

Schriftenreihe des  
Lehrstuhls für  
Logistikmanagement

Nr. 7  
Jahrgang 2017

Kotzab, H. (Hrsg.)

Transportmodi für die letzte Meile  
Konzeptueller Vergleich und Zukunftsszenarien in  
chinesischen Megastädten

Strahmann, Ramon

# Inhaltsverzeichnis

|  |     |
|--|-----|
| Inhaltsverzeichnis.....                                  | I   |
| Abbildungsverzeichnis.....                               | III |
| Tabellenverzeichnis.....                                 | IV  |
| Abkürzungsverzeichnis.....                               | V   |
| 1. Problemstellung, Zielsetzung und Gang der Arbeit..... | 1   |
| 1.1. Gegenstand der Problematik.....                     | 1   |
| 1.2. Herleitung der Forschungsfrage.....                 | 1   |
| 1.3. Aufbau der Arbeit.....                              | 2   |
| 2. Die letzte Meile in chinesischen Megastädten.....     | 2   |
| 2.1. Definition und Problematik der letzten Meile.....   | 2   |
| 2.2. Megastädte.....                                     | 4   |
| 2.3. Chinesische Megastädte.....                         | 5   |
| 3. Transportmodi und ihr gegenwärtiger Nutzen.....       | 10  |
| 3.1. Zwei- und dreirädrige Elektrofahrzeuge.....         | 10  |
| 3.2. Kraftstoffbasierte Kleintransporter.....            | 11  |
| 3.3. Kleintransporter mit Elektromotor.....              | 12  |
| 3.4. Lieferdrohnen.....                                  | 13  |
| 3.5. Lieferroboter.....                                  | 14  |
| 3.6. Analyse des derzeitigen Nutzens.....                | 15  |
| 4. Die Szenarioanalyse der Transportmodi.....            | 18  |
| 4.1. Definition und genereller Ablauf.....               | 18  |
| 4.2. Betrachtungsrahmen und Einflussanalyse.....         | 19  |
| 4.3. Konsistenzanalyse.....                              | 24  |
| 4.4. Generierung von Szenarien.....                      | 28  |
| 4.4.1. Szenario: Auslieferung von Zentrallagern.....     | 28  |

|   |    |
|---|----|
| 4.4.2. Szenario: Deregulierung der Lieferdrohne.....                      | 28 |
| 4.4.3. Szenario: Fortschritt zwei- und dreirädriger Elektrofahrzeuge..... | 29 |
| 5. Diskussion.....  | 29 |
| 6. Fazit.....   | 34 |
| 6.1. Zusammenfassung.....   | 34 |
| 6.2. Beantwortung der Forschungsfrage.....                                | 34 |
| 6.3. Limitationen der Arbeit.....   | 35 |
| 6.4. Implikationen für Forschung und Praxis.....                          | 35 |
| Literaturverzeichnis.....   | A  |
| Anhang.....   | H  |

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Gestaltungsraster der Transportmodi ..... K

Abbildung 2: Szenariotrichter der Zustellszenarien ..... L

## **Tabellenverzeichnis**

|  |   |
|--|---|
| Tabelle 1: Nutzwertanalyse der Transportmodi .....   | H |
| Tabelle 2: Einflussmatrix der Schlüsselfaktoren.....   | I |
| Tabelle 3: Konsistenzmatrix der Schlüsselfaktorausprägungen mit hoher Auswirkung auf das Problemfeld ..... | J |

## Abkürzungsverzeichnis

|                   |  |
|-------------------|--|
| KEP-Dienstleister | Kurier-, Express- und Paketdienstleister |
| km/h              | Kilometer pro Stunde                     |
| E-Commerce        | electronic commerce                      |
| CO <sub>2</sub>   | Kohlenstoffdioxid                        |
| WHO               | World Health Organisation                |

# **1. Problemstellung, Zielsetzung und Gang der Arbeit**

## **1.1. Gegenstand der Problematik**

In den letzten knapp 40 Jahren zeichnete sich ein zunehmender Umbruch der chinesischen Bevölkerungsstruktur ab. So lebten im Jahr 1978 noch über 80% der Bevölkerung in ländlichen Gebieten und weniger als 20% im urbanen Raum (Manske-Wang und Genosko, 2016). Diese Verteilung verschob sich dahingehend, dass im Jahr 2015 mehr als die Hälfte der chinesischen Bevölkerung in Städten und weniger als die Hälfte im ländlichen Raum beheimatet ist (National Bureau of Statistics China, 2016). Diese Änderung der Bevölkerungsstruktur war eine Folge des, von der chinesischen Regierung initiierten, Urbanisierungsprozesses. Von diesem versprach sich die chinesische Regierung einen Wandel, der den Weg in Richtung Industriestaat, weg vom Entwicklungsland, ebnen sollte (Manske-Wang und Genosko, 2016).

Durch den Urbanisierungsprozess kam es in China zur Entwicklung von gegenwärtig sechs sogenannten Megastädten. Ihrer Definition nach, müssen Megastädte eine Bevölkerungszahl von mindestens 10 Millionen Einwohnern aufweisen (United Nations, 2016). Da eine große Anzahl an Menschen auf verhältnismäßig geringem Raum lebt, ergeben sich für die Megastädte besondere Probleme wie ein hohes Verkehrsaufkommen und schlechte Luftqualität (Song, 2015). Als einer der Hauptgründe für die Problematiken sind die Auslieferungstouren der Kurier-, Express- und Paketdienstleister zu nennen (Dürand, 2016; Wermuth et al., 2012). Diese Auslieferungstouren werden in der Fachterminologie auch als letzte Meile bezeichnet. Sie wird in den chinesischen Megastädten hauptsächlich von kraftstoffbasierten Kleintransportern (Liu et al., 2007) und zwei- und dreirädrigen Elektrofahrzeugen (Höfer et al., 2015) ausgeführt. Die eingesetzten Transportmodi wirken sich in Teilen negativ auf die dargestellten Probleme aus, sodass hinterfragt werden sollte, ob diese Transportmodi weiterhin verwendet oder durch andere ersetzt werden sollten. Diese Frage gewinnt aus dem Grund an Bedeutung, da in den letzten Jahren neue innovative Transportmodi entwickelt wurden, die den derzeit eingesetzten Transportmodi überlegen sein könnten.

## **1.2. Herleitung der Forschungsfrage**

Die letzte Meile, welche die Kurier-, Express und Paketdienstleister in den chinesischen Megastädten bereits jetzt vor große Herausforderungen stellt, gewinnt durch die Entwicklung des E-Commerce in China zusätzlich an Wichtigkeit. So verzeichnet der E-Commerce seit einigen Jahren ein rasantes Wachstum und es wird prognostiziert, dass auch in den kommenden Jahren mit voranschreitendem Wachstum zu rechnen ist (Jingqiao, 2017). Dadurch ist zukünftig mit einem Anstieg der Auslieferungstouren in den chinesischen Megastädten zu rechnen. Wenn diese Mehrzahl an Auslieferungstouren ebenfalls durch die gegenwärtigen Transportmodi ausgeführt wird, kann davon ausgegangen werden, dass sich

die Probleme in Hinblick auf Luftverschmutzung und Verkehrsbelastung weiter verschlimmern werden.

Aus diesem Grund soll erforscht werden, ob die derzeit verwendeten Transportmodi die bestmögliche Lösung für die Auslieferung auf der letzten Meile in chinesischen Megastädten darstellen oder ob sich einer der neuen innovativen Transportmodi als vielversprechendere Lösung erweisen könnte. Somit lässt sich folgende Forschungsfrage definieren:

**Welcher Transportmodus kann gegenwärtig und in Zukunft die bestmögliche Zustellung auf der letzten Meile in chinesischen Megastädten gewährleisten?**

### **1.3. Aufbau der Arbeit**

Der Aufbau der Arbeit sieht zu Beginn vor, die Herausforderungen, mit denen Kurier-, Express- und Paketdienstleister aufgrund der letzten Meile in chinesischen Megastädten konfrontiert sind, näher zu beleuchten und ein theoretisches Verständnis der Thematik zu schaffen [Kapitel 2]. Im Anschluss wird, nach Betrachtung der einzelnen Transportmodi, mithilfe der Nutzwertanalyse eruiert, welcher Transportmodus gegenwärtig den größten Nutzen aufweist [Kapitel 3]. Darauffolgend wird unter Verwendung der Szenarioanalyse festgestellt, in welche Richtungen sich die Auslieferung auf der letzten Meile in chinesischen Megastädten entwickeln könnte [Kapitel 4]. Hiernach werden die Ergebnisse aus den vorigen Kapiteln ausgewertet und in Beziehung zueinander gesetzt, sodass ein schlussendliches Ergebnis dargelegt werden kann [Kapitel 5]. Abschließend werden die wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst und darauf aufbauend die Forschungsfrage beantwortet. Außerdem werden die Limitationen der Arbeit aufgezeigt sowie zukünftige Forschungsgegenstände veranschaulicht, die aus der Arbeit hervorgehen [Kapitel 6].

## **2. Die letzte Meile in chinesischen Megastädten**

### **2.1. Definition und Problematik der letzten Meile**

Die letzte Meile, in der Literatur auch als Logistik der letzten Meile oder Last Mile Logistics bezeichnet, beschäftigt sich mit dem Transport von Gütern vom letzten Knotenpunkt der Supply Chain zum endgültigen Bestimmungsort (Han, 2015). Da eine der Kernkompetenzen der Kurier-, Express- und Paketdienstleister, im Folgenden KEP-Dienstleister genannt, in der Paketzustellung liegt, ist für sie die letzte Meile ein allgegenwärtiger Faktor. Der Logistik der letzten Meile wird große Bedeutung beigemessen, weil sie einen Anteil von bis zu 28% an den Transportkosten hat (Goodman, 2005) und in der Supply Chain einer der Bereiche mit der höchsten Umweltbelastung ist (Chopra, 2003).

Der gegenwärtige Prozess der Zustellung auf der letzten Meile lässt sich in vielen Industrie- und Schwellenländern durch den Ablauf skizzieren, dass Pakete von den Lieferfahrzeugen der KEP-Dienstleister zu den Kunden transportiert werden. Erreicht der Zusteller eine der



angesteuerten Adressen, verlässt der Lieferant das Fahrzeug und versucht, dem Kunden das Paket zu übergeben. Ist die Übergabe erfolgreich und kein weiterer Kunde befindet sich in unmittelbarer Umgebung, steuert der Zusteller die nächste Adresse im Zustellfahrzeug an. Schlägt die Zustellung fehl, existiert die Möglichkeit, dass der Zusteller das Paket wieder mitnimmt und es zu einem späteren Zeitpunkt erneut versucht zuzustellen oder er übergibt das Paket an eine der Abholstationen, in der es für den Kunden zur persönlichen Abholung bereitsteht. An diesem Ablauf lassen sich die größten Kostenfaktoren auf der letzten Meile identifizieren: zum einen die Personalkosten, die darin begründet liegen, dass die letzte Meile von Menschenhand ausgeführt wird (King, 2016), zum anderen die Kosten für den benötigten Treibstoff, die durch das häufige Anfahren und Abbremsen der Lieferfahrzeuge verhältnismäßig hoch sind (Frey et al., 2003). Darüber hinaus führt die Zustellwahrscheinlichkeit, die im Durchschnitt bei 35% liegt (Pieringer, 2015) dazu, dass Mehrfahrten benötigt werden. Diese tragen zu einer zusätzlichen Steigerung der bereits hohen Personal- und Treibstoffkosten bei.

Das Problem der hohen Kosten der Zustellung wird gegenwärtig durch weitere Herausforderungen für die KEP-Dienstleister ergänzt. Insbesondere der CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Lieferwagen zeichnet sich als akutes Problem ab, da bei jeder Pakettour bis zu 27,8 Kilogramm CO<sub>2</sub> anfallen (Dürand, 2016). CO<sub>2</sub> ist ein für den menschlichen Körper unschädliches Gas, jedoch treibt es mittel- bis langfristig den Klimawandel voran, wodurch Extremwettereffekte und Naturkatastrophen an Wahrscheinlichkeit gewinnen (Lehmann, 2007). Ein weiteres Problem, das durch die Verbrennung von Treibstoff entsteht, ist die Verschlechterung der Luftqualität. So emittieren Lieferfahrzeuge während einer Pakettour 23,3 Gramm Stickoxide und 3,6 Gramm Feinstaub in die Umwelt (Dürand, 2016). Stickoxide sind dafür verantwortlich, dass die Wahrscheinlichkeit an Atemwegs- und Krebserkrankungen zu leiden steigt, wohingegen Feinstaub mit einem erhöhten Mortalitätsrisiko in Verbindung gebracht wird (Heinrich et al., 2005). Insbesondere Fahrzeuge die durch Diesel angetrieben werden, gehören zu den Hauptverantwortlichen für die Feinstaubbelastung (WMO/IGAC, 2012).

Als weitere Herausforderung wird die Veränderung des Bestellverhaltens angesehen. Es zeichnet sich der Trend, hin zur Atomisierung der Bestellgrößen, ab. Dieser zeichnet sich dadurch aus, dass Kunden häufiger Bestellungen tätigen, jedoch die bestellten Mengen kleiner werden. Zusteller müssen daher eine steigende Zahl an Kunden beliefern, dementsprechend nehmen die Pakettouren eine längere Zeitdauer in Anspruch oder es werden mehr Zusteller und Zustellfahrzeuge benötigt (Logemann, 2007). Zu guter Letzt gilt es für die KEP-Dienstleister, die Belastung des Straßennetzes zu den Hauptverkehrszeiten durch Einsatz der Lieferfahrzeuge so gering wie möglich zu halten. Das Anliegen rührt daher, dass beispielsweise in Deutschland bis zu einem Drittel des urbanen Verkehrsaufkommens auf den Wirtschafts- und Güterverkehr zurückzuführen ist (Wermuth et al., 2012). Das Ausweichen auf besonders frühe oder späte Auslieferungen erweist sich jedoch als schwierig, weil die

Lärmbelästigung der gegenwärtig eingesetzten Lieferfahrzeuge als zu hoch angesehen wird (Kampker et al., 2016).

In Städten zeichnen sich insbesondere die Verschlechterung der Luftqualität und das hohe Verkehrsaufkommen als Hauptprobleme ab. Durch das gestiegene Verkehrsaufkommen in Städten (Parrish und Stockwell, 2015) kommt es häufiger zu Staubbildung, die eine zuverlässige und schnelle Auslieferung erschwert. Zudem ist der daraus resultierende Stop-and-Go Verkehr von hohen Verbrauchswerten geprägt (Frey et al., 2003). Durch die hohen Verbrauchswerte, aber auch den vermehrten Einsatz der Lieferfahrzeuge, verschlechtert sich die Luftqualität in den Städten (WHO, 2014a), auch im Verhältnis zur Luftqualität im ländlichen Raum, stetig. Städte scheinen somit stärker von den Problemen der letzten Meile betroffen zu sein als der ländliche Raum. Das Extremszenario der Stadt stellt die sogenannte Megastadt dar.

## **2.2. Megastädte**

Eine generelle Definition der Megastadt existiert nicht, vielmehr wird sie als besonders große Stadt bezeichnet (Just, 2008; United Nations, 2016). Bereits bei der Einwohnerzahl divergieren die Meinungen, ab welcher Größe eine Stadt als Megastadt angesehen werden kann (Hoerning, 2012). In der Literatur wird häufig die vorgeschlagene Größe der Vereinten Nationen verwendet, die Städte mit einer Einwohnerzahl von über 10 Millionen als Megastadt definieren. Für die verwendete Definition werden nicht die Stadtgrenzen, sondern die Stadt inklusive des angrenzenden Umlandes betrachtet. Stand Juli 2016 existieren, nach der Definition der Vereinten Nationen, 31 Megastädte, von denen 24 in Entwicklungs- oder Schwellenländern liegen, sechs davon in China. Die Prognose der Vereinten Nationen deutet darauf hin, dass die Population der ländlichen Bevölkerung bis 2030 in etwa stagnieren wird, aber der prozentuelle Anteil der Landbevölkerung im Verhältnis zur Gesamtbevölkerung, aufgrund eines Wachstums der Stadtbevölkerung, zurückgehen wird. Damit einhergehend steigt die Anzahl der Megastädte, die im Jahr 2030 bei 41 liegen soll (United Nations, 2016).

Just (2008) stellt fest, dass in den Megastädten gewisse Probleme stärker vertreten sind als in kleineren Städten oder in ländlichen Räumen. Hierzu zählt er die hohen Immobilienpreise, die Umweltverschmutzung, die Verkehrsprobleme und den schlechteren Gesundheitszustand der Einwohner. Ergänzend sieht er in der Kriminalität und in der hohen Komplexität der Regierbarkeit zwei weitere Probleme (Just, 2008). Hoerning (2012) widerspricht der Aussage und stellt fest, dass es kein Merkmal gibt, das auf jede Megastadt zutrifft, abgesehen von der Größe und Einwohnerzahl. Ihrer Ansicht nach existieren vielmehr Tendenzen oder leichte Zusammenhänge. Dennoch merkt sie an, dass beinahe alle Megastädte von Verkehrsproblemen durch überfüllte Straßen betroffen sind (Hoerning, 2012).

Den hohen Einwohnerzahlen in Megastädten geschuldet, werden erhebliche Mengen von Abgasen emittiert, die innerhalb, aber auch außerhalb der Städte, Schaden anrichten

(Baklanov et al., 2016). Neben dem CO<sub>2</sub>-Ausstoß, der globale Auswirkungen aufgrund des Klimawandels hat, verschlechtert sich im Speziellen die Luftqualität der Megastädte stetig. Insbesondere Feinstaubpartikel sind dabei hervorzuheben, da sie neben Gesundheitsrisiken auch für starke Sichtbeeinträchtigung sorgen (Huang et al., 2009) und weit über Stadtgrenzen hinausgetragen werden können. Die asiatischen Megastädte sind im Besonderen von den Schadstoffen in der Luft betroffen. So werden allein der Luftverschmutzung in China jährlich 350.000-500.000 Kindstode zugeschrieben (o.V., 2014). Dadurch avanciert Luftverschmutzung zum größten ökologischen Gesundheitsrisiko weltweit (WHO, 2014b).

Während in den europäischen Megastädten der größte Teil der Emissionen durch den Transportsektor verursacht wird, ist der Hauptverursacher der Emissionen in asiatischen Megastädten der Einsatz von Brennstoff, der während der Heiz- und Kochvorgänge benötigt wird (Baklanov et al., 2016). Der Transportsektor holt im Bereich der Luftverschmutzung in China jedoch immer weiter auf. Einer der Gründe dafür liegt in der Atomisierung der Sendungsgrößen, gepaart mit dem Wachstum der Bestellvorgänge (Parrish und Stockwell, 2015). Einen negativen Einfluss auf den logistischen Transportsektor kann in vielen Megastädten die Regierung durch gesetzliche Vorschriften ausüben (Dablanc, 2007). So können Zustellfahrzeuge im Beladungsgewicht oder in ihrer Größe begrenzt werden, gleichzeitig können Straßen für diese Fahrzeuge gesperrt sein (Arvidsson et al., 2013). Die Maßnahmen dienen meist der Schonung der Straßen oder der Stauvermeidung. Doch führen die Restriktionen generell zu suboptimalen Lösungen für die Transportunternehmen (Muñuzuri et al., 2012), da die Fahrzeuge entweder nicht voll beladen werden können oder Strecken befahren werden müssen, die länger als die Ausgangsrouten sind. Zudem besteht die Möglichkeit, dass das Verkehrsaufkommen auf bestimmten Straßen sinkt, es dafür jedoch auf anderen Strecken ansteigt (Vieira et al., 2015). Aufgrund der somit entstehenden suboptimalen Lösungen, wird für die Pakettouren mehr Treibstoff benötigt und der Emissionsausstoß steigt an. Daraus lässt sich schließen, dass staatliche Regularien, die die Zusteller beschränken, Auswirkungen auf den Emissionsausstoß auf der letzten Meile haben. Dadurch können die bereits hohen Umweltbelastungen auf der letzten Meile noch weiter ansteigen. Demzufolge sind Städte mit strikten politischen Regularien, die den Logistiksektor betreffen, stärker vom Emissionsausstoß der letzten Meile betroffen - ein Umstand, der insbesondere auf die chinesischen Megastädte zutrifft.

