, Technological, and Environmental Drivers. In: *Logistics* 9 (3), S. 102. DOI: 10.3390/logistics9030102.

Oseni, Ayodeji; Moustafa, Nour; Janicke, Helge; Liu, Peng; Tari, Zahir; Vasilakos, Athanasios (2021): Security and Privacy for Artificial Intelligence: Opportunities and Challenges. Online verfügbar unter http://arxiv.org/pdf/2102.04661.

OTH Amberg-Weiden (02.11.2025): Forschung Digitalisierung. Online verfügbar unter https://www.oth-aw.de/forschung/forschungsschwerpunkte/digitalisierung/, zuletzt geprüft am 19.08.2025.

Pal, Amitangshu; Kant, Krishna (2020): Smart Sensing, Communication, and Control in Perishable Food Supply Chain. In: *ACM Trans. Sen. Netw.* 16 (1), S. 1–41. DOI: 10.1145/3360726.

Palos, Martín; Cortés, Irene; Madridano, Ángel; Navas, Francisco; Barbero, Carmen; Milanés, Vicente; García, Fernando (2025): LiDAR-based perception system for logistics in industrial environments. In: *Appl Intell* 55 (10). DOI: 10.1007/s10489-025-06528-9.

Parnianifard, Amir; Jearavongtakul, Siwanart; Sasithong, Pruk; Sinpan, Nitinun; Poomrittigul, Suvit; Bajpai, Ambar et al. (2022): Digital-Twins towards Cyber-Physical Systems: A Brief Survey. In: *EJ* 26 (9), S. 47–61. DOI: 10.4186/ej.2022.26.9.47.

Pierre Olivier (2022): Wie lassen sich die Herausforderungen meistern? Online verfügbar unter https://www.elektroniknet.de/automotive/assistenzsysteme/wie-lassen-sich-die-herausforderungen-meistern.194793.html, zuletzt aktualisiert am 24.07.2025, zuletzt geprüft am 24.07.2025.

Rajagopal, Ramakrishnan (2025): Harnessing Innovation: The Role of Technology in Modern Supply Chain Management. Online verfügbar unter https://www.techtimes.com/articles/309458/20250221/harnessing-innovation-role-technology-modern-supply-chain-management.htm, zuletzt aktualisiert am 21.02.2025, zuletzt geprüft am 25.07.2025.

Regionaler Planungsverband Oberpfalz-Nord (2024): Regionalplan Region Oberpfalz-Nord (6). Online verfügbar unter https://www.regierung.oberpfalz.bayern.de/mam/service/landes_regionalplanung/dokumente/0_gesamtfassung_1.9.2024.pdf.

Rejeb, Abderahman; Keogh, John G.; Wamba, Samuel Fosso; Treiblmaier, Horst (2021): The potentials of augmented reality in supply chain management: a state-of-the-art review. In: *Manag Rev Q* 71 (4), S. 819–856. DOI: 10.1007/s11301-020-00201-w.

Richey, Robert Glenn; Roath, Anthony S.; Adams, Frank G.; Wieland, Andreas (2022): A Responsiveness View of logistics and supply chain management. In: *J of Business Logistics* 43 (1), S. 62–91. DOI: 10.1111/jbl.12290.

Roman, Eugenia-Alina; Stere, Armand-Serban; Roșca, Eugen; Radu, Adriana-Valentina; Codroiu, Denis; Anamaria, Ilie (2025): State of the Art of Digital Twins in Improving Supply Chain Resilience. In: *Logistics* 9 (1), S. 22. DOI: 10.3390/logistics9010022.

Salis, Antonio; Marguglio, Angelo; Luca, Gabriele de; Gusmeroli, Sergio; Razzetti, Silvia (2022): An Edge-Cloud based Reference Architecture to support cognitive solutions in the Process Industry. Online verfügbar unter http://arxiv.org/pdf/2202.06622.

SAP (2024): What is Supply Chain Visibility and Why Is It Important? Online verfügbar unter https://www.sap.com/resources/supply-chain-visibility, zuletzt aktualisiert am 02.11.2025, zuletzt geprüft am 02.11.2025.

