

Hochschule Merseburg  
(FH) University of Applied  
Sciences



Fachbereich Wirtschaftswissenschaften und Informationswissenschaften  
Schwerpunkt Logistik

Bachelorarbeit

Zur Erlangung des Grades Bachelor of Arts (B.A.)

## **Indikatoren für die Umweltverschmutzung im Güterverkehr**

vorgelegt bei

Larissa Lößer, M.Sc.

Zweitprüfer/in: Prof. Dr. Dirk Sackmann

eingereicht von:

Eric Weisflog



Matrikel: BBW 14

Kennnummer: 20498

Abgabetermin: 04.04.2019

# Inhaltsverzeichnis

I.	Abbildungsverzeichnis .....	II
II.	Tabellenverzeichnis .....	III
1	Aufbau und Zielsetzung der Arbeit .....	1
2	Grundlagen .....	3
2.1	Nachhaltiger Transport .....	3
2.2	Grüne Logistik .....	3
2.3	Umweltindikator .....	4
2.4	Güterverkehr .....	5
2.5	Indikatoren .....	6
3	Empirische Untersuchung der Umweltindikatoren im Güterverkehr .....	9
3.1	Methode .....	9
3.2	Vorgehen .....	10
3.3	Suche .....	11
3.4	Sichtung .....	12
4	Darstellung der Häufigkeitsverteilungen .....	16
4.1	Häufigkeiten Allgemein .....	16
4.2	Häufigkeiten Umweltindikatoren .....	18
4.3	Häufigkeiten Verkehrsträger .....	22
5	Inhalt der Artikel .....	25
6	Fazit .....	30
	Anhang 1: Verteilung der Umweltindikatoren .....	32
III.	Literaturverzeichnis .....	44
	Eidesstattliche Erklärung .....	47

## **I. Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Prozess der systematischen Literaturanalyse .....	15
Abbildung 2: absolute Anzahl veröffentlichter Artikel (2000 – 2019) .....	16
Abbildung 3: absolute Anzahl Veröffentlichungen (2000 – 2019) nach Kontinenten.....	17
Abbildung 4: absolute Häufigkeit der Umweltindikatoren (2000 – 2019).....	18
Abbildung 5: relative Häufigkeit der Umweltindikatoren (2000 – 2019).....	19
Abbildung 6: relative Häufigkeit der Umweltindikatoren (2000 - 2019).....	21
Abbildung 7: relative Häufigkeit der Verkehrsträger (2000 - 2019).....	22
Abbildung 8: relative Häufigkeit der Verkehrsträger (2000 – 2019).....	24

## **II. Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Taxonomie.....	9
Tabelle 2: Umweltindikatoren und Keywords .....	13
Tabelle 3: Verkehrsträger und Keywords.....	13

# 1 Aufbau und Zielsetzung der Arbeit

Die Debatte um Dieselfahrverbote in Deutschland ist momentan so aktuell wie nie zuvor. In vielen großen Städten soll es zur Einrichtung von Umweltzonen kommen, die von Fahrzeugen, die bestimmte Feinstaub- und Stickoxidwerte übersteigen, nicht mehr befahren werden dürfen. Das bekannteste Beispiel hierfür ist wohl Stuttgart. Dort soll sogar die gesamte Stadt für Fahrzeuge, die die Grenzwerte überschreiten für das Befahren gesperrt werden. Stickoxide und Feinstaub stellen dabei eine hohe Belastung für die Menschen und die Umwelt in unmittelbarer Nähe dar. Die von der WHO festgelegten Grenzwerte werden aber nicht überall positiv aufgenommen. Es gibt viele Befürworter, aber auch einige Gegner, die darin eine politische Kampagne vermuten und die Grenzwerte als „nicht fundiert“ bezeichnen.<sup>1</sup>

Unabhängig davon zeigen die geplanten Grenzwerte die Wichtigkeit von Umweltindikatoren wie Feinstaub und Stickoxiden. Erst durch sie gelingt es die Auswirkungen der durch den Menschen verursachten Umweltverschmutzung mess- und interpretierbar zu machen. Allerdings betreffen die Fahrverbote nicht nur den Personenverkehr, auch Industriezweige, wie die Logistikbranche sind von den Einschränkungen betroffen. In der Nähe von Ballungsräumen befinden sich häufig sogenannte Verteilungszentren, die abhängig vom Transport über die Straße sind und somit auch direkt von den neuen Grenzwerten betroffen sind. Doch die beiden oben genannten Indikatoren sind nur ein Teil von Umweltindikatoren, die in der Literatur Verwendung finden. Aus diesem Grund soll sich die folgende Arbeit mit den Indikatoren zur Umweltverschmutzung im Güterverkehr beschäftigen. Speziell geht es um die Häufigkeit deren Berücksichtigung in der Literatur seit dem Jahr 2000 bis Februar 2019. Damit wird ein ausreichend großer Zeitraum dargestellt. Außerdem ist die Aktualität der Ergebnisse gegeben.

Die zum Nachweis gewählte Methode ist die einer systematischen Literaturanalyse. Diese soll dabei helfen die Daten zum einen statistisch auszuwerten, aber auch dem Leser die Möglichkeit geben, die dargestellten Ergebnisse nachvollziehen zu können. Zunächst werden wichtige Grundlagen erläutert und Begriffe, die für das Verständnis des Sachverhaltes wichtig sind, definiert. Im dritten Kapitel wird dann die Methode der

---

<sup>1</sup> Vgl. Nikolaus Doll (2018).

systematischen Literaturanalyse erläutert und gezeigt, wie die Literatursuche durchgeführt wurde. Folgend werden die Ergebnisse in statistischer Form, das heißt, als Diagramme im Zeitverlauf dargestellt und ausgewertet. Im Anschluss wird versucht wichtige Themenbereiche, die in den untersuchten Artikeln behandelt wurden zu synthetisieren und in Beziehung zueinander zu stellen. Abschließend wurde ein Fazit erstellt, was die wichtigsten Punkte nochmal zusammenfasst.

## **2 Grundlagen**

### **2.1 Nachhaltiger Transport**

Um den Begriff des nachhaltigen Transports zu klären, gilt es zu aller erst zu bestimmen, was Nachhaltigkeit in der Logistik bedeutet. Der Nachhaltigkeitsbegriff kann im Rahmen der drei Aspekte sozial, ökonomisch und ökologisch definiert werden.<sup>2</sup> Da sich diese Arbeit mit den Umweltauswirkungen des Gütertransports beschäftigt, wird im Folgenden insbesondere auf den ökologischen Aspekt eingegangen. Wenn es um das Thema Nachhaltigkeit geht, werden damit häufig das Konzept der Green Logistics und der City Logistics in Verbindung gebracht. Dabei geht es insbesondere um die Schonung von Ressourcen und die Verminderung bzw. Vermeidung von Emissionen. Letztere befasst sich zudem mit der Verbesserung der Infrastruktur innerhalb von Städten und Ballungsräumen, um den Straßenverkehr zu entlasten und eine reibungslose Versorgung mit verschiedenen Gütern zu gewährleisten.<sup>3</sup> Die ökologische Nachhaltigkeit im Transportsektor hat drei grundlegende Ziele. Diese beinhalten die Verschmutzungs- und Lärmreduktion, als auch die Beschränkung des Lebensraumverlustes.<sup>4</sup>

### **2.2 Grüne Logistik**

Das Thema der Nachhaltigkeit war innerhalb der Transportlogistik aber noch nicht immer so präsent wie heutzutage. Erst mit dem aufkommenden Bewusstsein, dass der Mensch mit seinem Handeln den Klimawandel direkt beeinflusst und den daraus resultierenden Konsequenzen, wurden auf dem Weltklimagipfel 1997 in Kyoto (Japan), Ziele zum Klimaschutz formuliert. Doch welche Ursachen und Treiber gibt es für die negative ökologische Entwicklung innerhalb der Logistikbranche?

Dazu gibt es mehrere Ansätze, die im Weiteren aufgeführt und kurz erläutert werden sollen.

Eine Ursache ist eine Auswirkung, die auch als Racheeffekt der Technik bezeichnet wird. Dabei handelt es sich um ein Phänomen, bei dem der technische Fortschritt dazu führt, dass es als Folge zu einer Behinderung durch die entsprechend verwendete Technik kommt.<sup>5</sup> Ein gutes Beispiel sind Verkehrsstaus, die erst durch die vermehrte Nutzung der

---

<sup>2</sup> Vgl. Joumard (2010), S.53.

<sup>3</sup> Vgl. Deckert (2016), S.8.

<sup>4</sup> Vgl. Russo / Comi (2012), S. 66.

<sup>5</sup> Vgl. Deckert (2016), S. 9.

Automobiltechnologie an Relevanz gewinnen. Heutzutage zählen Sie in deutschen Ballungsräumen jedoch zum normalen Tagesablauf. Die Gesamtlänge der Staus betrug laut ADAC in Deutschland im vergangenen Jahr rund 1,5 Millionen Kilometer.<sup>6</sup>

Ein weiterer Grund für die steigende Umweltbelastung, sind die sogenannten negativen externen Effekte oder auch externe Kosten. Dabei handelt es sich im Allgemeinen um negative Auswirkungen, die zwar von einem Verursacher ausgehen, diesen aber nicht unmittelbar belasten. Dieser Effekt tritt häufig bei sogenannten Kollektivgütern in Erscheinung.<sup>7</sup> Ein Beispiel dafür ist die Luftverschmutzung, welche alle Menschen betrifft, jedoch nicht von allen ausgelöst wird. Die EU28 hat im Jahr 2016 eine Studie in Auftrag gegeben, bei der die externen Kosten jedes Transportmittels berechnet wurden. Die gesamten externen Kosten beliefen sich auf 1000 Milliarden Euro. Dabei zeigte sich, dass der Straßenverkehr mit einem Anteil von rund drei Viertel die mit Abstand meisten externen Kosten verursacht.<sup>8</sup>

### **2.3 Umweltindikator**

Um den Begriff des Umweltindikators näher zu bestimmen wird sich auf ein Zitat aus einem Bericht der OECD aus dem Jahre 2003 bezogen.

A parameter - or a value derived from parameters - which points to, provides information about, or describes the state of a phenomenon / environment / area, with a significance extending beyond that directly associated with a parameter value.<sup>9</sup>

An dieser Definition des Begriffes Umweltindikator wird ersichtlich, dass er eine messbare Größe sein muss, welche die Umwelt näher beschreibt. Außerdem ist die Bedeutung erweiterbar und kann nicht immer nur genau einer daraus resultierenden Konsequenz zugeschrieben werden. Es ist häufig der Fall, dass ein Indikator andere Indikatoren beinhaltet, wie z.B. der Kraftstoffverbrauch korreliert mit dem Ausstoß an CO<sub>2</sub> und Feinstaub. Das heißt, die Auswirkung, welche ein jeweiliger Indikator beschreibt, kann auch gleichzeitig als Indikator betrachtet werden und umgekehrt. Es muss immer auch der Standpunkt, von dem aus betrachtet mit einbezogen werden. Zudem ist die Aussagekraft

---

<sup>6</sup> Vgl. Suhr (2019).

<sup>7</sup> Vgl. Deckert (2016), S. 9.

<sup>8</sup> Vgl. Randelhoff (2018).

<sup>9</sup> Joumard (2010), S.25.



eines Indikators bezogen auf die zu betrachtende Folge oft sehr unterschiedlich. Die Beziehung zwischen Ursache und Wirkung kann also sowohl stark, als auch schwach ausgeprägt sein, je nachdem, wie gut der gewählte Indikator in der Lage ist die Kausalität zu erklären. Der Zweck eines Indikators ist also in keinem Fall die Wirkung vollständig zu erklären.<sup>10</sup>

Es gibt weltweit mehrere Organisationen, die Umweltindikatoren festlegen. Die bedeutendsten Organisationen sind die WHO (World Health Organisation) und die OECD (Organisation for economic cooperation and development). Auch in Deutschland gibt es eine Organisation, die sich mit diesem Thema beschäftigt, das Umweltbundesamt. Es veröffentlicht alle zwei Jahre den Indikatorenbericht und überprüft die darin enthaltenen umweltbezogenen Nachhaltigkeitsindikatoren auf ihre aktuelle Bedeutung. Was dazu führt, dass die Indikatoren ständig an die aktuellen Entwicklungen angepasst werden.<sup>11</sup>

## **2.4 Güterverkehr**

Es handelt sich hierbei um den Transport von Gütern mithilfe verschiedener Verkehrsträger. Diese können auch als Modi bezeichnet werden. Zu unterscheiden sind zwei Arten des Transports. Zum einen gibt es den motorisierten Transport, dazu zählen die Modi Straßengüterverkehr (LKW), Schienengüterverkehr (Zug), Frachtschiffverkehr (See- und Binnenschiffe) und Luftfrachtverkehr (Flugzeuge). Zum anderen gibt es den nicht motorisierten Güterverkehr, dazu zählt der Transport mithilfe von Rohrleitungen (Pipelines). Diese werden insbesondere zur Beförderung von Erdöl, Kohle oder Erdgas verwendet. Die Angabe des Verkehrsaufwandes findet häufig mit der Bezeichnung Tonne pro Kilometer (t/km) oder Tonne pro Meile (t/M) statt. (vgl.) Diese Bezeichnung drückt die Gütertransportintensität aus. Daraus lassen sich direkt Schlüsse auf die Effizienz des jeweiligen Verkehrsträgers ziehen.<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup> Vgl. Joumard (2010), S.24.

<sup>11</sup> Vgl. Feess.

<sup>12</sup> Vgl. SRU (2012), S.137.

## 2.5 Indikatoren

### Treibhausgas, Klimawandel, CO<sub>2</sub>-e

Der Indikator Treibhausgas beschreibt die wichtigsten Gase, die zum Klimawandel beitragen. Dazu zählen Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), Kohlenstoffmonoxid (CO), Stickoxide (NO<sub>x</sub>), Schwefeloxide (SO<sub>x</sub>), Kohlenwasserstoffe (HC), Methan (CH<sub>4</sub>) und Ozon. Der Name kommt vom sogenannten Treibhauseffekt. Es gilt dabei zwei Arten zu unterscheiden, den natürlichen und den anthropogenen Treibhauseffekt. Der natürliche Treibhauseffekt tritt auch unabhängig von menschlichem Einfluss auf. Der anthropogene Treibhauseffekt, ist jedoch der Anteil, welcher von menschlichen Aktivitäten ausgeht. Hauptursache ist insbesondere der Einsatz von fossilen Energieträgern wie Kohle, Erdgas oder Erdöl. In Folge dessen kommt es zum Anstieg der globalen Lufttemperatur.<sup>13</sup> Die Ermittlung dieser globalen Lufttemperatur ist dann auch die Grundlage für den Indikator Klimawandel. Als Folge kommt es zum Anstieg des Meeresspiegels und es treten vermehrt extreme Wetterereignisse, wie Dürreperioden oder Überschwemmungen auf.<sup>14</sup> Aus diesem Grund haben sich im Jahr 2015 über 100 Nationen darauf geeinigt, die globale Erderwärmung auf maximal 2 Grad Celsius zu begrenzen.<sup>15</sup> Dabei hat der Indikator CO<sub>2</sub> den größten Einfluss auf eben diese globale Erderwärmung. Aufgrund dessen wird häufig in der Literatur zur besseren Vergleichbarkeit eine Umrechnung der anderen oben bereits erwähnten Treibhausgase in CO<sub>2</sub>- Äquivalente vorgenommen. Denn der Einfluss auf den Treibhauseffekt ist nicht bei allen Treibhausgasen gleich. Bei dem Treibhausgas Methan beispielsweise, kann eine 28mal größere Klimawirkung als bei CO<sub>2</sub> festgestellt werden.<sup>16</sup>

### Feinstaub

Feinstaub entsteht insbesondere durch Reifenabrieb, Ruß und der Aufwirbelung von Straßenstaub. Dabei gilt es zwei Arten von Feinstaub zu unterscheiden. Es gibt den PM10 und den PM2,5, wobei letzterer wesentlich schädlicher für den Menschen ist. Beide Feinstaubarten unterscheiden sich nur anhand der Partikelgröße. Bei PM10 handelt es sich

---

<sup>13</sup> Vgl. Kirschstein / Meisel (2014), S.13.