### **2.3. Chinesische Megastädte**

Die Entwicklung hin zu den Megastädten begann sich ab dem Jahr 1978 abzuzeichnen. Die chinesische Regierung führte eine Reihe von Reformen ein, die den Urbanisierungsprozess vorantrieben (Manske-Wang und Genosko, 2016). Während der Urbanisierungsgrad 1978 bei 17,9% lag, stieg er bis 2015 auf 56,1% an (National Bureau of Statistics China, 2016). Gegenwärtig existieren sechs Megastädte in China, geordnet nach absteigender Einwohnerzahl lauten sie: Shanghai, Peking, Chongqing, Guangzhou, Tianjin und Shenzhen. Dabei weisen Shanghai und Peking Einwohnerzahlen von über 20 Millionen auf (United

Nations, 2016). Jede der Megastädte ist gekennzeichnet durch einen Stadtkern mit hoher Bevölkerungsdichte, der von ländlichen Regionen mit geringerer Bevölkerungsdichte umschlossen ist (K. Wu et al., 2017). Der Urbanisierungsprozess sorgte für ein Wohlstandswachstum, insbesondere in den urbanen Räumen Chinas, woraus ein Anstieg der Kaufkraft resultierte (Manske-Wang und Genosko, 2016). Mit der ansteigenden Kaufkraft einhergehend, begann der Privatbesitz an Fahrzeugen seit den 1990ern beinahe exponentiell zu wachsen. So befanden sich im Jahr 1990 0,82 Millionen Fahrzeuge im Privatbesitz, wohingegen es in 2015 bereits 141 Millionen waren (National Bureau of Statistics China, 2016). Der Anstieg der Fahrzeuge auf den Straßen Chinas zog größtenteils zwei Auswirkungen nach sich: zum einen die Verschlechterung der Luftqualität, zum anderen ein erhöhtes Verkehrsaufkommen. Diese beiden Probleme sind in den meisten chinesischen Städten anzutreffen, jedoch verstärkt in den chinesischen Megastädten (Song, 2015).

Innerstädtische Luftverschmutzung ist eine der größten, omnipräsenten Herausforderungen, denen chinesische Megastädte gegenüberstehen. Beispielsweise wurde im Jahr 2014 die Luftverschmutzung Pekings an 110 Tagen als moderat oder schwerwiegend eingestuft (K. Wu et al., 2017). Obwohl hohe Konzentrationen von Schwefeldioxid, Stickoxiden in der Luft festgestellt werden konnten, zeichnet sich die Feinstaubbelastung als größte Herausforderung der chinesischen Megastädte ab (Huang et al., 2009; Song et al., 2006). In vielen chinesischen Städten sorgt die Verbrennung von Kohle zur Stromerzeugung für die hohe Feinstaubbelastung. Das jährliche Wachstum des Gütertransports sorgt jedoch dafür, dass der Logistiksektor in Zukunft zum Hauptverantwortlichen der Feinstaubbelastung avancieren könnte (Hao et al., 2015). Dabei überstieg die Konzentration von Feinstaub in Peking die vorgeschriebenen Richtwerte der WHO im Januar 2013 um das zwanzigfache (J. K. Zhang et al., 2014; R. H. Zhang et al., 2014).

Die zweite Herausforderung, die vor allem chinesische Megastädte betrifft, ist die hohe Verkehrsbelastung. Das Stauaufkommen auf den innerstädtischen Straßen chinesischer Megastädte wächst von Jahr zu Jahr. So liegt die Durchschnittsgeschwindigkeit auf den innerstädtischen Straßen Pekings während der Hauptverkehrszeiten zwischen 25 und 28 km/h (K. Wu et al., 2017). Dementsprechend ist die Verkehrsbelastung in den Großstädten einer der Hauptbeschwerdepunkte chinesischer Einwohner. Das Resultat des vermehrten Stauaufkommens sind verlängerte Fahrzeiten, ein erhöhter Treibstoffverbrauch, die damit verbundene ansteigende Luftverschmutzung sowie eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für Verkehrsunfälle (Song, 2015). Festzuhalten ist, dass Luftverschmutzung und Verkehrsbelastung nicht separat betrachtet werden dürfen, sondern eng miteinander verbunden sind (K. Wu et al. 2017). Der Grund dafür liegt im erhöhten Treibstoffverbrauch, der durch die verlängerten Fahrzeiten und das kontinuierliche Anfahren und Abbremsen der Fahrzeuge beeinflusst wird.

Um dem Problem der überfüllten Straßen zu begegnen, begann die chinesische Regierung das Straßennetz weiter auszubauen (Song, 2015). So verdreifachte sich die Anzahl der Straßen

von 1999 bis 2011, doch die Belastung der Straßen durch Personen- und Güterverkehr wuchs schneller als die Erweiterung des Straßennetzes vorstättenging (Braun et al., 2014). Zudem kann die Infrastruktur nur bis zu einem bestimmten Maß ausgebaut werden und hat in den urbanen Räumen Chinas oft bereits die Kapazitätsgrenzen erreicht (Höfer et al., 2015). Daraufhin entschied die chinesische Regierung gezielt Regularien zu erlassen, um die Nachfrage, weg vom Transport per Privatauto, hin zu anderen Transportmitteln zu verschieben.

Da die Nachfrage von Privatfahrzeugen in China enorm hoch ist, wurde die Anzahl der Zulassung in fünf der sechs Megastädte Chinas reguliert. Gegenwärtig existieren zwei Verfahren, um eine Zulassung für ein Privatfahrzeug zu erhalten. Die erste Möglichkeit ist eine Lotterie, hierbei wird zu Beginn eine bestimmte Anzahl an Gewinnern festgelegt, daraufhin werden die Gewinner per Zufall ermittelt und ihnen wird eine Lizenz zugesprochen. Die zweite Möglichkeit sind Auktionen, bei denen auf Fahrzeugzulassungen geboten wird, wobei auch hier eine zuvor festgelegte Anzahl an Personen, die eine Lizenz erhalten, existiert. Der Unterschied liegt darin, dass bei der Auktion die Höchstbietenden die Fahrzeuglizenzen erhalten, während bei der Lotterie der Zufall entscheidet. Jede der chinesischen Megastädte kann selbst die Entscheidung treffen ob und in welcher Form Fahrzeuglizenzen reguliert werden. In Shanghai existiert eine Kombination aus Lotterie und Auktion, während in Peking nur die Möglichkeit der Lotterie vorhanden ist, um eine Fahrzeuglizenz zu erhalten. Die Bewohner der Städte Shenzhen, Guangzhou und Tianjin können zwischen der Lotterie und der Auktion wählen. Das Problem der Lotterie liegt in den durchschnittlichen Wartezeiten, die in Peking und Tianjin über 14 Jahre beträgt. Der Erwerb einer Fahrzeuglizenz bei den Auktionen zeichnet sich hingegen durch hohen Kosten aus, die in Shanghai bei umgerechnet bis zu 11.000 Euro liegen können (Diao et al., 2016). Song (2015) kritisiert sowohl an den Lotterien als auch an den Auktionen, dass sie nur Personen betrifft, die sich nach der Einführung der Fahrzeuglizenzregulierung ein Privatauto zulegen wollen (Song, 2015).

Als weitere Maßnahme wurde in den Städten Peking und Tianjin entschieden, jedes Fahrzeug einen Tag der Woche nicht am Straßenverkehr teilhaben zu lassen. Somit ist täglich ein Siebtel der zugelassenen Vehikel vom Verkehr ausgeschlossen. Dieses Verbot wurde um den Zusatz erweitert, dass es an Tagen mit hoher Luftverschmutzung der Hälfte der zugelassenen Fahrzeuge nicht erlaubt ist, das Straßennetz zu nutzen (Diao et al., 2016). Song (2015) bemängelt an dieser Maßnahme, dass sie dazu führen kann, dass sich Haushalte ein zweites Fahrzeug zulegen, um die Restriktion zu umgehen (Song, 2015).

Zur Verbesserung der Luftqualität hat die chinesische Regierung Emissionsstandards für leichte und schwere Nutzfahrzeuge seit 2000 respektive 2001 erlassen. Die Emissionsstandards wurden seit ihrer Einführung verschärft und inkludieren ein größeres Spektrum an Abgasen. Zu Beginn wurden die Standards festgelegt, um Fahrzeuge mit niedrigeren Emissionswerten kennzeichnen zu können. Später wurden sowohl leichte Nutzfahrzeuge, die den Emissionsstandard „China 1“, als auch schwere Nutzfahrzeuge, die

Emissionsstandard „China III“ nicht erfüllten, mit einer gelben Plakette ausgestattet (Wu et al., 2016). Während China 1 den CO<sub>2</sub>-, Kohlenwasserstoff- und Stickoxidausstoß betrachtet, bezieht der China III Standard neben den genannten Abgasen ebenfalls den Feinstaubausstoß mit ein. Werden Fahrzeuge mit der gelben Plakette gekennzeichnet, ist es den Fahrzeugen untersagt bestimmte Regionen zu befahren (Wu et al., 2011). In China gilt Peking in diesem Bereich als Vorreiter, da bereits 2003 ein kleiner Teil Pekings nur ohne gelbe Plakette befahren werden konnte. Die Region wurde daraufhin stetig ausgeweitet und seit Ende des Jahres 2015 ist es innerhalb der Stadtgrenzen Pekings verboten ein Fahrzeug, das mit gelber Plakette gekennzeichnet ist, zu fahren. Die anderen Megastädte folgten dem Beispiel Pekings. Dadurch hat jede Megastadt heute einen bestimmten Bereich, in dem das Fahren nur ohne gelbe Plakette genehmigt ist (Y. Wu et al., 2017).

Durch die dargestellten Restriktionen sind die chinesischen KEP-Dienstleister gezwungen, sich den gegebenen Umständen anzupassen. Die chinesische KEP-Dienstleisterlandschaft besteht aus vielen kleinen bis mittelständischen Unternehmen, die als Franchisenehmer handeln. Die Franchisenehmer erhalten ihre Aufträge zumeist nicht von den Kunden oder Spediteuren, sondern von den Franchisegebern (Hayashi et al., 2014). Aufgrund der Maßnahme, dass jedes Fahrzeug, abgesehen von bestimmten Ausnahmen, einen Tag der Woche die Straßen Pekings und Tianjins nicht befahren darf, sind dauerhaft Teile der Zustellfahrzeuge von der Verwendung ausgeschlossen. An Tagen mit hoher Luftverschmutzung steigt die Anzahl der nicht verwendbaren Fahrzeuge, sodass die Hälfte der Lieferfahrzeuge nicht einsetzbar ist. Zudem führen die Lotterien und Auktionen der chinesischen Megastädte dazu, dass Personen, die ein Fahrzeug erwerben wollen, um als Franchisenehmer agieren zu können, entweder auf ihr Glück angewiesen sind oder hohe Summen für den Erwerb einer Lizenz zahlen müssen. Des Weiteren können Fahrzeuge, die durch die gelbe Plakette gekennzeichnet sind, die Innenstädte nicht befahren. Hierzu zählen insbesondere dieselbetriebene schwere Nutzfahrzeuge wie Lastkraftwagen, da ihr Feinstaub- und Stickoxidausstoß zu hoch ist sowie Motorroller und -räder, weil ihr Kohlenstoffdioxidausstoß generell über den vorgegebenen Richtwerten liegt (S. Zhang et al., 2014).

Als weiteres Hindernis sind die engen Straßen zu nennen, die häufig in den Stadtkernen zu finden sind. Allgemein hin werden sie als Hutongs bezeichnet und können nicht von Klein- oder Großtransportern befahren werden, da die Fahrzeuge zu breit für die Hutongs sind (Zacharias und Zhang, 2015). Des Weiteren können die Städte festlegen, dass Straßen oder Bereiche für bestimmte Fahrzeuge gesperrt sind oder es ihnen nur zu bestimmten Tageszeiten gestattet ist, die Bereiche zu befahren (Diao et al., 2016). So ist zum Beispiel das Fahren von Krafträdern in Guangzhous Innenstadt gesetzlich untersagt (Government of Guangzhou Municipality, 2010). Zudem ist es in Shanghai nur schweren Nutzfahrzeugen mit den Buchstaben „BH“ im Nummernschild gestattet, am Tag in die Innenstadt zu fahren. Anzumerken ist, dass die Nummernschilder nur mit der Zustimmung der städtischen Regierung ausgestellt werden. Die Restriktion kann nur durch den Erwerb spezieller Lizenzen

umgangen werden oder indem Verträge mit Franchisegebern abgeschlossen werden, die im Besitz der Nummernschilder sind und diese den Franchisenehmern zur Verfügung stellen (Hayashi et al., 2014).

Die unterschiedlichen Regularien sind Ursachen dafür, dass die Belieferung auf der letzten Meile in den chinesischen Megastädten nicht effizient durchgeführt werden kann: „There [are] some major bottlenecks in last mile delivery in China“ (Han, 2015, S. 1). Ein Großteil der Zustellungen wird daher von zwei- und dreirädrigen Elektrorollern ausgeführt, da sie umgerechnet nur einige hundert Euro kosten, keine Zulassung benötigen, von ihren Haltern selten registriert werden und auf den Radwegen fahren dürfen (Buckley, 2016; Han, 2015; Höfer et al., 2015). Neben den zwei- und dreirädrigen Elektrorollern werden kraftstoffbasierte Kleintransporter zur Auslieferung eingesetzt, hierfür sind als Hauptgrund die erlassenen Regularien hinsichtlich der schweren Nutzfahrzeuge zu nennen (Liu et al., 2007). So dienen die Regularien der Megastädte zwar der Verbesserung des Verkehrs (Diao et al., 2016), doch schränken sie die Flexibilität und Effizienz der KEP-Dienstleister ein. Außerdem kann der Umstieg von großen Lieferwagen zu Elektrorollern und -rädern oder kraftstoffbasierten Kleintransportern den Verkehr verschlechtern, weil mehr Fahrzeuge benötigt werden, um die Zustellung auszuführen (Hayashi et al., 2014). Die Restriktionen für KEP-Dienstleister können einer der Gründe sein, weshalb die Logistikkosten in China 18% des Bruttoinlandsprodukts betragen, während sie in Industrienationen einen Anteil von 8% ausmachen (Bookbinder, 2013; Robert, 2010). Daher implizieren Hayashi et al. (2014), dass die KEP-Dienstleister nicht von den Fahrzeugregularien betroffen sein sollten (Hayashi et al., 2014).

Die Problematik der letzten Meile gewinnt durch die Entwicklung des E-Commerce in China an Relevanz. Während 2004 der Anteil des Onlinehandels an verkauften Handelswaren bei 0,4% lag, stieg er bis 2014 auf 10,4% an (Jingqiao, 2017). Im Jahr 2015 wies der Onlinehandel ein Wachstum von 33,3% auf und verzeichnete einen Gesamtumsatz von umgerechnet über 500 Milliarden Euro (National Bureau of Statistics China, 2016). Prognosen gehen dabei auch in den kommenden Jahren von einem Wachstum des chinesischen E-Commerce aus (Jingqiao, 2017). Hou (2014) vertritt die Meinung, E-Commerce sei lediglich ein Konzept, das sich ohne die dazugehörige Logistik langfristig nicht weiterentwickeln kann. In seinen Augen beschränken jedoch einzelne Teile der aktuellen chinesischen Logistik das Wachstum des E-Commerce. So bemerkt er einen Mangel an logistischer Infrastruktur und sieht die logistischen Prozesse als rückständig an, aufgrund eines geringen Automatisierungsgrades (Hou, 2014). Diese Aussagen werden von Hayashi et al. (2014) unterstützt, da sie beobachten konnten, wie verschiedene logistische Abläufe händisch und unter freiem Himmel erfolgten (Hayashi et al., 2014). Jingqiao (2017) begründet die Problematiken damit, dass die gegenwärtige Logistik nicht in der Lage sei, mit dem starken Wachstum des E-Commerce mitzuhalten (Jingqiao, 2017).

Die Frage, die durch die verschiedenen Problematiken aufgeworfen wird, ist, ob andere Transportmodi Vorteile gegenüber den jetzigen aufweisen, die einen Wechsel vom gegenwärtigen Transportkonzept zu einem anderen rechtfertigen. „Die letzte Meile ist der Flaschenhals der Logistikkette und birgt gleichzeitig das größte Entwicklungspotenzial für neue Fahrzeug- und Mobilitätskonzepte“ (Höfer et al., 2015, S. 77). Es könnte die Möglichkeit bestehen, den Problemen der Luftverschmutzung und Verkehrsbelastung besser entgegenzuwirken. Gleichzeitig könnte eine Lösung gefunden werden, bezüglich dem wachsenden E-Commerce und der damit einhergehenden steigenden Anzahl an Zustellungen in chinesischen Megastädten. Bei der folgenden Betrachtung sollen neben den aktuellen Transportmodi nur die Transportmodi betrachtet werden, die bereits erste Testphasen durchlaufen haben und in größerer Zahl einsatzbereit wären. Daher werden beispielsweise die Konzepte des „Blue Sky Transport Design Awards“ (Pressestelle der Deutschen Post DHL, 2015) und der von der Technischen Universität München in Kooperation mit MAN entwickelte „MANgo“ (Höfer et al., 2015) vernachlässigt. Außerdem werden Motorroller und -räder nicht betrachtet, auch wenn sie noch zur Belieferung eingesetzt werden, da sie auf rechtlicher Basis, wegen ihres generell zu hohen Emissionsausstoßes, vom Straßenverkehr ausgeschlossen sind (S. Zhang et al., 2014).

### **3. Transportmodi und ihr gegenwärtiger Nutzen**

#### **3.1. Zwei- und dreirädrige Elektrofahrzeuge**

Ein Großteil der innerstädtischen Auslieferungen in chinesischen Megastädten wird von zwei- und dreirädrigen Elektrofahrzeugen ausgeführt. Dabei erfolgt die generelle Unterscheidung zwischen Elektrorollern und -rädern. Während der Elektromotor der Elektroräder die Tretbewegung unterstützt, verzichtet der Elektroroller vollständig auf die Tretbewegung des Fahrers, da er durch einen batteriebetriebenen Elektromotor angetrieben wird (Weinert et al., 2008). Die Güterbeförderung von zwei- und dreirädrigen Elektrofahrzeugen erfolgt entweder in verbauten Transportbehältern oder die Güter werden auf den Rücksitzen und Gepäckträgern befestigt. Elektroräder mit verbautem Transportbehälter werden auch als Lastenpedelec bezeichnet (Rothfuss und Le Bris, 2013). Die zwei- und dreirädrigen Elektrofahrzeuge zeichnen sich dahingehend aus, dass ihre Anschaffungskosten bei einem Bruchteil der Kosten von Personenkraftwagen oder Kleintransportern liegen. Zudem wird für die Fahrt weder eine Fahrzeuglizenz noch ein Führerschein benötigt, da sie unter die Klassifikation eines Fahrrads fallen (Jin et al., 2015). Somit weisen sie eine Art Hybridform zwischen Auto und Fahrrad auf und sind in der Lage, sowohl auf dem Radweg als auch auf der Straße zu verkehren.

Durch das Ausweichen auf die Radwege haben Fahrer von Elektrorollern und -rädern die Möglichkeit, den Verkehr während der Hauptverkehrszeiten zu entlasten und Staus zu umfahren. Als weiteren Vorteil sind die niedrigen Emissionswerte zu nennen. So liegen die lokalen CO<sub>2</sub>-, Feinstaub- und Stickoxidwerte beinahe bei null, ergo tragen sie nicht zur



Verschlechterung der Luftqualität oder dem Klimawandel bei (Ling et al., 2015). Auch die Flexibilität stellt einen Pluspunkt dar. Sie ist der kleinen Größe der zwei- und dreirädrigen Elektrofahrzeuge zu verdanken. Durch sie können die Hutongs in den Stadtkernen befahren werden, sodass die Belieferung vor die Haustür des Empfängers möglich ist (Zacharias und Zhang, 2015).

Die Schwachstelle der meisten in China befindlichen Elektroroller und -räder liegt in ihrer maximalen Reichweite, die bei nur 40 Kilometern liegt (Weinert et al., 2008), bevor ein neuer Ladevorgang durchgeführt werden muss. Der Ladevorgang kann bei vollständiger Wiederaufladung sechs bis acht Stunden in Anspruch nehmen (Cherry et al., 2009). Da 95% der Elektroroller und -räder in China mit wiederaufladbaren Bleibatterien angetrieben werden, kann die maximale Reichweite nach häufigem Wiederaufladen noch weiter sinken. So liegt die Leistung der durchschnittlichen Bleibatterie für zwei- und dreirädrige Elektrofahrzeuge nach 300 Wiederaufladungen bei etwa 80% der Leistung einer neuwertigen Bleibatterie (Liu et al., 2015). Zu guter Letzt liegt die Geschwindigkeit der Elektroroller und -räder unter der der restlichen Verkehrsteilnehmer. Aus diesen Gründen wurden Kampagnen gestartet, in deren Rahmen Gesetze erlassen wurden, die Elektroroller und -räder von der Straßennutzung ausschließen sollten. Das Resultat der daraufhin erlassenen Regularien war, dass sie von den Nutzern der Elektroroller und -räder umgangen oder ignoriert wurden (Zacharias und Zhang, 2015).

### **3.2. Kraftstoffbasierte Kleintransporter**

Neben den Elektrorollern und -rädern fungieren kraftstoffbasierte Kleintransporter als alternativer Zustellmodus für die Zustellung auf der letzten Meile, da schwere Nutzfahrzeuge in den chinesischen Megastädten reguliert sind (Liu et al., 2007). Die auszuliefernden Pakete werden von den Mitarbeitern der KEP-Dienstleister im Laderaum der Kleintransporter verstaut und daraufhin von den Zustellern an die Kunden ausgeliefert. Der Vorteil der kraftstoffbasierten Kleintransporter liegt in den Mengen, die transportiert werden können. So weist der „Berlingo Kastenwagen“ in der Langversion von Citroën eine Nutzlast von 674 Kilogramm auf, mit einem Laderaumvolumen von 3,7 Kubikmetern. Die Zahlen für Nutzlast und Laderaumvolumen können von Modell zu Modell variieren (Zunke, 2009). Sie zeigen jedoch den Größenvorteil der Kleintransporter, der gegenüber den zwei- und dreirädrigen Elektrofahrzeugen existiert. Als weiterer Pluspunkt kann die Reichweite der kraftstoffbasierten Kleintransporter angesehen werden, so können Distanzen von 700 Kilometern als realistisch betrachtet werden (Katterbach, 2016). Außerdem muss für die Weiterfahrt lediglich der Tank wiederaufgefüllt werden, anstatt, wie beim elektrischen Pendant, die Aufladung der Batterie abzuwarten oder einen Batteriewechsel vorzunehmen (Wan et al., 2015).