SAP (2025): Generative AI | SAP Artificial Intelligence Innovations. Online verfügbar unter https://www.sap.com/products/artificial-intelligence/generative-ai.html, zuletzt aktualisiert am 02.11.2025, zuletzt geprüft am 02.11.2025.

Sato, Yuji; Tse, Ying Kei; Tan, Kim Hua (2020): Managers' risk perception of supply chain uncertainties. In: *IMDS* 120 (9), S. 1617–1634. DOI: 10.1108/IMDS-01-2020-0049.

Schäfer, Naemi (2023): Making transparency transparent: a systematic literature review to define and frame supply chain transparency in the context of sustainability. In: *Manag Rev Q* 73 (2), S. 579–604. DOI: 10.1007/s11301-021-00252-7.

Schlosser, Alexander; Nemoto, Takeru; Walter, Jonas; Amon, Sebastian; J. Franke; Reitelshöfer, Sebastian (2025a): Automated Detection in Unstructured Material Streams: Challenges and Solutions. In: *Winter Simulation Conference 2025*.

Schlosser, Alexander; Schuderer, Peter; Franke, Jörg (2024): Sustainability Assessment and Optimization in Construction Site: A Simulation-Based Approach. Decarbonizing Value Chains. In: *Global Conference on Sustainable Manufacturing* 20, S. 82–90. DOI: 10.1007/978-3-031-93891-7_10.

Schlosser, Alexander; Walter, Jonas, Roming, Lukas; Franke, Jörg; Reitelshöfer, Sebastian (2025b): The path to a more efficient circular economy by integrating deep learning into robotic sorting system. In: *Global Conference on Sustainable Manufacturing 2025* 21.

Scholten, Kirstin; Stevenson, Mark; van Donk, Dirk Pieter (2020): Dealing with the unpredictable: supply chain resilience. In: *IJOPM* 40 (1), S. 1–10. DOI: 10.1108/IJOPM-01-2020-789.

Shahian Jahromi, Babak; Tulabandhula, Theja; Cetin, Sabri (2019): Real-Time Hybrid Multi-Sensor Fusion Framework for Perception in Autonomous Vehicles. In: *Sensors (Basel, Switzerland)* 19 (20). DOI: 10.3390/s19204357.

Shelley, Sarah (2024): Exploring the Impact of Emerging Technologies on Supply Chain Resilience and Agility. Hg. v. University of Cumberlands. Online verfügbar unter https://www.ucumberlands.edu/blog/the-role-of-technology-in-supply-chain-management.

Siemens Digital Industries Software (2025): Supply Chain Suite. Online verfügbar unter https://plm.sw.siemens.com/en-US/digital-logistics/supply-chain-suite/, zuletzt aktualisiert am 31.07.2025, zuletzt geprüft am 01.08.2025.

Srinivasan, Mahesh; Mukherjee, Debmalya; Gaur, Ajai S. (2011): Buyer–supplier partnership quality and supply chain performance: Moderating role of risks, and environmental uncertainty. In: *European Management Journal* 29 (4), S. 260–271. DOI: 10.1016/j.emj.2011.02.004.

Stefansson, Gunnar; Russell, Dawn M. (2008): Supply Chain Interfaces: Defining Attributes and Attribute Values for Collaborative Logistics Management. In: *J of Business Logistics* 29 (1), S. 347–359. DOI: 10.1002/j.2158-1592.2008.tb00083.x.

Step by step to your new logistics by IGZ-Ingenieurgesellschaft - Issuu (2025). Online verfügbar unter https://issuu.com/igz-ingenieurgesellschaft/docs/240301_logistikplanung_whitepaper-eng-web?__hstc=99200705.6fc81ba29a89b7a963a3ff826ba013d6.1754059657693.1754059657693.1754059657693.1&__hssc=99200705.10.1754059657693&__hsfp=2053954935&fr=xKAE9_zU1NQ&submissionGuid=1c1e6f60-cbfe-41c2-a4d0-97493c2ca2e1, zuletzt aktualisiert am 01.08.2025, zuletzt geprüft am 01.08.2025.

