

1 EINLEITUNG UND MOTIVATION

The best way to predict the future is to invent it.

– Alan Kay

1.1 AUSGANGSSITUATION

Die Erfindung des Internets und die **Globalisierung** der Weltwirtschaft haben die Industrie geprägt wie kaum andere Entwicklungen des 20. und 21. Jahrhunderts. Die Möglichkeit, Informationen innerhalb von kürzester Zeit überall auf der Welt auszutauschen, hat die industriellen Prozesse grundlegend verändert und stellt die Unternehmen vor eine Reihe neuer Herausforderungen.

Im führenden deutschen Industriezweig, der **Automobilindustrie**, sind die Auswirkungen der Globalisierung seit Jahrzehnten spürbar. So haben die Unternehmen einerseits die Möglichkeiten der Globalisierung genutzt, um international zu expandieren und ihre Produkte global zu vermarkten. Dies ist insbesondere in diesem Industriezweig auf die Marktsaturation der Unternehmen in ihren Heimatmärkten zurückzuführen (/ROTH12/, S. 14–16). In der Folge kommt es zu einem verschärften Anbieterwettbewerb in den Zielmärkten, in dem sich viele Hersteller einem deutlichen Kostendruck ausgesetzt sehen (/BECK07a/, S. 101).

Um ihre Kosten zu senken, bedienen sich die Unternehmen andererseits aus dem globalen Angebot und versuchen, über globales Sourcing und Outsourcing von niedrigeren Lohnkosten zu profitieren und den Preis ihrer eigenen Produkte dadurch zu senken (/SCST08/, S. 250). Andererseits schotten sich viele Märkte durch Eintrittsbarrieren in Form von Importzöllen ab (/KLUG10/, S. 328). Die Erschließung neuer Märkte für die Unternehmen ist nur dann kostengünstig und flexibel möglich, wenn sie sich lokal niederlassen und eine Wertschöpfung im Zielmarkt betreiben (/AUGU16/, S. 1; /ROTH12/, S. 16).

Ein Resultat der so veränderten Wettbewerbssituation ist die Bildung von weltumspannenden, also **globalen Liefernetzwerken**. Lieferanten und Abnehmerwerke in räumlich weit voneinander entfernten Regionen werden über logistische Warenströme miteinander verbunden, auch Standorte innerhalb eines Unternehmens treten miteinander in Lieferbeziehungen. Es entstehen internationale Produktions- und Transportnetzwerke, für die eine Vielzahl an Materialien zwischen verschiedenen Quellen und Senken transportiert werden (/HOLT16/, S. 2). Die Zahl der miteinander zu verbindenden Teilnehmer im den Produktionsnetzwerken steigt in der Konsequenz ebenso wie die zu überwindenden Transportdistanzen. Für die Logistik bedeuten diese Veränderungen in erster Linie eine deutlich steigende Komplexität, die sich u. a. in der erhöhten Anzahl der gebrochenen Verkehre und der beteiligten Prozesspartner äußert (/DWTW08/, S. 42).

Dies führt zu deutlich vergrößerten **Risiken globaler Liefernetzwerke**. Einerseits vergrößert sich mit steigenden Transportdistanzen und einem häufigeren Wechsel der Prozesspartner das Risiko für Verzögerungen der Transporte, während die Zuverlässigkeit und damit die Planungssicherheit der logistischen Verbindungen abnimmt. Dadurch kann es zu Verspätungen in der Produktionsversorgung oder zu Produktionsunterbrechungen kommen. Auch Risiken wie schlechte Wetterbedingungen, hohes Verkehrsaufkommen oder temporäre Fahrverbote können zu Verspätungen führen und so einen negativen Einfluss auf die logistischen Prozesse haben (/WOLF11/).

Diese Steuerungsaufgabe ist durch die Risiken langer Logistikketten, bedingt durch die Vielzahl an Teilnehmern und die sich schnell ändernden Außenbedingungen, zunehmend anspruchsvoller geworden. **Wandlungsfähigkeit und Flexibilität** (vgl. Abschnitt 2.3.4) sind in diesem Zusammenhang von herausragender Bedeutung (/GÖTI08/, S. 147; /BAND07/, S. 87; /MÖSG07/, S. 12; /WILD00/, S. 79). Sie werden als entscheidende Voraussetzungen dafür betrachtet, um das Netzwerk ideal auszugestalten sowie auf die zahlreichen externen und internen Einflussfaktoren effizient reagieren zu können. Studien belegen den großen Einfluss der logistischen Leistungsfähigkeit auf den wirtschaftlichen Gesamterfolg von Unternehmen (/WIAL04/; /WEDE99/). Die effiziente Steuerung von logistischen Diensten leistet also einen wichtigen Beitrag zur **Konkurrenzfähigkeit von Unternehmen**.

