



Helmut Steiner, BSc

# **Technische Anforderungen und Systemlösungen zum Betrieb elektrobasierter urbaner Logistiksysteme**

## **Masterarbeit**

zur Erlangung des akademischen Grades  
Diplomingenieur (Dipl.-Ing.)

eingereicht am

**Institut für Technische Logistik (ITL)**

Betreuer Dipl.-Ing. Wolfgang Trummer

Graz, am 09.09.2015

Deutsche Fassung:  
Beschluss der Curricula-Kommission für Bachelor-, Master- und Diplomstudien vom 10.11.2008  
Genehmigung des Senates am 1.12.2008

## EIDESSTÄTTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

(Unterschrift)

..

Englische Fassung:

## STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

date

(signature)

..

## **Kurzbeschreibung**

Um die steigende Sendungszahl, das wachsende Verkehrsaufkommen und gesetzliche Herausforderungen in urbanen Räumen von Logistikunternehmen in Zukunft meistern zu können, werden in dieser Masterarbeit neben den technischen Anforderungen und Systemlösungen die wirtschaftlichen Seiten zum Betrieb elektrobasierter urbaner Logistiksysteme untersucht. Im Jahr 2015 leben etwa 7,4 Milliarden Menschen auf der Erde. Ein großer Menschenstrom zieht aufgrund von Arbeitsmöglichkeiten, Bildungseinrichtungen und kulturellen Vorteilen vom ländlichen Bereich in Ballungszentren. Der E-Commerce boomt wie noch nie, vom Sofa über das Fenster bis hin zum Kühlschrank kann man heute bequem alles von zu Hause aus bestellen.

In urbanen Gebieten können viele Wege im Bereich der Zustellung und Verteilung von Gütern mit Elektrofahrzeugen bewältigt werden. Die Lademengen in diesem Segment sind überschaubar und auch die zurückgelegten Distanzen stellen kein Hindernis für die begrenzte Reichweite von Elektrofahrzeugen dar. Neben dem Elektrofuhrpark sind in verschiedenen Ausbaustufen auch ein innovatives Logistikhub und unterschiedliche Informations- und Kommunikationssysteme für das Logistiksystem vorgesehen. Für einen effizienten Betrieb ist das Zusammenspiel dieser drei Komponenten von zentraler Bedeutung.

Um diese Planung zu erleichtern, Ideen und Lösungen den Unternehmen vorzustellen, wurde in dieser Arbeit ein Planungstool in Excel konzeptioniert.

Dieses Tool beinhaltet Modelle mit unterschiedlichen Ausbaustufen, Eingabemöglichkeiten von Grundstücks- und Baukosten für ein Logistikhub, die Festlegung bestimmter Informationssysteme sowie eine Auswahl an aktuellen Elektrofahrzeugen, welche für den logistischen urbanen Einsatz gedacht sind. Neben wirtschaftlichen Ergebnissen erhält der Nutzer Lösungsvorschläge und visuelle Grafiken zur einfachen Vorstellung. Zur Validierung dieses Excel Tools wurde ein konkretes Beispielszenario für die Stadt Graz abgewickelt und die Ergebnisse dokumentiert.

Durch die Beurteilung und Untersuchung bereits vorhandener Systemlösungen am Markt werden deren Schwachstellen und die Möglichkeiten für die emissionsfreie Zustellung der Zukunft erläutert.

Die Liste der Anforderungen und Funktionen eines nachhaltigen Logistikkonzeptes ist lang, und es muss im Vorhinein eine sorgfältige Planung und Auswahl der Komponenten getätigt werden. Nur dann können alle Möglichkeiten eines urbanen elektrobasierten Logistiksystems in der Realität umgesetzt werden.

## **Abstract**

Logistic companies have to face several challenges as the growing of shipment and the increasing volume of traffic in cities. In this thesis I analyse the technical requirements, system solutions and the economic perspective of electronically based urban logistic systems.

In 2015 there live about 7.4 billion people in the world. Both, the standard of living and the use of the internet are increasing rapidly in the developing countries. There is huge outmigration from peripheral regions into cities driven by better job and education opportunities, as well as cultural life. E-Commerce has been booming for years and gives consumers the possibility to order all kinds of goods and services ranging from electronics to furniture.

Since distances in cities are relatively short compared to the countryside, electric vehicles can be used for distribution and delivery of goods. The limited range and the normally small shipping volumes prefer electric mobility compared to the conventional distribution systems. Beside electric vehicles, innovative logistic hubs and different information and communication systems are necessary. A smart interaction of these three components is a prerequisite for an efficient operation.