Das Problem, das mit der schnellen Wiedereinsatzbereitschaft einhergeht, ist die Verwendung von fossilen Brennstoffen. Im Fall der eingesetzten Kleintransporter in China wird

hauptsächlich Diesel als Kraftstoff verwendet (Zhang et al., 2016). Bei der Verbrennung zeichnet sich Diesel durch hohe Feinstaub-, CO<sub>2</sub>- und Stickoxidwerte aus (Pui et al., 2014), ergo wird durch den Einsatz von kraftstoffbasierten Kleintransportern sowohl die Luftqualität verschlechtert als auch der Klimawandel beschleunigt. Daher sind sie in Tianjin und Peking einen Tag der Woche von der Benutzung des Straßennetzes ausgeschlossen (Diao et al., 2016). Hieraus lässt sich ein weiteres Manko ableiten und zwar die Abhängigkeit vom Straßennetz, da die kraftstoffbasierten Kleintransporter nicht in der Lage sind, auf die Geh- oder Fahrradwege auszuweichen. Auch frühe oder späte Belieferungen sind aufgrund der zu lauten Motorengeräusche nicht möglich (Kampker et al., 2016), wodurch Zustellungen in den Hauptverkehrszeiten durchgeführt werden müssen, die häufig mit hohem Stauaufkommen verbunden sind. Als weitere Herausforderung sind die Kleintransporter zu breit, um die innerstädtischen Hutongs direkt beliefern zu können, sodass die Zusteller den Weg durch diese Straßen zu Fuß zurücklegen müssen, um das Paket auszuliefern (Zacharias und Zhang, 2015). Zu guter Letzt existiert die Problematik der eigentlichen Beschaffung eines kraftstoffbasierten Kleintransporters infolge der Fahrzeuglizenzregulierung in den chinesischen Megastädten durch Lotterien oder Auktionen (Diao et al., 2016). Von dieser Regulierungsmaßnahme sind die Kleintransporter mit Elektromotor hingegen ausgeschlossen.

### **3.3. Kleintransporter mit Elektromotor**

Ziel der chinesischen Regierung ist es, bis 2020 5 Millionen Elektrofahrzeuge in Umlauf gebracht zu haben (Wan et al., 2015), die Absichten daraus resultieren aus verschiedenen Gründen. Zum einen soll die Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes durch die CO<sub>2</sub>-armen Elektrofahrzeuge gewährleistet werden. Zum anderen besteht die Intention, die inländische Energieversorgung zu gewährleisten, da China gegenwärtig abhängig von importiertem Öl ist. Des Weiteren liegt der Fokus auf der Verminderung von Emissionen wie Feinstaub und Stickoxiden, deren Realisierung durch den Umstieg auf Elektrofahrzeuge weiter vorangetrieben werden kann. Abschließend beabsichtigt die chinesische Regierung, die inländische Automobilindustrie weiter zu stärken und wachsen zu lassen. Dieses Vorhaben lässt sich durch den Absatz einheimisch hergestellter Elektrofahrzeuge erreichen (The World Bank, 2011).

Die Herausforderung bei Elektrofahrzeugen ist, dass Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor in verschiedenen Bereichen als leistungsfähiger angesehen werden. So liegt die Reichweite von Elektrofahrzeugen bei etwa 300 Kilometern (Bertram und Bongard, 2014). Einer der Hauptgründe dafür liegt im hohen Gewicht der Batterie, mit der der Elektromotor angetrieben wird (Katterbach, 2016). Zudem sind die Ladezeiten der Batterie von drei bis sechs Stunden relativ hoch, wodurch eine direkte Weiterfahrt nur durch den Austausch der Batterie vorstattengehen kann. Als Alternative kann die Batterie des Vehikels in 20 bis 40 Minuten mittels Starkstrom aufgeladen werden, die Problematik an diesem Verfahren ist jedoch, dass besondere Sicherheitsvorschriften beachtet werden müssen und die Aufladung mit hohen Kosten verbunden ist (Wan et al., 2015). Omnipräsent ist das Problem der fehlenden

Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge. In Peking wird die Problematik dahingehend erschwert, dass kaum einer der festen Parkplätze den Fahrzeugbesitzern gehört (Wang und Yuan, 2013) und nur wenige der Grundstückbesitzer bereit wären eine Ladesäule zu installieren. Der Beweggrund für die geringe Bereitschaft liegt in den niedrigen Gewinnen, die mit den Ladesäulen erzielt werden können, so liegen sie bei unter einem Zehntel der Gewinne, die durch eine Tankfüllung eingenommen werden können (Wan et al., 2015).

Um das Interesse der chinesischen Bevölkerung für Elektrofahrzeuge trotz der Nachteile zu wecken, werden Elektrofahrzeuge monetär und nicht-monetär subventioniert. Die Subventionen werden insbesondere durch die städtischen Regierungen der chinesischen Megastädte vergeben. Als nicht-monetäre Subvention erhalten Käufer eines Elektrofahrzeugs in Shanghai eine Fahrzeuglizenz, ohne sie auf einer Auktion ersteigern zu müssen. In den Städten Peking, Tianjin und Guangzhou wird die Fahrzeuglizenz ohne Teilnahme an der Lotterie gewährt (Wan et al., 2015). Zudem sind Elektrofahrzeuge in Peking von der Restriktion befreit, einen Wochentag nicht am Straßenverkehr teilnehmen zu dürfen (Wang et al., 2017). Der Grund hierfür liegt auch in den lokal emittierten Emissionen, die sehr gering sind und somit keinen Beitrag zur Luftverschmutzung leisten (Diao et al., 2016). Monetäre Subventionen werden den inländischen Käufern gewährt, wenn sie die Elektrofahrzeuge der chinesischen Automobilhersteller erwerben. Die Subventionen variieren von Stadt zu Stadt, können jedoch einen Wert von umgerechnet 8000 Euro übersteigen (Wan et al., 2015). Diao et al. (2016) kommen zu dem Schluss, dass die Subventionen insbesondere in den Megastädten Peking und Shanghai lohnenswert sind, da in diesen Städten eine niedrigere Wahrscheinlichkeit besteht, eine Lizenz in der Lotterie zu gewinnen oder besonders hohe Preise in der Auktion veranschlagt werden (Diao et al., 2016).

Für die KEP-Dienstleister sind Kleintransporter mit Elektromotor von Interesse, da sie in der Lage sind, ein größeres Transportvolumen auszuliefern als Elektroroller und -räder. Der große Vorteil der elektrischen Kleintransporter in chinesischen Megastädten gegenüber den kraftstoffbasierten Kleintransportern ist die Erlaubnis, täglich einsatzfähig zu sein, zudem muss weder auf die Lizenz gewartet werden, noch muss sie für hohe Preise erworben werden. Als weiterer Pluspunkt existiert die Möglichkeit der besonders frühen und späten Auslieferung aufgrund der leisen Motorgeräusche, sodass die Hauptverkehrszeiten umgangen werden können und die Zustellung effizienter erfolgen kann (Kampker et al., 2016). Dennoch existiert das Problem, dass Kleintransporter vom Straßennetz abhängig sind und im Stadtkern die Hutongs nicht befahren können, dementsprechend im Belieferungsgebiet eingeschränkt sind.

### **3.4. Lieferdrohnen**

Unabhängig vom Straßennetz sind die Lieferdrohnen. Allgemein werden Drohnen als unbemannte Flugobjekte definiert, die entweder von Menschenhand gesteuert werden oder autonom zum Ziel fliegen (Murray und Chu, 2015). In einem Interview im Jahr 2013 verriet

Jeff Bezos, Gründer und Präsident von Amazon, mit Drohnen im Bereich der Paketzustellung zu experimentieren (Albanesius, 2014). Unternehmen aus verschiedenen Branchen folgten seiner Idee und begannen selbst, Lieferdrohnen zu entwickeln. So arbeiten beispielsweise Google, Wal-Mart oder DHL an eigenen Drohnenkonzepten (Gillies, 2015; Menn, 2016b). Außerdem existieren Unternehmen, die hauptsächlich an der Entwicklung von Drohnen forschen und sie dann Unternehmen zum Kauf anbieten. Ein Beispiel hierfür ist der Drohnenentwickler Flirtey, dessen Lieferdrohnen von der Pizzakette Domino's erworben wurden (MH&L Staff, 2016). Auch JD.com, neben Alibaba eines der führenden chinesischen E-Commerce Unternehmen, forscht an der Kreation einer eigenen Drohne zur Auslieferung. So äußerte sich der Vizepräsident von JD.com zu den technischen Eckdaten ihrer Lieferdrohne, die bis zu 15 Kilogramm Gewicht transportieren kann, Fluggeschwindigkeiten von 54 km/h erreicht und in der Lage ist, Flugdistanzen von maximal 20 Kilometern zurückzulegen. Hinzufügend merkte er an, dass sich die aktuellen Zustellungskosten durch den Einsatz der Lieferdrohnen halbieren würden (Qiang, 2016). Neben der Halbierung der Kosten tendiert der lokale Emissionsausstoß der Lieferdrohne durch ihren Batterieantrieb gegen null (Bradl, 2015). Ein weiterer Pluspunkt ist laut Amazon, dass 86% der bei ihnen bestellbaren Waren per Drohne transportiert werden können (Albanesius, 2014). Da JD.com Amazon im breiten Angebotsspektrum ähnelt, lässt sich vermuten, dass der Prozentsatz beim chinesischen Pendant in denselben Regionen liegen wird, sodass ein Großteil der Ware per Lieferdrohne zugestellt werden kann.

Eine der größten Herausforderungen für die Auslieferung per Drohne sind die gesetzlichen Regularien. Der Flug über großen Menschenansammlungen oder in der Nähe von Flughäfen ist untersagt, um den Schutz der Bevölkerung zu gewährleisten. Dennoch sind die Regularien weniger strikt als beispielsweise in den USA oder Deutschland (Gillies, 2015; Schaefer, 2017). Als weiteres Problem wird der aktuelle Stand der Technik angesehen, so haben die Drohnen noch Probleme bei Flügen während starkem Wind, Regen- und Schneefall (Gillies, 2015). Das größte Potenzial für die Zustellung per Drohne kann in den außerhalb liegenden oder schwer erreichbaren Regionen liegen, auch im Hinblick auf Eilzustellungen (Gillies, 2015; Hodge, 2017), da die Restriktionen in ländlichen Gebieten schwächer ausgeprägt sind und schlechte Straßenbedingungen und lange Fahrwege umgangen werden können. JD.com führte im Jahr 2016 erste Zustellungen per Drohne in den ländlichen Regionen durch (Hsu, 2016). Ende 2017 plant JD.com, 100 festgelegte Auslieferungsrouten für die Lieferdrohnen bereitstellen zu können, um die Bevölkerung außerhalb der urbanen Räume am Wachstum des E-Commerce teilhaben zu lassen (Ramli, 2016).

### **3.5. Lieferroboter**

Die Lieferroboter können in ihrer Größe und Ausstattung je nach Entwickler variieren, jedoch sind sie im Allgemeinen in etwa kniehoch, sodass sie der Größe einer Kühlbox entsprechen. Sie sind auf Rädern gelagert und benutzen die Fußwege zur Auslieferung. Dabei werden sie von einer Batterie angetrieben, wodurch der lokale Emissionsausstoß während der

Auslieferung verschwindend gering ist (Dürand, 2016). Zudem unterliegen die Lieferroboter geringen gesetzlichen Regularien, wodurch die Durchführung von Feldversuchen und die damit verbundene Weiterentwicklung erleichtert werden (Wells, 2016). Der Grund dafür liegt darin, dass die Lieferroboter auf den Gehwegen fahren. Ihre Höchstgeschwindigkeit liegt bei sechs km/h, dabei passen sie sich bei Bedarf der Gehgeschwindigkeit der Fußgänger an, um Kollisionen zu vermeiden. Außerdem sind in den Lieferrobotern Kameras und ein Obstacle Sensor verbaut, die das Erkennen und Umfahren von Hindernissen ermöglichen. Durch den Batterieantrieb liegt der Lieferradius aktuell bei maximal fünf Kilometern (Sieweke, 2016). Wells (2016) stellt fest, dass die Zustellung per Lieferroboter sowohl schnell als auch präzise ist (Wells, 2016). Daraus schlussfolgert Herzberger (2016), dass sich die Lieferroboter insbesondere für den Versand frischer Ware eignen (Herzberger, 2016). Anzumerken ist, dass die Kosten für den Lieferroboter verhältnismäßig gering sind, da die Ausgaben für Betrieb, Wartung und weitere Investitionen in das System etwa ein Zehntel der gegenwärtig aufgewendeten Kosten für die letzte Meile betragen (Dürand, 2016).

JD.com startete im September 2016 erste Feldversuche mit ihrem Lieferroboter, der „driverless delivery vehicle“ genannt wird. Der Lieferroboter zeichnet sich dadurch aus, dass er sechs verschieden große Transportfächer besitzt, in denen Lieferungen transportiert werden können. Durch ein integriertes Navigationssystem ist der Lieferroboter in der Lage, die kürzeste Route zum Kunden zu berechnen. Wenn der Lieferroboter sein Ziel erreicht hat, wird der Kunde per App benachrichtigt und erhält einen Zahlencode, welcher daraufhin vom Kunden an der Schaltfläche des Lieferroboters eingegeben wird. Ist der Zahlencode korrekt, öffnet sich das vorgesehene Fach und das Paket kann vom Kunden entnommen werden (Ziyan, 2016). Das estländische Start-Up Unternehmen Starship Technologies stattet ihren Lieferroboter mit einer Diebstahlsicherung aus. Sobald das Gerät angehoben wird, gibt es ein Alarmsignal von sich. Zudem kann es bei Entwendung per GPS geortet werden. Falls das Gerät an Ort und Stelle aufgebrochen wird, um den Inhalt zu entwenden, wird dies durch die im Gerät verbauten Kameras gefilmt. Dadurch ist es möglich, die Täter im Nachhinein leichter ausfindig zu machen (Hodge, 2017). Ähnliche Sicherheitsmaßnahmen sind beim Lieferroboter von JD.com vorstellbar, gezielte Informationen zur Diebstahlsicherung des Lieferroboters von JD.com konnten jedoch nicht ermittelt werden.

### **3.6. Analyse des derzeitigen Nutzens**

Nachdem die Stärken und Schwächen der einzelnen Transportmodi eruiert wurden, gilt es zu betrachten, welcher Transportmodus gegenwärtig am vielversprechendsten erscheint. Um hierzu eine Aussage treffen zu können, soll die Nutzwertanalyse angewendet werden. Die Nutzwertanalyse ist eine Analysemethode, mit der Entscheidungsalternativen anhand gewichteter Kriterien verglichen werden, sodass jeder Entscheidungsalternative ein sogenannter Gesamt- oder Nutzwert zugeordnet werden kann (Zangemeister, 1976).

Der Ablauf der Nutzwertanalyse sieht zu Beginn die Bestimmung der Zielkriterien vor. Jedes Zielkriterium ist so zu formulieren, dass es anhand einer Ordinalskala eingeteilt werden kann (Huch et al., 1992). Des Weiteren soll die Redundanzfreiheit der unterschiedlichen Kriterien gewährleistet werden, gleichzeitig gilt die Voraussetzung, dass keines der Ziele die Erreichung eines anderen Ziels voraussetzt. Nachdem die Zielkriterien bestimmt worden sind, erfolgt die Gewichtung. Die Gewichtung wird vom Ersteller der Nutzwertanalyse festgelegt, somit entspricht sie den Präferenzen des Erstellers. Sie dient als Hilfsmittel, um bestimmten Zielen eine größere oder kleinere Bedeutung zuzuweisen. Die Kriterien werden daraufhin ihrer Gewichtung nach absteigend sortiert, dabei erfolgt die Normierung der Gewichtung auf die Summe eins. Im nächsten Schritt wird der Teilnutzen bestimmt, welcher den Nutzen einer Entscheidungsalternative in Bezug auf eines der Zielkriterien beschreibt. Der Teilnutzen wird dabei auf einen ganzzahligen Wert zwischen eins und fünf festgelegt. Der Wert eins entspricht dabei einer sehr niedrigen, zwei einer niedrigen, drei einer durchschnittlichen, vier einer hohen und fünf einer sehr hohen Erfüllung der Entscheidungsalternative durch das Zielkriterium. Anschließend erfolgt die Nutzwertermittlung der einzelnen Entscheidungsalternativen. Dabei werden die Teilnutzen mit den Gewichten der Kriterien multipliziert. Durch Addition der einzelnen Teilnutzwerte ergibt sich der Nutzwert jeder Entscheidungsalternative. Schlussendlich werden die Entscheidungsalternativen mithilfe ihrer Nutzwerte verglichen und die Alternative mit dem höchsten Nutzwert ausgewählt (Dölle, 1993).

Die in Tabelle 1 dargestellte Nutzwertanalyse vergleicht die fünf zuvor betrachteten Transportmodi, dabei wurden acht Zielkriterien definiert. Die höchste Gewichtung wird den niedrigen Emissionswerten mit 0,25 und der Straßenverkehrsentlastung mit 0,2 zugeteilt, da diese Probleme allgegenwärtig in den chinesischen Megastädten sind. Die niedrigen Emissionswerte werden am höchsten bewertet, da die Verringerung der Emissionen einen direkten Einfluss auf die Mortalitätsrate, Atemwegserkrankungen und den Klimawandel hat (Heinrich et al., 2005; Lehmann, 2007). Die Straßenverkehrsentlastung wirkt sich dahingehend positiv aus, dass Verkehrsstaus umgangen werden können, sodass eine effizientere und zuverlässigere Auslieferung erfolgen kann. Zudem reduziert sich das Verkehrsaufkommen für die restlichen Verkehrsteilnehmer, wodurch die Fahrzeiten reduziert werden können. Da Kunden im internationalen Durchschnitt in 70% der Fälle die günstige Form der Lieferung auswählen (Joerss et al., 2016), folgt das Kriterium der niedrigen Zustellungskosten mit einer Gewichtung von 0,15 direkt nach den beiden wichtigsten Kriterien. Hierbei kann davon ausgegangen werden, dass, abgesehen von den Anschaffungskosten, die Elektroroller und -räder sowie elektrische und kraftstoffbasierte Kleintransporter in etwa dieselben Kosten verursachen. Nachdem bei Verwendung dieser Transportmodi, neben den Kosten für das Betreiben des Fahrzeugs, Personalkosten anfallen.

Die hohe Transportsicherheit wird als relevant eingestuft, um die Kundenzufriedenheit zu gewährleisten und erhält im Folgenden die Gewichtung von 0,1. Eine Schwachstelle zeichnet sich bei den Elektrorollern und -rädern ab, da die Fracht teilweise, wie bereits beschrieben,

nur auf das Fahrzeug geschnallt oder in Boxen verstaut wird, wodurch Pakete sowohl leichter beschädigt als auch entwendet werden können. Über 30% der chinesischen Bevölkerung wählt die Bestellung nach einer niedrigen Zustelldauer aus (Joerss et al., 2016), somit ist dieses Kriterium auch bedeutsam für die KEP-Dienstleister und wird ebenfalls mit 0,1 gewichtet. Hierbei sind große Transporter im Nachteil, da sie ganze Auslieferungstouren fahren müssen und aus Kostengründen nicht in der Lage sind, einzelne Pakete pro Pakettour auszuliefern. Außerdem ist eine hohe Einsatzfähigkeit für die Auslieferung wichtig, um Zustellungen dauerhaft zu gewährleisten, dementsprechend erhält dieses Kriterium als drittes die Gewichtung von 0,1. Die Einsatzfähigkeit kann beschränkt sein durch staatliche Regularien, aber auch durch technologische Schwachpunkte wie lange Ladezeiten oder die nicht gegebene Einsatzfähigkeit während verschiedener Wetterphänomene.

Die beiden Zielkriterien mit geringerer Bedeutsamkeit umfassen große Transportvolumina und weite Transportdistanzen. Die geringe Gewichtung der großen Transportvolumina mit 0,05 ist dadurch gegeben, dass es verhältnismäßig simpel ist sie durch geringe Transportvolumina, die häufig ausgeliefert werden, zu substituieren. Die Schwachstelle der weiten Transportdistanzen liegt darin begründet, dass sie keine Zustellung in entlegene Gebiete garantieren kann. So kann zum Beispiel ein kraftstoffbasierter Kleintransporter die achtfache Transportdistanz einer Drohne zurücklegen, ist dafür jedoch auf das Straßennetz angewiesen. Geht man nun davon aus, dass der Kleintransporter auf der Straße die doppelte Strecke zurücklegen muss, im Vergleich zur existierenden Luftlinie, so liegt die tatsächliche Transportdistanz des Transporters beim Vierfachen der Lieferdrohne. Im Gegensatz dazu ist es möglich, dass die Drohne bestimmte Gebiete, aufgrund von Regularien, umfliegen muss, wodurch ihre tatsächliche Reichweite verkürzt wird. Daher ist die Transportdistanz situationsabhängig und verliert einen Teil ihrer Bedeutsamkeit, dadurch erhält sie ebenfalls die Gewichtung von 0,05.