<sup>14</sup> Vgl. Umweltbundesamt (2017), S.23.

<sup>15</sup> Vgl. Quiros et al. (2017), S.37.

<sup>16</sup> Vgl. Deutsche Umwelthilfe (2015), S.2.

um Partikel mit einer Größe von 10 Mikrometern und bei PM<sub>2,5</sub> um eine Größe von 2,5 Mikrometern. Besonders Ruß, welcher bei der Verbrennung in Dieselmotoren entsteht, gilt als besonders schädlich. Dieser kann, nachdem er durch die Atemwege gelangt ist, zu Entzündungsreaktionen im menschlichen Körper führen.<sup>17</sup>

### **Energieverbrauch, Kraftstoffverbrauch**

Alle Verkehrsmittel sind abhängig von einem oder mehreren Energieträgern. Dabei kann unterschieden werden zwischen fossilen Brennstoffen, in Form von zum Beispiel Benzin oder Diesel. Oder aber auch elektrischer Energie. Dieser Verbrauch belastet indirekt oder direkt die Umwelt. Bei Kraftstoffen wird die Umwelt bei der Erzeugung selbst oder bei dem sogenannten Verbrennungsprozess belastet. Bei Elektrizität kommt es häufig zu einer indirekten Belastung, bei der Gewinnung von Strom. Das heißt, umso höher Kraftstoff oder Energieverbrauch sind, desto größer ist auch die Umweltbelastung. Nur bei Energie, die ausschließlich durch erneuerbare Quellen gewonnen wird, ist eine Umweltbelastung vernachlässigbar. Weltweit wird jedoch fast 32 Prozent der Energie durch die Verwendung von Erdöl gewonnen.<sup>18</sup> Deutschland importiert einen Großteil seiner Energie. Dabei kommt diese Energie auch aus Ländern, welche wesentlich geringere Grenzwerte für Umweltbelastungen aufweisen, als Deutschland.<sup>19</sup> Dieses wird zum Teil in ökologisch sensiblen Gebieten gefördert oder durch sie transportiert.<sup>20</sup> Aus diesem Grund gibt es verschiedene Modelle, um auch den gesamten Zyklus der Energiegewinnung bis zum Verbrauch zu ermitteln, damit die Kalkulation der Treibhausgasemissionen erleichtert wird. Deshalb wurde der Ansatz der sogenannten „Well-to-Tank“ Berechnung entwickelt. Bei dieser Betrachtungsweise wird der gesamte Lebenszyklus, einschließlich der Herstellung und Verwertung der Energiequelle mit einbezogen. Das erleichtert die Vergleichbarkeit zwischen elektrischen und durch fossile Kraftstoffe betriebenen Fahrzeugen.<sup>21</sup>

---

<sup>17</sup> Vgl. SRU (2012), S.177.

<sup>18</sup> Vgl. Statista (2016)

<sup>19</sup> Vgl. Vöhringer et al. (2013), S.280.

<sup>20</sup> Vgl. Umweltbundesamt (2017), S.99.

<sup>21</sup> Vgl. Kirschstein / Meisel (2014), S.14.

## **Lärm**

Lärm stellt insbesondere für Menschen, die in Ballungszentren leben ein Problem dar. Er kann zur Beeinträchtigung des Schlafes führen und so das allgemeine Stresslevel erhöhen.<sup>22</sup> Dies begünstigt dann das Auftreten diverser Krankheiten. Aber auch außerhalb von Innenstädten kann eine Lärmbelastung durch Eisenbahnen oder Flugzeuge entstehen.

## **Flächennutzung**

Durch den Ausbau der Infrastruktur, welche für den Gütertransport benötigt wird, gehen Flächen verloren. Es werden Verteilzentren errichtet, die viel Platz in Anspruch nehmen. Insbesondere in Ballungsräumen kann dies ein Problem darstellen. Zudem wird landwirtschaftliche Nutzfläche zum Anbau von Raps verwendet, um Biodiesel herzustellen. Aber auch der Ausbau des Straßen- und Schienennetzes führt zur Verkleinerung von Biotopen und schränkt somit den Lebensraum vieler Tier- und Pflanzenarten immer weiter ein.

## **CO<sub>2</sub>- Fußabdruck**

Anders als der Name dieses Indikators vermuten lässt, handelt es sich dabei nicht ausschließlich um die Betrachtung des Treibhausgases CO<sub>2</sub>. Vielmehr werden alle Treibhausgase berücksichtigt und in das entsprechende CO<sub>2</sub>- Äquivalent umgerechnet. Das Ziel des Indikators ist also die Bilanzierung der Treibhausgase, um eine bessere Vergleichbarkeit zu erreichen. Ziel des sogenannten „Carbon Footprinting“ ist es, die gesamte Lieferkette zu betrachten. Es gibt jedoch auch Normen, um den CO<sub>2</sub> Fußabdruck nur für bestimmte Teilprozesse zu ermitteln. Dabei half insbesondere die deutsche Norm DIN EN 16258:201303, sie regelte die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen, welche den Transportprozessen des Güterverkehrs zugeschrieben werden konnten.<sup>23</sup>

## **Externe Kosten**

Die externen Kosten wurden bereits in Kapitel 2.2 behandelt. Sie können nicht nur als Treiber der Nachhaltigkeit angesehen werden, sondern auch als Indikator. Der Begriff der externen Kosten kann viele Indikatoren beinhalten und beschränkt sich auf negative Umwelteinflüsse, die externalisiert werden.

---

<sup>22</sup> Vgl. Umweltbundesamt (2017), S.79.

<sup>23</sup> Vgl. Deckert (2016), S.64

### 3 Empirische Untersuchung der Umweltindikatoren im Güterverkehr

#### 3.1 Methode

Als wissenschaftliche Methode wurde in dieser Arbeit die systematische Literaturanalyse verwendet. Sie dient dazu den aktuellen Stand der Forschung detailliert darzustellen und ermöglicht es dem Leser das Vorgehen nachzuvollziehen.

Anhand der bereits in der Einleitung beschriebenen Forschungsfrage konnte ein sachlicher und ein zeitlicher Rahmen für die Literaturanalyse festgelegt werden.

*Sachlicher Rahmen:* Die Untersuchung beschränkt sich auf die Indikatoren für Umweltverschmutzung im Güterverkehr, welche am häufigsten in der Fachliteratur vertreten sind.

*Zeitlicher Rahmen:* Als zeitlicher Umfang wurde eine Zeitspanne von 2000 bis Februar 2019 determiniert.

Charakteristika	Kategorien
Fokus	<b>Ergebnisse / Theorien / Methoden / Anwendungen</b>
Ziel	Beschreiben / Erklären / <b>Synthetisieren</b>
Perspektive	<b>Neutrale Betrachtung</b> / kritische Betrachtung
Abdeckungsgrad	Vollständig / Vollständig selektiv / <b>Repräsentativ</b> / Selektiv
Organisation	<b>Historische</b> / Konzeptionelle / Methodische Darstellung
Zielgruppe	<b>Spezialisierte Fachleute</b> / PraktikerInnen / allgemeines Publikum

**Tabelle 1: Taxonomie, Quelle: eigene Darstellung (angelehnt an Cooper (1988), S.109)**

Der *Fokus* bezieht sich auf die Art von Artikel, die betrachtet werden soll. Aufgrund dessen, dass es durch die Forschungsfrage keine speziellen Beschränkungen gibt, werden alle Typen von Artikeln berücksichtigt. Das *Ziel* der Arbeit ist es die Kernaussagen der untersuchten

Artikel zu erfassen und z.T. als Diagramme, aber auch in Textform anschaulich und komprimiert darzustellen. Die *Zielgruppe* der Arbeit bilden vor allem spezialisierte Fachleute, die weitere Forschung auf den Ergebnissen aufbauen und so aufgezeigte Forschungslücken schließen können. Dadurch wird gleichzeitig auch die *Perspektive* beeinflusst, welche aufgrund der angesprochenen Zielgruppe eine neutrale Formulierungsweise zur Folge hat. Der *Abdeckungsgrad* der Arbeit ist repräsentativ, da mit einem Suchstring und zwei Fachdatenbanken gearbeitet wird, kann keine vollständige Abdeckung des Themenbereiches erfolgen. Das heißt, es wird nur eine bestimmte Auswahl an Literatur in dem gewählten Themengebiet erfasst. Die *Organisation* ist durch die gewählte Methode einer strukturierten Literaturanalyse vorgegeben und wird deshalb historisch vorgenommen. Die Ergebnisse werden im Zeitverlauf dargestellt.

## **3.2 Vorgehen**

### **Datenbanken**

Die Datenbanken mit deren Hilfe die systematische Literaturrecherche durchgeführt wurde sind ScienceDirect und EBSCOhost. Es handelt sich um englische Fachdatenbanken, die sowohl naturwissenschaftlich als auch wirtschaftswissenschaftlich relevante Artikel beinhalten.

Durch die Suche in den oben genannten Fachdatenbanken, konnte zudem gewährleistet werden, dass alle Artikel peer reviewed sind.

### **Suchstring**

Zuerst wurde eine Onlinesuche mithilfe der Keywords „Indikatoren“, „Umweltverschmutzung“ und „Gütertransport“ durchgeführt, um einen Überblick über relevante Indikatoren zu erhalten. Laut dem Indikatorenbericht des Umweltbundesamtes spielen Emissionen und Abfälle eine bedeutende Rolle (vgl.), wenn es darum geht die Auswirkungen des Verkehrs auf die Umwelt messbar zu machen. Aufgrund dessen wurden die Begriffe „emission“ und „environmental pollution“ verwendet. Das bildete die Grundlage für den gewählten Suchstring. Zusätzlich musste ein Bezug zum Gütertransport hergestellt werden. Dies konnte mit den Keywords „transport“, „freight“, „logistic“ und „container“ gewährleistet werden.

Daraus ergibt sich dann folgender Suchstring für die spezifischen Datenbanken:

#### ScienceDirect

("freight transport!" OR "freight logistic" OR "cargo transport!" OR "transport!  
of goods" OR "container transport!") AND (emission OR "environmental  
pollution")

#### EBSCOhost

("freight transport\*" OR "freight logistic" OR "cargo transport\*" OR  
"transport\* of goods" OR "container transport\*") AND (emission OR  
"environmental pollution")

### **3.3 Suche**

Die Suche wurde für das Abstract, den Titel und vom Autor verwendete Keywords angewandt. Dadurch konnte das Herausfiltern themenfremder Ergebnisse gewährleistet werden. Nur Artikel, die zwischen den Jahren 2000 und Februar 2019 erschienen sind, wurden im Auswahlprozess berücksichtigt. Dabei ist anzumerken, dass das von den Datenbanken angegebene Erscheinungsjahr teilweise nicht mit dem Erscheinungsjahr, welches innerhalb des Artikels angegeben war, übereinstimmte. Aufgrund dessen musste eine einheitliche Bewertungsgrundlage für das Erscheinungsjahr gefunden werden. Im Rahmen der hier durchgeführten Recherche wurde sich dazu entschieden das Erscheinungsjahr mit dem Verfügbarkeitsjahr auf der Datenbank gleichzusetzen.

Bei der Art der Artikel gab es keine Beschränkungen.

Es wurden in der Suche nur Artikel berücksichtigt, bei denen sowohl der Zugriff auf den Volltext als auch der Name des Autors vorhanden waren. Nach dem Ausschluss von Duplikaten konnten so 235 Artikel herausgefiltert werden.

### 3.4 Sichtung

Die Sichtung der Artikel wurde in 2 Phasen aufgeteilt.

#### 1. Phase

Im ersten Schritt wurden alle Abstracts der Artikel, die in der jeweiligen Datenbank gefunden wurden, durchgelesen. Daraus konnten die wichtigsten Indikatoren ermittelt werden, welche dann in der zweiten Phase der Sichtung relevant waren. Die einzelnen Treibhausgase wurden unabhängig vom Oberbegriff „Treibhausgas“ als separater Indikator dargestellt. Dies war notwendig, da es häufig zu einer Verwendung unabhängig vom Begriff „Treibhausgase“ kam. In der untenstehenden Tabelle, sind die Indikatoren sowohl in englischer als auch deutscher Sprache dargestellt. Die Suche fand ausschließlich mithilfe der englischen Begriffe statt.