A sustainable logistic concept requires thorough planning and selective use of the components. In this thesis I developed an Excel planning tool to support entrepreneurs in switching to a sustainable logistic system. The tool allows a differentiation of models including individual stages of extension. You can input building costs, select different information systems and choose optimal vehicles for your demand. The outcome shows economical and sustainable facts, system solutions and charts for better visualisation. To validate the outcome of the tool I created a scenario for the city of Graz.

Through an evaluation of existing sustainable distribution systems I kept an eye on weak spots and the possibilities and requirements for emission free urban distribution in the future.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	1
1.1	Allgemeine Einführung .....	1
1.2	Problemstellung, Ziele .....	3
<b>2</b>	<b>Logistik</b> .....	4
2.1	Grundlagen .....	4
2.1.1	Hauptaufgaben .....	4
2.1.2	Hauptprozesse .....	5
2.1.3	Logistisches Leistungssystem .....	5
2.1.4	Servicegrad.....	6
2.2	Urbane Logistik.....	7
2.3	Elektrobasierte Logistikkonzepte .....	8
<b>3</b>	<b>Urbane nachhaltige Logistiksysteme</b> .....	9
3.1	Definition nachhaltige Entwicklung.....	9
3.2	Anforderungen nachhaltiger Logistikkonzepte .....	9
3.2.1	Elektrofahrzeuge .....	10
3.2.2	Nachhaltige Stromerzeugung .....	10
3.2.3	Bedienungsfreundlichkeit.....	11
3.2.4	Standortwahl Zwischenlager .....	11
3.2.5	Auslastung.....	11
3.2.6	Flexibilität .....	11
3.2.7	Politischer Einfluss.....	12
3.3	Funktionen nachhaltiger Logistikkonzepte .....	13
3.3.1	Planung.....	13
3.3.2	Moderne Hubs .....	13
3.3.3	Informationssysteme .....	17
3.3.4	Verpackung .....	20
3.3.5	Anpassungsfähigkeit .....	20
3.4	Komponenten nachhaltiger Logistikkonzepte.....	21
3.4.1	Hub .....	22

3.4.2	Fuhrpark .....	26
3.4.3	Aktuelle Informationssysteme.....	45
<b>4</b>	<b>Modelle und Ausbaustufen</b> .....	<b>49</b>
4.1	Modelle in Excel Planungstool .....	49
4.1.1	Erste Auswahl des Modells .....	50
4.1.2	ERM Modell.....	50
4.1.3	Fahrzeugkategorien .....	52
4.1.4	Informationssysteme – Vorschlag und Auswahl.....	53
4.1.5	Hub – Vorschlag technische Anforderungen und System-lösungen.....	54
4.1.6	Hub – Dateneingabe und Auswahl.....	57
4.1.7	Fahrzeugauswahl .....	58
4.1.8	Auswertung .....	58
<b>5</b>	<b>Verfügbare Lösungen am Markt</b> .....	<b>63</b>
5.1	Verfügbare Systemlösungen am Markt.....	63
5.1.1	Deutsche Post DHL – CO <sub>2</sub> -freie Zustellung .....	63
5.1.2	Österreichische Post – CO <sub>2</sub> -neutral zugestellt .....	65
5.1.3	Hermes – WE DO! .....	67
5.1.4	Weitere Projekte .....	68
5.2	Verfügbare Einzel-Komponenten .....	69
5.2.1	Wechselbehälter für City-Logistik .....	69
<b>6</b>	<b>Beispielszenario</b> .....	<b>71</b>
6.1	Szenario Graz .....	71
6.1.1	Beschreibung des Szenarios .....	71
6.1.2	Hub Standortwahl.....	71
6.1.3	Modellauswahl .....	73
6.1.4	Fahrzeugkategorie Auswahl.....	74
6.1.5	Auswahl der Informationssysteme .....	75
6.1.6	Hub – Dateneingabe und Auswahl.....	75
6.1.7	Fahrzeugauswahl .....	76
6.1.8	Auswertung und Zusammenfassung .....	77
6.1.9	Grafische Auswertung.....	79

6.2	Verallgemeinerung der Ergebnisse des Szenarios Graz.....	81
7	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	83
8	<b>Verzeichnisse</b> .....	84
8.1	Literaturverzeichnis.....	84
8.2	Abbildungsverzeichnis .....	88
8.3	Tabellenverzeichnis.....	92
9	<b>Anhang</b> .....	93
9.1	Excel Planungstool.....	93

# 1 Einleitung

In diesem ersten Teil 1.1 des Kapitels Einleitung wird eine allgemeine Einführung in die Thematik dieser Masterarbeit gegeben. Anschließend werden im darauffolgenden Kapitel 1.2 die Problemstellungen und Ziele von elektrobasieren urbanen Logistiksystemen erläutert.