Nachdem allen Zielkriterien der Entscheidungsalternativen die Teilnutzen zugewiesen worden sind, ist es möglich, den Nutzwert der Transportmodi zu bestimmen und in Tabelle 1 zu übertragen sowie auszuwerten. So erreicht der Lieferroboter in der Nutzwertanalyse den höchsten Gesamtnutzwert, welcher bei 4,3 liegt, gefolgt von der Lieferdrohne, die den Gesamtnutzwert von 3,95 aufweist. An dritter Stelle sind die zwei- und dreirädrigen Elektrofahrzeuge zu finden mit einem Gesamtnutzwert von 3,35, dahinter sind die Kleintransporter mit Elektromotor angesiedelt, die den Wert 3,25 verzeichnen. Den niedrigsten Gesamtnutzwert in der Nutzwertanalyse erreicht der kraftstoffbasierte Kleintransporter mit 2,3. Nachdem die Ergebnisse der Nutzwertanalyse präsentiert wurden, soll im Folgenden eine Betrachtung des zukünftigen Entwicklungspotenzials der einzelnen Transportmodi erfolgen.

## 4. Die Szenarioanalyse der Transportmodi

### 4.1. Definition und genereller Ablauf

Die Frage, die sich zukunftsorientierte KEP-Dienstleister stellen sollten, ist, welcher Transportmodus in der Lage ist, in Zukunft einen Großteil oder das gesamte Pensum der Zustellungen zu übernehmen. So existiert die Möglichkeit, dass zu viele Einflussfaktoren die Auslieferung eines gegenwärtig vielversprechenden Transportmodus einschränken oder sich ein anderer Transportmodus bei Ausschöpfung seines vollständigen Entwicklungspotenzials in Zukunft hervorheben kann. Um hierzu eine Aussage tätigen zu können, soll eine Szenarioanalyse durchgeführt werden, die die Frage beantwortet, wie die Auslieferung auf der letzten Meile in chinesischen Megastädten in Zukunft vonstattengehen könnte. Zur Beantwortung der Frage sollen verschiedene Szenarien entwickelt werden. Ein Szenario definiert sich über die gezielte Betrachtung relevanter Einflussfaktoren, um eine Vorstellung der zukünftigen Entwicklungen zu vermitteln.

Zu Beginn der Szenarioanalyse muss der Betrachtungsrahmen bestimmt werden. Er schließt das betrachtete Thema und den Betrachtungszeitraum mit ein. Außerdem umfasst er die Perspektive, aus der die Szenarien erstellt werden sollen sowie das betrachtete Umfeld, welches auf das Szenario einwirkt (Mietzner, 2009). Durch die Bestimmung des Betrachtungsrahmens soll nicht nur verdeutlicht werden, welche Faktoren in die Betrachtung einfließen, sondern auch aufgezeigt werden, welche Perspektiven und Einflussfaktoren außerhalb des Betrachtungsrahmens liegen. Im anschließenden Schritt werden die Schlüsselfaktoren identifiziert. Die Schlüsselfaktoren zeichnen sich dadurch aus, dass sie die Szenarien in verschiedene Richtungen beeinflussen können. So existieren unterschiedliche Arten von Schlüsselfaktoren, beispielhaft können sie in Form von Trends, Handlungen, Variablen oder Ereignissen auftreten (Kosow et al., 2008).

Im Anschluss gilt es die Schlüsselfaktoren zu analysieren, hierzu existieren unterschiedliche Methoden mit verschiedenen Absichten. Allgemein wird bei der Analyse der Schlüsselfaktoren mit der Einflussanalyse begonnen. Dabei werden die Schlüsselfaktoren in eine Matrix übertragen und ihre direkten Interdependenzen untereinander bestimmt (Wilms, 2006), ergo wird versucht, Wirkungszusammenhänge zu ermitteln. Das Ziel der Einflussanalyse ist es, die Schlüsselfaktoren zu ermitteln, die den höchsten Einfluss auf andere Faktoren haben und ihnen im weiteren Verlauf eine höhere Priorität zuzusprechen (von Reibnitz, 1992). Nachfolgend gilt es festzustellen, welche Schlüsselfaktoren kombiniert werden können, um ein schlüssiges Szenario aufzuspannen. Diesbezüglich bietet sich die Konsistenzanalyse an, hierbei werden unterschiedliche Ausprägungen für die Schlüsselfaktoren bestimmt und überprüft, inwieweit die Schlüsselfaktorausprägungen konsistent zueinander sind (Heinecke, 2006). Als weitere Möglichkeit existiert die Cross-Impact-Analyse. Sie ordnet den einzelnen Ausprägungen der Schlüsselfaktoren Eintrittswahrscheinlichkeiten zu. Im Anschluss wird davon ausgegangen, dass der Eintritt



eines der Schlüsselfaktoren erfolgt und die Auswirkung auf die Eintrittswahrscheinlichkeiten der restlichen Schlüsselfaktoren betrachtet. Dieses Verfahren wird auf jeden einzelnen Faktor angewendet, um schlussendlich feststellen zu können, ob Schlüsselfaktoren sich gegenseitig begünstigen oder ausschließen (Gauselmeier et al., 1996).

Nachdem mit der Konsistenz- oder Cross-Impact-Analyse festgestellt wurde, welche Schlüsselfaktoren konsistent zueinander sind, gilt es im Folgenden Faktorpaare aufzustellen, um einzelne Szenarien generieren zu können. Wichtig ist, die Szenarien auf den Bezugsrahmen anzupassen, so bietet sich teilweise das wahrscheinlichste Szenario an, in manchen Fällen jedoch eher bestimmte Extremszenarien (Kosow et al., 2008). Abschließend werden aus den erstellten Szenarien Handlungsempfehlungen abgeleitet, die das Erreichen des oder der gewünschten Ziele ermöglicht. Diesbezüglich ist es ebenso notwendig, Störgrößen und -ereignisse zu identifizieren und Präventivmaßnahmen entwickeln zu können, um das Umgehen oder Abschwächen von ungewollten Ereignissen zu ermöglichen (Mietzner, 2009).

## **4.2. Betrachtungsrahmen und Einflussanalyse**

Die im Folgenden durchgeführte Szenarioanalyse beabsichtigt, Szenarien zu erschaffen, die in sich konsistent sind und mögliche zukünftige Abläufe des Transports auf der letzten Meile in den chinesischen Megastädten abbilden. Um die gewünschten Szenarien zu erzeugen, empfiehlt sich die Verwendung sogenannter explorativer Szenarien, die von einem festen Zeitpunkt in der Gegenwart ausgehen. Von diesem Zeitpunkt aus werden verschiedene Entwicklungsmöglichkeiten dargestellt, die im Betrachtungsrahmen liegen (Mietzner, 2009). Die Entscheidung, explorative Szenarien zu entwickeln, wird aufgrund der Tatsache getroffen, dass verschiedene Auslieferungsszenarien betrachtet werden sollen, um zu eruieren, welches am vielversprechendsten erscheint.

In den Betrachtungsrahmen sollen innerpolitische Entscheidungen miteinbezogen werden, jedoch nicht die politischen Entscheidungen anderer Staaten, da die Auswirkungen der Entscheidungen nur begrenzt prognostizierbar wären. Des Weiteren soll der technologische Fortschritt berücksichtigt werden, da er determinieren kann welcher Transportmodus in Zukunft verwendet werden könnte. Auch die Entscheidungen der chinesischen KEP-Dienstleister gilt es zu betrachten, da sich die gegenwärtig getroffenen Entscheidungen auf spätere auswirken können (Müller-Christ, 2014). Hinzugezählt werden außerdem die negativen Externalitäten des Transportwesens, da sie die Probleme sind, die von den KEP-Dienstleistern bewältigt werden müssen. Abschließend umfasst der Betrachtungsrahmen das Verhalten der Bevölkerung, weil die Ablehnung bestimmter Transportmodi oder ein geändertes Bestellverhalten die Wahl des Transportmodus determinieren können. Der Betrachtungszeitraum wird auf das Jahr 2030 festgelegt. Der Grund dafür liegt in verschiedenen Problematiken wie der Luftverschmutzung und dem hohen Verkehrsaufkommen, die ein schnelles Handeln erfordern. Es ist jedoch zu erwarten, dass technologischer Fortschritt, aber auch politische Entscheidungen einige Zeit in Anspruch

nehmen. Daher ergibt sich das Jahr 2030 als Mittelweg, sodass Zeit für technologischen und politischen Wandel gegeben sind und ein Grundgerüst für die Auslieferung durch einen der Transportmodi geschaffen werden kann. Da im Betrachtungsfeld kaum quantifizierbare Daten vorliegen, soll die Szenarioanalyse qualitativ erfolgen, das heißt, es werden keine mathematischen Modelle zur Bestimmung der Szenarien entwickelt, stattdessen sollen die Szenarien narrativ-literarisch entwickelt werden (Kosow et al., 2008).

Als Grundgerüst für die narrativ-literarischen Szenarien gilt es die Schlüsselfaktoren zu identifizieren und ihre direkten Auswirkungen aufeinander festzustellen (Wilms, 2006). Als erstes ist die technologische Weiterentwicklung zu nennen. Die Konsequenz der technologischen Weiterentwicklung ist im Allgemeinen die Verbesserung einer Technologie. Beispielhaft wäre ein Anstieg der Transportdistanz aller elektrisch betriebenen Lieferfahrzeuge vorstellbar oder die Verkürzung der Ladezeit. Bei der Lieferdrohne wäre außerdem ein verbessertes Flugverhalten während erhöhter Windstärke in Betracht zu ziehen. Zudem könnte ein neuer Katalysator erforscht werden, der die emittierten Emissionen der kraftstoffbasierten Kleintransporter verringert. Ebenso könnten durch Forschung und Entwicklung die Produktionskosten gesenkt werden, beispielsweise durch die Verwendung günstigerer Materialien oder verbesserter Prozessabläufe. Resultierend hieraus würden die Verkaufskosten sinken und der Transportmodus würde für KEP-Dienstleister an Attraktivität gewinnen. Im Folgenden wird von der Prämisse ausgegangen, dass Schlüsselfaktoren, welche die Einsatzhäufigkeit der Transportmodi positiv beeinflussen, auch positive Auswirkungen auf die technologische Weiterentwicklung haben. Der Grund dafür liegt in der Vermutung, dass ein Transportmodus, der häufig vielversprechend eingesetzt werden kann, für die Forschung und Entwicklung von größerem Interesse ist. Im Umkehrschluss sind Transportmodi, bei denen sich die Schlüsselfaktoren negativ auf die Einsatzhäufigkeit auswirken, von weniger Interesse im Bereich der Forschung und Entwicklung. Somit wird im weiteren Verlauf der Szenarioanalyse von einem direkten Zusammenhang zwischen dem Einfluss auf die Einsatzhäufigkeit und der technologischen Weiterentwicklung ausgegangen.

Transportmodi sind, neben der eigenen, auch von der technologischen Entwicklung anderer Transportmodi abhängig. Der Grund dafür liegt in der Verschiebung des Marktgleichgewichtes aufgrund technologischen Fortschritts (Nelson und Winter, 1977). Insbesondere ist dies der Fall, wenn beide Transportmodi hohe Ähnlichkeit aufweisen, ergo substituierbar sind. Die Ursache dafür liegt in der gesteigerten Leistung oder Preisentwicklung und der damit einhergehenden Nachfrageentwicklung (Cowie, 2009). Ausgehend von der Prämisse, dass der Preis von Kleintransportern mit Elektromotor aufgrund technologischer Weiterentwicklung sinkt, kann damit gerechnet werden, dass die Nachfrage steigen wird. Die gesteigerte Nachfrage zieht eine erhöhte Einsatzhäufigkeit nach sich, wohingegen die Nachfrage nach kraftstoffbasierten Kleintransportern fallen wird, da Elektro- und Kraftfahrzeuge sich durch hohe Substituierbarkeit auszeichnen (Wikström et al., 2014). Den Kontrast dazu liefern beispielsweise die kraftstoffbasierten Kleintransporter und die Lieferroboter aufgrund ihrer geringen Anzahl an Gemeinsamkeiten und der damit

einhergehenden geringen Abhängigkeit der technologischen Weiterentwicklung. Die technologische Weiterentwicklung jedes Transportmodus determiniert zudem das Verkehrsaufkommen und die Luftverschmutzung. Wenn sich ein Transportmodus als überlegen auszeichnet, wird er höchstwahrscheinlich vermehrt von den KEP-Dienstleistern eingesetzt. Abhängig davon, welche Ausprägungen er ausweist, beeinflusst der Transportmodus dadurch das Verkehrsaufkommen und die Luftqualität in positiver oder negativer Weise.

Eine Schlüsselrolle nehmen die politischen Entscheidungen, insbesondere bezüglich der Regulierung von einzelnen Transportmodi in den chinesischen Megastädten, ein. So führen erlassene Regularien dazu, dass Transportmodi weniger einsatzfähig sind, während eine Deregulierung zur Folge hat, dass diese Transportmodi vermehrt eingesetzt werden können, somit technologischer Fortschritt leichter stattfinden kann (McDonald, 1987). Umgekehrt kann eine Deregulierung auch nach einer technologischen Weiterentwicklung eintreten (Russo, 1988), nachdem sich beispielsweise ein Transportmodus als sicherer oder umweltfreundlicher herausstellt. Generell lässt sich festhalten, dass jeder Transportmodus von erlassenen Regularien betroffen sein kann, sodass die Auswirkungen auf alle Transportmodi gleich hoch sind. Neben der Einschränkung der Transportmodi, haben die Regularien direkten Einfluss auf das Verkehrsaufkommen, wenn Fahrzeuge, die das Straßennetz belasten, reguliert oder dereguliert werden. Ebenso existiert ein Einfluss auf die Luftverschmutzung, wenn entschieden wird, Fahrzeuge mit hohen Emissionswerten strikter zu regulieren oder zu deregulieren.

Vorstellbar als Regulierungsmaßnahme wäre die Einführung einer innerstädtischen Maut, um das Verkehrsaufkommen zu senken, da das Befahren bestimmter Gebiete nur mit der Entrichtung eines Geldbetrages möglich wäre (Button, 2010). Die Einführung einer innerstädtischen Maut würde sich vor allem auf die elektrisch betriebenen und kraftstoffbasierten Kleintransporter auswirken. Die zwei- und dreirädrigen Elektrofahrzeuge wären von der innerstädtischen Maut höchstwahrscheinlich nicht betroffen, da sie vom Gesetz als Fahrräder klassifiziert werden (Jin et al., 2015). Wenn sich die Maut in den chinesischen Megastädten etablieren würde, ergäbe sich zum einen der Rückgang des Verkehrsaufkommens (Song, 2015), zum anderen müssten KEP-Dienstleister höhere Kosten in Kauf nehmen, um Waren in der Stadt ausliefern zu können. Einfluss auf die Maut üben vor allem die politischen Entscheidungen aus, die die Höhe der Gebühren und die eingeschlossenen Regionen festlegen. Als abschließende politische Steuerungsmaßnahme könnten von den städtischen Regierungen intelligente Verkehrssysteme eingeführt werden. Sie sind in der Lage, die Verkehrsstaubildung frühzeitig zu erkennen (Magrini et al., 2015) und Präventivmaßnahmen wie veränderte Ampelschaltungen einzuleiten (Gier et al., 2011), sodass die Überlastung bestimmter Straßen umgangen werden kann. Von dieser Maßnahme würden überwiegend die straßengebundenen Kleintransporter profitieren, aber auch die Elektroroller und -räder, weil ein verbesserter Verkehrsfluss schnellere und zuverlässigere Auslieferungen verspricht.

Als weiteres Kriterium gilt es das zukünftige Verhalten der chinesischen Bevölkerung zu betrachten. Einer der Bereiche, dem Aufmerksamkeit gewidmet wird, ist die Entwicklung des Bestellverhaltens. Die aktuelle Entwicklung, hin zur Atomisierung der Paketgrößen (Lange, 2007), kann ein Vorteil für Lieferdrohne und -roboter sein, da sie konzipiert worden sind, kleine bis mittelgroße Pakete zu transportieren (Qiang, 2016; Ziyang, 2016). Würde der Weg zurück zu größeren Bestellmengen führen, stünden Lieferdrohne und -roboter vor enormen Herausforderungen, da die Nutzlast und das Fassungsvermögen der Lieferdrohnen und -roboter stärker eingeschränkt sind als die der restlichen Transportmodi.

Hinzufügend ist festzustellen, dass die Akzeptanz der Bevölkerung als Schlüsselfaktor der Transportmodi angesehen werden kann. So kann der Absturz einer Drohne, bei der eine Passantin verletzt wurde (Spangenthal-Lee, 2015) oder die allgemeine Sorge der Bevölkerung, dass Drohnen auch zur Überwachung genutzt werden (Nicas, 2015), zu einem negativen öffentlichen Meinungsbild der Lieferdrohne führen. Die Sorgen der Bevölkerung sind generell höher bei jenen Technologien, die als neuwertiger angesehen werden, weil keine oder kaum Erfahrungen mit ihnen vorhanden sind (Schenkelberg, 2016), wie beispielsweise der Lieferdrohne. Das Hauptproblem von geäußerten Meinungen, die aufgrund möglicher Bedenken gebildet werden, ist, dass sie das Meinungsbild der Bevölkerung prägen können. Dadurch kann auch die Auffassung möglicher zukünftiger Käufer negativ beeinflusst werden (Ziefle et al., 2014). Neben der Lieferdrohne haben auch die Elektrofahrzeuge Akzeptanzprobleme, insbesondere bei Besitzern von kraftstoffbetriebenen Fahrzeugen, die die geringe Reichweite und die höheren Anschaffungskosten kritisieren (Halbey et al., 2015). Auch die Meinung der Autofahrer und Fußgänger über die Elektroroller und -räder ist aufgrund des vermehrt unberechenbaren Fahrverhaltens negativ geprägt (Buckley, 2016). Um eine erhöhte Akzeptanz der Bevölkerung gegenüber neuen Technologien zu erzeugen, muss dafür Sorge getragen werden, dass die Bedenken der Allgemeinheit abgeschwächt werden (Dierkes, 1986). Als Möglichkeit bietet sich die technologische Weiterentwicklung an, um die allgemeine Skepsis der Bevölkerung zu verringern und die Akzeptanz zu erhöhen.

Die KEP-Dienstleister entscheiden schlussendlich, welcher Transportmodus ausgewählt werden soll, jedoch können zuvor getroffene Entscheidungen die Wahl beeinflussen. Eine der grundlegenden Entscheidungen liegt in der Wahl zwischen wenigen großen Zentrallagern oder vielen kleineren dezentralen Verteilungslagern. Der Vorteil der zentralen Lagerhaltung besteht in den niedrigeren Zustellkosten, die durch bessere Ausschöpfung der Lieferfahrzeuge und degressiv verlaufende Transportkosten bei wachsenden Lieferstrecken entstehen. Dezentrale Distributionslager haben den Vorteil, dass ein höheres Serviceniveau durch schnellere Zustellungen erreicht werden kann, die durch kürzere Transportwege bedingt sind (Pfohl, 2010). Folglich bevorteilt die Entscheidung, die Distribution über dezentrale Verteilungslager durchzuführen, die Transportmodi mit geringerer Reichweite, weil sie auf den Transport kleiner Mengen ausgelegt sind. Somit würde sich in diesem Fall der Einsatz von Lieferdrohne und Roboter anbieten, aber auch die Zustellung mithilfe der zwei- und dreirädrigen Elektrofahrzeuge. Um Zustellungen von großen Zentrallagern auszuführen,

empfiehlt sich der Einsatz von Fahrzeugen mit hoher Reichweite und großem Fassungsvermögen, die das Potenzial der degressiv verlaufenden Transportkosten ausschöpfen können. Somit wäre der Einsatz von kraftstoffbasierten Kleintransportern und Elektrofahrzeugen zu präferieren. Eine weitere Betrachtungsweise lässt vermuten, dass die Weiterentwicklung eines Transportmodus die KEP-Dienstleister veranlassen könnte, ihren Lagerstandort dem überlegenen Transportmodus anzupassen, um Kostenvorteile zu erzielen. Die Wahl eines suboptimalen Lagerstandorts kann außerdem Auswirkungen auf das Transportaufkommen haben. So können sehr lange Pakettouren mit Kleintransportern, aber auch eine große Anzahl Elektroroller und -räder, die nur kleine Mengen transportieren, die Verkehrsbelastung erhöhen (Hayashi et al., 2014).