Nr.	Deutsch	Keyword(s)
1	Treibhausgas	greenhouse gas, GHG
2	Kohlenstoffdioxid, CO <sub>2</sub>	carbon dioxide, CO <sub>2</sub>
3	CO, NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , HC, CH <sub>4</sub> , Ozon	CO, NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , HC, CH <sub>4</sub> , ozone carbon monoxide, nitrous / sulfur oxide, methan, hydrocarbons
4	CO <sub>2</sub> e, CO <sub>2</sub> - Äquivalent	CO <sub>2</sub> e, CO <sub>2</sub> -eq
5	Feinstaub	particulate matter, PM
6	Energieverbrauch	energy use / consumption
7	Kraftstoffverbrauch	fuel use / consumption
8	Lärm	noise
9	Flächennutzung / -zerstörung	Land use / fragmentation
10	Klimawandel/ Erderwärmung	climate change / global warming
11	CO <sub>2</sub> - Fußabdruck	carbon footprint



12	Externe Kosten	external costs / externalities
----	----------------	--------------------------------

**Tabelle 2: Umweltindikatoren und Keywords, Quelle: eigene Darstellung**

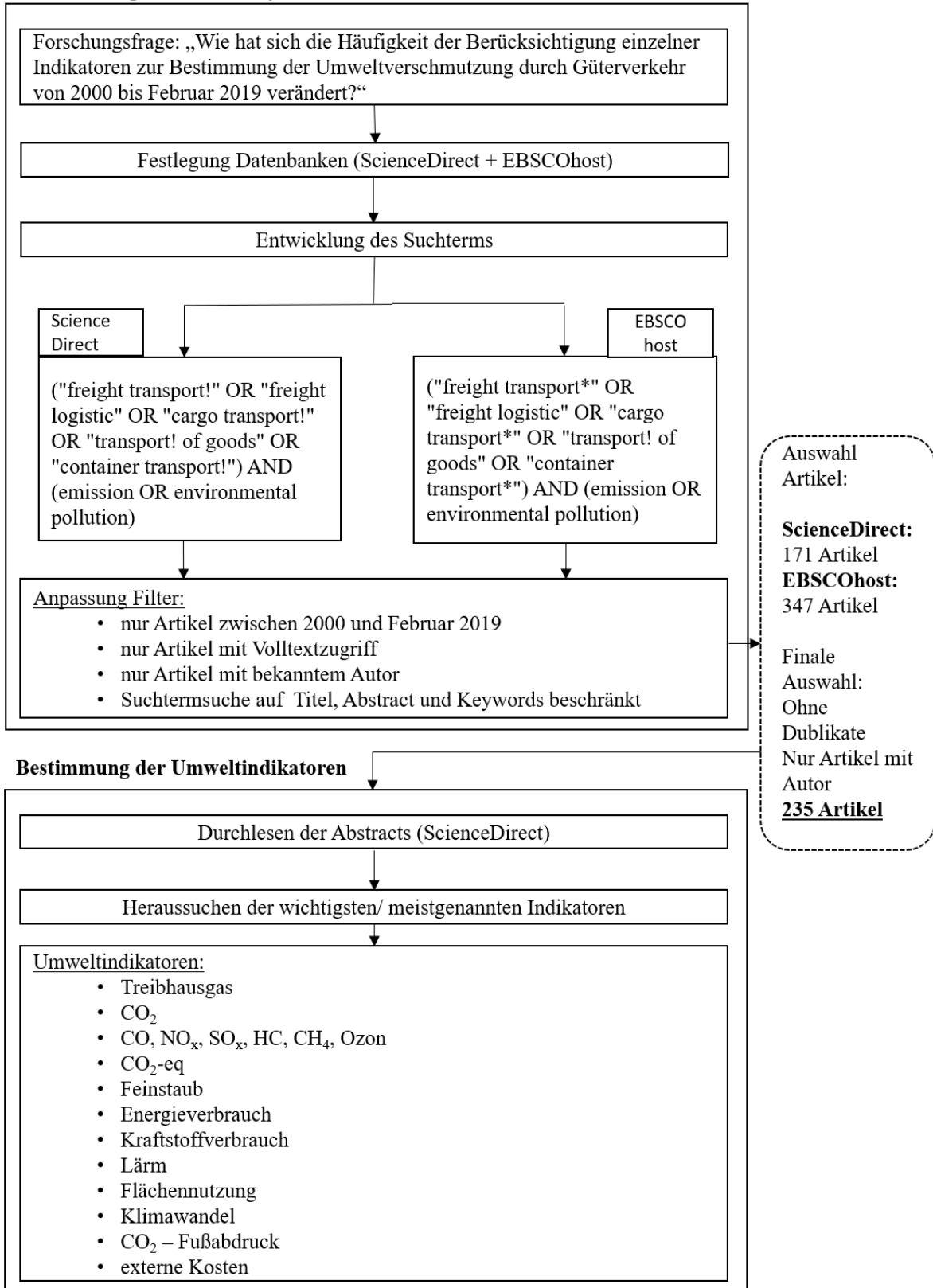
## 2. Phase

In der zweiten Phase wurde innerhalb der Artikel mithilfe der Autosuche und festgelegten Keywords ermittelt, ob der jeweilige Indikator in dem Artikel erwähnt wurde. Außerdem fand eine Suche nach den wichtigsten Arten des Gütertransports statt. Dabei handelt es sich um den Transport per Straße, Schiene, Wasser, Luft oder Rohrleitung. In nachstehender Tabelle sind die jeweiligen Keywords aufgelistet.

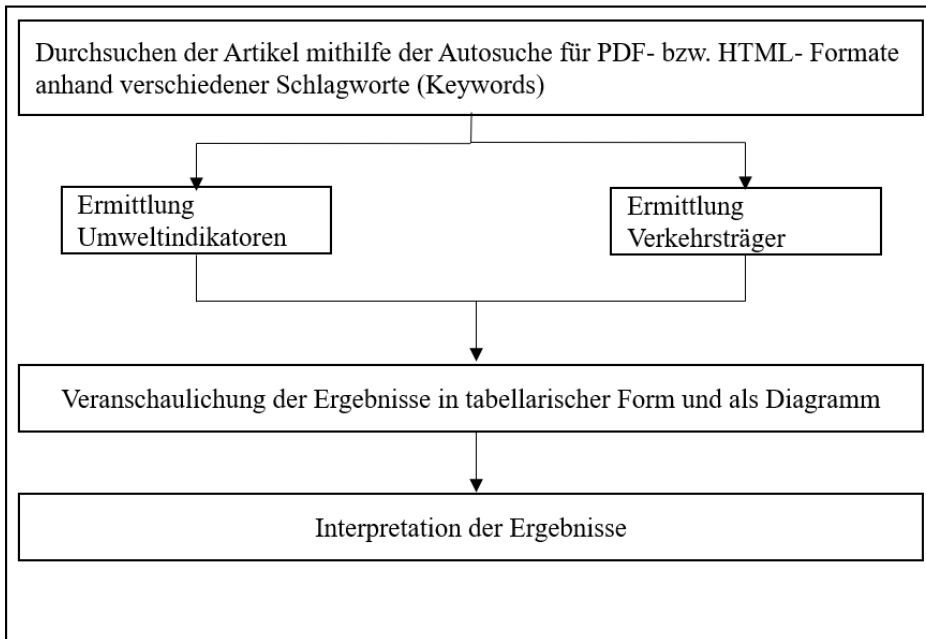
Nr.	Verkehrsträger	Keyword(s)
1	Straße	road, truck
2	Schiene	rail
3	Wasser	waterway, water transport
4	Luft	aviation, air transport
5	Rohrleitung	pipeline

**Tabelle 3: Verkehrsträger und Keywords, Quelle: Eigene Darstellung**

## Vorbereitung Literaturanalyse



## Inhaltsanalyse

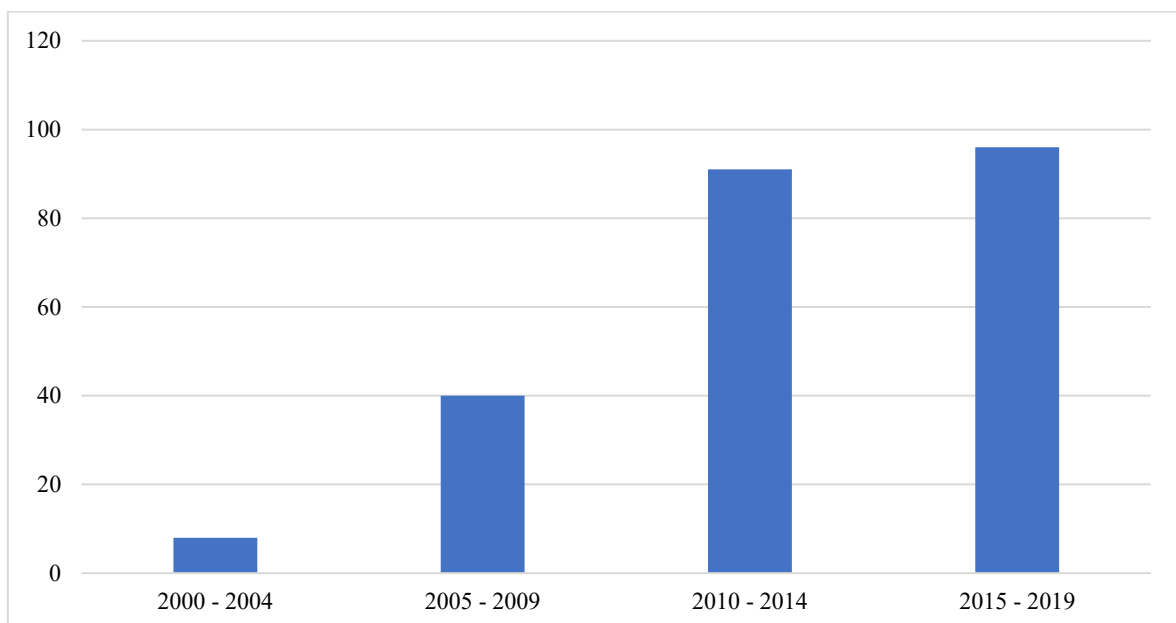


**Abbildung 1: Prozess der systematischen Literaturanalyse, Quelle: eigene Darstellung**

## 4 Darstellung der Häufigkeitsverteilungen

### 4.1 Häufigkeiten Allgemein

In diesem Kapitel soll die Anzahl der veröffentlichten Artikel, die den oben genannten Suchkriterien entsprechen im Zeitverlauf dargestellt werden. Um die Übersichtlichkeit zu verbessern wurden Intervalle von jeweils fünf Jahren verwendet. Bei einer Betrachtung in jährlichen Intervallen würde es zudem zu großen Schwankungen kommen. Diese sollen durch die Zusammenfassung in Fünf- Jahres- Perioden ausgeglichen werden.

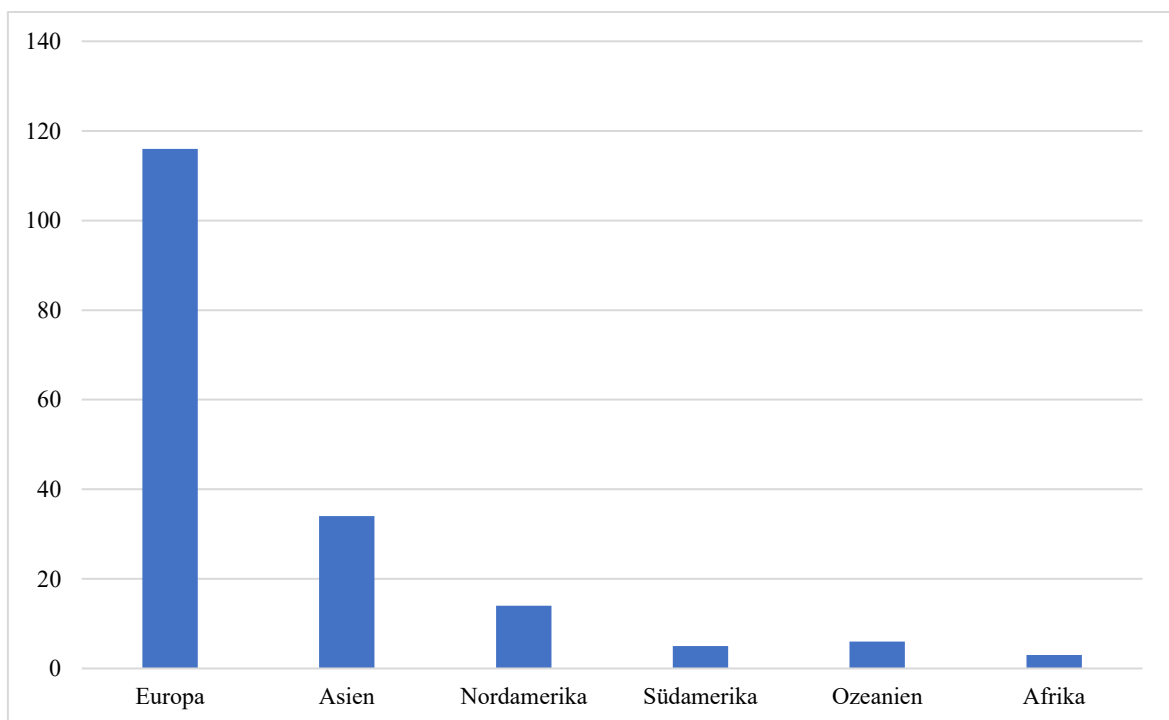


**Abbildung 2: absolute Anzahl veröffentlichter Artikel (2000 – 2019),  
Quelle: eigene Darstellung**

#### **Beschreibung**

Es fällt auf, dass zwischen 2000 und 2004 nur sehr wenige Artikel veröffentlicht wurden. In den kommenden fünf Jahren vervierfachte sich die Anzahl an Veröffentlichungen und zwischen 2010 und 2019 wurde die Anzahl im Vergleich zur vorherigen Periode nochmals verdoppelt. Daraus wird ersichtlich, dass die Relevanz des Themas im Zeitverlauf stark zugenommen hat. Zu beachten ist zusätzlich, dass im Jahr 2019 nur Artikel bis Februar ermittelt wurden. Es ist also davon auszugehen, dass diese Anzahl nochmals ansteigt.

Die Untersuchung der veröffentlichten Artikel nach Kontinenten, wurde auf Artikel beschränkt, bei denen eindeutig zu erkennen war, von welcher Einrichtung die Publikationen in Auftrag gegeben wurden. So konnten insgesamt 178 Artikel gesichtet werden. Die Angaben über die Länder wurden aus der Angabe neben dem Namen des Autors entnommen. Das heißt die untersuchten Länder entsprechen den Ländern der Einrichtungen, von denen der jeweilige Autor stammt. Es handelt sich dabei nicht immer um das Land, was in dem jeweiligen Artikel thematisiert wurde. Der Kontinent Ozeanien beinhaltet sowohl Australien als auch Neuseeland.



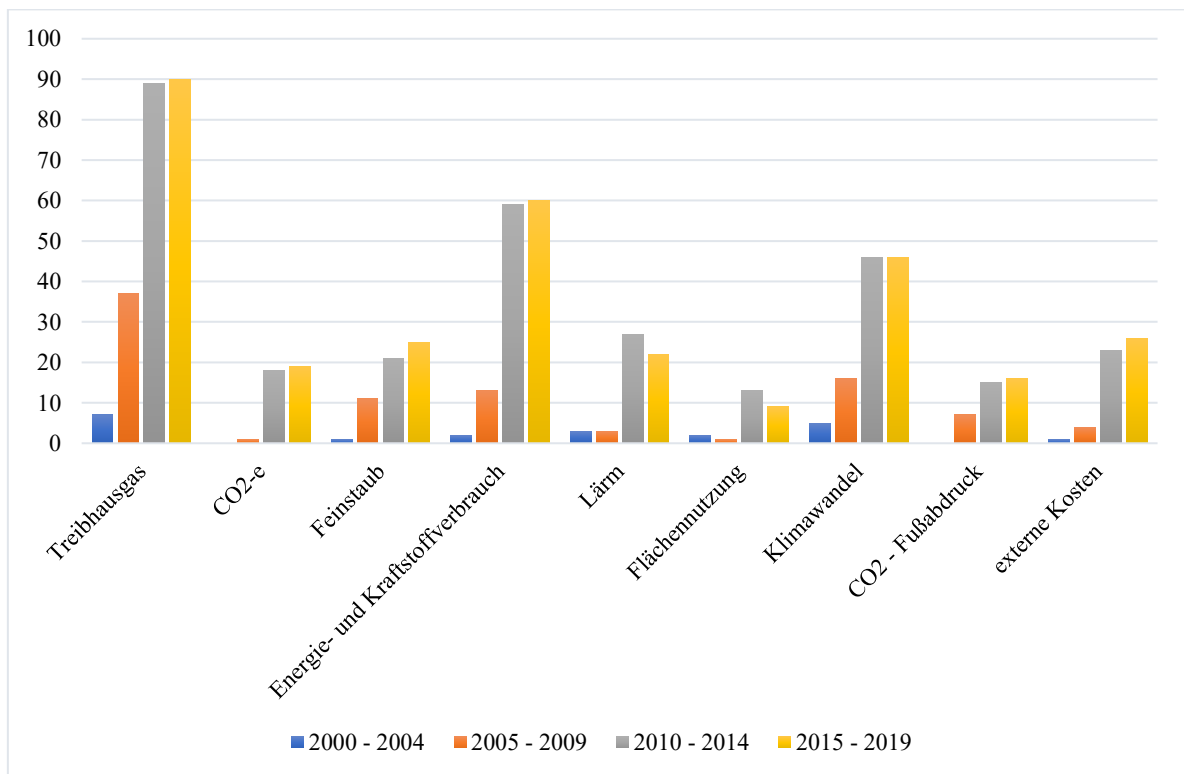
**Abbildung 3: absolute Anzahl Veröffentlichungen (2000 – 2019) nach Kontinenten, Quelle: eigene Darstellung**

### **Beschreibung**

Die Verteilung der Artikel nach Kontinenten fällt sehr ungleichmäßig aus. Auffällig ist, dass aus Europa mehr Artikel kommen, als aus allen anderen Kontinenten zusammen.