Su, Y. F. (2012): The impact of information technology on supply chain management capabilities: A resource-based view. In: *2012 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, S. 947–951. DOI: 10.1109/IEEM.2012.6837880.

Taj, Soonh; Imran, Ali Shariq; Kastrati, Zenun; Daudpota, Sher Muhammad; Memon, Raheel Ahmed; Ahmed, Javed (2023): IoT-based supply chain management: A systematic literature review. In: *Internet of Things* 24, S. 100982. DOI: 10.1016/j.iot.2023.100982.

Tan, Weng Chun; Sidhu, Manjit Singh (2022): Review of RFID and IoT integration in supply chain management. In: *Operations Research Perspectives* 9, S. 100229. DOI: 10.1016/j.orp.2022.100229.

Tanveer, Umair; Koliousis, Ioannis G.; Ishaq, Shamaila (2020): A conceptual information sharing framework to improve supply chain security collaboration. In: *IJVCM* 11 (4), Artikel 10032995, S. 346. DOI: 10.1504/IJVCM.2020.10032995.

Teixeira, António R.; Ferreira, José Vasconcelos; Ramos, Ana Luísa (2025): Intelligent Supply Chain Management: A Systematic Literature Review on Artificial Intelligence Contributions. In: *Information* 16 (5), S. 399. DOI: 10.3390/info16050399.

TravelWires (2025): Frankfurt Airport startet Echtzeit-Cargo-Dashboard für mehr Effizienz. Online verfügbar unter https://www.travelwires.com/de/deutsche-nachrichten/pressemitteilungen/frankfurt-airport-startet-echtzeit-cargo-dashboard-f-r-mehr-effizienz, zuletzt aktualisiert am 19.08.2025, zuletzt geprüft am 19.08.2025.

Tsanousa, Athina; Bektsis, Evangelos; Kyriakopoulos, Constantine; González, Ana Gómez; Leturiondo, Urko; Gialampoukidis, Ilias et al. (2022): A Review of Multisensor Data Fusion Solutions in Smart Manufacturing: Systems and Trends. In: *Sensors (Basel, Switzerland)* 22 (5). DOI: 10.3390/s22051734.

Tse, Ying Kei; Chung, S. H.; Pawar, Kulwant S. (2018): Risk perception and decision making in the supply chain: theory and practice. In: *IMDS* 118 (7), S. 1322–1326. DOI: 10.1108/IMDS-08-2018-605.

VBW - Die Bayerische Wirtschaft (09.08.2024): Wirtschaftsdaten Oberpfalz. München, Kerperin, Elias. Online verfügbar unter https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Volkswirtschaft/2024/Downloads/Wirtschaftsdaten-Oberpfalz_2024-2.pdf.

Vogel-Heuser, Birgit; Ocker, Felix; Weiß, Iris; Mieth, Robert; Mann, Frederik (2021): Potential for combining semantics and data analysis in the context of digital twins. In: *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences* 379 (2207), S. 20200368. DOI: 10.1098/rsta.2020.0368.

Wang, Gang; Gunasekaran, Angappa; Ngai, Eric W.T.; Papadopoulos, Thanos (2016): Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications. In: *International Journal of Production Economics* 176, S. 98–110. DOI: 10.1016/j.ijpe.2016.03.014.

Wang, Xubin; Tang, Zhiqing; Guo, Jianxiong; Meng, Tianhui; Wang, Chenhao; Wang, Tian; Jia, Weijia (2025): Empowering Edge Intelligence: A Comprehensive Survey on On-Device AI Models. In: *ACM Comput. Surv.* 57 (9), S. 1–39. DOI: 10.1145/3724420.

Weinke, Manuel (2023): Machine Learning im Logistikmanagement – Entwicklung eines Gestaltungsansatzes zum Einsatz von ML-Anwendungen in logistischen Entscheidungsprozessen. Hg. v. Universitätsverlag der TU Berlin. Berliln (46). Online verfügbar unter https://depositonce.tu-berlin.de/items/76318b70-9b26-4b96-86c2-4622b5339c38.