Neben der Festlegung des Lagerstandortes wird die Entwicklung des Verkehrsaufkommens zu betrachtet. Ein weiterhin steigendes Verkehrsaufkommen würde insbesondere zu einer stärkeren Beeinträchtigung der elektrischen und kraftstoffbasierten Kleintransporter führen, aufgrund ihrer Abhängigkeit vom Straßennetz. In geringerem Ausmaß wären die zwei- und dreirädrigen Elektrofahrzeuge von dieser Entwicklung betroffen, da die Möglichkeit besteht, auf die Radwege auszuweichen (Höfer et al., 2015), dennoch wären sie in ihren Möglichkeiten stärker limitiert, da das Straßennetz schlechter zu befahren wäre. Des Weiteren beeinflusst das Verkehrsaufkommen die Luftverschmutzung. So kommt es bei steigendem Verkehrsaufkommen zu verlängerten Fahrzeiten und vermehrtem Stop-and-Go Verkehr. Beide Faktoren werden mit erhöhtem Treibstoffverbrauch und Emissionswerten in Verbindung gebracht (Frey et al., 2003). Abschließend ist anzumerken, dass sowohl die Entwicklung der Luftqualität als auch die des Verkehrsaufkommens die politischen Regularien determiniert. Hierbei ist zu erwarten, dass die Verschlechterung der Luftqualität oder ein erhöhtes Verkehrsaufkommen zu strikteren Regularien führen würde (Diao et al., 2016), während bei Stagnation der jeweiligen Faktoren eine Verschärfung der Regularien weniger wahrscheinlich wäre.

Nachdem alle Schlüsselfaktoren identifiziert worden sind, werden anschließend die direkten Wirkungszusammenhänge in der Einflussmatrix abgebildet. Dabei wird die Wirkung der, in der vordersten Spalte genannten, Schlüsselfaktoren auf die Schlüsselfaktoren in der obersten Zeile abgebildet. Die Gewichtung der Wirkungszusammenhänge erfolgt durch die Verwendung einer Ordinalskala, dabei steht die Zahl drei für hohe Wirkung, zwei für mittlere Wirkung, eins für geringe Wirkung und null für keine Wirkung auf den anderen Schlüsselfaktor. Nachdem alle Wirkungszusammenhänge dargestellt worden sind, werden die Gewichtungen jedes Schlüsselfaktors in den Zeilen und Spalten aufaddiert. Die kumulierten Gewichtungen in den Zeilen ergeben die Aktivsumme. Sie gibt an, wie hoch die Auswirkung des Schlüsselfaktors auf andere Schlüsselfaktoren ist. Somit verdeutlicht die Aktivsumme auch, wie stark der Schlüsselfaktor die Entwicklung der letzten Meile in chinesischen Megastädten beeinflusst. Die Spaltensummen hingegen stellen die Passivsummen dar. Sie geben an, wie stark der Schlüsselfaktor von den anderen Faktoren beeinflusst wird (Kosow et al., 2008).

Die Faktoren, denen daraufhin die größte Aufmerksamkeit gewidmet werden soll, zeichnen sich durch eine hohe Aktivsumme und eine niedrige Passivsumme aus. Sie werden auch als impulsive Faktoren bezeichnet, da sie das Problemfeld durch ihr Verhalten stark beeinflussen können. Daneben gilt es die sogenannten dynamischen Faktoren, die durch hohe Aktiv- und Passivsumme gekennzeichnet sind, zu betrachten. Obwohl die Einwirkung anderer Faktoren auf die dynamischen Faktoren hoch ist, zeichnen sie sich, wie die impulsiven Faktoren, durch einen starken Effekt auf das Problemfeld aus. Geringerer Bedeutung wird sowohl den Schlüsselfaktoren mit geringer Aktiv- und hoher Passivsumme als auch den Schlüsselfaktoren mit niedriger Aktiv- und Passivsumme beigemessen. Solche Faktoren werden als passive respektive träge Faktoren bezeichnet (Kosow et al., 2008). Die Definition, ab welchem Wert eine Aktivsumme als hoch oder niedrig angesehen wird, erfolgt laut von Reibnitz (1992) durch die Bestimmung des Mittelwertes. Dabei werden alle Aktiv- und Passivsummen, die über dem Mittelwert liegen, als hoch angesehen und die Summen, die unterhalb des Mittelwertes liegen, werden als niedrig deklariert (von Reibnitz, 1992).

Aus Tabelle 2 ergibt sich, dass die aufaddierten Aktiv- und Passivsummen jeweils einen Wert von 177 ergeben. Insgesamt wurden 13 Schlüsselfaktoren betrachtet, aus denen hervorgeht, dass der Mittelwert der Aktiv- und Passivsummen jeweils bei 13,6 liegt. Daraus resultiert, dass sieben der dreizehn betrachteten Schlüsselfaktoren eine hohe Aktiv- und Passivsumme zugeordnet wird. Abbildung 1 veranschaulicht die einzelnen Schlüsselfaktoren in Form eines Gestaltungsrasters.

Auf Grundlage dessen lässt sich feststellen, dass die staatlichen Regularien und der Lagerstandort als impulsive Faktoren bezeichnet werden können, während, bis auf den Lieferroboter, die Entwicklung aller Transportmodi und das Verkehrsaufkommen zu den dynamischen Faktoren gezählt werden. In die Kategorie der passiven Faktoren fallen lediglich die Luftqualität und die Entwicklung der Lieferroboter, wohingegen sowohl die innerstädtische Maut als auch die intelligenten Verkehrssysteme, neben den Paketgrößen und der Akzeptanz der Bevölkerung, zu den trägen Faktoren zählen. Den höchsten Aktivwert verbuchen die staatlichen Regularien, im Gegensatz dazu steht die Luftqualität mit der geringsten Aktivsumme.

### **4.3. Konsistenzanalyse**

Nachdem illustriert worden ist, inwieweit sich die Schlüsselfaktoren aufeinander auswirken, soll im Folgenden festgestellt werden, ob sie sich konsistent zueinander verhalten. Dieser Schritt erfolgt, damit abschließend in sich geschlossene Szenarien erstellt werden können. Um zu eruieren, welche Schlüsselfaktoren ein logisches Szenario aufspannen, wird die Konsistenzanalyse verwendet. Jeder der ausgewählten Schlüsselfaktoren wird im darauffolgenden Prozess in mindestens zwei unterschiedliche Ausprägungen aufgeteilt. Im Anschluss werden die Ausprägungen miteinander verglichen und bestimmt, inwiefern sie sich durch Konsistenz auszeichnen (von Reibnitz, 1992). Für die im Folgenden durchgeführte

Konsistenzanalyse werden die Schlüsselfaktoren ausgewählt, deren Aktivsumme über dem Mittelwert liegt und somit eine hohe Auswirkung auf die Entwicklung der letzten Meile in chinesischen Megastädten aufweisen.

Die Entwicklung der zwei- und dreirädrigen Elektrofahrzeuge, kraftstoffbasierten Kleintransporter, Kleintransporter mit Elektromotor und Lieferdrohen wird in die Ausprägungen Fortschritt und Stagnation unterteilt. Eine technologisch fortschrittliche Entwicklung schließt, wie in der Beschreibung der Einflussmatrix, eine erhöhte Einsatzhäufigkeit mit ein. Im Gegensatz dazu führt das Stagnieren der Technik zu gleichbleibenden oder sinkenden Einsatzzeiten. Auch hier gilt, dass bei einer hohen Substituierbarkeit zwischen zwei Transportmodi, jener Transportmodus präferiert wird, welcher durch technologischen Fortschritt den höheren Nutzen aufweist (Nelson und Winter, 1977). Die Präferenzveränderung führt dazu, dass der rückständige Transportmodus weniger nachgefragt wird, weil er sich im Verhältnis als weniger nützlich darstellt. Es ist vorstellbar, dass daraufhin die Forschung und die damit einhergehende Entwicklung beim rückständischen Transportmodus zurückgehen wird. Der Grund dafür ist, dass sich der im höheren Maße fortgeschrittene Transportmodus als vielversprechender erweist und es über längere Zeit zum sogenannten technologischen lock-in kommen kann. Dabei handelt es sich um getroffene Entscheidungen hinsichtlich einer bestimmten Technologie, die dazu führen, dass ähnliche Technologien zukünftig vernachlässigt werden. Diese Technologien werden auch dann vernachlässigt, wenn sie als vielversprechender angesehen werden, weil die gegenwärtig verwendete Technologie von zu vielen Personen verwendet wird und ein Umstieg nur schwerlich umsetzbar wäre (Dolfsma und Leydesdorff, 2009). Daher lässt sich vermuten, dass bei Transportmodi mit hoher Substituierbarkeit, der technologische Fortschritt des einen zur technologischen Stagnation des anderen führt. Je geringer die Ähnlichkeit der Transportmodi ist, desto unwahrscheinlicher ist der Eintritt des beschriebenen Phänomens. Die zwei unterschiedlichen Transportmodi werden zwar für denselben Zweck eingesetzt und zwar die Zustellung, jedoch bieten sie Lösungen für unterschiedliche Problemfelder. So lösen Kleintransporter das Problem, große Mengen in akzeptabler Zeit über große Distanzen auszuliefern, wohingegen Lieferroboter schnelle Auslieferungen von Kleinmengen auf kurzer Strecke versprechen. Anzumerken ist, dass die Stagnation eines Transportmodus keine Auswirkung auf die Entwicklung eines anderen Transportmodus hat. Außerdem werden in der Betrachtung Synergiepotenziale vernachlässigt. Als Beispiel könnte die Entwicklung einer verbesserten Batterie für Kleintransporter mit Elektromotor genannt werden, die ebenfalls für die zwei- und dreirädrigen Elektrofahrzeuge verwendet werden könnte. Der Grund dafür liegt in der zu hohen Komplexität, die im Rahmen der Konsistenzanalyse nur schwierig einzubringen wäre.

Der nächste Punkt in der Betrachtung sind die unterschiedlichen Ausprägungen der städtischen Regularien. Die Unterscheidung während der Konsistenzanalyse erfolgt zwischen Regulierung oder Deregulierung. Die Regulierung trägt bei allen Transportmodi dazu bei, dass der Einsatz und die damit einhergehende Entwicklung stagnieren werden. Der einzige

Transportmodus, der weniger von erlassenen Regularien betroffen sein könnte, sind die zwei- und dreirädrigen Elektrofahrzeuge. Der Grund liegt in den bereits erlassenen Regularien, die die Verwendung der Elektroroller und -räder einschränken sollten, jedoch von der Bevölkerung umgangen oder ignoriert wurden (Zacharias und Zhang, 2015). Dieselbe Möglichkeit besteht, wenn neue Regularien erlassen werden. Ebenso macht eine Deregulierung sie nur bedingt einsatzfähiger. Im Gegensatz dazu würden die restlichen, regulierten Transportmodi, in diesem Fall die kraftstoffbasierten Kleintransporter und Lieferdrohnen, von einer Deregulierung profitieren. Sie wären durch ihre erhöhte Einsatzfähigkeit attraktiver für KEP-Dienstleister und technologischer Fortschritt könnte einfacher stattfinden (McDonald, 1987). Im Gegensatz dazu wären Kleintransporter mit Elektromotor von einer Deregulierung nicht betroffen, da sie gegenwärtig nicht reguliert sind. Die Regularien richten sich, wie in der Einflussanalyse festgestellt, auch nach dem Verkehrsaufkommen. So ist zu vermuten, dass ein steigendes Verkehrsaufkommen striktere Regularien nach sich zieht (Diao et al., 2016). Im Kontrast dazu wäre es vorstellbar, dass mit sinkendem Verkehrsaufkommen eine Deregulierung einhergeht.

Daraus lassen sich die beiden Ausprägungen des Verkehrsaufkommens ableiten, die einerseits ein steigendes, andererseits ein sinkendes Verkehrsaufkommen darstellen. Generell ist in den chinesischen Megastädten mit einem steigenden Verkehrsaufkommen zu rechnen, auch durch die voranschreitende Entwicklung des E-Commerce (Jingqiao, 2017) und die Atomisierung der Paketgrößen (Lange, 2007), die aus logistischer Perspektive mehr Pakettouren nach sich ziehen. Daher wird die Annahme getroffen, dass bei technologischer Stagnation die erstellten Prognosen zutreffen und ein Zuwachs an Privatfahrzeugen eintreten wird. Wenn sich einer der Transportmodi weiterentwickelt, der das Straßennetz zur Auslieferung verwendet, wird er vermehrt eingesetzt. Damit einhergehend erfolgt eine erhöhte Belastung des Verkehrsnetzes. Im Rahmen der Konsistenzmatrix sind die Elektroroller und -räder, die Kleintransporter mit Elektromotor und die kraftstoffbasierten Kleintransporter teilweise oder vollständig vom Straßennetz abhängig und würden bei Weiterentwicklung für ein erhöhtes Verkehrsaufkommen sorgen. Demgegenüber stehen die Lieferdrohnen, die durch fortschrittliche Entwicklung zu einer Entlastung des Verkehrsaufkommens beitragen würden. Zu guter Letzt kann sich ein suboptimal ausgewählter Lagerstandort negativ auf die Verkehrsbelastung auswirken (Jacyna-Gołda und Izdebski, 2017), jedoch kann nicht verallgemeinert werden, welche Art eines Lagerstandorts zu einem erhöhten Verkehrsaufkommen führt. Vielmehr muss der ausgewählte Lagerstandort den Bedürfnissen der KEP-Dienstleister entsprechen.

Die Unterscheidung der Lagerstandortausprägungen erfolgt zwischen einer dezentralen und zentralen Lagerung. Wie bereits in der Einflussanalyse festgestellt, bevorteilt die Wahl weniger Zentrallager die Transportmodi mit großer Reichweite. Hierzu zählen die elektrisch betriebenen und kraftstoffbasierten Kleintransporter, die durch degressiv verlaufende Transportkosten bei länger werdenden Lieferstrecken Kostenvorteile erzielen können (Pfohl, 2010). Dadurch steigt ihre Attraktivität für KEP-Dienstleister, wenn lange Strecken befahren



werden müssen, infolgedessen nimmt ihre Einsatzhäufigkeit zu. Bei der Wahl dezentraler Lager können zwei- und dreirädrige Elektrofahrzeuge sowie Lieferdrohnen ihre Stärken ausspielen, da sie für die Auslieferung über kurze Distanzen prädestiniert sind. Anzumerken ist, dass Transportmodi mit geringer Reichweite stärker vom Lagerstandort abhängig sind, da sie keine weiten Pakettouren ausführen können. Wohingegen Transportmodi mit hoher Reichweite den Transport über kurze Distanzen ausführen können, die KEP-Dienstleister hierbei jedoch höhere Auslieferungskosten in Kauf nehmen müssten.

Nachdem die Konsistenzbeziehungen der Schlüsselfaktorausprägungen beschrieben worden sind, werden sie im nächsten Schritt in die Konsistenzmatrix übertragen. Zur Unterteilung, wie stark die Konsistenzbeziehung zwischen zwei Faktoren ist, wird eine Ordinalskala verwendet. Dabei steht der Wert eins für starke Inkonsistenz, zwei für schwache Inkonsistenz, drei für Neutralität, vier für schwache Konsistenz und fünf für starke Konsistenz zwischen zwei Schlüsselfaktorausprägungen (Kosow et al., 2008). Aus der dadurch erstellten Konsistenzmatrix, welche in Tabelle 3 abgebildet ist, geht hervor, dass die Schlüsselfaktorausprägungen der Transportmodi untereinander vermehrt zu schwacher Inkonsistenz, Neutralität und schwacher Konsistenz tendieren. Im Gegensatz dazu sind die Beziehungen zwischen den Ausprägungen der Transportmodi und der Lagerstandorte häufig von hoher Konsistenz oder Inkonsistenz geprägt. Des Weiteren ist anzumerken, dass die Auswirkungen zwischen dem Fortschritt der Transportmodi und Verkehrsaufkommen starke Konsistenz oder Inkonsistenz aufweisen, wohingegen bei Stagnation der Transportmodi vermehrt geringe Konsistenzen oder Inkonsistenzen erkennbar sind.

Im weiteren Verlauf werden aus der Gesamtheit der Schlüsselfaktorausprägungen diejenigen ausgewählt, die durch Kombination in sich konsistente Szenarien ergeben. Dementsprechend werden verschiedene Szenarien ausgewählt die in ihrer Kombination häufig die Werte vier und fünf enthalten, gleichzeitig wird versucht Inkonsistenzen, somit die Einbeziehung der Werte eins und zwei, zu vermeiden. Des Weiteren soll versucht werden von unterschiedlichen Ausgangspunkten auszugehen, um ein großes Spektrum an Möglichkeiten abzudecken. Aus den verschiedenen Szenarien gilt es Handlungsempfehlungen abzuleiten, um den Eintritt gewünschter Ereignisse zu fördern und negative Auswirkungen präventiv zu vermeiden oder abzuschwächen (von Reibnitz, 1992). Die drei in Abbildung 2 dargestellten Szenarien, die im weiteren Verlauf betrachtet werden, gehen als erstes von einer Auslieferung von Zentrallagern aus. Das zweite Szenario betrachtet die Entwicklung bei einer Deregulierung der Lieferdrohne. Abschließend wird von einem Fortschritt zwei- und dreirädriger Elektrofahrzeuge ausgegangen. Die drei Szenarien stellen nur eine geringe Anzahl der Gesamtheit an möglichen Szenarien dar. Dies wird durch den sogenannte Szenariotrichter verdeutlicht, dessen Schnittfläche, im abschließenden Jahr 2030, größer ist, als die Fläche die durch die drei Szenarien abgedeckt wird (Mietzner, 2009).

## **4.4. Generierung von Szenarien**

### **4.4.1. Szenario: Auslieferung von Zentrallagern**

Das erste Szenario geht von der Möglichkeit aus, dass die KEP-Dienstleister sich entscheiden, in Zukunft ihre Auslieferungen von wenigen großen Zentrallagern aus auszuführen. Dafür müssen innerhalb der nächsten Jahre alle Regional- und Verteilungslager in den chinesischen Megastädten geschlossen werden, sodass die Belieferung lediglich von großen Zentrallagern aus durchgeführt wird. Durch diesen Schritt würde sich der Einsatz von elektrisch betriebenen und kraftstoffbasierten Kleintransportern empfehlen, die dadurch von größerem Interesse für Forschung und Entwicklung wären, sodass technologischer Fortschritt der beiden Transportmodi wahrscheinlicher werden würde. Im Gegensatz dazu würde sich die Verwendung von Lieferdrohnen und zwei- und dreirädrigen Elektrofahrzeuge als problematisch darstellen, da sie nicht in der Lage wären, die großen Distanzen vom Zentrallager zum Kunden zurückzulegen. Als Folge würde die Entwicklung der beiden Transportmodi höchstwahrscheinlich stagnieren. Durch den Einsatz der straßennetzabhängigen Kleintransporter wäre auf mittelfristige Sicht mit einem Anstieg des Verkehrsaufkommens zu rechnen. Nachdem das Verkehrsaufkommen einige Zeit ansteigt, würden die städtischen Regierungen versuchen, diesem Trend entgegenzuwirken. Der Ansatz der dabei verfolgt werden würde, wäre die Implementierung neuer oder strikterer Regularien, die die Verwendung bestimmter oder aller Fahrzeuge stärker einschränkt. Demzufolge würden auch die eingesetzten Kleintransporter stärker reguliert werden, wodurch sie auf längere Sicht an Nutzen einbüßen würden. Dennoch müssten die elektrisch betriebenen und kraftstoffbasierten Kleintransporter weiterhin eingesetzt werden. Der Grund dafür ist, dass die Lieferdrohnen sowie die zwei- und dreirädrigen Elektrofahrzeuge durch ihre technologische Stagnation nach wie vor auf größeren Distanzen nicht einsetzbar wären und lediglich Zentrallager vorhanden wären.

### **4.4.2. Szenario: Deregulierung der Lieferdrohne**

Das zweite Szenario soll die Entwicklung darstellen, die eine Deregulierung der Lieferdrohne zufolge hätte. Geht man davon aus, dass die städtischen Regierungen entscheiden, die Lieferdrohnen im Hinblick auf Flugverbote zu deregulieren, wäre die Drohne einsatzfähiger. Die uneingeschränkte Einsatzfähigkeit würde dazu verleiten, eine größere Anzahl an Testflügen durchzuführen. Dadurch könnte schnellere und bessere Einsicht gewonnen werden, in welchen Bereichen Verbesserungspotenzial besteht. Der technologische Fortschritt würde als Schlussfolgerung schneller voranschreiten. Das Interesse an den übrigen Transportmodi fiel gleichermaßen, wodurch ein technologischer Fortschritt ebendieser eher unwahrscheinlich werden würde. Mit den vermehrt durchgeführten Testflügen einhergehend, wären, insbesondere zu Beginn, häufiger Abstürze durch technische Fehlfunktionen zu erwarten. Die Abstürze könnten sich vor allem dann als problematisch erweisen, wenn Zivilisten zu Schaden kommen würden. Als Resultat solcher Zwischenfälle könnte die Lieferdrohne erneut reguliert werden, um den Schutz der Bevölkerung sicherzustellen. Wenn

Abstürze vermieden werden könnten und die Lieferdrohe sich als zuverlässiger Transportmodus auszeichnen könnte, würde sie häufiger eingesetzt werden. Damit wäre ein Rückgang des Verkehrsaufkommens zu erwarten, jedoch müssten die Auslieferungen von dezentralen Lagerstandorten ausgeführt werden. Somit wären die KEP-Dienstleister gezwungen, viele Verteilungslager in den Städten bereitzustellen, um die Drohne als Haupttransportmodus zu etablieren. Das Problem ist, dass die Verteilungslager beliefert werden müssten, weshalb die KEP-Dienstleister nach wie vor auf elektrisch betriebene oder kraftstoffbasierte Kleintransporter angewiesen wären. Dadurch würde das Verkehrsaufkommen nichtsdestotrotz von Lieferfahrzeugen belastet werden.