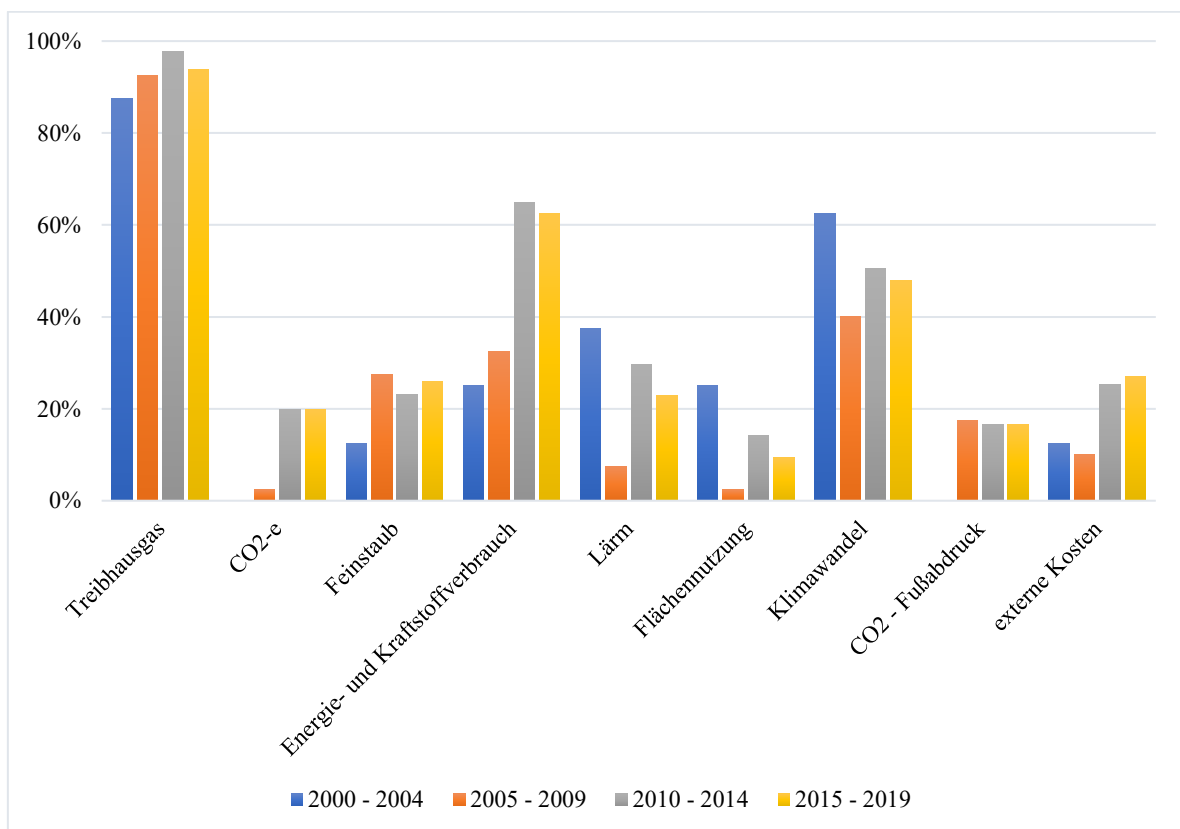
## 4.2 Häufigkeiten Umweltindikatoren

Der nächste Abschnitt soll sich direkt auf die Forschungsfrage beziehen. Auch hier wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit auf eine Darstellung in Fünf- Jahres- Perioden zurückgegriffen. Zunächst soll die Verwendung der einzelnen Indikatoren in absoluten Zahlen im Zeitverlauf dargestellt werden. Es wurde sich dazu entschieden die Indikatoren: Treibhausgas, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, HC, CH<sub>4</sub> und Ozon zu einem Indikator zusammenzufassen, da diese sich direkt aufeinander beziehen bzw. eine Teilmenge voneinander sind. Zudem bot es sich an, die Indikatoren Energie- und Kraftstoffverbrauch gemeinsam zu betrachten, da diese ebenfalls simultan verwendet werden können. So konnte eine verbesserte Übersichtlichkeit erzielt werden.



**Abbildung 4: absolute Häufigkeit der Umweltindikatoren (2000 – 2019),  
Quelle: eigene Darstellung**

Im Folgenden soll überprüft werden, wie sich die Häufigkeit der Verwendung der einzelnen Indikatoren im Zeitverlauf verändert hat. Die absoluten Werte, welche in Abbildung 4 ersichtlich sind, spielen nachfolgend eine untergeordnete Rolle, da die Aussagekraft wesentlich geringer ist, als die der prozentualen Werte. Seit 2010 kam es zu einer rasant steigenden Relevanz für das Thema Nachhaltigkeit innerhalb der Logistik, deshalb wurden seit 2010 auch wesentlich mehr Artikel veröffentlicht (siehe Abb. 2). Aus diesem Grund ist es wichtig, die Häufigkeit im Bezug zur Anzahl der veröffentlichten Artikel zu betrachten, wie in Abbildung 5 dargestellt.



**Abbildung 5: relative Häufigkeit der Umweltindikatoren (2000 – 2019),  
Quelle: eigene Darstellung**

### **Treibhausgas**

Dieser Indikator zeigt eine hohe Verwendung innerhalb der untersuchten Artikel. Seit 2000 ist er bis heute in über 80 Prozent der Artikel verwendet wurden. Zwischen 2010 und 2014 hatte er seine meiste Verwendung mit 98 Prozent. Konnte also in nahezu jedem Artikel nachgewiesen werden.

## **Feinstaub**

In den Jahren 2000 bis 2004 trat dieser Indikator in 13 Prozent der Artikel auf. Seit 2005 konnte dieser Indikator in mehr als doppelt so vielen Artikeln nachgewiesen werden. Zwischen 2010 und 2014 sank die Relevanz um wenige Prozentpunkte im Vergleich zur Vorperiode. Seit 2015 ist die Häufigkeit der Erwähnung jedoch wieder leicht angestiegen, auf 26 Prozent.

## **Energieverbrauch**

In den Jahren 2000 bis 2009 wurde dieser Indikator in ca. einem Viertel der Artikel erwähnt. Ab 2010 kam es dann zu einer Verdopplung der Häufigkeit auf 65 Prozent.

## **Lärm**

Zwischen den Jahren 2000 und 2004 konnte dieser Indikator in über einem Drittel der Artikel nachgewiesen werden. In den Jahren 2005 bis 2009 verringerte sich diese Häufigkeit drastisch auf knapp 10 Prozent. In den nächsten Jahren stieg die Relevanz dann wieder auf knapp ein Drittel. Der Trend ist jedoch leicht rückläufig, wie in den Jahren 2014 bis 2019 zu beobachten ist.

## **Flächennutzung**

Dieser Indikator verhält sich im Zeitverlauf ähnlich, wie der Indikator Lärm. Jedoch ist die Häufigkeit des Auftretens während jeder Periode leicht verringert.

## **Klimawandel**

Dieser Indikator hat nach dem Indikator Treibhausgas die höchste mittlere Relevanz unter allen beobachteten Indikatoren. Die Verwendung ist seit den Anfangsjahren 2000 bis 2004 rückläufig. Die geringste Verwendung fand zwischen 2005 und 2009 mit 40 Prozent statt.



## CO<sub>2</sub>- Fußabdruck

Der CO<sub>2</sub>- Fußabdruck hatte in den Jahren 2000 bis 2004 noch keine Relevanz in den untersuchten Artikeln. Erst seit 2005 konnte die Verwendung in der hier untersuchten Literatur nachgewiesen werden. Seitdem ist die Verwendung konstant zwischen 15 und 20 Prozent.

## Externe Kosten

Zwischen den Jahren 2000 und 2004 konnte eine Verwendung von durchschnittlich 13 Prozent innerhalb der untersuchten Artikel festgestellt werden. Diese reduzierte sich dann in der Folgeperiode um 3 Prozent auf 10 Prozent. Seit 2010 stieg die Verwendung jedoch wieder stark an. Seitdem konnte der Indikator in ca. einem Viertel der untersuchten Artikel nachgewiesen werden.

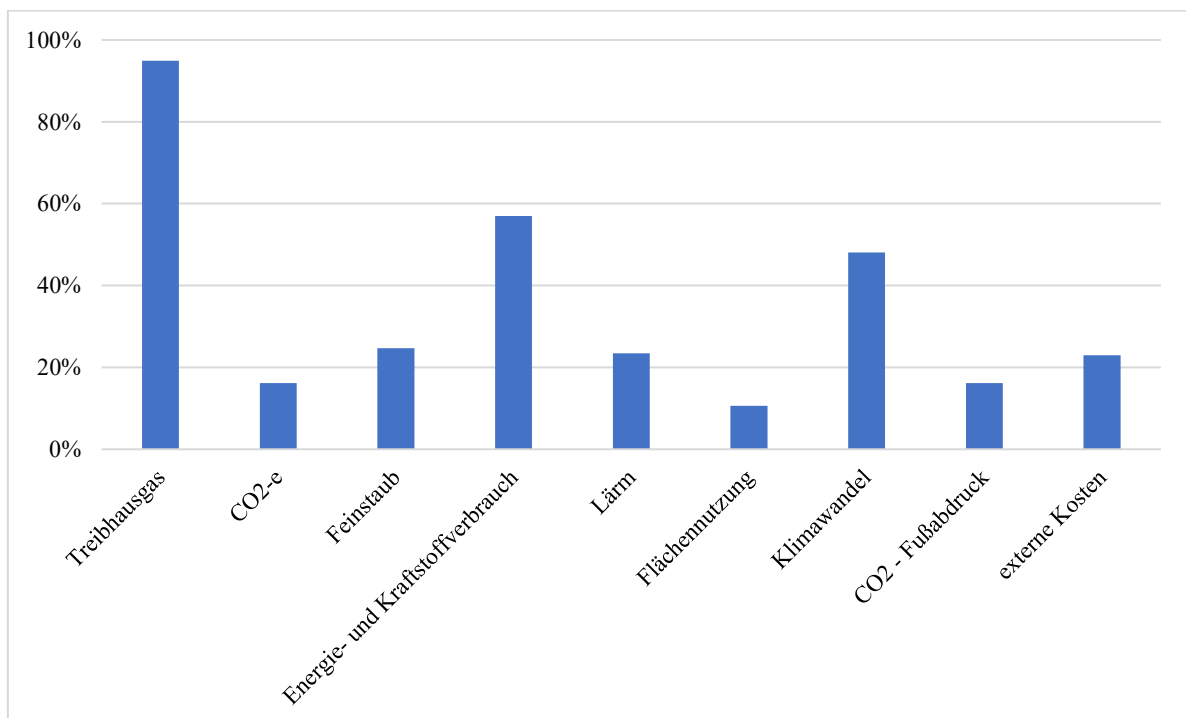


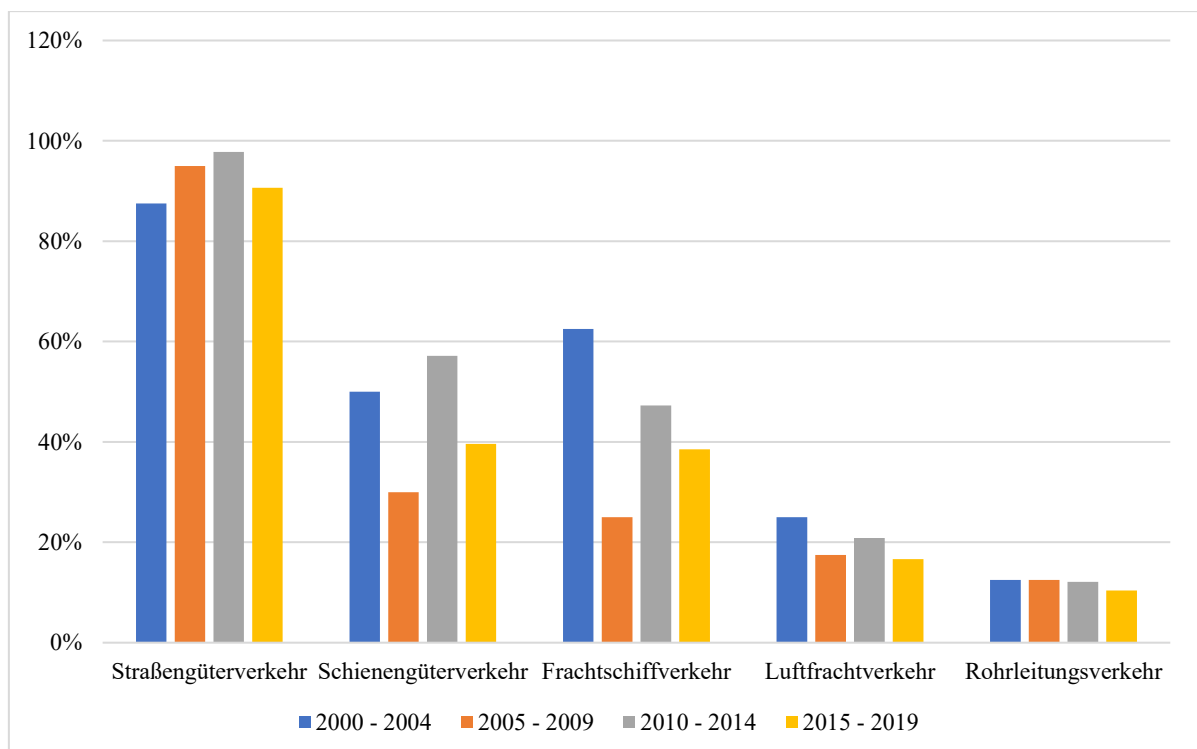
Abbildung 6: relative Häufigkeit der Umweltindikatoren (2000 - 2019),  
Quelle: eigene Darstellung

## Beschreibung

Im Gesamtverlauf zwischen 2000 und Februar 2019 wird eine deutliche Dominanz des Indikators Treibhausgas ersichtlich. In 95 Prozent der Artikel wurde dieser Indikator erwähnt. Danach folgen Energie- und Kraftstoffverbrauch mit 57 Prozent und der Klimawandel mit 48 Prozent. Die Bedeutung der anderen Indikatoren ist wesentlich geringer.