Weyrich, Michael (2024): Case Study: Cognitive Sensors for Autonomous Guided Vehicles (AGVs), S. 117–134. DOI: 10.1007/978-3-662-69243-1_6.

Wieland, Andreas; Durach, Christian F. (2021): Two perspectives on supply chain resilience. In: *Journal of Business Logistics* 42 (1), S. 315–322. DOI: 10.1111/jbl.12271.

Winkelhaus, Sven; Grosse, Eric H. (2020): Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. In: *International Journal of Production Research* 58 (1), S. 18–43. DOI: 10.1080/00207543.2019.1612964.

Wirtz, Markus Antonius (2020): Dorsch-Lexikon der Psychologie Markus Antonius Wirtz (Hrsg.). 19., überarbeitete Auflage. Bern, Schweiz: Hogrefe.

Witron Ideenraum (2025). Online verfügbar unter https://ideenraum.witron.de/, zuletzt aktualisiert am 02.11.2025, zuletzt geprüft am 02.11.2025.

Xu, Ming-Xing; Li, Shu; Rao, Li-Lin; Zheng, Lei (2023): The Relationship between Distance and Risk Perception in Multi-Tier Supply Chain: The Psychological Typhoon Eye Effect. In: *Sustainability* 15 (9), S. 7507. DOI: 10.3390/su15097507.

Yang, Boquan; Li, Jixiong; Zeng, Ting (2025): A Review of Environmental Perception Technology Based on Multi-Sensor Information Fusion in Autonomous Driving. In: *WEVJ* 16 (1), S. 20. DOI: 10.3390/wevj16010020.

Ye, Yan; Yang, Dong; Jiang, Zhibin; Tong, Lixin (2008): Ontology-based semantic models for supply chain management. In: *Int J Adv Manuf Technol* 37 (11-12), S. 1250–1260. DOI: 10.1007/s00170-007-1052-6.

Zaidi, Syed Adeel Haneef; Khan, Sharfuddin Ahmed; Chaabane, Amin (2024): Unlocking the potential of digital twins in supply chains: A systematic review. In: *Supply Chain Analytics* 7, S. 100075. DOI: 10.1016/j.sca.2024.100075.

Zaman, Jerifa; Shoomal, Atefeh; Jahanbakht, Mohammad; Ozay, Dervis (2025): Driving Supply Chain Transformation with IoT and AI Integration: A Dual Approach Using Bibliometric Analysis and Topic Modeling. In: *IoT* 6 (2), S. 21. DOI: 10.3390/iot6020021.

Zarnitz, Simon; Straube, Frank; Nitsche, Benjamin (2023): Digital Supply Chain Twins for Sustainable Planning of a Logistics System. In: *Manufacturing Driving Circular Economy. GCSM 2022*, S. 68–76. DOI: 10.1007/978-3-031-28839-5_8.

Zsidisin, George A.; Wagner, Stephan M. (2010): DO PERCEPTIONS BECOME REALITY? THE MODERATING ROLE OF SUPPLY CHAIN RESILIENCY ON DISRUPTION OCCURRENCE. In: *J of Business Logistics* 31 (2), S. 1–20. DOI: 10.1002/j.2158-1592.2010.tb00140.x.

Zwanziger, Johann Christian (1788): Theorie der Stoiker und der Akademiker von Perception und Probabilismus nach Anleitung des M. T. Cicero. Mit Anm. aus der Ältern und neuern Philosophie. Hg. v. Georg Emanuel Beer. Leipzig. Online verfügbar unter https://onb.digital/result/1086B6C6, zuletzt aktualisiert am 24.07.2025, zuletzt geprüft am 24.07.2025.