1.2 PROBLEMSTELLUNG UND ZIEL DER ARBEIT

Ein wichtiges Instrument, um flexibel auf die Risiken in globalen Liefernetzwerken reagieren zu können, sind verschiedene alternative **Handlungsoptionen bzw. Maßnahmen** (vgl. Abschnitt 3.1.1) zur Steuerung von logistischen Transporten (/BOCK12/, S. 1). Sie flexibilisieren die Lieferbeziehungen und ermöglichen es, kurzfristig auf äußere Einflüsse auf das Liefernetzwerk zu reagieren. So können z. B. Lieferungen auf andere Verkehrsmittel umgelenkt oder anders geroutet werden, um vorherige Verzögerungen auszugleichen. Auch der kurzfristige Transfer von Material innerhalb des Unternehmensnetzwerks, beispielsweise von einem Produktionsstandort zu einem anderen, kann eine effektive Maßnahme sein, um die zeitgerechte Versorgung aller Standorte sicherzustellen. Je komplexer das Netzwerk und je länger die Lieferketten sind, desto mehr Handlungsoptionen stehen i. d. R. zur Verfügung.

Wie jedoch können diese Handlungsoptionen heute identifiziert und dokumentiert werden? Eine formale Erfassung solcher Maßnahmen erfolgt in der betrieblichen Praxis bisher meist nicht. Als Resultat wird bei der manuellen Entscheidungsfindung häufig nur ein Teil der tatsächlich umsetzbaren Maßnahmen betrachtet und in die Auswahlentscheidung mit einbezogen. Insbesondere bei komplexen globalen Liefernetzwerken könnte eine **systematische Vorgehensweise die Identifikation und Auswahl von Handlungsoptionen** für ein konkretes Netzwerk deutlich erleichtern, eine theoretische Grundlage hierfür fehlt bisher.

Die Identifikation von möglichen Maßnahmen stellt jedoch nur den ersten Schritt der Entscheidungsfindung dar. Wurden die möglichen Handlungsoptionen erkannt, muss im operativen Zeitraum (vgl. Abschnitt 3.1.2) in kurzer Zeit entschieden werden, welche Optionen umgesetzt werden sollen. Dabei ist die **Prognose der Effekte** der einzelnen Handlungsoptionen in globalen Liefernetzwerken keineswegs trivial. Um die Gesamteffizienz einer Maßnahme – oder der Kombination mehrerer Maßnahmen – vorhersagen zu können, müssen detaillierte Analysen durchgeführt werden, um die Effekte der Maßnahmen auf alle daran beteiligten Kosten- und Leistungskategorien prognostizieren zu können.

Verschiedene Maßnahmen können darüber hinaus **komplexe Wechselwirkungen** untereinander haben. So können sich Maßnahmen gegenseitig ausschließen, sodass zu einem Zeitpunkt immer nur eine Maßnahme ausführbar ist. Dies geschieht insbesondere dann, wenn Maßnahmen durch zur Verfügung stehende Kapazitäten begrenzt werden. Besonders anspruchsvoll kann auch die Untersuchung der Kombination von verschiedenen möglichen Maßnahmen sein. So kann z. B. die Kombination mehrerer kostengünstiger Beschleunigungsmaßnahmen in Summe besser sein, um einen drohenden Versorgungsengpass zu beheben, als eine einzelne teure Zusatzlieferung zu beauftragen. Andere Maßnahmen wiederum bleiben in bestimmten Netzwerksituationen wirkungslos. So kann die Beschleunigung eines Materialtransports auf einem Teilstück des Transports im Ergebnis wirkungslos sein, wenn dieselbe Sendung in einem späteren Prozessschritt in einem Sammeltransport weiterverarbeitet wird und auf andere Materialien warten muss.