#### **4.4.3 Szenario: Fortschritt zwei- und dreirädriger Elektrofahrzeuge**

Im abschließenden Szenario soll davon ausgegangen werden, dass sich die Technologie der zwei- und dreirädrigen Elektrofahrzeuge weiterentwickelt haben wird. In diesem Fall führte die technologische Weiterentwicklung dazu, dass die Reichweite erhöht wurde. Zieht man die technologische Weiterentwicklung in Betracht, würde sie eine vermehrte Einsatzhäufigkeit des Transportmodus zur Folge haben. Ergo würden die restlichen Transportmodi an Einsatzzeit einbüßen und das Interesse von Forschung und Entwicklung würde bei diesen Transportmodi zurückgehen. Aufgrund der erhöhten Reichweite könnten die Elektroroller und -räder sowohl von Zentral- als auch von Regionallagern Auslieferungstouren ausführen. Würde die Zustellung von Zentrallagern aus durchgeführt werden, wäre, aufgrund der geringen Nutzlast, eine große Zahl an Elektrorollern und -rädern notwendig, sodass es zu einer hohen Verkehrsbelastung durch ebendiese kommen würde. Bei der Zustellung von Regionallagern aus, wären die KEP-Dienstleister zuvor auf Kleintransporter angewiesen, um die dezentralen Lagerstandorte zu beliefern. Insgesamt wäre, aufgrund der gestiegenen Einsatzhäufigkeit, mit steigendem Verkehrsaufkommen zu rechnen. Der Anstieg der Verkehrsbelastung würde geringer ausfallen als bei der Verwendung der Kleintransporter, weil auf die Radwege ausgewichen werden könnte. Nichtsdestotrotz ist auf lange Sicht mit strikteren oder neu eingeführten Regularien zu rechnen, um den Verkehr zu entlasten. Hierbei lässt sich hinterfragen, ob sich die Verwender der Elektroroller und -räder an die Regularien halten würden. Ungeachtet dieser Umstände, würden die Regularien zu Einschränkungen der zwei- und dreirädrigen Elektrofahrzeuge führen. Wie beim ersten Szenario hätte dies auf Dauer negative Auswirkungen auf die Einsatzfähigkeit des Transportmodus. Dadurch müsste auf lange Sicht auf einen anderen Transportmodus umgestiegen werden oder man wäre bereit, die Regularien in Hinblick auf die Auslieferungen zu akzeptieren.

## **5. Diskussion**

Während der Erstellung der Nutzwertanalyse konnte festgestellt werden, dass keiner der Transportmodi den anderen in vollem Umfang überlegen ist, vielmehr hat jeder Transportmodus bestimmte Stärken, die durch Schwächen an anderer Stelle ausgeglichen werden. In Hinblick auf die Ergebnisse der Nutzwertanalyse kann geschlussfolgert werden,

dass die Lieferroboter gegenwärtig der vielversprechendste Transportmodus sind, gefolgt von den Lieferdrohnen. Das bedeutet, dass zwei neuartige, bisher kaum eingesetzte Transportmodi am besten auf die Probleme der chinesischen Megastädte zugeschnitten sind. Im Gegensatz dazu sind die aktuell eingesetzten Fahrzeuge nur auf dem dritten und auf dem letzten Platz der Nutzwertanalyse zu finden. Hieraus kann eruiert werden, dass die derzeitige Auslieferung mithilfe der kraftstoffbasierten Kleintransporter und der zwei- und dreirädrigen Elektrofahrzeuge eine suboptimale Lösung darstellt. Hiernach sollte die Logistik der letzten Meile in chinesischen Megastädten im besten Fall nur von den Lieferrobotern ausgeführt werden. Falls die Lieferroboter nicht in der Lage wären, die gesamte Menge an Auslieferungen selbstständig auszuführen, sollten Lieferdrohnen als weiterer Transportmodus verwendet werden, da sie die zweitbeste Alternative darstellen. Um zuverlässige Auslieferungen mit dem Lieferroboter gewährleisten zu können, wäre eine Veränderung der Infrastruktur notwendig, da die Lieferroboter nur geringe Reichweiten zurücklegen können (Sieweke, 2016). Dadurch müssten viele dezentrale Lager in Kundennähe errichtet werden. Dieselben Herausforderungen würden sich bei der Verwendung der Lieferdrohne ergeben, wenn auch in geringerem Ausmaß, da sie größere Reichweiten als der Lieferroboter zurücklegen kann. Der Grund dafür, dass zwei neuartige Transportkonzepte den höchsten Nutzwert in Bezug auf die Logistik der letzten Meile in chinesischen Megastädte aufweisen, kann verschiedene Gründe haben. Die wahrscheinlichste Erklärung ist, dass Lieferdrohne und -roboter durch ihre Neuartigkeit besser auf die gegenwärtigen Probleme zugeschnitten sind als die länger existierenden Transportmodi. Diese Vermutung wird dahingehend bestätigt, dass sowohl die Lieferdrohne als auch der -roboter eine sehr hohe Erfüllung der beiden wichtigsten Zielkriterien der Nutzwertanalyse erreichen. Demgegenüber stehen die kraftstoffbasierten Kleintransporter mit einer sehr niedrigen Erfüllung dieser Zielkriterien. Dies kann als Hauptgrund für den niedrigsten Nutzwert der kraftstoffbasierten Kleintransporter erachtet werden.

Als wenig überraschend stellte sich in der Einflussanalyse heraus, dass die Entwicklung der meisten Transportmodi eine hohe Auswirkung auf den zukünftigen Ablauf der letzten Meile haben wird. Es wurde jedoch festgestellt, dass der Lieferroboter als einziger Transportmodus nur niedrige Auswirkung auf das Problemfeld hat. Auffällig ist, dass sich, bis auf den Lieferroboter, alle Transportmodi durch eine hohe Aktiv- und Passivsumme auszeichnen. Daraus lässt sich schließen, dass die Entwicklung der Transportmodi großen Einfluss auf die zukünftige Auslieferung auf der letzten Meile in chinesischen Megastädten hat, jedoch auch von vielen anderen Schlüsselfaktoren abhängt. Gleiches gilt für das Verkehrsaufkommen. Den höchsten Aktivwert verbuchen die staatlichen Regularien, die damit, laut der Einflussanalyse, den stärksten Einfluss auf die Entwicklung des Problemfeldes haben. Da die städtischen Regularien und der Lagerstandort aufgrund ihrer hohen Aktiv- und niedrigen Passivsumme zu den impulsiven Faktoren zählen, bieten sie sich als Steuerungsmaßnahmen an. Dadurch können sie verwendet werden, um die zukünftige Auslieferung auf der letzten Meile in chinesischen Megastädten in die gewünschte Richtung zu beeinflussen, insofern

Einfluss auf diese Faktoren ausgeübt werden kann. Im Gegensatz dazu hat die Luftqualität die geringste Aktivsumme, zeichnet sich jedoch durch die dritthöchste Passivsumme aus. Kosow et al. (2008) heben hervor, dass Faktoren mit geringer Aktiv- und hoher Passivsumme gute Indikatoren zur Beobachtung der Problemfeldentwicklung darstellen (Kosow et al., 2008). Somit sollte die Luftqualität, aber auch die Entwicklung der Lieferroboter, im Auge behalten werden, sodass erahnt werden kann, in welche Richtung sich das Problemfeld bewegt. Hingegen sollten die trägen Faktoren eher isoliert betrachtet werden, da sie nur geringe Auswirkung auf das Problemfeld haben und nur schwach vom Problemfeld beeinflusst werden (Kosow et al., 2008).

Anhand der Durchführung der Konsistenzanalyse konnte verdeutlicht werden, dass sich die fortschreitende Entwicklung eines Transportmodus negativ auf die Entwicklung anderer Transportmodi auswirken kann. Die Wahrscheinlichkeit dieses Zusammenhangs steigt, je höher die Substituierbarkeit der Transportmodi ist. Außerdem wurde eruiert, dass erlassene oder strikter werdende Regularien einen negativen Einfluss auf die Einsatzfähigkeit der regulierten Transportmodi ausüben werden und somit auch auf ihren zukünftigen Fortschritt. Außerdem ist die Entwicklung des Verkehrsaufkommens in hohem Maße damit verbunden, welcher Transportmodus zur Belieferung eingesetzt wird. Zu guter Letzt konnte festgestellt werden, dass bei der Auslieferung von Zentrallagern aus, eine Auslieferung mit kraftstoffbasierten oder elektrisch betriebenen Kleintransportern notwendig ist. Im Gegensatz dazu empfehlen sich bei dezentraler Lagerung Lieferdrohnen und -roboter sowie Elektroroller und -räder. Die Auslieferungen von dezentralen Lagerstandorten könnte jedoch auch von den Kleintransportern ausgeführt werden können, wenn erhöhte Kosten in Kauf genommen werden. Hieraus lässt sich schließen, dass bestimmte Lagerstandorte den Transportmodus determinieren können. In diesem Fall determinieren Zentrallager die Verwendung von Kleintransportern, wohingegen manche Transportmodi den Lagerstandort determinieren. Beispielhaft hierfür wäre die Lieferdrohne zu nennen, die zur Auslieferung abhängig von einer dezentralen Lagerung ist.

Anhand der abschließenden Szenariogenerierung können Handlungsempfehlungen für KEP-Dienstleister zur weiteren Vorgehensweise abgeleitet werden (Mietzner, 2009). So stellte sich bei den drei betrachteten Szenarien heraus, dass jedes Szenario neben Vorteilen auch Schwachpunkte aufweist. Außerdem zeigte sich, dass die Entscheidung, einen Großteil der Auslieferungen durch einen einzigen Transportmodus oder zwei ähnliche Transportmodi ausführen zu lassen, auf lange Sicht neue Probleme verursacht. Insbesondere, weil die Technologieentwicklung der übrigen Transportmodi während dieser Zeit stagnieren werden und somit zu späteren Zeitpunkten nur bedingt hilfreich wären. Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass getroffene Entscheidungen im weiteren Verlauf durch neu erlassene und strikter werdende Regularien negativ beeinflusst werden können. Außerdem ließ sich eruieren, dass einerseits die Wahl des Lagerstandorts die Entwicklung und Einsatzfähigkeit der Transportmodi determinieren kann, andererseits der technologische Fortschritt Einfluss auf die Wahl des Lagerstandorts hat. Abschließend ließ sich erkennen, dass insbesondere neue

Transportmodi erst dann eingesetzt werden sollten, wenn sichergestellt werden kann, dass sie eine sichere und zuverlässige Auslieferung gewährleisten - zum einen, um die Gefährdung der Bevölkerung auszuschließen, zum anderen, um die erneute, aus der Gefährdung der Bevölkerung resultierende, Regulierung zu vermeiden.

Somit liegt es bei den KEP-Dienstleistern, ob sie bereit sind, die Entwicklung der Transportmodi zu beeinflussen oder ob sie eine abwartende Position einnehmen und die Wahl der Lagerstandorte dem Transportmodus anpassen, der sich als am vielversprechendsten erweist. Dabei sollte weiterhin die Entwicklung der anderen Transportmodi vorangetrieben werden, auch, um den Schutz der Bevölkerung sicherzustellen. Im Speziellen sollten jene Transportmodi weiterentwickelt werden, welche geringe Substituierbarkeit im Verhältnis zum eingesetzten Transportmodus aufweisen, da sie im Fall von erlassenen Regularien als Ersatz fungieren könnten. Im Gegensatz dazu würden sehr ähnliche Transportmodi höchstwahrscheinlich von denselben Regularien betroffen sein wie jene, die eingesetzt werden. Die Auslieferungsstrategie der KEP-Dienstleister sollte bestenfalls von Beginn an mehrere verschiedenartige Transportmodi inkludieren, um für unterschiedliche Bedingungen den jeweils vielversprechendsten Transportmodus einzusetzen. Wenn eine Auslieferungsstrategie gewählt wurde, sollte versucht werden, auf die Entscheidungen der Politik einzuwirken, sodass sich die getroffene Entscheidung langfristig nicht als suboptimal herausstellt. Als mögliche Handlungsmaßnahme könnten die KEP-Dienstleister ihre Pläne frühzeitig mit den städtischen Regierungen absprechen. Somit könnte man sich von Beginn an einigen, sodass es nach der Implementierung einer Auslieferungsstrategie zu keinen neuen unerwarteten Regularien kommt. Wenn sich frühzeitig herausstellen sollte, dass es zwischen Politik und der Auslieferungsstrategie der KEP-Dienstleister zu einem Dissens kommt und die Politik gezwungen wäre, auf lange Sicht zu intervenieren, könnte die Auslieferungsstrategie dementsprechend angepasst werden. Somit könnte ein Konsens erzielt werden, der für beide Parteien zufriedenstellend ist und von dem ausgegangen werden kann, dass er die bestmögliche Lösung darstellt.

Wenn die einzelnen Ergebnisse in ihrer Gesamtheit betrachtet werden, lassen sich neue Erkenntnisse ableiten. So wurde den Lieferrobotern in der Nutzwertanalyse der höchste Gesamtnutzen beigemessen und geschlussfolgert, dass ein jetziger Umstieg auf die Lieferroboter als Haupttransportmodus die logische Konsequenz wäre. Jedoch verdeutlicht die Einflussanalyse, dass die Lieferroboter zu den passiven Faktoren gezählt werden. Daraus kann geschlossen werden, dass ihre Entwicklung nur geringe Auswirkung auf den zukünftigen Ablauf der letzten Meile in chinesischen Megastädten haben wird. Die Aussage wird dahingehend verstärkt, dass die übrigen Transportmodi durch eine hohe Wirkung auf das Problemfeld gekennzeichnet sind und somit für die weitere Entwicklung des Problemfeldes von Relevanz sind. Somit lässt sich infrage stellen, ob ein gegenwärtiger Umstieg auf die Lieferroboter als Haupttransportmodus lohnenswert wäre. Auch wenn sie gegenwärtig den größten Gesamtnutzen aufweisen, sind sie in Zukunft nur bedingt relevant für die Entwicklung der letzten Meile in chinesischen Megastädten. Dadurch erscheint ein jetziger

Umstieg auf die Lieferroboter aus zukunftsorientierter Sicht als nachteilig. Insbesondere im Hinblick auf die Veränderung der Lagerinfrastruktur, die durchgeführt werden müsste, um eine stadtinterne Auslieferung mithilfe der Lieferroboter zu ermöglichen.

Von großer Relevanz für die zukünftige Entwicklung wurde, neben den städtischen Regularien, der Lagerstandort als impulsiver Faktor identifiziert. Nachdem die politischen Entscheidungen nur bedingt durch KEP-Dienstleister beeinflusst werden können, sollte der Lagerstandort als gezielte Steuerungsmaßnahme verwendet werden, weil die KEP-Dienstleister generell die Entscheidungsgewalt über die Lagerstandorte besitzen. Dadurch kann der Lagerstandort, im Verhältnis zu den städtischen Regularien, wesentlich einfacher als Steuerungsmaßnahme genutzt werden. Dabei muss sich vor Augen geführt werden, dass der Lagerstandort die Wahl des Transportmodus determinieren kann. Diese Erkenntnis, die aus der Konsistenzanalyse hervorging, unterstützt die Aussage, dass der Lagerstandort als Steuerungsmaßnahme dienen kann. Somit ist den KEP-Dienstleistern nahezu legen, dass der Lagerstandort auf das gewählte Auslieferungskonzept ausgerichtet werden sollte, um das vollständige Potenzial des Konzeptes und der Transportmodi ausschöpfen zu können. Gleichzeitig muss sich bewusstgemacht werden, dass bei technologischem Fortschritt eines Transportmodus, der Lagerstandort durch den Transportmodus determiniert werden kann, wenn der Transportmodus sich als besonders vielversprechend erweist und folglich als Haupttransportmodus gewählt wird.

Durch die Betrachtung der Nutzwertanalyse wurde festgestellt, dass keiner der Transportmodi eine Ideallösung darstellt. Dasselbe Erkenntnis konnte bei den erstellten Szenarien gewonnen werden, da jedes Szenario neben den Vorteilen auch von Problemen gekennzeichnet war. Hieraus lässt sich ableiten, dass gegenwärtig keine Ideallösung für die Zustellung auf der letzten Meile in chinesischen Megastädten existent ist, da jeder Transportmodus sowie jedes Szenario Nachteile aufweisen. Somit sollte von den KEP-Dienstleistern das Szenario ausgewählt werden, das in seiner Gesamtheit die geringsten negativen Auswirkungen hat. Diese Entscheidung liegt im Ermessen der KEP-Dienstleister, hauptsächlich sollte dabei die Verbesserung der Luftqualität und die Entlastung des Verkehrs berücksichtigt werden. Wenn die Entscheidung getroffen wird, welche Strategie verfolgt wird, sollte frühzeitig mit den städtischen Regierungen kommuniziert werden, um zu eruieren, in welchen Bereichen zwischen Politik und Zusteller Unstimmigkeiten herrschen. Der Grund dafür ist die Vermeidung unerwarteter Einschränkungen, sodass von Beginn an davon ausgegangen werden kann, dass die gewählte Strategie langfristig die bestmögliche Entscheidung darstellt. Dennoch sollte präventiv in die Weiterentwicklung aller Transportmodi investiert werden, um bei unerwartet auftretenden Problemen auf Alternativmöglichkeiten zurückgreifen zu können. Anzumerken ist außerdem, dass grundsätzlich eine Zustellung mit verschiedenen Transportmodi verfolgt werden sollte, sodass für unterschiedlich Distanzen und Gegebenheiten der jeweils beste Transportmodus ausgewählt werden kann.

## **6. Fazit**

### **6.1. Zusammenfassung**

Die Recherche hat ergeben, dass die Zustellung auf der letzten Meile in chinesischen Megastädten von verschiedenen Faktoren beeinträchtigt wird. Hauptsächlich zeichnen sich diese Beeinträchtigungen in Form verschiedener städtischer Regularien der Transportmodi aus. Die Regularien variieren von Stadt zu Stadt und zwingen die KEP-Dienstleister, Auslieferungsformen auszuwählen, die zu einer suboptimalen Logistik der letzten Meile führen. Die erlassenen Regularien verfolgen jedoch nicht die Absicht, die KEP-Dienstleister in den Megastädten einzuschränken, vielmehr sind sie Reaktionen auf gegenwärtige Probleme. Durch die Regularien wird versucht, diesen Problemen zu begegnen. Damit einhergehend erfolgt der ungewollte Nebeneffekt der Beeinträchtigung der Zusteller. Es konnte identifiziert werden, dass die größten Probleme, von denen chinesische Megastädte betroffen sind, die Luftverschmutzung und die Verkehrsbelastung sind. Somit sollte es das Ziel der KEP-Dienstleister sein, diese Probleme nicht weiter zu verschlimmern.

Die Nutzwertanalyse ergab, dass die Lieferroboter im Hinblick auf die derzeitigen Probleme der chinesischen Megastädte und KEP-Dienstleister am vielversprechendsten erscheinen, wohingegen die aktuell verwendeten Transportmodi suboptimale Lösungen darstellen. Die Szenarioanalyse, die die zukünftige Entwicklung der letzten Meile in chinesischen Megastädten betrachten sollte, ergab, dass keines der betrachteten Szenarien eine langfristige problemfreie Zustellung gewährleisten konnte. Zudem wurde aufgezeigt, dass die Entwicklung der Lieferroboter in Zukunft nur geringe Auswirkung auf die Auslieferung auf der letzten Meile in chinesischen Megastädten hat. Handlungsempfehlungen, die eruiert werden konnten, legen den KEP-Dienstleistern eine frühzeitige Kommunikation mit den städtischen Regierungen bezüglich der Auslieferungsstrategie nahe. Außerdem wird eine dauerhafte Investition in die Forschung und Entwicklung aller Transportmodi sowie die Verwendung mehrerer verschiedenartiger Transportmodi empfohlen.