## 1.1 Allgemeine Einführung

Weltweit sind eines der aktuellsten und meist diskutierten Themen die Umweltverschmutzung, der Energiebedarf und der damit verbundene CO<sub>2</sub>-Ausstoß sowie deren Vermeidung. Laut einer Studie des Internationalen Instituts für Angewandte Systemanalyse in Laxenburg atmen 80 % der Menschen in Europa heutzutage Luft, welche häufig über den empfohlenen Grenzwerten der Weltgesundheitsorganisation WHO liegen und damit auch Herz- und Atemwegserkrankungen drohen. (vgl. [ORF15])

In immer mehr Städten sinkt die Luftqualität auf ein gesundheitsgefährdendes Niveau. Eines der Hauptprobleme sind neben der Luftverschmutzung durch Heizungsanlagen in Haushalten und ungenügend gefilterten Abgasen von Kraftwerken die Abgase von Personen- und Güterverkehr. (vgl. [NEW15])

Allerdings führen immer mehr Städte Schadstoffgesetze für die langfristige Verbesserung der Luftgüte ein. (vgl. [ORF15])

Die Weltbevölkerung stieg im letzten halben Jahrhundert stark an und liegt heute bei etwa 7,4 Milliarden Einwohnern (vgl. [STA15]). Abbildung 1-1 zeigt den Anstieg der Weltbevölkerung seit 1950.

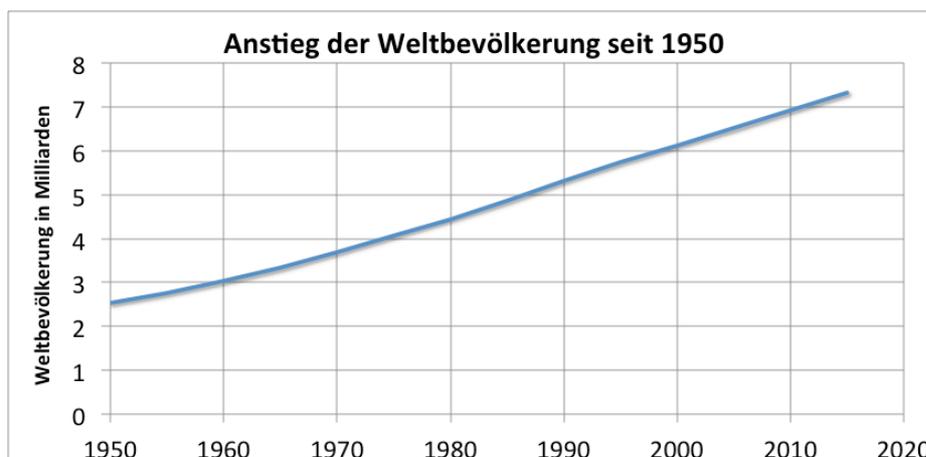


Abbildung 1-1 Anstieg der Weltbevölkerung seit 1950

(Quelle: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/1716/umfrage/entwicklung-der-weltbevoelkerung/>, eigene Abbildung)

Damit verbunden ist ein weltweiter Anstieg der motorisierten Fahrzeuge. Vor allem in Entwicklungsländern ist der Zuwachs an Fahrzeugen sehr groß, aber die Qualität der Abgasfilteranlagen von Fahrzeugen im Vergleich zum europäischen Standard miserabel.

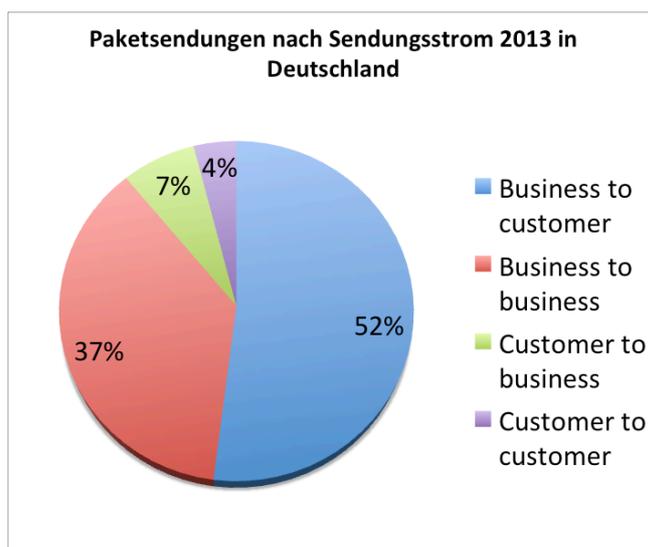
In Neu-Delhi, Indien, stieg die Anzahl der Fahrzeuge in den letzten 30 Jahren von 180.000 auf fast 3,5 Millionen an. Dadurch versinkt die Stadt heute in einem Meer von Smog (vgl. [DW15]). Speziell in den Städten finden sich immer mehr Fahrzeuge auf den Straßen und Verkehrsstaus gehören zum Alltag.