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage nach dem Zielsystem, an dem der Nutzen von Maßnahmen ermittelt werden soll. Eine entscheidende Einflussgröße ist das **optimale Bestandsniveau**, das durch den Einsatz von Maßnahmen erreicht werden soll. Einerseits dient die Einrichtung eines Sicherheitsbestands dazu, Unterbrechungen im Liefernetzwerk abzufangen und so beim Eintreten von Störungen flexibel reagieren zu können (/GRUN15/, S. 24; /BUWE07/, S. 158; /TEMP05/, S. 4). Durch hohe Bestände kann also eine zeitliche Entkopplung vom Beschaffungs- und Bedarfsprozess erreicht werden (/CONZ14/, S. 14). Andererseits sollte das Bestandsniveau möglichst so gering wie möglich gehalten werden, um Platz in den Lägern zu sparen, die Alterung des Materials zu minimieren und so die Kosten für Lagerhaltung und Zinsen zu minimieren (/MART14/, S. 336; /GROC78/, S. 19–20). Die zweite entscheidende Einflussgröße sind die Kosten, die bei der Durchführung von logistischen Maßnahmen anfallen. Alle Einflussgrößen müssen in einem gemeinsamen Zielsystem zusammengefasst werden, um eine möglichst gute Gesamteffizienz der eingesetzten logistischen Maßnahmen zu gewährleisten.

Aufgrund der mangelnden Unterstützung des Entscheidungsprozesses werden die komplexen Entscheidungen über logistische Maßnahmen heute vornehmlich auf Basis des persönlichen **Erfahrungswissens** der Entscheidungsträger getroffen. Zum einen existiert bisher kein Ansatz, um eine

gezielte Identifikation aller möglichen Handlungsoptionen vorzunehmen. Andererseits können aufgrund der Vielzahl an Möglichkeiten nicht alle möglichen Optionen und Kombinationen zeitgleich untersucht werden, was zu Fehlern und suboptimalen Lösungen führt. Die Komplexität der Entscheidungssituation in Bezug auf das Liefernetzwerk und die möglichen Kombinationen von Maßnahmen trägt dazu bei, dass eine systematische Untersuchung aller möglichen Handlungsoptionen in der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit und im Hinblick auf das unternehmensspezifische Zielsystem nicht erfolgen kann.

Dies stellt auch schon für kurze Lieferketten eine Herausforderung dar; für globale Liefernetzwerke verschärft sich die Situation noch einmal, denn aufgrund der langen Lieferketten und den höheren Risiken der Transportketten muss häufiger in den Prozess eingegriffen werden. Es müssen insgesamt deutlich mehr **Entscheidungen** getroffen werden, um die Lieferprozesse zu steuern. Gleichzeitig steigt die Zahl der möglichen Handlungsoptionen, sodass je Entscheidung mehr Alternativen betrachtet werden müssen. Das Ergebnis ist: Die Komplexität und damit die Herausforderung des effizienten Managements von globalen Liefernetzwerken steigt (/BUWE07/, S. 158).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der Prozess der Planung von logistischen Maßnahmen, insbesondere im operativen Zeitraum, bisher nur rudimentär unterstützt wird. Gerade die kosteneffiziente Auswahl von alternativen Handlungsoptionen bietet jedoch die Möglichkeit, geringe Bestandsniveaus an den Produktionsorten ohne das Risiko von Lieferengpässen zu gewährleisten und so die logistischen Prozesse kostengünstig und flexibel zu gestalten. Es fehlt eine Systematik, mit der die kosten- und nutzenoptimale Auswahl nicht nur einzelner Maßnahmen, sondern auch ihrer möglichen Kombinationen unterstützt wird.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, die Qualität und Geschwindigkeit der Entscheidungsfindung im Rahmen des engpassorientierten Managements globaler Liefernetzwerke zu verbessern. Dazu muss im ersten Schritt der **Prozess der Entscheidungsfindung** untersucht werden, um die einzelnen Schritte der Planung von logistischen Maßnahmen zu analysieren und zu unterstützen. Hierzu muss ein wirkungsorientiertes Zielsystem mit einem passenden **Bewertungsmodell** entwickelt werden, das die Effekte der einzelnen Maßnahmen und -kombinationen mess- und vergleichbar macht. So kann überprüft werden, welche Handlungsoptionen und deren Kombinationen geeignet sind, um operative Engpässe im betrachteten Netzwerk zu vermeiden und die Logistikeffizienz allgemein zu erhöhen. Darauf aufbauend muss ein **Ansatz zur Planung von Maßnahmen für das störungsorientierte Management globaler Liefernetzwerke** entwickelt werden, der auch eine automatisierte Entscheidungsfindung ermöglicht.

