

## 1 Einleitung

### 1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Für Produktionsstandorte in der Automobilindustrie stellt die Sicherstellung effektiver und effizienter Ver- und Entsorgungsströme seit jeher einen wichtigen Erfolgsfaktor dar. So tragen sowohl die optimale Versorgung der Produktion mit Beschaffungsteilen als auch die spätere Distribution der Fertigfahrzeuge direkt zur Leistungsfähigkeit eines Produktionsstandortes bei. Die heute implementierten Beschaffungs- und Distributionssysteme sind dabei primär unter Berücksichtigung der ökonomischen Effizienz, d.h. des möglichst optimalen Verhältnisses von logistischen Kosten zu logistischer Leistung, entstanden (Fleischmann et al., 2008, S. 7f). Auf Grund der weltweiten Ressourcenverknappung und Klimaschutzbemühungen gewinnen aktuell vor allem ökologische Anforderungen bei der Gestaltung von Logistiksystemen zunehmend an Bedeutung (Fleischmann et al., 2008, S. 7f; Hellingrath/ Schürerer, 2009, S. 16). Die Bedeutung dieses Trends spiegelt sich u.a. in der derzeitigen Diskussion um „Green Logistics“ wieder und wurde in einer aktuellen Umfrage bestätigt, der zufolge 76 % der befragten Unternehmen aus dem Fahrzeugbau die Logistik ihres Unternehmens zukünftig *stark* oder *sehr stark* vom Trend „Umwelt und Ressourcenschutz“ betroffen sehen (Straube/ Pfohl, 2008, S. 15).

Diese Einschätzung scheint vor dem Hintergrund der vielfältigen, im Wesentlichen durch Transportprozesse induzierten Umweltbelastungen, schlüssig: So zeichnet sich der Transportsektor für 23 % der weltweiten Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) Emissionen<sup>1</sup> aus der Verbrennung fossiler Kraftstoffe<sup>2</sup> verantwortlich (International Transport Forum, 2010, S. 5ff). Vom dominierenden Straßenverkehr<sup>3</sup> macht der Güterverkehr wiederum ca. ein Viertel der Gesamtemissionen aus (Lambrecht/ Erdmenger, 2009, S. 11). Bezogen auf ein Unternehmen existieren darüber hinaus Schätzungen, dass 75 % der klimaschädlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf Transport und Logistik zurückzuführen sind (Straube, 2009). Neben Kohlenstoffdioxid führen weitere Luftschadstoffe des Güterverkehrs wie Stickstoff- und Schwefeldioxyde, Feinstaub oder Benzol zu erheblichen Umweltbelastungen (Straube, 2009; Ruske et al., 2009, S. 7). Auch Lärm gilt als eine der am stärksten empfundenen Umweltbeeinträchtigungen in Deutschland und ist im Wesentlichen auf den motorisierten Verkehr zurückzuführen (Umweltbundesamt, 2005, S. 87f). Der Schienenverkehr wird zwar als tendenziell umweltverträgliche Form des Verkehrs wahrgenommen, dennoch gehen auch vom Schienenverkehr erhebliche Umweltbelastungen aus. Neben Lärmemissionen führen Luftschadstoffemissionen wie Kohlenwasserstoffe, Kohlenstoffmonoxid, Stickoxide und Partikel vor allem durch den Einsatz von Diesellokomotiven zu negativen Umweltauswirkungen (Pache, 2007, S. 1-4).

Neben der Art und Höhe der Emissionen ist auch der Ort des Emissionsausstoßes von Bedeutung. Während Kohlenstoffdioxid als wesentliches Treibhausgas eine eher globale Schadwir-

---

<sup>1</sup> Bezogen auf die OECD-Länder ergibt sich ein 30%-iger Anteil des Transportsektors an den CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe (International Transport Forum, 2010, S. 5ff).

<sup>2</sup> Die Verbrennung fossiler Kraftstoffe stellt mit 60% den mit Abstand größten Anteil der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen dar (International Transport Forum, 2010, S. 5ff).

<sup>3</sup> Der Straßenverkehr ist für ca. 75 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Transportsektors verantwortlich (International Transport Forum, 2010, S. 6).

kung vorweist, wirken andere Emissionen wie Rußpartikel oder Lärm mit einem starken örtlichen Bezug auf den betroffenen Menschen (Schmied et al., 2007, S. 8; Kreyling et al., 2005).

Dies gilt in besonderem Maß für das Werksumfeld automobiler Produktionsstandorte, da hier hohe Volumina der Materialströme eines Werkes zusammenlaufen. Die damit verbundenen Verkehrsflüsse führen zu einer konzentrierten Belastung der angrenzenden Bevölkerung, die in zunehmendem Maß ökologisch sensibilisiert ist und die wahrgenommenen Belastungen unmittelbar mit dem Automobilhersteller in Verbindung bringt. Gleichzeitig ist der Hersteller i. d. R. auf Grund einer langen Standorttradition, der Rekrutierung seiner Mitarbeiter<sup>4</sup> und seiner allgemeinen sozialen Unternehmensverantwortung eng mit dem regionalen Umfeld verflochten und an einer möglichst geringen Belastung interessiert.