### **6.2. Beantwortung der Forschungsfrage**

Anhand der dargelegten Ergebnisse konnte die Forschungsfrage, welcher Transportmodus gegenwärtig und in Zukunft die bestmögliche Zustellung auf der letzten Meile in chinesischen Megastädten gewährleisten kann, wie folgt beantwortet werden: keiner der betrachteten Transportmodi ist in der Lage, gegenwärtig und in Zukunft die bestmögliche Auslieferung zu garantieren. Der erste Grund hierfür ist, dass jeder Transportmodus andere Stärken und Schwächen aufweist und kein Transportmodus eine Ideallösung darstellt. Orientiert man sich an der Nutzwertanalyse, ist der Lieferroboter gegenwärtig der vielversprechendste Transportmodus. In Zukunft hat der Lieferroboter jedoch nur geringe Auswirkung auf die Auslieferung der letzten Meile in chinesischen Megastädten, wohingegen die übrigen Transportmodi hohe Auswirkung auf das Problemfeld aufweisen. Somit ist der Lieferroboter



zwar für die Gegenwart die beste Wahlmöglichkeit, jedoch wird ihm in Zukunft keine große Relevanz beigemessen, wodurch er keine passende Antwort auf die Forschungsfrage liefert. Die restlichen Transportmodi wurden in der abschließenden Szenariogenerierung berücksichtigt, doch jedes Szenario wies gewisse Schwachstellen auf, sodass sich kein Transportmodus für den zukünftigen Einsatz explizit hervorheben konnte. Somit wird den KEP-Dienstleistern nahegelegt, abschließend das Szenario auszuwählen, das ihrem Ermessen nach die geringsten negativen Auswirkungen hat.

### **6.3. Limitationen der Arbeit**

Diese Arbeit weist sich durch die Verwendung mehrerer standardisierter Analysemethoden und Berücksichtigung einer Vielzahl an relevanten Faktoren aus, verfügt jedoch auch über diverse Schwächen. Es ist festzuhalten, dass von Beginn an nur der lokale und nicht der tatsächliche Emissionsausstoß der Transportmodi betrachtet wurde. Wenn der Emissionsausstoß während der Stromerzeugung miteinbezogen werden würde, würde den elektrisch betriebenen Transportmodi ein höherer Emissionsausstoß beigemessen werden. Der Grund hierfür liegt in der Art der Stromerzeugung, welche in China zu einem Großteil durch die Verbrennung von Kohle erfolgt (Zou et al., 2016). Des Weiteren wurden verschiedene Transportmodi nicht in die Betrachtung inkludiert, die durch ihren Einbezug andere Ergebnisse bei der Nutzwert- und Szenarioanalyse hätten herbeiführen können. Hierzu gehören schwere Nutzfahrzeuge, Motorroller und -räder sowie Transportkonzepte die bei Erstellung der Arbeit noch nicht über das Stadium des Prototyps hinausgegangen sind. Das Problem der Nutzwertanalyse ist, dass die Gewichtung der Kriterien subjektiv erfolgt, wodurch unterschiedliche Ergebnisse zustande kommen können, je nach Ermessen des Erstellers (Dölle, 1993). Im Hinblick auf die Szenarioanalyse ist festzuhalten, dass nicht alle, sondern nur Schlüsselfaktoren in die Konsistenzanalyse miteinbezogen wurden, deren Auswirkungen auf das Problemfeld als hoch eingestuft wurden. Somit fanden auch nur diese Faktoren Betrachtung in der schlussendlichen Szenarioentwicklung. Außerdem wurden Synergiepotenziale beim technologischen Fortschritt der Transportmodi vernachlässigt. Abschließend wurden nur drei unterschiedliche Szenarien generiert, sodass die Möglichkeit besteht, dass sich eines der nicht betrachteten Szenarien als vielversprechender erweisen könnte, als eines der drei generierten Szenarien.

### **6.4. Implikationen für Forschung und Praxis**

Nachdem sich herausgestellt hat, dass sowohl die Transportmodi als auch die entwickelten Szenarien keine Ideallösung liefern, bieten sich zwei Ansätze zur weiteren Forschung an. Zum einen sollte versucht werden, die Entwicklung der dargestellten Transportmodi voranzutreiben, um bestehende Nachteile auszubessern. Des Weiteren sollten Modelle entwickelt werden, die den KEP-Dienstleistern helfen, Entscheidungen bezüglich der Auswahl von Szenarien treffen zu können. Zum anderen sollte hinterfragt werden, ob die Entwicklung neuer Transportkonzepte einen vielversprechenderen Ansatz liefern könnte. So

wurde bereits der erste Prototyp eines Lieferfahrzeugs namens MANgo von der Technischen Universität München in Kooperation mit MAN entwickelt, der direkt für die Logistik der letzten Meile in chinesischen Ballungsgebieten zugeschnitten ist (Höfer et al., 2015). Darauf aufbauend könnte dieses Vorhaben in dem Sinne weitergeführt werden, dass Lieferfahrzeuge weiterentwickelt werden, die den Gegebenheiten und Problemen der einzelnen Städte angepasst werden. Dadurch könnte versucht werden, eine Ideallösung für jeden Stadttypus zu entwickeln, um eine effiziente und zuverlässige Auslieferung auf der letzten Meile in chinesischen Megastädten zu gewährleisten, wodurch das Bild des Flaschenhalses der Logistikkette abgelegt werden könnte.

## LITERATURVERZEICHNIS

- Arvidsson, N., Woxenius, J., Lammgård, C., 2013. Review of Road Hauliers' Measures for Increasing Transport Efficiency and Sustainability in Urban Freight Distribution. *Transp. Rev.* 33, 107–127.
- Baklanov, A., Molina, L.T., Gauss, M., 2016. Megacities, air quality and climate. *Atmos. Environ.* 126, 235–249.
- Bertram, M., Bongard, S., 2014. *Elektromobilität im motorisierten Individualverkehr*. Springer, Wiesbaden.
- Bivens, G.E., Volker, C.B., 1986. A Value-Added Approach to Household Production: The Special Case of Meal Preparation. *J. Consum. Res.* 13, 272–279.
- Bookbinder, J., 2013. *Handbook of global logistics*. Springer, New York.
- Bradl, N., 2015. Zukunftsmusik aus dem Propeller. *Logist. HEUTE* 2015, 58–59.
- Braun, G., Kracht, M., Lin, X., 2014. Stadtverkehr in Chinas aufstrebenden Millionenstädten. *Geogr. Rundsch.* 66, 28–35.
- Buckley, C., 2016. Beijing's Electric Bikes, the Wheels of E-Commerce, Face Traffic Backlash. *N. Y. Times*.
- Button, K., 2010. *Transport Economics*, 3 edition. Edward Elgar Publishing, Cheltenham.
- Cherry, C.R., Weinert, J.X., Xinmiao, Y., 2009. Comparative environmental impacts of electric bikes in China. *Transp. Res. Part Transp. Environ.* 14, 281–290.
- Chopra, S., 2003. Designing the distribution network in a supply chain. *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.* 39, 123–140.
- Cowie, J., 2009. *The Economics of Transport: A Theoretical and Applied Perspective*, 1 edition. Routledge, London ; New York.
- Dablanc, L., 2007. Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize. *Transp. Res. Part Policy Pract.* 41, 280–285.
- Diao, Q., Sun, W., Yuan, X., Li, L., Zheng, Z., 2016. Life-cycle private-cost-based competitiveness analysis of electric vehicles in China considering the intangible cost of traffic policies. *Appl. Energy* 178, 567–578.
- Dierkes, M., 1986. Das Unbehagen um die Technik - ein Beitrag zur Akzeptanz-Problematik neuer Technologien, in: Gehrman, F. (Ed.), *Soziale Indikatoren*. Campus Verl., Frankfurt am Main, 215–228.
- Dolfsma, W., Leydesdorff, L., 2009. Lock-in and break-out from technological trajectories: Modeling and policy implications. *Technol. Forecast. Soc. Change* 76, 932–941.
- Dölle, W., 1993. Nutzwertanalyse. *Z. Für Plan.* 191–194.

- Dürand, D., 2016. City Logistik: Wenn der Robo klingelt. *WirtschaftsWoche* 56–57.
- Frey, H.C., Unal, A., Roupail, N.M., Colyar, J.D., 2003. On-road measurement of vehicle tailpipe emissions using a portable instrument. *J. Air Waste Manag. Assoc.* 1995 53, 992–1002.
- Gauselmeier, J., Fink, A., Schlake, O., 1996. *Szenario-Management Planen und Führen mit Szenarien*, 2nd ed. Hanser, München.
- Gier, J. de, Garoni, T.M., Rojas, O., 2011. Traffic flow on realistic road networks with adaptive traffic lights. *J. Stat. Mech. Theory Exp.* 2011, 1–41.
- Gillies, C., 2015. Drohne ante portas. *Verkehrsrundschau* 2015, 19–21.
- Goodman, R.W., 2005. Whatever you call it, just don't think of last-mile logistics, last. *Glob. Logist. Supply Chain Strateg.* 9.
- Government of Guangzhou Municipality, 2010. *Guangzhou International*. Online abrufbar auf: [http://english.gz.gov.cn/gzgooven/s9069/Resi\\_list.shtml](http://english.gz.gov.cn/gzgooven/s9069/Resi_list.shtml) (Zuletzt besucht: 10.5.17).
- Halbey, J., Kowalewski, S., Ziefle, M., 2015. Going on a Road-Trip with My Electric Car: Acceptance Criteria for Long-Distance-Use of Electric Vehicles, in: *Design, User Experience, and Usability: Interactive Experience Design*. Presented at the International Conference of Design, User Experience, and Usability, Springer, Cham, 473–484.
- Han, L., 2015. Last Mile delivery in Chinese electronic commerce logistics and improvement method research. Presented at the 6th International Conference on Advanced Design and Manufacturing Engineering, Atlantis Press.
- Hao, H., Geng, Y., Li, W., Guo, B., 2015. Energy consumption and GHG emissions from China's freight transport sector: Scenarios through 2050. *Energy Policy* 85, 94–101.
- Hayashi, K., Nemoto, T., Nakaharai, S., 2014. The Development of the Parcel Delivery Service and its Regulations in China. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 125, 186–198.
- Heinecke, A., 2006. Die Anwendung induktiver Verfahren in der Szenario-Technik, in: *Szenariotechnik. Vom Umgang Mit Der Zukunft*. Hauptverlag Bern, 183–213.
- Heinrich, J., Schwarze, P., Stilianakis, N., Momas, I., 2005. Studies on health effects of transport-related air pollution, in: *Health Effects of Transport-Related Air Pollution*. 125–184.
- Herzberger, D.G., 2016. Drohnen und Roboter sind die Paketboten der Zukunft. *marconomy*.
- Hodge, M., 2017. A glimpse of the future: Self-driving delivery robots. *Logist. Transp. Focus* 19, 28–29.
- Hoerning, J., 2012. Megastädte, in: *Handbuch Stadtsoziologie*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, 231–262.
- Höfer, A., Esl, E., Türk, D.-A., Hüttinger, V., 2015. Innovative Fahrzeugkonzepte für Shanghais letzte Meile. *ATZ Automob. Z.* 06/15, 76–81.

- Hou, X., 2014. Analysis on the Situation of China's E-commerce Logistics. *Adv. Mater. Res.* 3750–3753.
- Huang, W., Tan, J., Kan, H., Zhao, N., Song, W., Song, G., Chen, G., Jiang, L., Jiang, C., Chen, R., Chen, B., 2009. Visibility, air quality and daily mortality in Shanghai, China. *Science of The Total Environment* Vol. 10. 3295–3300.
- Huch, B., Behme, W., Ohlendorf, T., 1992. *Rechnungswesen-orientiertes Controlling*. Physica-Verlag, Heidelberg.
- Jacyna-Golda, I., Izdebski, M., 2017. The Multi-criteria Decision Support in Choosing the Efficient Location of Warehouses in the Logistic Network. *Procedia Eng., TRANSBALTICA 2017: TRANSPORTATION SCIENCE AND TECHNOLOGY: Proceedings of the 10th International Scientific Conference, May 4–5, 2017, Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Lithuania* 187, 635–640.
- Jin, S., Qu, X., Zhou, D., Xu, C., Ma, D., Wang, D., 2015. Estimating cycleway capacity and bicycle equivalent unit for electric bicycles. *Transp. Res. Part Policy Pract.* 77, 225–248.
- Jingqiao, Z., 2017. Study on China's E-Commerce Service Industry: Current Situation, Problems and Prospects. *Chin. Econ.* 50, 119–127.
- Joerss, M., Schröder, J., Neuhaus, F., Klink, C., Mann, F., 2016. Parcel delivery - The future of last mile.
- Just, T., 2008. Megastädte - Megachancen und Megaprobleme. *Immob. Finanz. - Langfristige Kredit* 431.
- Kampker, A., Deutkens, C., Maue, A., Hollah, A., 2016. Elektromobile Logistik. *CSR Logist., Management-Reihe Corporate Social Responsibility* 293–308.
- Katterbach, W., 2016. Die Spannung steigt. *Creditreform* 2016, 22.
- King, L., 2016. First Steps to a Better Last Mile - How technology can help forwarders meet e-commerce demands. *AIRCARGOWORLD.COM* 22–24.
- Kosow, H., Robert, G., Erdmann, L., Luber, B., 2008. *Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse*, Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung. ITZ.
- Lange, V., 2007. *Logistiktrends im E-Commerce*.
- Lehmann, K., 2007. *Der Klimawandel: Brennpunkt globaler, intergenerationeller und ökologischer Gerechtigkeit; ein Expertentext zur Herausforderung des globalen Klimawandels; mit einem Geleitwort des Vorsitzenden der Deutschen Bischofskonferenz. Sekretariat der Dt. Bischofskonferenz, Bonn.*
- Ling, Z., Cherry, C.R., Yang, H., Jones, L.R., 2015. From e-bike to car: A study on factors influencing motorization of e-bike users across China. *Transp. Res. Part Transp. Environ.* 41, 50–63.

- Liu, H., He, K., Lents, J.M., Wang, Q., Tolvett, S., 2009. Characteristics of Diesel Truck Emission in China Based on Portable Emissions Measurement Systems. *Environ. Sci. Technol.* 43, 9507–9511.
- Liu, H., He, K., Wang, Q., Huo, H., Lents, J., Davis, N., Nikkila, N., Chen, C., Osses, M., He, C., 2007. Comparison of Vehicle Activity and Emission Inventory between Beijing and Shanghai. *J. Air Waste Manag. Assoc.* 57, 1172–1177.
- Liu, W., Sang, J., Chen, L., Tian, J., Zhang, H., Olvera Palma, G., 2015. Life cycle assessment of lead-acid batteries used in electric bicycles in China. *J. Clean. Prod.* 108, Part A, 1149–1156.
- Logemann, U., 2007. *Methodik zur Planung und Steuerung der Kommissionierung in der logistischen Produktion des Versandhandels.* Universität Stuttgart, Stuttgart.
- Magrini, M., Moroni, D., Pieri, G., Salvetti, O., Perallos, A., Hernandez-Jayo, U., Onieva, E., García-Zuazola, I.J., 2015. Smart Cameras for ITS in Urban Environment, in: *Intelligent Transport Systems.* John Wiley & Sons, Ltd, pp. 167–188.
- Manske-Wang, W., Genosko, J., 2016. *Urbanisierung und Energieversorgung der Megastädte in China: Herausforderungen und Lösungsansätze – eine empirische Untersuchung,* Research. Springer Gabler, Wiesbaden.
- McDonald, J., 1987. Deregulation's impact on technology. *IEEE Commun. Mag.* 25, 63–65.
- Mietzner, D., 2009. *Strategische Vorausschau und Szenarioanalyse.* Gabler, Wiesbaden.
- Müller-Christ, G., 2014. *Nachhaltiges Management: Einführung in Ressourcenorientierung und widersprüchliche Managementrationalitäten,* 2nd edition. UTB GmbH, Baden-Baden.
- Muñuzuri, J., Cortés, P., Guadix, J., Onieva, L., 2012. City logistics in Spain: Why it might never work. *Cities* 29, 133–141.
- Murray, C.C., Chu, A.G., 2015. The flying sidekick traveling salesman problem: Optimization of drone-assisted parcel delivery. *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 54, 86–109.
- National Bureau of Statistics China, 2016. *China Statistical Yearbook 2016.* Online abrufbar auf: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2016/indexeh.htm> (Zuletzt besucht: 28.5.17).
- Nelson, R.R., Winter, S.G., 1977. In search of useful theory of innovation. *Res. Policy* 6, 36–76.
- Nicas, J., 2015. Drones Boom Raises New Question: Who Owns Your Airspace? *Wall Str. J.*
- o.V., 2014. Clearing the air over Europe, and elsewhere. *The Lancet* 383, 1.
- Parrish, D., Stockwell, W., 2015. *Urbanization and Air Pollution: Then and Now.* EOS.
- Pfohl, H.-C., 2010. *Logistiksysteme Betriebswirtschaftliche Grundlagen,* 8th edition. Springer Berlin Heidelberg.

- Pieringer, M., 2015. In Zukunft elektrisch. *Logist. HEUTE* 2015, 28–33.
- Pressestelle der Deutschen Post DHL, 2015. DHL Blue Sky Transport Design Award attracts entries from across the globe: Berlin finalists named.
- Pui, D.Y.H., Chen, S.-C., Zuo, Z., 2014. PM2.5 in China: Measurements, sources, visibility and health effects, and mitigation. *Particuology* 13, 1–26.
- Qiang, H., 2016. JD.com launches drone delivery in rural Jiangsu - Xinhua. Online abrufbar auf: [http://news.xinhuanet.com/english/2016-06/08/c\\_135423101.htm](http://news.xinhuanet.com/english/2016-06/08/c_135423101.htm) (Zuletzt besucht: 11.5.17).
- Robert, S., 2010. Dimensionen der Logistik, 1. Auflage. Gabler Verlag.
- Rothfuss, R., Le Bris, J., 2013. Elektromobilität und Pedelecs: Räumliche Neuordnung des Verkehrssystems? *Geogr. Rundsch.* 6, 42–48.
- Russo, M.V., 1988. Technology, deregulation, and the public interest: preserving universal telephone service. *IEEE Technol. Soc. Mag.* 7, 4–11.
- Schenkelberg, F., 2016. How Reliable Does a Delivery Drone Have to Be? Presented at the 2016 Annual Reliability and Maintainability Symposium.
- Sieweke, K., 2016. Roboter auf dem Vormarsch. *Retail Technol. J.* 2016, 42–43.
- Song, S., 2015. Should China Implement Congestion Pricing? *Chin. Econ.* 48, 57–67.
- Song, Y., Zhang, M., Cai, X., 2006. PM10 modeling of Beijing in the winter. *Atmos. Environ.* 40, 4126–4136.
- Spangenthal-Lee, J., 2015. Update: Detectives Investigating Drone Crash at Pride Parade Online abrufbar auf: <http://spdblotter.seattle.gov/2015/06/29/woman-knocked-unconscious-at-parade-by-falling-drone/> (Zuletzt besucht: 28.5.17).
- The World Bank, 2011. The China new energy vehicles program: challenges and opportunities (No. 61259). The World Bank.
- United Nations, 2016. The World's Cities in 2016.
- Vieira, J.G.V., Fransoo, J.C., Carvalho, C.D., 2015. Freight distribution in megacities: Perspectives of shippers, logistics service providers and carriers. *J. Transp. Geogr.* 46, 46–54.
- von Reibnitz, U., 1992. Szenario-Technik - Instrumente für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung, 2. Auflage. Gabler, Wiesbaden.
- Wan, Z., Sperling, D., Wang, Y., 2015. China's electric car frustrations. *Transp. Res. Part D* 34, 116–121.
- Wang, R., Yuan, Q., 2013. Parking practices and policies under rapid motorization: The case of China. *Transp. Policy* 30, 109–116.

- Wang, Y., Sperling, D., Tal, G., Fang, H., 2017. China's electric car surge. *Energy Policy* 102, 486–490.
- Weinert, J., Ogden, J., Sperling, D., Burke, A., 2008. The future of electric two-wheelers and electric vehicles in China. *Energy Policy* 36, 2544–2555.
- Wells, L., 2016. Global Perspectives - Will robots be better at deliveries than drones? *Prof. Eng.* 2016, 52.
- WHO, 2014a. WHO | Air quality deteriorating in many of the world's cities. Online abrufbar auf: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-quality/en/> (Zuletzt besucht: 3.5.17).
- WHO, 2014b. WHO | 7 million premature deaths annually linked to air pollution. Online abrufbar auf: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/> (Zuletzt besucht: 3.5.17).
- Wikström, M., Hansson, L., Alvfors, P., 2014. Socio-technical experiences from electric vehicle utilisation in commercial fleets. *Appl. Energy* 123, 82–93.
- Wilms, F.E.P., 2006. Szenariotechnik - Vom Umnagng mit der Zukunft, 1. Auflage. Hauptverlag Bern, Bern.
- WMO/IGAC, 2012. Impacts of Megacities on Air Pollution and Climate.
- Wu, K., Chen, Y., Ma, J., Bai, S., Tang, X., 2017. Traffic and emissions impact of congestion charging in the central Beijing urban area: A simulation analysis. *Transp. Res. Part Transp. Environ.* 51, 203–215.
- Wu, X., Wu, Y., Zhang, S., Liu, H., Fu, L., Hao, J., 2016. Assessment of vehicle emission programs in China during 1998–2013: Achievement, challenges and implications. *Environ. Pollut.* 214, 556–567.
- Wu, Y., Wang, R., Zhou, Y., Lin, B., Fu, L., He, K., Hao, J., 2011. On-Road Vehicle Emission Control in Beijing: Past, Present, and Future. *Environ. Sci. Technol.* 45, 147–153.
- Wu, Y., Zhang, S., Hao, J., Liu, H., Wu, X., Hu, J., Walsh, M.P., Wallington, T.J., Zhang, K.M., Stevanovic, S., 2017. On-road vehicle emissions and their control in China: A review and outlook. *Sci. Total Environ.* 574, 332–349.
- WVI, IVT, DLR, KBA, 2012. Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2010.
- Zacharias, J., Zhang, B., 2015. Local distribution and collection for environmental and social sustainability – tricycles in central Beijing. *J. Transp. Geogr.* 49, 9–15.
- Zangemeister, C., 1976. Nutzwertanalyse in der Systemtechnik: eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen. Wittmann.
- Zhang, J.K., Sun, Y., Liu, Z.R., Ji, D.S., Hu, B., Liu, Q., Wang, Y.S., 2014. Characterization of submicron aerosols during a month of serious pollution in Beijing, 2013. *Atmos Chem Phys* 14, 2887–2903.