### 4.3 Häufigkeiten Verkehrsträger

Im nächsten Abschnitt wurde analog zu den Indikatoren auch die Häufigkeit der jeweiligen Verkehrsträger innerhalb der Artikel untersucht. Dies ist notwendig, da manche Indikatoren direkt mit dem Einsatz eines bestimmten Transportmittels verknüpft sind. Es reicht also nicht nur die Indikatoren zu betrachten, da es in der Arbeit sowohl um Umweltindikatoren als auch den Gütertransport geht. Dabei wurde erneut die relative Darstellung der Häufigkeiten gewählt, da die Anzahl an veröffentlichten Artikeln stark vom Veröffentlichungsjahr abhängig ist.



**Abbildung 7: relative Häufigkeit der Verkehrsträger (2000 - 2019),  
Quelle: eigene Darstellung**

### **Straßengüterverkehr**

Dieser Verkehrsträger konnte seit 2000 in 88 Prozent der Artikel nachgewiesen werden. Bis 2015 stieg dieser Prozentsatz bis auf 98 Prozent an. Seitdem sank er wieder leicht auf 91 Prozent.

### **Schienengüterverkehr**

Die Anzahl der Artikel, die sich mit dem Schienengüterverkehr beschäftigen ist zwischen 2000 und Februar 2019 stark fluktuierend. Zwischen 2000 und 2004 sowie in der Periode 2010 bis 2014 wurde dieser Verkehrsträger in 50 bzw. 57 Prozent der Quellen berücksichtigt.

### **Frachtschiffverkehr**

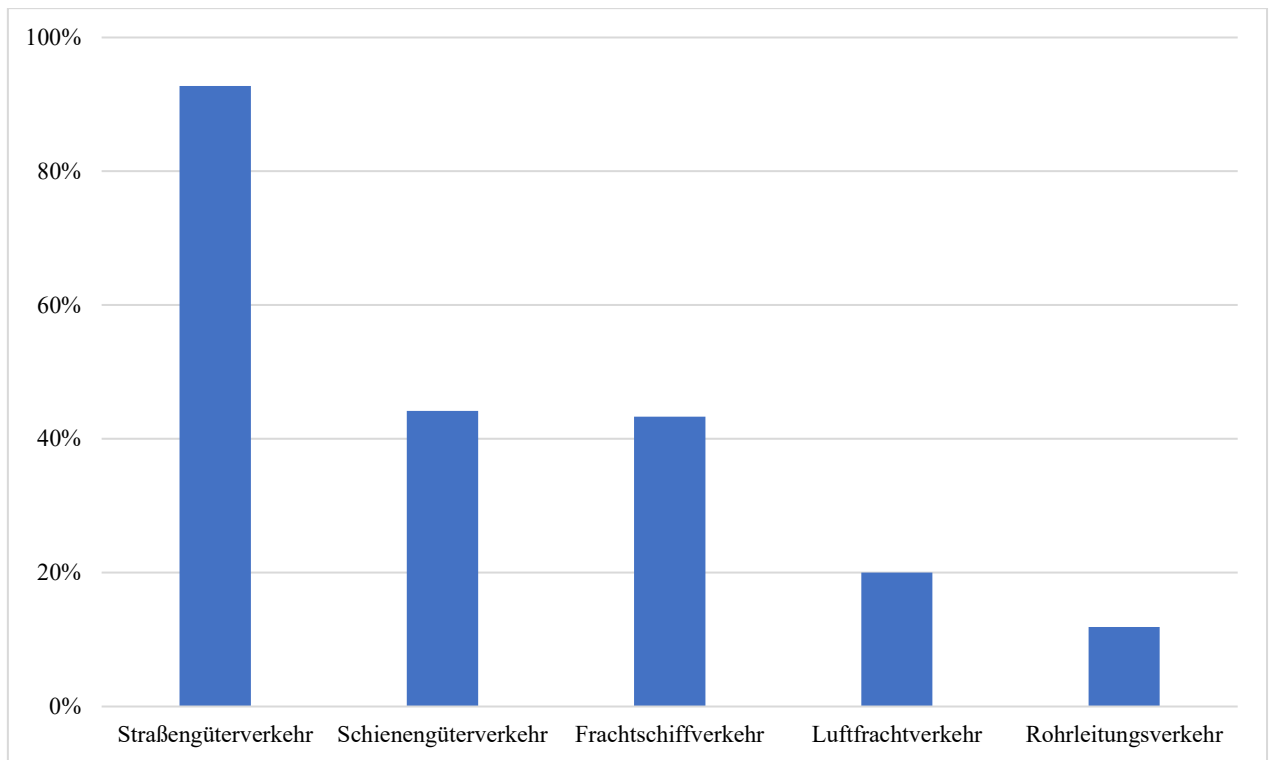
Der Frachtschiffverkehr ist ähnlich, wie der Schienengüterverkehr über den gesamten Zeitraum stark fluktuierend. Die Relevanz ist aber in der letzten Periode rückläufig und liegt bei 39 Prozent. Zwischen 2000 und 2004 wurde dieser Verkehrsträger mit 63 Prozent noch deutlich häufiger in den untersuchten Artikeln erwähnt.

### **Luftfrachtverkehr**

Die Erwähnung des Verkehrsträgers Luftfrachtverkehr ist allgemein rückläufig. Zwischen 2000 und 2004 wurde er noch in einem Viertel der Quellen thematisiert. Seit 2015 war der Luftfrachtverkehr nur noch in 17 Prozent der Artikel vertreten.

### **Rohrleitungsverkehr**

Die Relevanz des Rohrleitungsverkehr ist wie beim Luftfrachtverkehr leicht rückläufig. Sie viel von 13 Prozent in den Jahren 2000 bis 2004 auf 10 Prozent in der Periode von 2015 bis Februar 2019.



**Abbildung 8: relative Häufigkeit der Verkehrsträger (2000 – 2019),  
Quelle: eigene Darstellung**

### **Beschreibung**

An dieser Statistik wird deutlich, dass der Transport per Straße mit Abstand am häufigsten im untersuchten Zeitraum erwähnt wurde. Mit 93 Prozent fand dieser Transportzweig in nahezu jedem untersuchten Artikel Beachtung. Die Transportmittel Zug und Schiff wurden im Vergleich zur Straße nur halb so häufig erwähnt. Der Transport mit dem Flugzeug konnte nur in einem Fünftel der Artikel nachgewiesen werden. Der Transportweg über die Pipeline ist mit 12 Prozent das am wenigsten beachtete Transportmittel innerhalb der untersuchten Artikel.

## 5 Inhalt der Artikel

Nachdem die Artikel im Rahmen der Literaturrecherche analysiert wurden, fiel auf, dass eine Einteilung in zwei Themenbereiche vorgenommen werden kann. Zum einen, die Artikel, welche sich mit der Definition und Messung von Indikatoren beschäftigt haben. Und deren Entwicklung im Zeitverlauf darstellten oder diese versuchten für die Zukunft zu prognostizieren. Und zum anderen Artikel, die Lösungen für mehr Nachhaltigkeit und deren Wirkung auf diese untersuchten. Auffällig hierbei war, dass insbesondere die Themen Straßengüterverkehr und City bzw. Urban Logistik sehr häufig in den untersuchten Artikeln thematisiert wurden.

Im Folgenden soll ein Überblick darüber gegeben werden, wie die derzeitige und zukünftige Entwicklung im Bereich nachhaltiger Gütertransport aussieht. Dazu wird sich auf die untersuchten Artikel bezogen. Besonderer Fokus wird dabei auf die Entwicklungen innerhalb der Europäischen Union (EU) gelegt, da 67 Prozent (siehe Abb.3) der Artikel aus europäischen Ländern stammt.

In Ihren Klimazielen setzte sich die europäische Kommission bis zum Jahr 2020 den CO<sub>2</sub> Ausstoß im Transportsektor um 182 Millionen Tonnen zu reduzieren. Allein der Transportsektor ist verantwortlich für 24 Prozent der globalen CO<sub>2</sub>- Emissionen.<sup>24</sup> Das liegt nicht zuletzt an der Tatsache, dass aufgrund des Anstiegs der globalen Warenströme Transportsektor weltweit immens an Bedeutung gewonnen hat.<sup>25</sup> Dadurch stieg auch der Verbrauch von fossilen Brennstoffen drastisch an, da die verwendeten Transportmittel mit wenigen Ausnahmen auf diesem Energieträger beruhen. Fossile Brennstoffe fördern den Ausstoß des Klimagases CO<sub>2</sub> und erhöhen die Feinstaubbelastung. Der Transportsektor ist der einzige Sektor in Europa, bei dem der CO<sub>2</sub>- Ausstoß gestiegen ist.<sup>26</sup>

Dabei wird der Straßengüterverkehr immer wieder negativ hervorgehoben.<sup>27</sup> Die Treibhausgasbelastung beim LKW, gemessen in g/tkm, ist mehr als dreimal so hoch wie beim Binnenschiff und sogar viermal höher als bei der Güterbahn.<sup>28</sup> Diese Erkenntnis spiegelt sich auch in der oben durchgeführten Analyse der Häufigkeiten der einzelnen Verkehrsträger wieder. Dabei konnte herausgestellt werden, dass der Verkehrsträger

---

<sup>24</sup> Vgl. Rothengatter (2009)

<sup>25</sup> Vgl. Bergqvist et al. (2011), S.592.

<sup>26</sup> Vgl. Liimatainen et al. (2013), S.177.

<sup>27</sup> Vgl. Pieczyk / McKinnon (2009), S.31.

<sup>28</sup> Vgl. Mobilität und Verkehr (2003)

Straßengütertransport in 93 Prozent der untersuchten Artikel zwischen 2000 und Februar 2019 Erwähnung fand. Wohingegen die anderen Verkehrsträger deutlich weniger Relevanz aufwiesen (siehe Abb. 8). Auch bei den Indikatoren konnte ein deutlicher Unterschied in der Häufigkeitsverteilung zugunsten des Indikators Treibhausgas festgestellt werden. Dieser wurde deutlich häufiger charakterisiert als andere Indikatoren (siehe Abb.6). Aufgrund seiner großen Bedeutung für den Klimawandel ist dieser Trend auch nicht überraschend.

Nachdem die größten Hindernisse für einen nachhaltigen Gütertransport beschrieben sind, gilt es nun Lösungen anzubieten, wie man diese Probleme beheben kann. Ein Faktor, der dabei immer wieder erwähnt wird, ist der sogenannte „Modal Shift“. Dabei handelt es sich um den Wechsel vom sehr umweltschädigenden Straßengütertransport, hin zum Schienengüter- oder Binnenschiffverkehrsverkehr. Dieser Wechsel wird von vielen Autoren als essentiell angesehen, wenn man die CO<sub>2</sub> Emissionen im Güterverkehr nachhaltig senken möchte. Um diesen Modal Shift zu gewährleisten bedarf es jedoch einer Umstrukturierung des Schienengüterverkehrs. Zum jetzigen Zeitpunkt kann der Schienengüterverkehr nicht mit dem Straßengüterverkehr konkurrieren. Es fehlt vor allem an der Flexibilität, die der Straßentransport bieten kann. Insbesondere bei Kurzstrecken stellen die hohen Umschlagkosten des Schienengüterverkehrs ein Problem dar. Erst bei Entfernungen über 300 km rentiert sich daher der Einsatz der Schiene.<sup>29</sup>

Das wird insbesondere an Prinzipien, wie dem Just in Time Prinzip deutlich. Dort ist eine hohe Flexibilität unerlässlich, um reibungslose Abläufe innerhalb der Supply Chain gewährleisten zu können.<sup>30</sup> Autoren, wie Rothengatter sehen zudem die Politik in der Pflicht, den Modal Shift durch politische Maßnahmen zu begünstigen. Dies kann z.B. durch die Subventionierung von notwendiger Infrastruktur erreicht werden.

Aufgrund der Notwendigkeit des politischen Handelns, geben einige Artikel Handlungsempfehlungen, wie die betreffenden Regierungen die Umweltverschmutzung begrenzen können. Denn die Politik ist in der Lage großen Einfluss auf den Gütertransport zu nehmen. Es handelt sich hierbei auch nur um einen Markt, der nach ökonomischen Gesetzmäßigkeiten funktioniert. Das Problem entsteht jedoch durch die externen Kosten, welche die Verursacher nicht direkt belasten. Das bedeutet die Politik muss eine Internalisierung dieser Kosten erreichen<sup>31</sup>, damit der Verursacher „bestraft“ wird. Denn der

---

<sup>29</sup> Vgl. Bergqvist et al. (2011), S.592.

<sup>30</sup> Vgl. Rothengatter (2009).

<sup>31</sup> Vgl. Rothengatter (2009).

Gütertransportmarkt ist nicht in der Lage sich selbst zu regulieren.<sup>32</sup> Die Regulierung kann durch die Subventionierung von umweltfreundlichen Verkehrsträgern, wie z.B. dem Schienenverkehr oder umweltfreundlicher Technologien, wie zum Beispiel Biodiesel geschehen. Ein anderer Weg wäre die Besteuerung von umweltbelastenden Verkehrsträgern wie dem Straßenverkehr oder umweltbelastenden Kraftstoffen, wie zum Beispiel Diesel. Es gibt jedoch verschiedene Probleme für die Politik, um oben genannte Maßnahmen erfolgreich umsetzen zu können. Die bereits erwähnten externen Kosten lassen sich für bestimmte Verkehrsträger, wie das Schiff oder das Flugzeug, nur schwer berechnen. Diese Transportmittel belasten die Umwelt nicht nur innerhalb der Grenzen eines Staates, sondern auch darüber hinaus. Zur Lösung dieses Problems schlagen einige Autoren eine Bottom Up Lösung vor. Dadurch können Umweltschäden, die durch den jeweiligen Verkehrsträger verursacht werden, direkt ermittelt werden.<sup>33</sup> Zudem müssen einheitliche Gesetze auch über Ländergrenzen hinaus erlassen werden. Das heißt es muss zum einen global einheitliche Grenzwerte geben und zum anderen sollten die Messmethoden zur Ermittlung von Emissionen vereinheitlicht werden. Dieses Problem adressierten bereits McKinnon und Piercyk. Sie untersuchten politische Maßnahmen zur Reduktion von CO<sub>2</sub> Emissionen. Dabei fanden sie heraus, die unterschiedliche Ermittlung von CO<sub>2</sub> Emissionen beim Straßenverkehr für die Regierungen ein Hindernis bei der Erwägung gezielter Maßnahmen darstellt. Es gab teils große Unterschiede bei den ermittelten Daten.<sup>34</sup> Einige Studien unter anderem aus Finnland, konnten jedoch zeigen, dass der Modal Shift wesentlich weniger Einfluss auf die CO<sub>2</sub>- Emissionen hat, als das Bruttoinlandsprodukt<sup>35</sup>. Aufgrund der Tatsache, dass man die ökonomische Entwicklung von Ländern aber nicht effektiv einschränken kann, muss man versuchen die ökologische Entwicklung stärker voranzutreiben. Dies wird auch als Entkopplungseffekt bezeichnet.<sup>36</sup> Eine Möglichkeit hierfür, die auch Regierungen speziell in Europa in Betracht gezogen haben, sind die sogenannten „low emission zones“ oder in deutscher Sprache Umweltzonen. Das Beispiel, was in der untersuchten Literatur am häufigsten thematisiert wurde, war die Londoner Umweltzone. Mithilfe dieser Bereiche, die sich meist in Ballungsräumen befinden, wird versucht die Stickoxid- und Feinstaubbelastung in drastisch zu reduzieren. Das gelingt durch strikte Vorgaben, für die maximale Emissionsbelastung durch Kraftfahrzeuge. Dieses

---

<sup>32</sup> Vgl. Lindholm (2010), S.6205 f.