In der heutigen Gesellschaft möchte jeder Mensch alle Waren, angefangen von südasiatischen Früchten über Krabben aus der Nordsee, zu jeder Tageszeit und das ganze Jahr über im Supermarkt kaufen können. Der Online-Handel, auch E-Commerce genannt, boomt wie noch nie. Es ist heutzutage bei einer immensen Anzahl von Online-Händlern so gut wie jedes Produkt, ob Handy oder Sofa, bequem von zu Hause aus bestellbar. (vgl. [DIE15])

Das führt zu einem wachsenden grenzüberschreitenden Warenverkehr, auf den sich die Logistikbranche einstellen muss. Dafür sind neue Logistikkonzepte und ein Umdenken der Unternehmen notwendig.

Abbildung 1-2 zeigt den Sendungsstrom aller Paketsendungen vom Jahr 2013 in Deutschland.

Dabei ist ersichtlich, dass die Sendungen von Unternehmen zu Privatkunden (52% entspricht 1,1 Mrd. Sendungen, +10,9% Wachstum zu 2012) und zu Firmenkunden (37% entspricht 780 Mio. Sendungen) deutlich überwiegen, wobei die Privatsendungen und Rücksendungen der Privathaushalte nur einen sehr geringen Teil aller Paketsendungen ausmachen. 2013 betrug das gesamte Paketvolumen in Deutschland 2,1 Mrd. Sendungen und legte im Vergleich zum Vorjahr um 5,9 % zu. (vgl. [MRU14])



**Abbildung 1-2 Paketsendungen nach Sendungsstrom 2013 in Deutschland**

(Quelle: [http://www.bevh.org/uploads/media/140901\\_E-Commerce\\_und\\_Paketdienste.pdf](http://www.bevh.org/uploads/media/140901_E-Commerce_und_Paketdienste.pdf))

Die Abkürzungen aus Abbildung 1-2 stehen für die Sendungen von:

- Business to Customer, d.h. Unternehmen an Privatperson
- Business to Business, d.h. Unternehmen an Unternehmen
- Customer to Business, d.h. Privatperson an Unternehmen (Rücksendung)
- Customer to Customer, d.h. Privatperson an Privatperson

## 1.2 Problemstellung, Ziele

Um die Herausforderungen von Logistikunternehmen der Zukunft, wachsenden Warenverkehr und strengere Gesetze im Hinblick auf Abgase und Luftverschmutzung in urbanen Bereichen meistern zu können, werden in dieser Masterarbeit die technischen Anforderungen und Systemlösungen sowie die wirtschaftlichen Fakten zum Betrieb elektrobasierter urbaner Logistiksysteme untersucht.

Im urbanen Bereich können viele Wege im Bereich der Zustellung und Verteilung ohne große Liefer-LKW durchgeführt werden. Die Lademengen sind in diesem Segment überschaubar und die zurückgelegten Distanzen bewegen sich in Bereichen, die von E-Fahrzeugen bewältigt werden können. Es spricht also viel dafür, dieses Potenzial zu nützen.

Die zentrale Idee urbaner nachhaltiger Logistikkonzepte ist es, umweltfreundliche Transportfahrzeuge für die innerhalb einer Stadt anfallenden Transporttätigkeiten zu nutzen. Je nach Ausbaustufe des Logistiksystems umfasst dieses nicht nur den Fuhrpark sondern meist auch einen Logistikhub, sowie unterschiedliche Informations- und Kommunikationssysteme. Für den effizienten Betrieb nachhaltiger urbaner Logistiksystem ist das Zusammenspiel der unterschiedlichen Systemkomponenten von zentraler Bedeutung.