1.3 AUFBAU DER ARBEIT

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in insgesamt neun Kapitel. Im 1. Kapitel – **Einleitung und Motivation** – wird kurz das Umfeld der Aufgabenstellung umrissen und in die Ausgangssituation und die sich daraus ergebende Problemstellung eingeführt. Im Anschluss daran wird das Ziel der Forschungsarbeit erläutert und der Aufbau der Arbeit skizziert.

Das 2. Kapitel – **Logistik in globalisierten Produktionsnetzwerken der Automobilindustrie** – gibt dem Leser eine Einführung in die Eigenschaften und aktuellen Herausforderungen globaler Produktionsnetzwerke. Dazu wird zunächst eine kurze Einführung in automobiler Supply Chains gegeben. Im Anschluss wird detailliert auf die äußeren Rahmenbedingungen eingegangen, die maßgeblich durch die Globalisierung geprägt werden. Sie fördert die Entstehung globaler Netzwerkstrukturen und hat enorme Auswirkungen auf die im globalen Wettbewerb konkurrierenden Supply Chains. Zunächst wird die durch die Globalisierung geprägte Marktsituation in der Automobilindustrie dargestellt, bevor die Effekte auf den Produktions- und Beschaffungsbereich untersucht werden. Im Anschluss werden die daraus entstehenden Herausforderungen für die Logistik komplexer Liefernetzwerke herausgearbeitet und die Relevanz der Logistik für den gesamten unternehmerischen Erfolg dargestellt. Das Kapitel schließt mit einem Resümee über die steigende Bedeutung einer effizienten Entscheidungsunterstützung für die Planung globaler Liefernetzwerke.

Im 3. Kapitel – **Entscheidungsunterstützung für globale Liefernetzwerke** – wird zunächst auf relevante Grundlagen der Entscheidungstheorie eingegangen. Hierzu werden wichtige Grundbegriffe erläutert und die Entscheidungsbereiche innerhalb der Logistik differenziert, anhand derer eine Abgrenzung der betrachteten Maßnahmen vorgenommen wird. Zum Abschluss der entscheidungstheoretischen Einführung wird ein Entscheidungsmodell zur Maßnahmenplanung entwickelt, auf dem die spätere methodische Unterstützung aufbaut. Im Anschluss werden bestehende Konzepte zur Planung logistischer Maßnahmen vorgestellt. Diese gliedern sich in fachübergreifende und fachspezifische Konzepte. Die fachübergreifenden Konzepte stammen aus dem Operations Research (OR) und bieten allgemeine Möglichkeiten, Liefernetzwerke zu modellieren, zu simulieren und zu optimieren. Zu den anschließend aufgezeigten spezifischen Konzepten gehört, neben logistischen Assistenzsystemen, dem Bedarfs- und Kapazitätsmanagement (BKM), dem Engpassmanagement und dem Supply Chain Event Management (SCEM), auch das Störungsmanagement. Im letzten Abschnitt zum Stand der Forschung werden Anforderungen an einen Ansatz zur Maßnahmenplanung formuliert und konkrete Veröffentlichungen und Vorgehensweisen vorgestellt. Es folgt die Beurteilung dieser Ansätze hinsichtlich der formulierten Anforderungen. Kapitel 3 schließt mit der Identifikation der Forschungslücke und der Konkretisierung der forschungsleitenden Fragestellungen.