Bisher erschienene Weidener Diskussionspapiere

1 „Warum gehen die Leute in die Fußballstadien? Eine empirische Analyse der Fußball-Bundesliga“
von Horst Rottmann und Franz Seitz

2 „Explaining the US Bond Yield Conundrum“
von Harm Bandholz, Jörg Clostermann und Franz Seitz

3 „Employment Effects of Innovation at the Firm Level“
von Horst Rottmann und Stefan Lachenmaier

4 „Financial Benefits of Business Process Management“
von Helmut Pirzer, Christian Forstner, Wolfgang Kotschenreuther und Wolfgang Renninger

5 „Die Performance Deutscher Aktienfonds“
von Horst Rottmann und Thomas Franz

6 „Bilanzzweck der öffentlichen Verwaltung im Kontext zu HGB, ISAS und IPSAS“
von Bärbel Stein

7 Fallstudie: „Pathologie der Organisation“ – Fehlentwicklungen in Organisationen, ihre Bedeutung und Ansätze zur Vermeidung
von Helmut Klein

8 „Kürzung der Vorsorgeaufwendungen nach dem Jahressteuergesetz 2008 bei betrieblicher Altersversorgung für den GGF.“
von Thomas Dommermuth

9 „Zur Entwicklung von E-Learning an bayerischen Fachhochschulen-
Auf dem Weg zum nachhaltigen Einsatz?“
von Heribert Popp und Wolfgang Renninger

10 „Wie viele ausländische Euro-Münzen fließen nach Deutschland?“
von Dietrich Stoyan und Franz Seitz

11 Modell zur Losgrößenoptimierung am Beispiel der Blechteilindustrie für Automobilzulieferer
von Bärbel Stein und Christian Voith

12 Performancemessung
Theoretische Maße und empirische Umsetzung mit VBA
von Franz Seitz und Benjamin R. Auer

13 Sovereign Wealth Funds – Size, Economic Effects and Policy Reactions
von Thomas Jost

14 The Polish Investor Compensation System Versus EU – 15 Systems and Model Solutions
von Bogna Janik

15 Controlling in virtuellen Unternehmen -eine Studie-
Teil 1: State of the art
von Bärbel Stein, Alexander Herzner, Matthias Riedl

16 Modell zur Ermittlung des Erhaltungsaufwandes von Kunst- und Kulturgütern in kommunalen Bilanzen
von Bärbel Held

17 Arbeitsmarktinstitutionen und die langfristige Entwicklung der Arbeitslosigkeit – Empirische Ergebnisse für 19 OECD-Länder
von Horst Rottmann und Gebhard Flaig

18 Controlling in virtuellen Unternehmen -eine Studie-
Teil 2: Auswertung
von Bärbel Held, Alexander Herzner, Matthias Riedl

19 DIAKONIE und DRG's –antagonistisch oder vereinbar?
von Bärbel Held und Claus-Peter Held

20 Traditionelle Budgetierung versus Beyond Budgeting-
Darstellung und Wertung anhand eines Praxisbeispiels
von Bärbel Held

21 Ein Factor Augmented Stepwise Probit Prognosemodell
für den ifo-Geschäftserwartungsindex
von Jörg Clostermann, Alexander Koch, Andreas Rees und Franz Seitz

22 Bewertungsmodell der musealen Kunstgegenstände von Kommunen
von Bärbel Held

23 An Empirical Study on Paths of Creating Harmonious Corporate Culture
von Lianke Song und Bernt Mayer

24 A Micro Data Approach to the Identification of Credit Crunches
von Timo Wollmershäuser und Horst Rottmann

25 Strategies and possible directions to improve Technology
Scouting in China
von Wolfgang Renninger und Mirjam Riesemann

26 Wohn-Riester-Konstruktion, Effizienz und Reformbedarf
von Thomas Dommermuth

27 Sorting on the Labour Market: A Literature Overview and Theoretical Framework
von Stephan O. Hornig, Horst Rottmann und Rüdiger Wapler

28 Der Beitrag der Kirche zur Demokratisierungsgestaltung der Wirtschaft
von Bärbel Held

29 Lebenslanges Lernen auf Basis Neurowissenschaftlicher Erkenntnisse
-Schlussfolgerungen für Didaktik und Personalentwicklung-
von Sarah Brückner und Bernt Mayer