<sup>33</sup> Vgl. Cristea et al. (2012), S.154.

<sup>34</sup> Vgl. McKinnon / Piercyk (2009), S.3741.

<sup>35</sup> Vgl. Liimatainen et al. (2013), S.189.

<sup>36</sup> Vgl. Tapio et al. (2006), S.433.

Thema wurde im Zuge der City Logistik oft diskutiert und es wurde nach Lösungen für dieses Problem gesucht. Eine mögliche Lösung sind elektrische Fahrzeuge, die zum Transport der Güter innerhalb der Innenstadt eingesetzt werden. Diese können zwar weniger Ladung transportieren als vergleichbare Dieselfahrzeuge, haben aber deutlich geringere CO<sub>2</sub>, Feinstaub und Stickoxid Emissionen. Ein weiterer Punkt, der sich positiv auf die Umwelt auswirkt, ist die daraus resultierende stark sinkende Lärmbelastung innerhalb der Städte. Es gibt jedoch auch Nachteile, die die Elektrofahrzeuge mit sich bringen. Einerseits müssen die Logistikunternehmen hohe Aufwendungen aufbringen, wenn sie ihre bestehende Fahrzeugflotte durch elektronische Fahrzeuge ersetzen möchten. Zum anderen können Elektrofahrzeuge weniger Ladung transportieren und stehen während einer Aufladungsphase dem Unternehmen nicht zur Verfügung. Das erfordert eine sehr gute Organisation und Koordination vom jeweiligen Logistikunternehmen, um eine vergleichbare Flexibilität wie mit herkömmlichen Fahrzeugen zu erzielen. Um die Implementierung von Elektrofahrzeugen in Städten erfolgreich umsetzen zu können bedarf es also auch politische Maßnahmen, um die Logistikdienstleister durch z.B. Subventionen zu unterstützen und einen Anreiz für die Anschaffung saubererer Fahrzeuge zu geben. Ein weiterer Punkt, der häufig diskutiert wurde sind sogenannte UCCs. Dabei handelt es sich um Verteilstationen, in unmittelbarer Nähe der Städte, um die zurückzulegende Strecke zu verringern. Ein positiver Nebeneffekt ist, dass der Verkehr innerhalb der Städte dadurch entlastet wird. In Verbindung mit der Elektromobilität könnte das eine gute Alternative zum Gütertransport mit Kraftfahrzeugen darstellen. Denn die Elektrofahrzeuge sind in ihrer Reichweite beschränkt, was die UCCs aber kompensieren könnten. Dieses Modell wurde bereits erfolgreich in London getestet.<sup>37</sup>

Auch mit anderen technischen Innovationen wurde versucht die Emissionsbelastung durch Dieselfahrzeuge zu senken. In einer Studie wurde der Einsatz von Biodiesel, Katalysatoren und Rußpartikelfiltern getestet. Das Ergebnis bei den mit Biodiesel betankten Fahrzeugen, war ein gesunkener Ausstoß an Treibhausgasemissionen. Jedoch führte der Einsatz von Biodiesel gleichzeitig zur Erhöhung der Stickoxid- und Feinstaubbelastung. Bei der Verwendung von Katalysatoren und Rußpartikelfiltern konnte ein gegenteiliger Effekt festgestellt werden. Dort sanken zwar die Stickoxid- und Feinstaubemissionen, aber es konnte eine Verschlechterung bei den Treibhausgasemissionen ermittelt werden.<sup>38</sup> Daraus

---

<sup>37</sup> Vgl. Browne et al. (2011), S.5 f.

<sup>38</sup> Vgl. Gilpin et al. (2014), S.91



lassen sich Schlussfolgerungen für die Verwendung der jeweiligen Lösung ziehen. Der Einsatz von Katalysatoren und Rußpartikelfiltern macht insbesondere in urbanen Umgebungen Sinn, um die Stickoxid- und Feinstaubbelastung zu senken. In Gegenden mit weniger Bevölkerungsdichte könnte der Einsatz von Biodiesel eine gute Alternative darstellen.

## 6 Fazit

Die Forschungsfrage, wie sich die Häufigkeit der Berücksichtigung von Indikatoren für den Gütertransport von 2000 bis Februar 2019 verändert hat, konnte mithilfe mehrerer Säulendiagramme anschaulich dargestellt werden. Es wurden im Rahmen der systematischen Literaturrecherche 235 Quellen in Bezug auf 12 verschiedene Umweltindikatoren und fünf unterschiedliche Transportwege untersucht.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass der Indikator Treibhausgas in Verbindung mit dem Straßengütertransport mit Abstand am häufigsten in den untersuchten Artikeln erwähnt wurde. Zudem konnte ein Trend zu einer steigenden Anzahl publizierter Artikel im Zeitverlauf dargestellt werden, welche sich mit den Themen Gütertransport und Umweltverschmutzung auseinandersetzen. Es besteht also ein großes Interesse die Güterlogistik auch in Zukunft nachhaltiger zu gestalten, um dem Klimawandel entgegenzuwirken. Das zeigt sich auch in der stark gestiegenen Anzahl der Verwendung des Begriffes Klimawandel bzw. Erderwärmung seit dem Jahr 2010. Bei Betrachtung der einzelnen Umweltindikatoren konnte jedoch kein eindeutiger Trend ermittelt werden. Die Werte der Fünf-Jahres-Perioden fluktuierten teilweise sehr stark.

Es ist zu erwähnen, dass der gewählte Suchstring einen starken Einfluss auf die erhaltenen Ergebnisse und Statistiken hat. Auch die Auswahl der Datenbanken spielte eine wichtige Rolle. Deshalb könnten zur Ergänzung und Absicherung der Ergebnisse diese Variablen verändert werden, um ein breiteres Spektrum an wissenschaftlicher Literatur zu erfassen.

Mithilfe der inhaltlichen Analyse der Artikel in Kapitel 5, konnte gezeigt werden, dass auch hier der Straßengüterverkehr sehr häufig thematisiert wird. Der Straßengütertransport konnte hier als Hauptproblem für die schlechte Klimabilanz des Güterverkehrs identifiziert werden. Die Autoren gaben innerhalb ihrer Artikel Lösungsansätze, um dieses Problem zu beheben. Um dieser schlechten Klimabilanz entgegenzuwirken, fordert ein Großteil der Autoren den Modal Shift zu begünstigen. Dies kann nach Meinung der Autoren nur durch ein verstärktes Engagement seitens der Politik gewährleistet werden. Dabei konnten aber gleichzeitig viele Hindernisse identifiziert werden, welche die Entscheidungsfindung erschweren.

Es kann also festgehalten werden, dass es keine einfache Lösung für das anfänglich beschriebene Problem gibt. Die Komplexität der Thematik erfordert das koordinierte Vorgehen der Politik und der Logistikunternehmen, um die Nachhaltigkeit im

Gütertransportwesen langfristig zu verbessern. Die Bekämpfung der globalen Erwärmung kann auch nur global bewältigt werden. Es wurde außerdem gezeigt, dass noch viel Forschung bei der Ermittlung von einheitlichen Messmethoden notwendig ist. Diese in Verbindung mit den Umweltindikatoren bilden die Grundlage für adäquate Lösungsansätze.

Man sollte aber nicht ausschließlich der Politik und den Logistikbetrieben die Schuld an der immer schlechter werdenden Umweltsituation geben. Auch der Verbraucher hat durch sein Konsumverhalten einen großen Einfluss auf die gewählten Geschäftspraktiken. Durch die Forderung nach immer kürzeren Lieferzeiten sind Logistikdienstleister gezwungen auf den Straßengütertransport zu setzen. Deshalb muss auch hier ein Umdenken stattfinden.

## Anhang 1: Verteilung der Umweltindikatoren

Im Anhang ist die Tabelle zu finden, welche mithilfe der systematischen Literaturrecherche erstellt wurde. Sie war Grundlage für die Darstellung der Häufigkeiten der Umweltindikatoren in den Abbildungen. Zur übersichtlicheren Gestaltung wurde sich auf höchstens zwei Autoren pro Artikel beschränkt. Auch die Umweltindikatoren wurden abgekürzt.

<u>Umweltindikator</u>	<u>Abkürzung</u>
Treibhausgas	THG
Kohlenstoffdioxid	CO <sub>2</sub>
CO, NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , HC, CH <sub>4</sub> , Ozon	NO <sub>x</sub>
CO <sub>2</sub> -e	CO <sub>2</sub> -e
Feinstaub	Feinst.
Energieverbrauch	EV
Kraftstoffverbrauch	KV
Lärm	Lärm
Flächennutzung	Fläche
Klimawandel	Klima
CO <sub>2</sub> - Fußabdruck	Fußab.
externe Kosten	ex. K.

Autor / Jahr	THG	CO <sub>2</sub>	NOX	CO <sub>2</sub> -e	Feinst.	EV	KV	Lärm	Fläche	Klima	Fußab.	ex. K.
<b>2019</b>												
L. Malik, G. Tiwari, et al.	•	•	•		•	•	•					
N. T. Muller, K. Machat, et al.	•	•				•	•			•	•	
E. Z. Akgün, J. Monios, et al.		•	•		•			•		•		
S. Olapiriyakula, T. T. Nguyen	•	•	•		•		•		•	•		
S. Nabernegg, B. B. Bednar-Friedl, et al.		•								•	•	
A. McKinnon		•									•	
<b>2018</b>												
J. Sim	•	•	•	•	•					•		
A. L. Paladugula, N. Kholod, et al.	•	•			•	•	•			•		
M. E. Valderrama, A. I. C. Monroy, et al.	•	•	•			•	•			•		•
G. K. D. Saharidis, G. E. Konstantzos	•	•	•	•	•		•			•		
Q. Lv, H. Liu, et al.	•	•				•	•			•		•
H. Talebian, O. E. Herrera, et al.	•	•	•	•	•				•			
S. K. Annadanam, S. H. Kota	•	•	•				•			•		
P. Siskos, P. Capros, et al.						•	•					•
P. Gallardo, J. P. Díaz, et al.	•	•				•	•					
K. Mommens, P. Lebeau, et al.		•	•		•		•					•
M. I. Ilhak, S. O. Akansu, et al.	•	•	•			•	•			•		
D. Chen, J. Ignatius, et al.		•	•		•				•			•
C. A. Buchanan, M. Charara, et al.	•		•	•	•	•	•			•		
N. Chapman		•										
K. Noble	•	•	•									

C. Druce  
C. Millett

**2017**

A. Palmer, P. Mortimer, et al.  
S. M. Mirhedayatian, S. Yan  
S. Iwan, K. Kijewska, et al.  
E. Nathanail, G. Adamos, et al.  
J. Prata, E. Arsenio  
T. T. Taefi, S. Stütz, et al.  
S. Nocera, F. Cavallaro  
W. L. Dai, X. Fu, et al.  
J. C. G. Palencia, M. Araki, et al.  
D. C. Quiros, J. Smith, et al.  
L. Lyons, A. Lozano, et al.  
S. M. R. Dente, L. Tavasszy  
I. Johansson, J. Jin, et al.  
A. Kebede, G. Gebresenbet  
E. Marcucci, V. Gatta, et al.  
S. M. R. Dente, L. A. Tavasszy  
K. Ayyildiz, F. Cavallaro, et al.  
E. Morganti, M. Browne  
S. Schröder, G. T. Liedtke  
M. Lovrić, S. Blainey, et al.  
S. Shiri, N. Huynh  
P. Centobelli, R. Cerchione, et al.  
X. Luo, M. Wang  
C. Millett

			●																
		●																	
		●					●		●				●						●
	●	●	●					●	●	●			●						●
	●	●	●					●	●	●			●						●
	●	●	●					●	●	●			●						●
	●	●	●				●	●	●	●			●						●
	●	●	●					●	●	●			●						●
	●	●	●					●	●	●			●						●
	●	●	●					●	●	●			●						●
	●	●	●					●	●	●			●						●
	●	●	●					●	●	●			●						●
	●	●	●					●	●	●			●						●
	●	●	●					●	●	●			●						●
	●	●	●					●	●	●			●						●
	●	●	●					●	●	●			●						●
	●	●	●					●	●	●			●						●
	●	●	●					●	●	●			●						●
	●	●	●					●	●	●			●						●
	●	●	●					●	●	●			●						●