Vor diesem Hintergrund werden Automobilhersteller, die ihrer gesellschaftlichen und sozialen Verantwortung gerecht werden wollen, in Zukunft verstärkt über die Implementierung ökologisch verträglicher Beschaffungs- und Distributionssysteme nachdenken müssen (Straube/ Pfohl, 2008, S. 13f; Dreves, 2010, S. 28f). Hieraus ergibt sich ein permanenter Planungsbedarf, der Automobilhersteller mit zwei wesentlichen Herausforderungen konfrontiert:

Zum einen sind geeignete Maßnahmen zu identifizieren, die zu einer Reduzierung der ökologischen Auswirkungen der Logistiksysteme beitragen. Hierzu wurde bereits eine Vielzahl von Gestaltungsmaßnahmen mit unterschiedlichen Betrachtungsbereichen und Schwerpunkten diskutiert und dokumentiert (Bretzke/ Barkawi, 2010, S. 69ff; Bernhart/ Dressler, 2010, S. 53ff). Diese Erkenntnisse bilden eine wertvolle Basis zur Analyse von Gestaltungsmaßnahmen für die besonderen Erfordernisse der Automobilindustrie.

Zum anderen besteht die Herausforderung der Automobilhersteller darin, die Wirkungen der unterschiedlichen Maßnahmen ausreichend bewerten und analysieren zu können. Eine geeignete Bewertungsmethode darf sich dabei nicht ausschließlich auf die Ausweisung von CO<sub>2</sub>-Emissionen beschränken, sondern muss sämtliche relevanten Transportemissionen berücksichtigen und diese für den Logistikplaner auf verständliche Weise zusammenführen (Straube, 2009; Ruske et al., 2009, S. 51). Hierzu existieren mächtige Methoden und Werkzeuge u. a. aus dem Bereich der Ökobilanzierung. Neben einer ökologischen Bewertung muss auch eine logistische Kosten- und Leistungsbewertung des betrachteten Logistiksystems ermöglicht werden. Hierfür existieren ebenfalls zahlreiche mathematische Methoden (u. a. Materialflussrechnung und Simulation), die in Form von leistungsstarken Werkzeugen am Markt verfügbar sind.

Die Problematik besteht darin, dass eine separate Bewertung hinsichtlich logistischer Kosten und Leistung sowie ökologischer Auswirkungen nur eine eingeschränkte Planungsunterstützung bietet, da die Wechselwirkungen zwischen den logistischen Zielgrößen nicht transparent werden. Zur Planungsunterstützung ist vielmehr eine integrative Bewertung erforderlich, die die relevanten logistischen Zielgrößen in ihren Wirkzusammenhängen bewertbar macht. Zwar existieren auch in diesem Bereich erste integrative Bewertungsansätze, die sich allerdings nur eingeschränkt zur erforderlichen Bewertung eignen (Reeker et al., 2011, S. 144f).<sup>5</sup> Insgesamt ist daher abschließend festzuhalten, dass es derzeit an geeigneten „Tools, Konzep-

---

<sup>4</sup> Beim Mercedes-Benz Werk Rastatt wohnen ca. 50 % der Mitarbeiter in einem Umkreis von 15 km um den Produktionsstandort (Daimler AG, 2008, S. 26).

<sup>5</sup> Eine detaillierte Analyse existierender Bewertungsansätze erfolgt im weiteren Verlauf der Arbeit in Kapitel 4.2.

ten und Forschungsergebnissen“ mangelt, die eine geeignete Planungsunterstützung für ökologische Logistiksysteme ermöglichen (Straube/ Pfohl, 2008, S. 68f).

## 1.2 Zielsetzung

Vor dem Hintergrund der Problemstellung ist das Ziel der Arbeit die Entwicklung und Erprobung einer Planungsunterstützung für ökologische Logistiksysteme in der Automobilindustrie mit dem besonderen Schwerpunkt des Werksumfeldes. Die forschungsleitende Fragestellung der Arbeit lautet:

### **Wie können Automobilhersteller bei der Planung ökologischer Logistiksysteme im Werksumfeld unterstützt werden?**

Aus der zentralen Forschungsfrage lassen sich zwei Forschungsbereiche ableiten. Der erste Forschungsbereich beschäftigt sich mit der Frage, welche **ökologischen Gestaltungsmaßnahmen** angewendet werden können. Folgende Teilfragen ergeben sich hieraus:

- Wie sieht ein Vorgehensmodell zur systematischen Identifikation und Analyse ökologischer Gestaltungsmaßnahmen aus?
- Welche Faktoren bestimmen die Umweltwirkungen von Logistiksystemen und sind daher als Stellhebel zu beachten?
- Wie werden diese Stellhebel durch die identifizierten Gestaltungsmaßnahmen manipuliert und somit die Umweltwirkungen von Logistiksystemen beeinflusst?