30 Currency Movements Within and Outside a Currency Union: The case of Germany and the euro area
von Franz Seitz, Gerhard Rösl und Nikolaus Bartzsch

31 Labour Market Institutions and Unemployment. An International Comparison
von Horst Rottmann und Gebhard Flaig

32 The Rule of the IMF in the European Debt Crisis
von Franz Seitz und Thomas Jost

33 Die Rolle monetärer Variablen für die Geldpolitik vor, während und nach der Krise: Nicht nur für die EWU geltende Überlegungen
von Franz Seitz

34 Managementansätze sozialer, ökologischer und ökonomischer Nachhaltigkeit: State of the Art
von Alexander Herzner

35 Is there a Friday the 13th effect in emerging Asian stock markets?
von Benjamin R. Auer und Horst Rottmann

36 Fiscal Policy During Business Cycles in Developing Countries: The Case of Africa
von Willi Leibfritz und Horst Rottmann

37 MONEY IN MODERN MACRO MODELS: A review of the arguments
von Markus A. Schmidt und Franz Seitz

38 Wie erzielen Unternehmen herausragende Serviceleistungen mit höheren Gewinnen?
von Johann Strassl und Günter Schicker

39 Let's Blame Germany for its Current Account Surplus!?
von Thomas Jost

40 Geldpolitik und Behavioural Finance
von Franz Seitz

41 Rechtliche Überlegungen zu den Euro-Rettungsschirmprogrammen und den jüngsten geldpolitischen Maßnahmen der EZB
von Ralph Hirdina

42 DO UNEMPLOYMENT BENEFITS AND EMPLOYMENT PROTECTION INFLUENCE SUICIDE MORTALITY? AN INTERNATIONAL PANEL DATA ANALYSIS
von Horst Rottmann

43 Die neuen europäischen Regeln zur Sanierung und Abwicklung von Kreditinstituten: Ordnungspolitisch und rechtlich angreifbar?
von Ralph Hirdina

44 Vermögensumverteilung in der Eurozone durch die EZB ohne rechtliche Legitimation?
von Ralph Hirdina

45 Die Haftung des Steuerzahlers für etwaige Verluste der EZB auf dem rechtlichen Prüfstand
von Ralph Hirdina

46 Die Frage nach dem Verhältnis von Nachhaltigkeit und Ökonomie
von Alexander Herzner

47 Giving ideas a chance - systematic development of services in manufacturing industry
von Johann Strassl, Günter Schicker und Christian Grasser

48 Risikoorientierte Kundenbewertung: Eine Fallstudie
von Thorsten Hock

49 Rechtliche Überlegungen zur Position der Sparer und institutionellen Anleger mit Blick auf die Niedrigzins- bzw. Negativzinspolitik der Europäischen Zentralbank
von Ralph Hirdina

50 Determinanten des Studienerfolgs: Eine empirische Untersuchung für die Studiengänge Maschinenbau, Medienproduktion und -technik sowie Umwelttechnik
von Bernd Rager und Horst Rottmann

51 Cash Holdings in Germany and the Demand for "German" Banknotes: What role for cashless payments
von Nikolaus Bartzsch und Franz Seitz

52 Europäische Union und Euro – Wie geht es weiter? – Rechtliche Überlegungen
von Ralph Hirdina

53 A Call for Action – Warum sich das professionelle Management des Service Portfolios in der Industrie auszahlt
von Günter Schicker und Johann Strassl

54 Der Studienerfolg an der OTH Amberg-Weiden – Eine empirische Analyse der Studiengänge Maschinenbau, Medienproduktion und Medientechnik sowie Umwelttechnik
von Bernd Rager und Horst Rottmann

55 Die Bewertung von Aktienanleihen mit Barriere – Eine Fallstudie für die Easy-Aktienanleihe der Deutschen Bank
von Maurice Hofmann und Horst Rottmann

56 Studie: Die Generation Y und deren organisatorische Implikationen
von Helmut Klein

57 Die gesetzliche Einschränkung von Bargeldzahlungen und die Abschaffung von Bargeld auf dem rechtlichen Prüfstand
von Ralph Hirdina