H. Pink

2016

P. Cossu

J. F. Coloma, M. Garcia

Å. Jevinger, J. A. Persson

C. Navarro, M. R. Riu, et al.

S. Nocera, F. Cavallaro

H. Dörr, P. Prenninger, et al.

K. Kijewska, W. Konicki, et al.

N. T. Binh, V. A. Tuan

S. Hidouche, D. Baudry, et al.

J. L. O. Tejada, E. L. Sastresa, et al.

E. Mulholland, R. S.K.O'Shea, et al.

X. Tao, Q. Wua, et al.

X. Luo, L. Dong, et al.

B. Kordnejad

T. T. Taefi, J. Kreutzfeldt, et al.

M. Svindland

I. Harris, V. S. Rodrigues, et al.

R. Holden, B. Xu, et al.

F. Kellner

T. Donateo, A. Ficarella, et al.

M. Obrecht, M. Knez

A. Tsertou, A. Amditis, et al.

R. Nocerino, A. Colorni, et al.

U. Clausen, C. Geiger, et al.

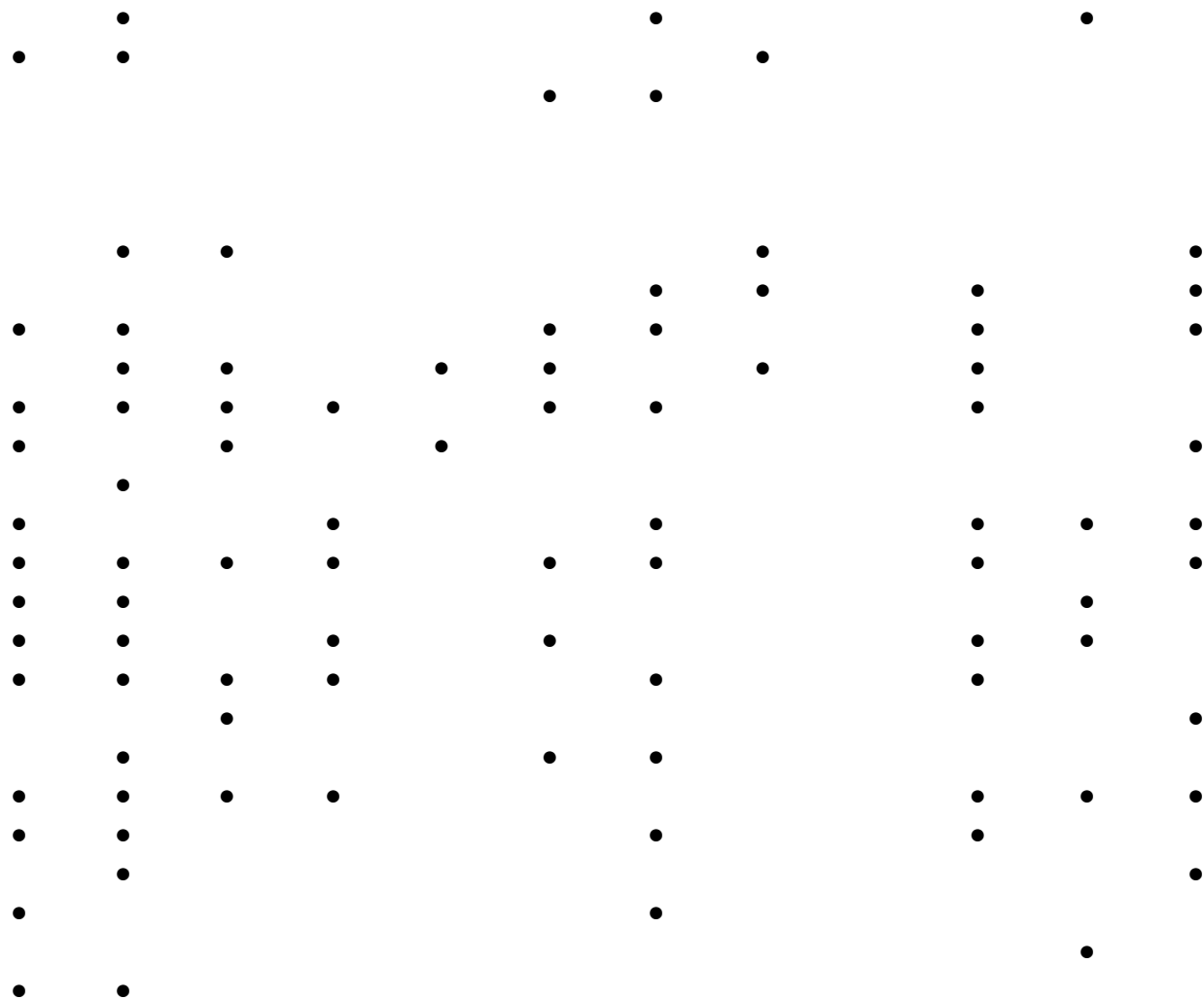
M. T. Nugroho, A. Whiteing, et al.

	•					•					
		•	•		•	•	•	•			•
	•	•							•		
	•	•							•	•	
	•	•	•		•	•	•	•	•		•
	•	•									•
	•	•	•		•	•	•	•	•		
	•	•	•		•	•	•	•	•		
	•	•									
	•	•									
	•	•	•			•	•				
	•	•									
	•	•	•			•	•				•
	•	•			•				•	•	
	•	•	•								
	•	•									
	•	•	•					•			
	•	•									
	•	•	•								

B. Duez  
 H. Quak, N. Nesterova, et al.  
 J. Dani

**2015**

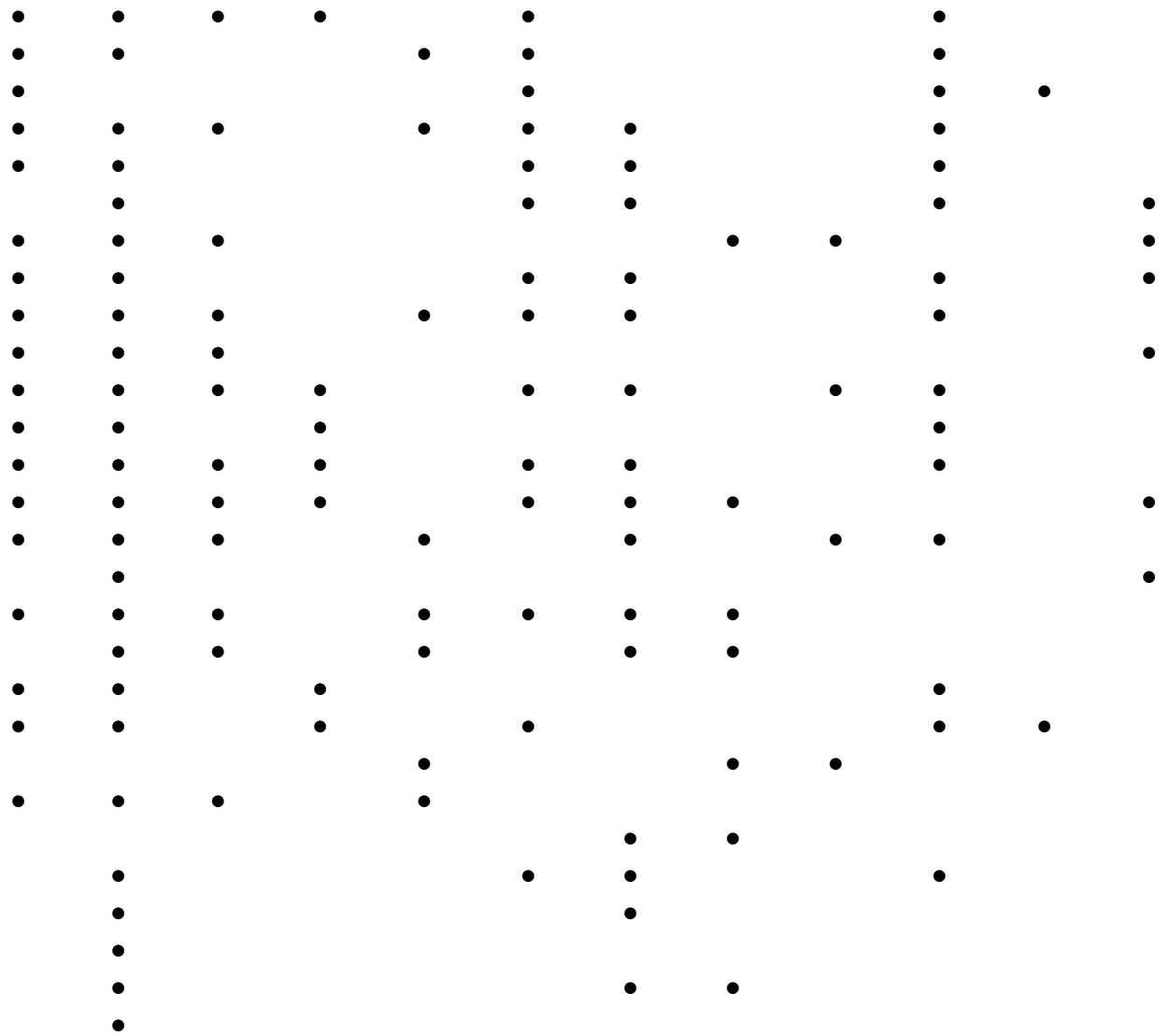
M. Zhang, M. Janic, et al.  
 W. Sihm, H. Pascher, et al.  
 R. M'raih, T. Mraih, et al.  
 S. Wrighton, K. Reiter  
 H. Hao, J. Geng, et al.  
 C. Cruz, A. Montanon  
 M. B. Arvin, R. P. Pradhan, et al.  
 V. S. Rodrigues, S. Pettit, et al.  
 E. Demir, W. Burgholzer, et al.  
 J. S. L. Lam, Y. Gu  
 S. Seebauer, V. Kulmer, et al.  
 H. Lindstad, R. M. Bright, et al.  
 I. Vierth, R. Karlsson, et al.  
 B. Xu, B. Lin  
 L. A. López, M. A. Cadarso, et al.  
 S. Blank, B. E. Prentice  
 V. S. Rodrigues, M. Piecyk, et al.  
 O. Dixon  
 H. Pink  
 S. Hobson



**2014**



Y. Tian, Q. Zhu, et al.  
 G. Gilpin, O. J. Hanssen, et al.  
 H. Auvinen, U. Clausen, et al.  
 J. Castanedo, M. Á. Pesquera, et al.  
 K. H. Lee, Y. Wu  
 P. Stelling  
 M. Blinge  
 H. Liimatainen, N. Arvidsson, et al.  
 S. Malla  
 C. Rizet, C. Cruz, et al.  
 K. Oshiro, T. Masui  
 C. Lammgard, D. Andersson  
 T. Kirschstein, F. Meisel  
 W. M. To  
 S. L. N. Sadhu, G. Tiwari, et al.  
 A. Roumboutsos  
 D. Paddeu, P. Fadda, et al.  
 M. Björklund, S. Gustafsson  
 N. Akyelken, H. Keller  
 A. L. Carrano, B. K. Thorn, et al.  
 D. Houston, W. Li, et al.  
 Y. Qu, T. Bektas, et al.  
 S. Skydel  
 N. Radcliffe  
 L. Campbell  
 D. Wilcox  
 T. Slater  
 A. Wight



**2013**

H. Liimatainen, E. Kallionpää, et al.	•				•	•			•	•	
M. Zang, B. Wiegmanns, et al.		•									•
H. Liimatainen, M. Pöllänen	•	•			•			•			
W. Chung, G. Zhou, et al.		•			•	•					
A. J. Craig, E. E. Blanco, et al.	•	•								•	
L. Lättilä, V. Henttu, et al.	•	•	•		•			•			•
N. Arvidsson		•				•	•			•	•
H. Li, Y. Lu, et al.	•	•			•	•			•		
F. Vöhringer, J. M. Grether, et al.	•	•			•	•			•		
S. Cullinane, K. Cullinane	•	•	•		•	•	•		•	•	
P. H. Egger		•							•		
M. Lundstedt	•	•	•		•	•	•				

**2012**

P. J. P. Martinez, J. M. V. Magro	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•
F. E. Larsson, K. J. Lundquist, et al.	•	•				•					
U. Clausen, C. Geiger, et al.	•	•	•		•						
E. Fürst, P. Oberhofer	•										
M. Lindholm	•							•	•		•
T. Wang, H. Li, J. Zhang, et al.		•				•	•			•	
C. Lammgård	•	•		•					•	•	
B. L. Nelldal, E. Andersson	•								•		
T. Feng, T. Arentze, et al.	•		•		•			•			
L. K. de Oliveira, N. G. da S. Dutrá, et al.	•	•	•	•		•	•	•			•
E. Schmid, B. Knopf		•							•		•
F. Russoa, A. Comi	•	•				•		•	•		•

J. S. E. Teo, E. Taniguchi, et al.

P. Capros, N. Tasios, et al.

C. Rizet, C. Cruz, M. Mbacké

F. Iannone

A. Christea, D. Hummels, et al.

J. Allen, M. Browne, et al.

A. Carballo-Penela, I. Mateo-Manteco, et al.

D. Hayes

C. Tindall

T. Gelinás

## 2011

T. Thambiran, R. D. Diab

M. Janic, J. Vleugel

S. Hanaoka, M. B. Regmi

R. Nealer, H. S. Matthews, et al.

M. Browne, J. Allen, J. Leonardi

G. Gebresenbet, I. Nordmark, et al.

M. Mendiluce, L. Schipper

R. Bergqvist, S. Behrends

W. C. Vantuono

N. Gazzard

L. Hailstone

## 2010

M. Lindholm

		•	•				•						
	•	•				•	•		•				
		•				•							
	•	•	•	•	•			•		•			•
	•	•		•			•			•			
	•												
	•	•				•	•		•		•		
	•	•											
	•		•		•							•	
	•	•				•	•				•		
	•												
	•	•				•	•				•		
	•		•		•	•	•	•				•	
	•	•				•					•		
	•	•											
		•					•				•		
	•					•		•	•	•			•

T. Mattila, R. Antikainen  
 C. H. Liao, C. S. Lu, et al.  
 M. Á. Cadarso, L. A. López, et al.  
 F. Filippi, A. Nuzzolo, et al.  
 C. H. Liao, P. H. Tseng, et al.  
 S. Pan, E. Ballot, et al.  
 W. B. Fitzgerald, O. J. A. Howitt, et al.  
 G. Santos, H. Behrendt, et al.  
 L. Dablanca, D. Rakotonarivoa  
 R. Hickman, O. Ashiru, D. Banister  
 C. Reich-Weiser, P. Paster, et al.  
 S. Hamilton  
 B. Warner  
 C. Tindall  
 L. Hailstone  
 G. Dossetter  
 L. Hailstone

•	•	•	•		•	•		•		
		•	•		•	•		•		•
•	•							•		•
	•	•			•	•	•			•
•	•				•	•	•	•		
•	•				•			•		
•	•	•		•		•		•		
•	•	•		•	•	•	•	•	•	•
	•						•	•	•	
•	•					•		•		
•	•		•					•		
•	•					•		•		
	•	•						•	•	
•	•									
	•								•	

**2009**

A. M. Zanni, A. L. Bristow  
 M. I. Piecyk, A. C. McKinnon  
 M. I. Piecyk, A. C. McKinnon  
 F. Kamakaté, L. Schipper  
 L. Kroon, D. Huisman, et al.  
 W. Rothengatter  
 J. P. Wiehoff  
 C. Tindall  
 S. Hobson

	•				•	•	•	•		•
•	•	•		•	•	•		•	•	•
•	•				•	•		•		
	•							•		
•	•									
•	•	•		•			•	•		•
	•					•				
		•		•						
•	•	•		•				•		