Der zweite Forschungsbereich geht der Frage nach, wie eine **integrative Bewertungsmethode** entwickelt werden kann, die eine quantitative Bewertung der zuvor identifizierten ökologischen Gestaltungsmaßnahmen im logistischen Spannungsfeld aus Kosten-, Leistungs- und Umweltaforderungen ermöglicht. Folgende Teilfragen ergeben sich hieraus:

- Welche Anforderungen werden an die Bewertungsmethode gestellt, welche Vorarbeiten existieren hierzu und inwiefern eignen sich diese zur Entwicklung der Bewertungsmethode?
- Wie ist die Bewertungsmethode konzeptionell aufzubauen? Wie sieht das Modellierungskonzept zur Abbildung des betrachteten Logistiksystems aus?
- Mit welchen Kennzahlen können die Auswirkungen der ökologischen Gestaltungsmaßnahmen auf die logistischen Zielgrößen gemessen werden? Wie können insbesondere die vielfältigen ökologischen Auswirkungen in der Bewertung berücksichtigt werden?

Die entwickelte integrative Bewertungsmethode wird abschließend in ein prototypisches Software-Werkzeug umgesetzt und an ausgewählten Anwendungsbeispielen erprobt.

## 1.3 Aufbau der Arbeit

Die Beantwortung der Forschungsfragen gliedert sich wie folgt. In Kapitel 2 werden zunächst die Grundlagen zur Entwicklung der Planungsunterstützung gelegt. Neben einer Einführung in die Herausforderungen der Automobilindustrie und der Planung automobiler Logistiksys-

teme werden insbesondere ökologische Entwicklungen als Einflussfaktoren in der Automobilindustrie erläutert. Darüber hinaus werden der Betrachtungsbereich und wesentliche Begriffe der Arbeit definiert.

Kapitel 3 widmet sich der Analyse ökologischer Gestaltungsmaßnahmen und bezieht sich damit auf den ersten Forschungsbereich. Zunächst wird ein Vorgehensmodell entwickelt, das eine systematische Identifikation und Analyse ökologischer Gestaltungsmaßnahmen ermöglicht. Im Rahmen des Vorgehensmodells werden zunächst die wesentlichen Determinanten definiert, die die Umweltwirkung von Transportprozessen bestimmen. Anschließend werden ökologische Gestaltungsmaßnahmen entlang des logistischen Planungsprozesses identifiziert. Hierauf aufbauend erfolgt eine qualitative Einflussanalyse der identifizierten Gestaltungsmaßnahmen auf die definierten Determinanten der Umweltwirkung von Transportprozessen.

In den nachfolgenden beiden Kapiteln wird die integrative Bewertungsmethode entwickelt. In Kapitel 4 wird zunächst die Grundstruktur der Bewertungsmethode definiert. Aufbauend auf der Problem- und Zielstellung werden Anforderungen an eine integrative Bewertungsmethode gestellt. Anschließend werden bereits vorhandene Bewertungswerkzeuge zur integrativen Bewertung von Kosten-, Leistungs- und Umweltgrößen identifiziert und mit dem Anforderungsprofil abgeglichen. Aus diesem Abgleich, der den untersuchten Bewertungswerkzeugen eine unzureichende Anforderungserfüllung attestiert, leitet sich der Entwicklungsbedarf einer eigenen Bewertungsmethode ab. Hierzu erfolgt die grundsätzliche Auswahl sowohl einer logistischen Kosten- und Leistungsbewertungsmethode als auch einer ökologischen Bewertungsmethode, die im weiteren Verlauf der Arbeit zu einer integrativen Bewertungsmethode zusammenzuführen sind.

In Kapitel 5 folgt die eigentliche Konzeption der integrativen Bewertungsmethode. Zunächst werden die einzelnen Methodenbausteine zu einem konzeptionellen Gesamtaufbau zusammengefügt. Zur umfassenden ökologischen Bewertung von Transportprozessen wird die zuvor ausgewählte ökologische Bewertungsmethode angepasst und weiterentwickelt. Darüber hinaus wird das Modellierungskonzept definiert, das die Abbildung der relevanten Logistikprozesse und der Systemlast beschreibt. Zur quantitativen Bewertung wird ein Kennzahlensystem aufgestellt und zahlreiche Kennzahlen hergeleitet. Schließlich wird die entwickelte Bewertungsmethode prototypisch in ein Software-Werkzeug umgesetzt.

Kapitel 6 widmet sich der Erprobung der Bewertungsmethode anhand von Anwendungsbeispielen. Hierzu werden reale Logistikprozesse eines deutschen Automobilherstellers untersucht und die Wirkung ausgewählter ökologischer Gestaltungsmaßnahmen anhand geeigneter Kosten-, Leistungs- und Umweltkennzahlen bewertet.

Abschließend finden in Kapitel 7 eine Zusammenfassung und eine kritische Reflexion der Forschungsergebnisse statt. Im Ausblick werden die auf dieser Arbeit basierenden Weiterentwicklungs- und Forschungsbedarfe aufgezeigt. Der beschriebene Aufbau der Arbeit ist in folgender Abbildung 1 grafisch zusammengefasst.

Abbildung 1: Aufbaustruktur der Arbeit