58 Besser ohne Bargeld? Gesamtwirtschaftliche Wohlfahrtsverluste der Bargeldabschaffung
von Gerhard Rösl, Franz Seitz, Karl-Heinz Tödter

59 Nowcasting des deutschen BIP
von Jens Doll, Beatrice Rosenthal, Jonas Volkenand, Sandra Hamella

60 Herausforderungen und Erfolgsfaktoren bei der Einführung Cloud-basierter Unternehmenssoftware – Erfahrungen aus der Praxis
von Thomas Dobat, Stefanie Hertel, Wolfgang Renninger

61 Global Recessions and Booms: What do Probit models tell us?
von Ursel Baumann, Ramón Gómez Salvador, Franz Seitz

62 Feste Zinsbindung versus kurzfristig variable Zinskonditionen in Deutschland
von Jörg Clostermann und Franz Seitz

63 Deferred-Compensation-Modelle: Ersatz für eine konventionelle betriebliche Altersversorgung nach dem Betriebsrentengesetz?
von Thomas Dommermuth und Thomas Schiller

64 Have capital market anomalies worldwide attenuated in the recent era of high liquidity and trading activity?
von Benjamin R. Auer und Horst Rottmann

65 Vorschläge des französischen Staatspräsidenten Emmanuel Macron zur Reform der Europäischen Union
von Ralph Hirdina

66 Von der Troika zu einem Europäischen Währungsfonds – Welche Aufgaben und Grenzen sollte ein Europäischer Währungsfonds nach den Erfahrungen mit der Troika haben?
von Thomas Jost

67 Does Microfinance have an impact on borrower's consumption patterns and women's empowerment?
von Charlotte H. Feldhoff, Yi Liu und Patricia R. Feldhoff

68 Uncertainty in the Black-Litterman Model - A Practical Note
von Adrian Fuhrer und Thorsten Hock

69 Produktportfolio-Management im Zeitalter der Digitalisierung
von Günter Schicker und Johann Strassl

70 Evaluation eines Inverted Classroom Konzepts in der makroökonomischen Lehre
von Horst Rottmann und Christoph Voit

71 Immobilienkredite in Deutschland und der Schweiz: Die Rolle von Zinsen und Zinsbindung
von Jörg Clostermann und Franz Seitz

72 Intelligente Verpackungen
von Stephanie Abels-Schlosser

73 Digitale Strategien entwickeln – von der Idee zur Roadmap
von Johann Strassl und Günter Schicker

74 Derivate im Zinsmanagement: Eine Analyse der Hedging-Qualität von Bund Future Kontrakten und deren Einsatzmöglichkeiten in Theorie und Praxis
von Christoph Wontke und Franz Seitz

75 Steigerung der Kundenzufriedenheit durch Gestaltung von Artikeldetailseiten am Beispiel von WITT WEIDEN
von Laura Graser und Marco Nirschl

76 Werkvertragsarbeitnehmerinnen und -arbeitnehmer in der Fleischindustrie
von André Schulte und Ágnes Wörster

77 How to avoid fracture of the locking screw in modular revision arthroplasty of the hip using the MRP Titan Revision System
von Theresa Semmelmann, Alexander Schuh, Horst Rottmann, Reinhard Schröder, Christopher Fleischmann

78 SARS-Cov-2 und Bargeld: Wie ein Virus die weltweite Bargeldnachfrage fördert
von Gerhard Rösl und Franz Seitz

79 Monte-Carlo-Evaluation von Instrumentenvariablenschätzern
von Benjamin R. Auer und Horst Rottmann

80 Euro area house price fluctuations and unconventional monetary policy surprises
von Oliver Hülsewig und Horst Rottmann

81 Euro Area Periphery Countries' Fiscal Policy and Monetary Policy Surprises
von Oliver Hülsewig und Horst Rottmann

82 Überschätzen sich jüngere Personen mehr als ältere? Der Dunning-Kruger-Effekt im Altersvergleich
von V. Benesch, M. Godde, B. Hammami, U. Laufkötter, M. Seidel und B. Mayer