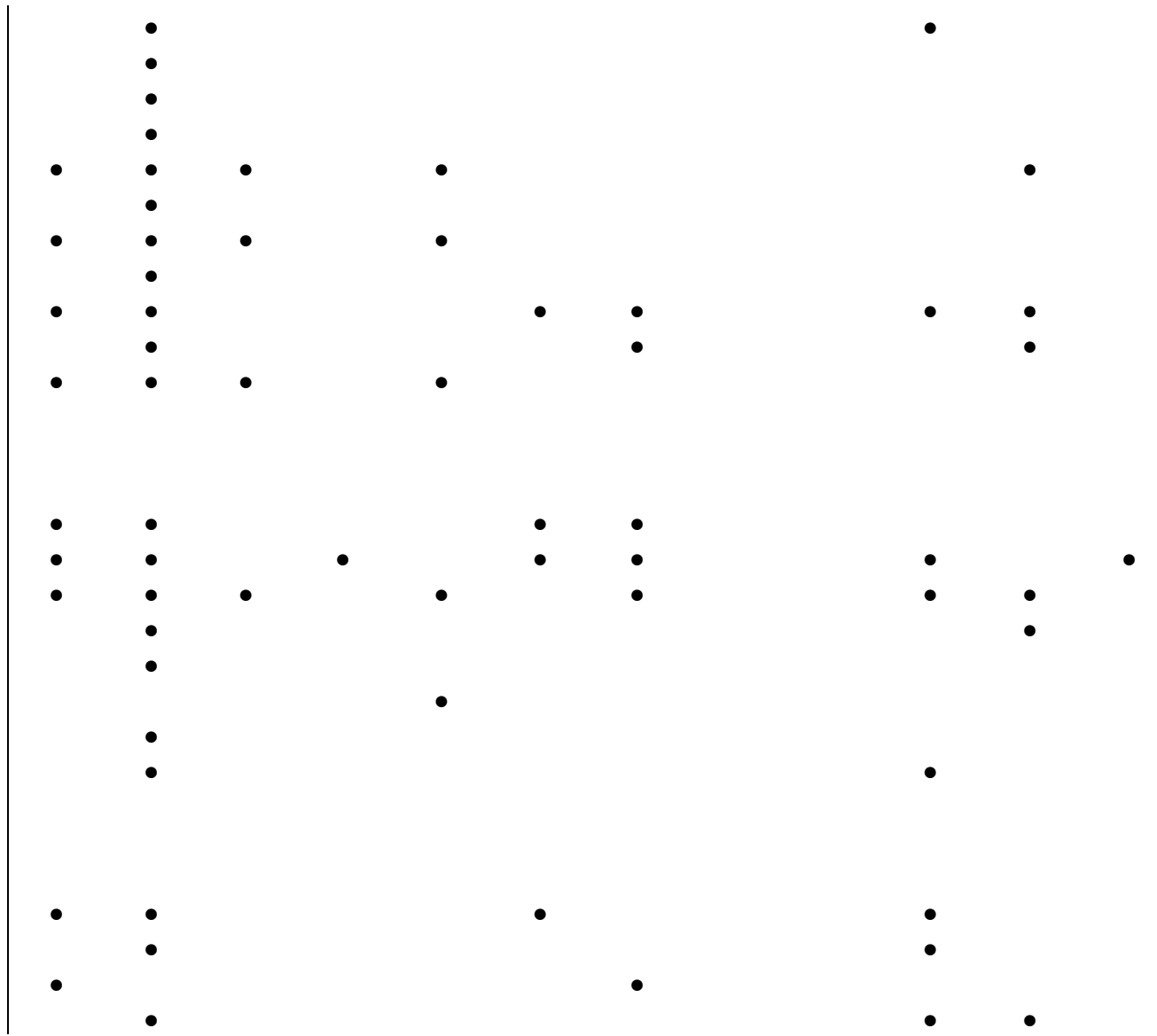
L. Clark  
 D. Harris  
 D. Harris  
 L. Clark  
 M. Moore  
 J. Bourke  
 M. Moore  
 R. Browne  
 D. Wilson  
 M. Wilson  
 M. Moore

**2008**

M. Baumgartner, J. Léonardi, et al.  
 D. B. Bartholomeu, J. V. C. Filho  
 B. DiBenedetto  
 P. Cunnane  
 C. Tindall  
 C. Tindall  
 S. Hobson  
 S. Hobson

**2007**

D. Lovaas  
 A. Brown  
 J. Kuzeljevich  
 J. Hookham



D. Gray  
C. Sowman  
A. Brown

**2006**

P. Tapio, D. Banister, et al.  
G. Xiaoan  
J. Semple  
A. Brown

**2005**

P. Tapio

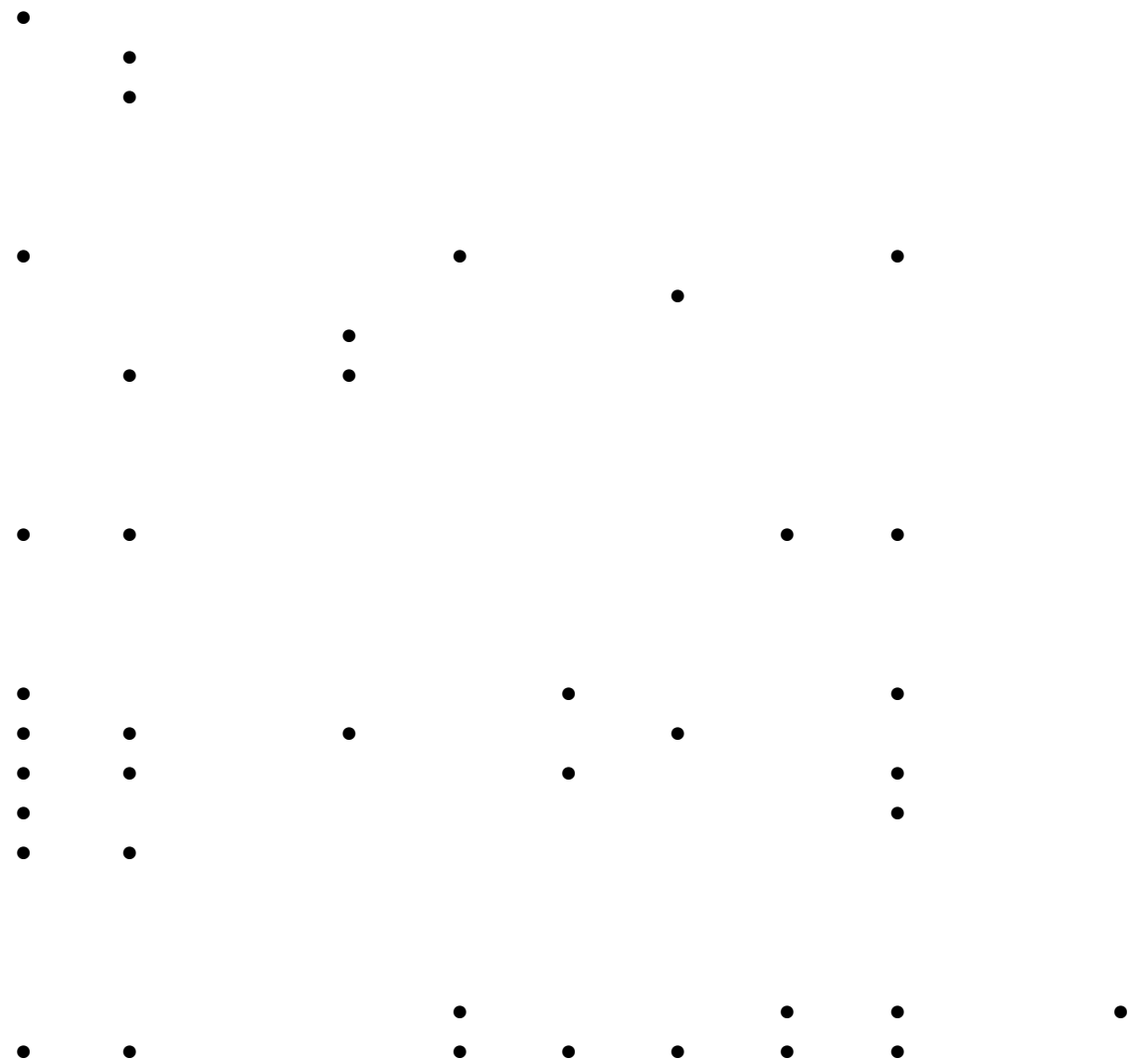
**2004**

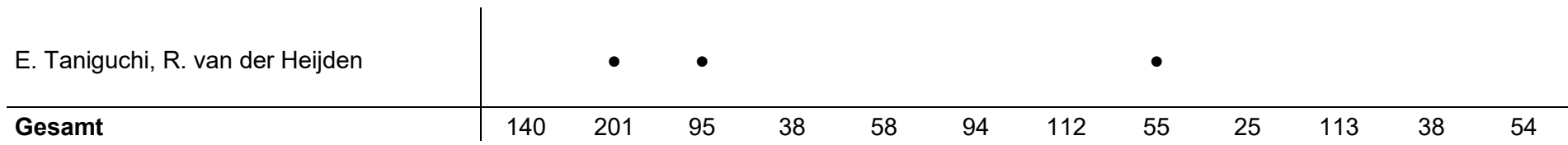
J. Léonardi, M. Baumgartner  
D. Bailey, G. Solomon  
A. Schäfer, H. D. Jacoby  
D. Perry  
J. Kuzeljevich

**2002**

M. Hesse  
C. A. Rodenburg, B. Ubbels, P. Nijkamp

**2000**





### III. Literaturverzeichnis

- A.C. McKinnon; M.I. Piecyk (2009): Measurement of CO<sub>2</sub> emissions from road freight transport: A review of UK experience. In: *Energy Policy* 37 (10), S. 3733–3742. DOI: 10.1016/j.enpol.2009.07.007.
- Anca Cristea; David Hummels; Laura Puzello; Misak Avetisyan (2013): Trade and the greenhouse gas emissions from international freight transport. In: *Journal of Environmental Economics and Management* 65 (1), S. 153–173. DOI: 10.1016/j.jeem.2012.06.002.
- Cooper, Harris M. (1988): Organizing knowledge syntheses: A taxonomy of literature reviews. In: *Knowledge in Society* 1 (1), S. 104–126. DOI: 10.1007/BF03177550.
- Bergqvist, Rickard; Behrends, Sönke (2011): Assessing the Effects of Longer Vehicles: The Case of Pre- and Post-haulage in Intermodal Transport Chains. In: *Transport Reviews* 31 (5), S. 591–602. DOI: 10.1080/01441647.2011.584980.
- David C. Quiros; Jeremy Smith; Arvind Thiruvengadam; Tao Huai; Shaohua Hu (2017): Greenhouse gas emissions from heavy-duty natural gas, hybrid, and conventional diesel on-road trucks during freight transport. In: *Atmospheric Environment* 168, S. 36–45. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2017.08.066.
- Deckert, Carsten (Hg.) (2016): CSR und Logistik. Spannungsfelder Green Logistics und City-Logistik. 1. Aufl. 2016. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler (Management-Reihe Corporate Social Responsibility). Online verfügbar unter [http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm/bok\\_id/1932196](http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm/bok_id/1932196).
- Deutsche Umwelthilfe (2016): Methan. Auswirkungen auf Klima und Gesundheit. Hg. v. Deutsche Umwelthilfe.
- Eberhard Feess (o.J.): Umweltindikatoren. Hg. v. Springer Gabler Verlag. Gabler Wirtschaftslexikon. Online verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/umweltindikatoren-48320>, zuletzt geprüft am 01.04.2019.



- Francesco Russo; Antonio Comi (2012): City Characteristics and Urban Goods Movements: A Way to Environmental Transportation System in a Sustainable City. In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 39, S. 61–73. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.03.091.
- Frauke Suhr (2019): Deutschland steht im Stau. Hg. v. statista. ADAC. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/infografik/7678/gesamtlaenge-der-staus-in-deutschland/>, zuletzt geprüft am 01.04.2019.
- Geoffrey Gilpin; Ole Jørgen Hanssen; Jan Czerwinski (2014): Biodiesel's and advanced exhaust aftertreatment's combined effect on global warming and air pollution in EU road-freight transport. In: *Journal of Cleaner Production* 78, S. 84–93. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.05.011.
- Heikki Liimatainen; Erika Kallionpää; Markus Pöllänen; Pekka Stenholm; Petri Tapio; Alan McKinnon (2014): Decarbonizing road freight in the future — Detailed scenarios of the carbon emissions of Finnish road freight transport in 2030 using a Delphi method approach. In: *Technological Forecasting and Social Change* 81, S. 177–191. DOI: 10.1016/j.techfore.2013.03.001.
- Joumard, Robert (2010): Indicators of environmental sustainability in transport. An interdisciplinary approach to methods. Bron: INRETS Institut national de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (Les collections de l'INRETS, 282).
- Maria Lindholm (2010): A sustainable perspective on urban freight transport: Factors affecting local authorities in the planning procedures. In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 2 (3), S. 6205–6216. DOI: 10.1016/j.sbspro.2010.04.031.
- Mobilität und Verkehr (Hg.) (2003): Luft- und Klimabelastung durch Güterverkehr. Online verfügbar unter <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/39787/>, zuletzt aktualisiert am 24.08.2018, zuletzt geprüft am 01.04.2019.
- Martin Randelhoff (2018): Die externen Kosten des Verkehrs nach Verkehrsträger in den EU28 im Jahr 2016. Hg. v. Zukunft Mobilität. Online verfügbar unter <https://www.zukunft-mobilitaet.net/168934/analyse/externe-kosten-des-verkehrs-eu-2016-europaeische-union-nach-verkehrstraegern/>, zuletzt geprüft am 01.04.2019.

- Michael Browne; Julian Allen; Jacques Leonardi (2011): Evaluating the use of an urban consolidation centre and electric vehicles in central London. In: *IATSS Research* 35 (1), S. 1–6. DOI: 10.1016/j.iatssr.2011.06.002.
- Nikolaus Doll (2018): Diesel-Grenzwerte auf wackliger Grundlage. Hg. v. Welt. Axel Springer SE. Online verfügbar unter <https://www.welt.de/wirtschaft/article184435460/Fahrverbote-Diesel-Grenzwerte-auf-wackliger-Grundlage.html>, zuletzt geprüft am 01.04.2019.
- Petri Tapio; David Banister; Jyrki Luukkanen; Jarmo Vehmas; Risto Willamo (2007): Energy and transport in comparison: Immaterialisation, dematerialisation and decarbonisation in the EU15 between 1970 and 2000. In: *Energy Policy* 35 (1), S. 433–451. DOI: 10.1016/j.enpol.2005.11.031.
- Rothengatter, Werner (2009): Quantifying the environmental impact of freight transport. In: *Railway Gazette International* 165 (10), S. 39–45. Online verfügbar unter <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&AN=45306997&site=host-live>.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2012): Umweltgutachten. Verantwortung in einer begrenzten Welt. Hg. v. Sachverständigenrat für Umweltfragen.
- statista (2016): Verteilung der weltweiten Energieerzeugung nach Energieträger im Jahr 2016. Hg. v. statista. Online verfügbar unter [Verteilung der weltweiten Energieerzeugung nach Energieträger im Jahr 2016](#), zuletzt geprüft am 01.04.2019.
- Thomas Kirschstein; Frank Meisel (2015): GHG-emission models for assessing the eco-friendliness of road and rail freight transports. In: *Transportation Research Part B: Methodological* 73, S. 13–33. DOI: 10.1016/j.trb.2014.12.004.
- Umweltbundesamt (2017): Indikatorenbericht. Daten zur Umwelt. 2. Aufl. Hg. v. Umweltbundesamt.
- Vöhringer, Frank; Grether, Jean-Marie; Mathys, Nicole A. (2013): Trade and Climate Policies: Do Emissions from International Transport Matter? In: *World Economy* 36 (3), S. 280–302. DOI: 10.1111/twec.12052.

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen stammen, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit lag in gleicher oder ähnlicher Weise noch keiner Prüfungsbehörde vor und wurde bisher noch nicht veröffentlicht.

---

Datum, Eric Weisflog