Nachdem Kapitel 3 den Handlungsbedarf für die vorliegende Arbeit identifiziert hat, beginnt das Kapitel 4 – **Identifikation von Maßnahmen für globale Liefernetzwerke** – mit der Entwicklung einer Ordnungssystematik für logistische Maßnahmen. Diese sog. Taxonomie dient, neben der übersichtlichen Darstellung, zur Auswahl von Maßnahmen und wird auf Basis des Dortmunder Prozessketteninstrumentariums entwickelt. Um alle möglichen Handlungsoptionen erfassen zu können, die als Reaktion auf mögliche Störungen zur Verfügung stehen, wird eine Vielzahl von Publikationen auf konkrete Maßnahmen hin untersucht und die Ergebnisse in die Maßnahmentaxonomie eingeordnet. Es folgt eine detaillierte Untersuchung der konkreten Entscheidungssituationen im Rahmen des Managements globaler Produktionsnetzwerke. Es werden die fachlichen Besonderheiten globaler Logistikprozesse gegenüber lokalen aufgezeigt und die Auswirkungen auf die Material- und Informationsflüsse und die zeitlichen Abfolgen innerhalb der Prozesse aufgezeigt. Hier werden auch die unterschiedlichen Zielstellungen der Vielzahl an involvierten Supply-Chain-Partnern aufgezeigt. Es folgt eine Untersuchung möglicher Störeinflüsse innerhalb der globalen Logistikprozesse mit einer Skizze möglicher Auswirkungen auf die produktiven Prozesse. Zuletzt wird eine Vorgehensweise zur Anwendung des Maßnahmenkatalogs mit dem Ziel der Identifikation von passenden Maßnahmen entwickelt und eine Einschränkung auf operative beschaffungslogistische Maßnahmen für die weitere Untersuchung vorgenommen.

Kapitel 5 – **Bewertung und Analyse von Reichweitenverläufen** – definiert als Erstes die Ziele der operativen Versorgungslogistik und entwickelt darauf aufbauend eine Bewertungssystematik für Reichweitenverläufe. Hierzu wird zunächst in die Berechnung von Reichweiten eingeführt. Durch die Bewertung von Reichweitenverläufen mit Opportunitätskostensätzen wird es möglich, verschiedene Maßnahmen anhand ihrer Wirkung miteinander zu vergleichen und so zu klassifizieren. Auch ein quantitativer Vergleich wird so ermöglicht. Hierbei unterstützen die in diesem Kapitel eingeführten charakteristischen Zeitpunkte. Zuletzt wird das Planungsproblem als formales Optimierungsproblem dargestellt und ein Lösungsverfahren ausgewählt, das auf das entstehende komplexe, nichtlineare Optimierungsproblem angewendet werden kann.

Kapitel 6 – **Automatisierte Planung von operativen beschaffungslogistischen Maßnahmen** – entwickelt einen Algorithmus zur Planung von logistischen Maßnahmen. Der Planungsalgorithmus umfasst drei Komponenten: eine Materialflusssimulation, eine Bewertungskomponente (gemäß der Erkenntnisse aus Kapitel 5) und ein heuristisches Suchverfahren. Die Anforderungen an die einzelnen Komponenten und der globale Ablauf des Algorithmus zur Maßnahmenplanung werden in diesem Kapitel detailliert. Das heuristische Suchverfahren wird speziell für den vorliegenden Problemfall entwickelt und hinsichtlich der benötigten Daten und der inneren Abläufe beschrieben. Insgesamt werden sechs verschiedene Varianten des Suchverfahrens entwickelt, die entscheidenden

Einfluss auf den gesamten Planungsalgorithmus haben und daher im weiteren Verlauf getrennt voneinander betrachtet und validiert werden. Zuletzt wird aufgezeigt, wie der Planungsalgorithmus bei der Optimierung von Szenarien mit mehreren Bedarfsorten eingesetzt werden kann.

Die entwickelte Vorgehensweise wird in Kapitel 7 – **Validierung der Planungsmethode an einem Beispiel der Automobilindustrie** – auf ein konkretes Logistiknetzwerk der Automobilindustrie angewendet. Zu diesem Zweck wird zunächst die Fallstudie des internationalen Produktionsnetzwerks sowie die aktuelle Prozessunterstützung vorgestellt. Anhand des Netzwerks werden die möglichen Maßnahmen für verschiedene Bedarfsorte erläutert. Im Anschluss werden die zur Evaluierung verwendeten Szenarien charakterisiert. Die durch Anwendung der Planungsalgorithmen ermittelten Ergebnisse werden vorgestellt, mit den rechnerisch möglichen Optima verglichen und die Qualität der Ergebnisse evaluiert. Als letzter Punkt wird in diesem Kapitel ein gesamtheitlicher Vergleich der in Kapitel 3 definierten Anforderungen mit den Leistungen der Forschungsarbeit vorgenommen.