83 Cash demand in times of crises
von Gerhard Rösl und Franz Seitz

84 The relevance of banks to the European stock market
von Andreas Kick und Horst Rottmann

85 CBDC and Cash in the Euro Area: Crowding out or co-circulation?
von Gerhard Rösl und Franz Seitz

86 Nutztierwirtschaft zwischen Tierwohl, Unternehmensstrategie und Verbraucherinteresse – Spannungsfeld oder Zukunftschance im Agrarsektor?
von André Schulte und Ágnes Wörster

87 Zentralbankverluste und „ungerechte (?)“ Bankengewinne infolge der Wertpapieraufkaufprogramme und der Verzinsung der Überschussreserven
von Thomas Jost

88 On the protective effects of European sustainable stocks during the Russian invasion of Ukraine
von Andreas Kick und Horst Rottmann

89 Agrarökonomische Diskurse im Kontext demokratischer Legitimation, politischer Notwendigkeit und bürgerlicher Partizipation: Über Einkommensverhältnisse und ausgewählte Herausforderungen in der Landwirtschaft
von André Schulte und Ágnes Wörster

90 Inflation-induced Liquidity Constraints in Real Estate Financing
von Andrea Gubitz, Karl-Heinz Toedter und Gerhard Ziebarth

91 Monetary and Macroprudential Policies with Direct and Indirect Financing: Implications for Macroeconomic Stability
von Jan Bruch, Franz Seitz und Uwe Vollmer

92 Cash is more than a Public Good
von Héctor Labat, Franz Seitz und Guillaume Lepecq

93 Resilience and the Cash Infrastructure: The Role of Access, Acceptance, Availability, and Affordability
von Gerhard Rösl und Franz Seitz

94 Wie relevant sind die makroökomischen Standardlehrbuchmodelle: Ein Plädoyer für eine Erweiterung der traditionellen klassischen und keynesianischen Basismodelle
von Jörg Flemmig und Franz Seitz

95 Preisstabilität in Deutschland in Zeiten von D-Mark und Euro
von Thomas Jost

96 Nachhaltige Optimierung der Produktionsplanung in der Automobilzulieferkette durch digitalen Kanban
von Johanna Lang, Andreas Dörner, Stephanie Abels-Schlosser

97 Kosten von Zahlungsmitteln für Konsumenten: Literaturauswertung und Sensitivitätsanalysen
von Malte Krüger und Franz Seitz

98 Empirische Evidenz für den Einfluss von Demokratie auf Wachstum und Resilienz
von Jonathan Bothner und Horst Rottmann

99 Perception in der Logistik und im Supply Chain Management
von Stephanie Abels-Schlosser

Die Weidener Diskussionspapiere erscheinen in unregelmäßigen Abständen und sollen Erkenntnisse aus Forschung und Wissenschaft an der Hochschule in Weiden insbesondere zu volks- und betriebswirtschaftlichen Themen an Wirtschaft und Gesellschaft vermitteln und den fachlichen Dialog fördern.

Herausgeber:
Ostbayerische Technische Hochschule (OTH) Amberg-Weiden
Prof. Dr. Horst Rottmann und Prof. Dr. Franz Seitz
Weiden Business School

Presserechtliche Verantwortung:
Sonja Wiesel, Hochschulkommunikation und Öffentlichkeitsarbeit
Telefon +49 (9621) 482-3135
Fax +49 (9621) 482-4135
s.wiesel@oth-aw.de

Bestellungen schriftlich erbeten an:
Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden
Abt. Weiden, Bibliothek
Hetzenrichter Weg 15,
D – 92637 Weiden i.d.Opf.
Die Diskussionsbeiträge können elektronisch abgerufen werden unter
www.oth-aw.de/weidener_diskussionspapiere/

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie Übersetzung vorbehalten.
Nachdruck nur mit Quellenangabe gestattet.

ISBN 978-3-98638-014-4