Zhang, Q., Wu, L., Yang, Z., Zou, C., Liu, X., Zhang, K., Mao, H., 2016. Characteristics of gaseous and particulate pollutants exhaust from logistics transportation vehicle on real-world conditions. *Transp. Res. Part Transp. Environ.* 43, 40–48.

Zhang, R.H., Li, Q., Zhang, R., 2014. Meteorological conditions for the persistent severe fog and haze event over eastern China in January 2013. *Sci. China Earth Sci.* 57, 26–35.

Zhang, S., Wu, Y., Wu, X., Li, M., Ge, Y., Liang, B., Xu, Y., Zhou, Y., Liu, H., Fu, L., Hao, J., 2014. Historic and future trends of vehicle emissions in Beijing, 1998–2020: A policy assessment for the most stringent vehicle emission control program in China. *Atmos. Environ.* 89, 216–229.

Ziefle, M., Beul-Leusmann, S., Kasugai, K., Schwalm, M., 2014. Public Perception and Acceptance of Electric Vehicles: Exploring Users' Perceived Benefits and Drawbacks, in: *Design, User Experience, and Usability. User Experience Design for Everyday Life Applications and Services*. Presented at the International Conference of Design, User Experience, and Usability, Springer, Cham, 628–639.

Ziyan, C., 2016. JD's first-ever self-driving delivery vehicle expected to hit roads soon. Online abrufbar auf: [http://www.chinadaily.com.cn/china/2016-09/02/content\\_26678667.htm](http://www.chinadaily.com.cn/china/2016-09/02/content_26678667.htm) (Zuletzt besucht: 11.5.17).

Zou, H., Du, H., Broadstock, D.C., Guo, J., Gong, Y., Mao, G., 2016. China's future energy mix and emissions reduction potential: a scenario analysis incorporating technological learning curves. *J. Clean. Prod., Preventing Smog Crises* 112, 1475–1485.

Zunke, K., 2009. Kleintransporter - Mobilität für den Mittelstand. *PROFirma* 66–67.

## Anhang

| Zielkriterium              | Kriterien-<br>gewichtung | Entscheidungsalternative               |               |                                     |               |                                   |               |               |               |               |               |
|----------------------------|--------------------------|--|---------------|-------------------------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                            |                          | Zwei- und dreirädrige Elektrofahrzeuge |               | Kraftstoffbasierte Kleintransporter |               | Kleintransporter mit Elektromotor |               | Lieferdrohnen |               | Lieferroboter |               |
|                            |                          | Teil-nutzen                            | Teil-nutzwert | Teil-nutzen                         | Teil-nutzwert | Teil-nutzen                       | Teil-nutzwert | Teil-nutzen   | Teil-nutzwert | Teil-nutzen   | Teil-nutzwert |
| Niedrige Emissionswerte    | 0,25                     | 5                                      | 1,25          | 1                                   | 0,25          | 5                                 | 1,25          | 5             | 1,25          | 5             | 1,25          |
| Straßenverkehrs-entlastung | 0,2                      | 3                                      | 0,6           | 1                                   | 0,2           | 1                                 | 0,2           | 5             | 1             | 5             | 1             |
| Niedrige Zustellungskosten | 0,15                     | 3                                      | 0,45          | 3                                   | 0,45          | 3                                 | 0,45          | 4             | 0,6           | 5             | 0,75          |
| Hohe Transportsicherheit   | 0,1                      | 2                                      | 0,2           | 4                                   | 0,4           | 4                                 | 0,4           | 2             | 0,2           | 4             | 0,4           |
| Kurze Zustelldauer         | 0,1                      | 3                                      | 0,3           | 2                                   | 0,2           | 2                                 | 0,2           | 5             | 0,5           | 4             | 0,4           |
| Hohe Einsatzfähigkeit      | 0,1                      | 3                                      | 0,3           | 3                                   | 0,3           | 3                                 | 0,3           | 2             | 0,2           | 4             | 0,4           |
| Großes Transportvolumen    | 0,05                     | 2                                      | 0,1           | 5                                   | 0,25          | 5                                 | 0,25          | 1             | 0,05          | 1             | 0,05          |
| Weite Transportdistanz     | 0,05                     | 3                                      | 0,15          | 5                                   | 0,25          | 4                                 | 0,2           | 3             | 0,15          | 1             | 0,05          |
| <b>Gesamtnutzwert</b>      | <b>1</b>                 |  | <b>3,35</b>   |                                     | <b>2,3</b>    |                                   | <b>3,25</b>   |               | <b>3,95</b>   |               | <b>4,3</b>    |

Tabelle 1: Nutzwertanalyse der Transportmodi (in Anlehnung an Dölle, 1993)

|   |           | Entwicklung<br>Zwei- und dreirädriger<br>Elektrofahrzeuge | Entwicklung<br>kraftstoffbasierter<br>Kleintransporter | Entwicklung der<br>Kleintransporter mit<br>Elektromotor | Entwicklung der<br>Lieferdrohnen | Entwicklung der<br>Lieferroboter | Städtische Regularien | Innerstädtische Maut | Intelligente<br>Verkehrssysteme | Akzeptanz der<br>Bevölkerung von<br>Transportmodi | Verkehrsaufkommen | Luftqualität | Lagerstandort | Paketgrößen | Aktivsumme |
|---|-----------|---|--|---|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------------|---|-------------------|--------------|---------------|-------------|------------|
| Entwicklung zwei- und dreirädriger Elektrofahrzeuge |           |   | 2  | 2   | 2                                | 1                                | 0                     | 0                    | 0                               | 1   | 3                 | 3            | 1             | 0           | <b>15</b>  |
| Entwicklung kraftstoffbasierter Kleintransporter    | 2         |   |  | 3   | 1                                | 0                                | 2                     | 0                    | 0                               | 0   | 3                 | 3            | 1             | 0           | <b>15</b>  |
| Entwicklung der Kleintransporter mit Elektromotor   | 2         | 3   |  |   | 1                                | 0                                | 0                     | 0                    | 0                               | 3   | 3                 | 3            | 1             | 0           | <b>16</b>  |
| Entwicklung der Lieferdrohnen                       | 2         | 2   | 2  |   |                                  | 2                                | 3                     | 0                    | 0                               | 3   | 3                 | 3            | 1             | 0           | <b>21</b>  |
| Entwicklung der Lieferroboter                       | 1         | 0   | 0  | 2   |                                  |                                  | 0                     | 0                    | 0                               | 3   | 3                 | 3            | 1             | 0           | <b>13</b>  |
| Städtische Regularien                               | 3         | 3   | 3  | 3   | 3                                |                                  |                       | 3                    | 0                               | 0   | 3                 | 3            | 0             | 0           | <b>24</b>  |
| Innerstädtische Maut                                | 0         | 3   | 3  | 0   | 0                                | 0                                |                       |                      | 0                               | 0   | 3                 | 0            | 0             | 0           | <b>9</b>   |
| Intelligente Verkehrssysteme                        | 2         | 3   | 3  | 0   | 0                                | 0                                | 0                     |                      |                                 | 0   | 3                 | 0            | 0             | 0           | <b>11</b>  |
| Akzeptanz der Bevölkerung von Transportmodi         | 2         | 0   | 3  | 3   | 3                                | 3                                | 0                     | 0                    |                                 |   | 0                 | 0            | 0             | 0           | <b>11</b>  |
| Verkehrsaufkommen                                   | 2         | 3   | 3  | 0   | 0                                | 0                                | 3                     | 0                    | 0                               |   |                   | 3            | 0             | 0           | <b>14</b>  |
| Luftqualität  | 0         | 0   | 0  | 0   | 0                                | 0                                | 3                     | 0                    | 0                               | 0   |                   |              | 0             | 0           | <b>3</b>   |
| Lagerstandort                                       | 3         | 2   | 2  | 3   | 3                                | 3                                | 0                     | 0                    | 0                               | 0   | 2                 | 0            |               | 0           | <b>15</b>  |
| Paketgrößen   | 2         | 1   | 1  | 3   | 3                                | 3                                | 0                     | 0                    | 0                               | 0   | 0                 | 0            | 0             |             | <b>10</b>  |
| Passivsumme   | <b>21</b> | <b>22</b>   | <b>25</b>  | <b>18</b>   | <b>15</b>                        | <b>11</b>                        | <b>3</b>              | <b>0</b>             | <b>10</b>                       | <b>10</b>   | <b>26</b>         | <b>21</b>    | <b>5</b>      | <b>0</b>    |            |

Tabelle 2: Einflussmatrix der Schlüsselfaktoren (in Anlehnung an Kosow et al., 2008, S. 39)

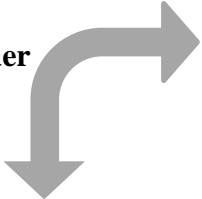
|   |               | Konsistenz untereinander  |            |  |            |   |            |                               |            |                       |            |                   |               |               |          |           |
|---|---------------|--|------------|--|------------|---|------------|-------------------------------|------------|-----------------------|------------|-------------------|---------------|---------------|----------|-----------|
|   |               | Entwicklung zwei- und dreirädriger Elektrofahrzeuge  |            | Entwicklung kraftstoffbasierter Kleintransporter |            | Entwicklung der Kleintransporter mit Elektromotor |            | Entwicklung der Lieferdrohnen |            | Städtische Regularien |            | Verkehrsaufkommen |               | Lagerstandort |          |           |
|   |               | Fortschritt  | Stagnation | Fortschritt                                      | Stagnation | Fortschritt                                       | Stagnation | Fortschritt                   | Stagnation | Fortschritt           | Stagnation | Regulierung       | Deregulierung | Sinkend       | Steigend | Dezentral |
| Entwicklung zwei- und dreirädriger Elektrofahrzeuge | Fortschritt   |  |            |  |            |   |            |                               |            |                       |            |                   |               |               |          |           |
|   | Stagnation    |  |            |  |            |   |            |                               |            |                       |            |                   |               |               |          |           |
| Entwicklung kraftstoffbasierter Kleintransporter    | Fortschritt   | 2  | 4          |  |            |   |            |                               |            |                       |            |                   |               |               |          |           |
|   | Stagnation    | 4  | 3          |  |            |   |            |                               |            |                       |            |                   |               |               |          |           |
| Entwicklung der Kleintransporter mit Elektromotor   | Fortschritt   | 2  | 4          | 1  | 5          |   |            |                               |            |                       |            |                   |               |               |          |           |
|   | Stagnation    | 4  | 3          | 5  | 3          |   |            |                               |            |                       |            |                   |               |               |          |           |
| Entwicklung der Lieferdrohnen                       | Fortschritt   | 2  | 4          | 2  | 4          | 2   | 4          |                               |            |                       |            |                   |               |               |          |           |
|   | Stagnation    | 4  | 3          | 4  | 3          | 4   | 3          |                               |            |                       |            |                   |               |               |          |           |
| Städtische Regularien                               | Regulierung   | 2  | 4          | 1  | 5          | 1   | 4          | 1                             | 5          |                       |            |                   |               |               |          |           |
|   | Deregulierung | 4  | 2          | 5  | 1          | 3   | 3          | 5                             | 1          |                       |            |                   |               |               |          |           |
| Verkehrsaufkommen                                   | Steigend      | 5  | 4          | 5  | 4          | 5   | 4          | 1                             | 4          | 5                     | 1          |                   |               |               |          |           |
|   | Sinkend       | 1  | 2          | 1  | 2          | 1   | 2          | 5                             | 2          | 1                     | 5          |                   |               |               |          |           |
| Lagerstandort                                       | Zentral       | 1  | 5          | 5  | 1          | 5   | 1          | 1                             | 5          | 3                     | 3          | 3                 | 3             |               |          |           |
|   | Dezentral     | 5  | 1          | 2  | 4          | 2   | 4          | 5                             | 1          | 3                     | 3          | 3                 | 3             |               |          |           |

Tabelle 3: Konsistenzmatrix der Schlüsselfaktorausprägungen mit hoher Auswirkung auf das Problemfeld (in Anlehnung an Gauselmeier et al., 1996, S. 258)

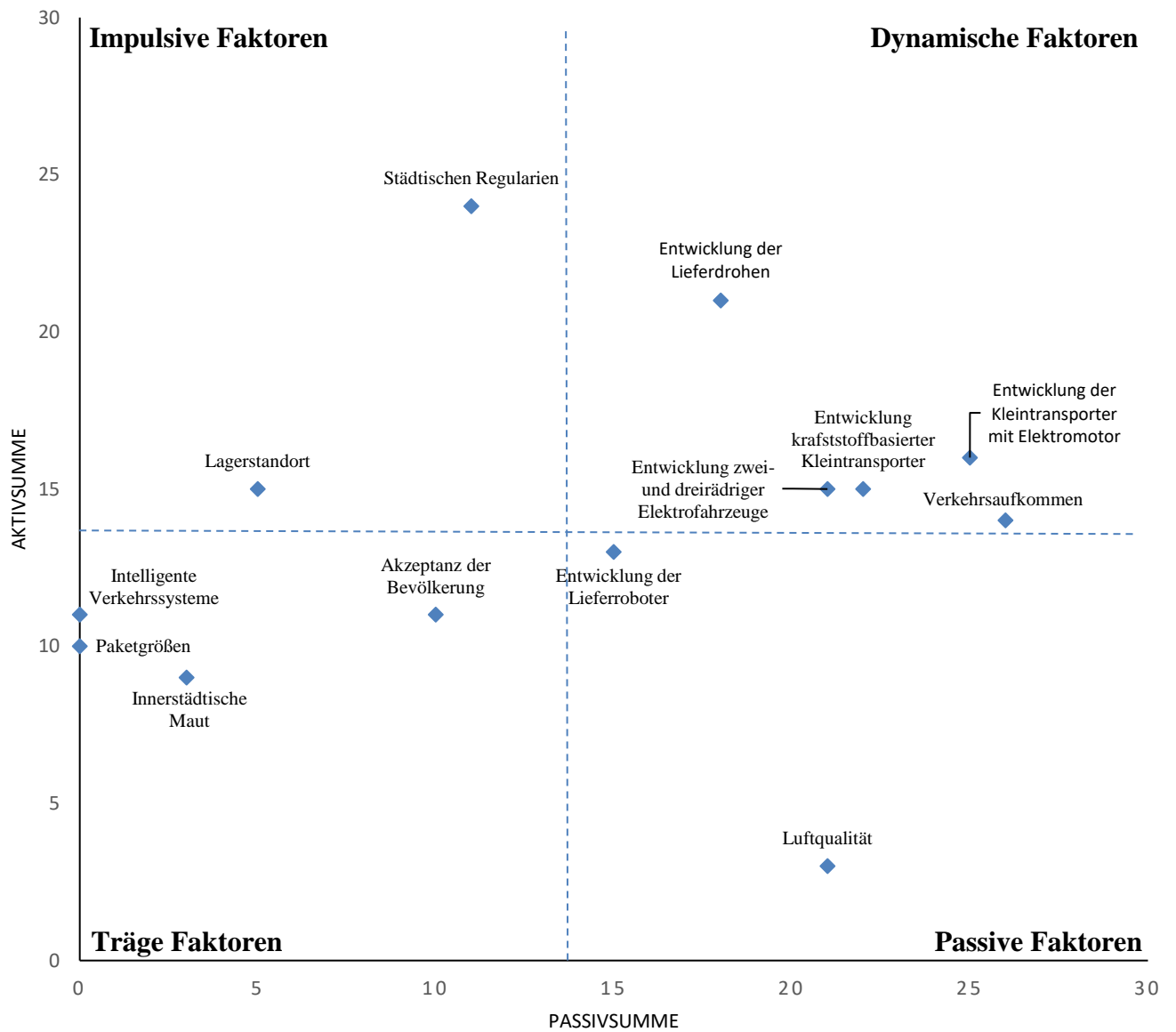


Abbildung 1: Gestaltungsraster der Transportmodi (in Anlehnung an von Reibnitz, 1992, S. 37)

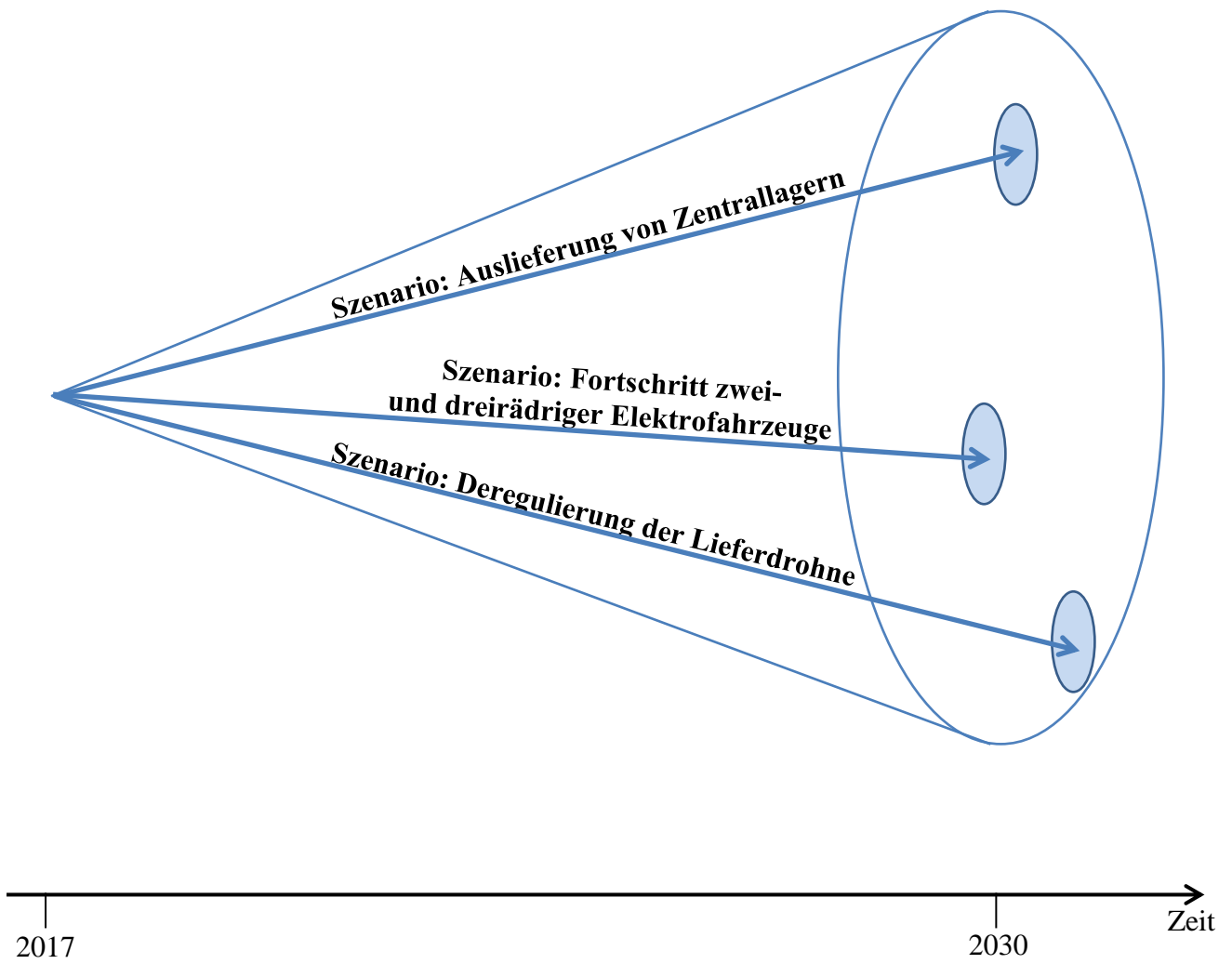


Abbildung 2: Szenariotrichter der Zustellszenarien (in Anlehnung an Kosow et al., 2008, S. 41)

Universität Bremen  
Fachbereich Wirtschaftswissenschaften  
Lehrstuhl für ABWL und Logistikmanagement  
Wilhelm-Herbst-Str. 12  
28359 Bremen

Telefon: +49 0421 218 66981  
E-Mail: [kotzab@uni-bremen.de](mailto:kotzab@uni-bremen.de)  
[www.lm.uni-bremen.de](http://www.lm.uni-bremen.de)

Als wissenschaftliches elektronisches Dokument veröffentlicht in der Staats- und  
Universitätsbibliothek Bremen und auf dem Lehrstuhlserver

Veröffentlicht: 2017