Den Abschluss der Forschungsarbeit bildet das Kapitel 8 – **Kritische Würdigung und Ausblick** – das die Resultate kondensiert und eine kritische Würdigung der Arbeitsergebnisse umfasst. Es schließt mit einem Ausblick und Empfehlungen für nachfolgende Forschungsarbeiten. Der sich an den Hauptteil der Arbeit anschließende **Anhang** ergänzt einzelne spezifische Themenfelder. Abbildung 1 fasst den Aufbau der Arbeit noch einmal grafisch zusammen.

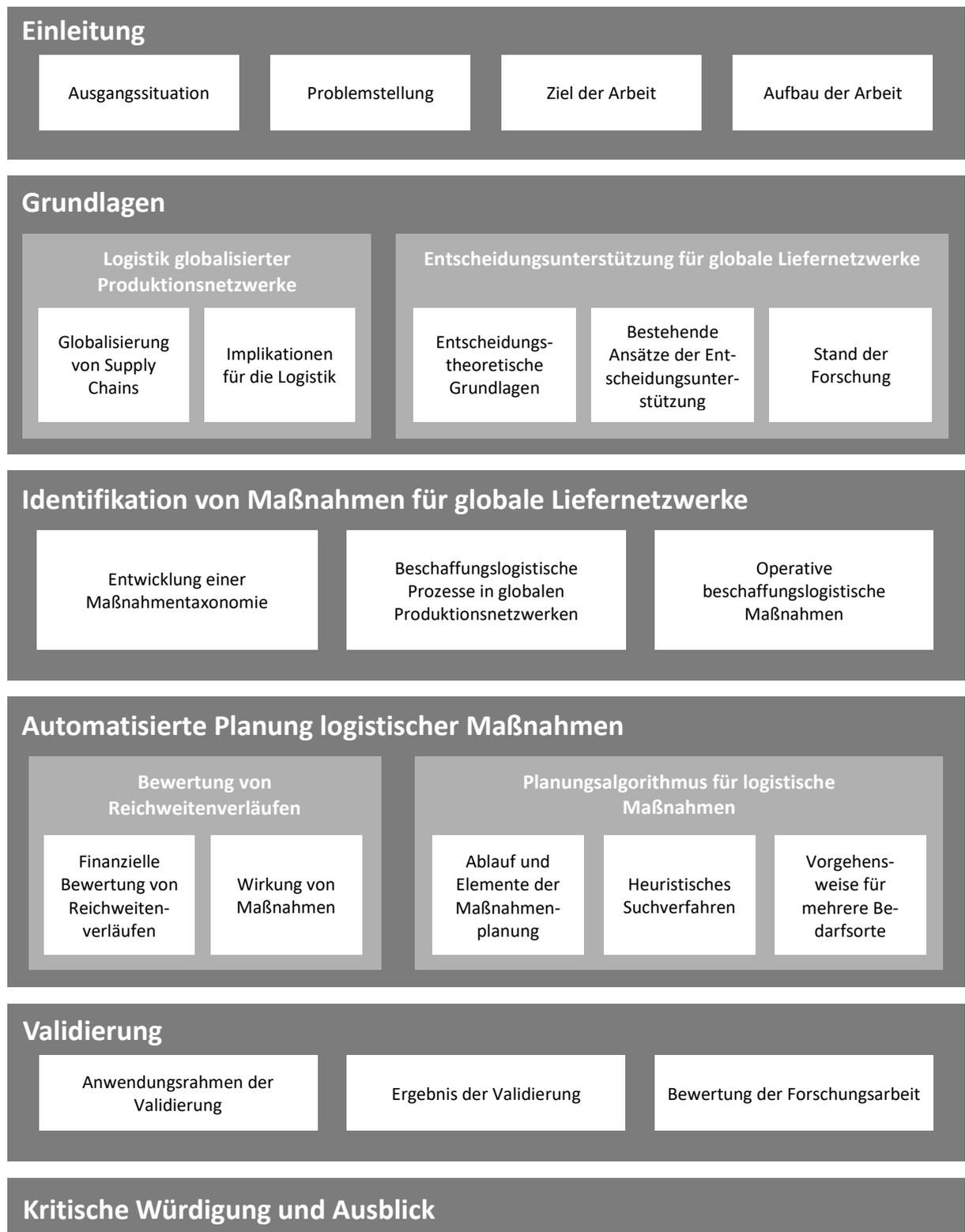


Abbildung 1: Aufbau der Arbeit