Hauptziel der Arbeit ist die Erarbeitung der Anforderungen, Funktionen, Spezifikationen und vorhandenen Systemlösungen sowie der wirtschaftlichen Daten, zum Betrieb eines leistungsfähigen und flexiblen nachhaltigen urbanen Logistiksystems. Dafür werden neben der Untersuchung notwendiger Komponenten auch ein Planungstool geschaffen, welches einem Logistikunternehmen den Umstieg von einem konventionellen hin zu einem nachhaltigen Logistiksystem erleichtern soll. Um dieses Planungstool auch in der Praxis anzuwenden, wird ein Beispielszenario mit Hilfe des Planungstools für die Stadt Graz durchgeführt. Anhand des Szenarios werden die Hauptkomponenten Hub, Informationssysteme und Elektrofahrzeuge, deren Anwendung und Integration in ein Gesamtkonzept vorgestellt.

## 2 Logistik

Im folgenden Kapitel werden zum besseren Verständnis dieser Arbeit allgemeine Grundlagen sowie Grundbegriffe der Logistik erläutert. Des Weiteren werden auf die Herausforderungen und Anforderungen der urbanen Logistik sowie die Implementierung von elektrobasieren Logistikkonzepten in städtischen Bereichen eingegangen.

### 2.1 Grundlagen

Logistik ist definitionsgemäß die wissenschaftliche Lehre von der Planung, Steuerung und Optimierung der Material-, Energie- und Informationsflüsse in Systemen, Netzen und Prozessen. Außerdem steht der Begriff Logistik für eine Branchenbezeichnung, die alle Unternehmen bzw. Unternehmensteile bezeichnet, die logistische Dienstleistungen erbringen.

#### 2.1.1 Hauptaufgaben

Die Hauptaufgaben der Logistik lassen sich mit den sogenannten „sieben R's“ sehr gut beschreiben (siehe Abbildung 2-1). Diese Bezeichnungen stammen vom Wort „richtig“ und stehen für: das richtige Produkt, in der richtigen Menge, in der richtigen Qualität, am richtigen Ort, zur richtigen Zeit, zu richtigen Kosten für den richtigen Kunden zu liefern (vgl. [GF08]).

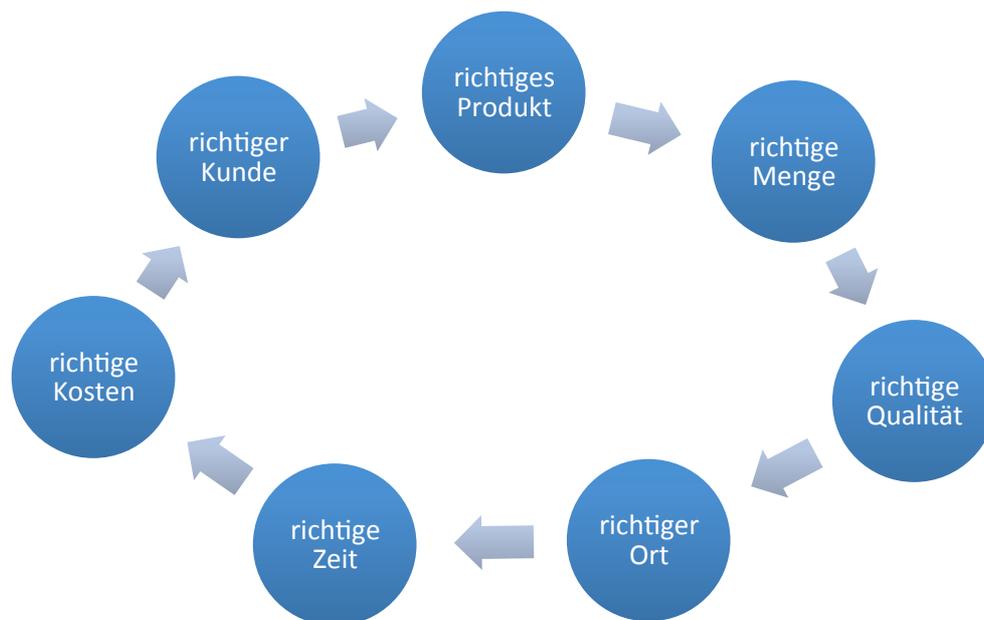


Abbildung 2-1 Hauptaufgaben der Logistik, (vgl. [GF08], Abb.2-1)

Diese Definition besteht in der Logistik schon länger. Man könnte sie bezogen auf urbane elektro-basierte Logistiksysteme um die Komponente „richtiges Fahrzeug“ erweitern.

## 2.1.2 Hauptprozesse

In der Logistik werden vier Hauptphasen des Güterstroms unterschieden. Der Güterstrom bewegt sich vom Beschaffungsmarkt durch ein Unternehmen bis hin zum Absatzmarkt, und wieder zurück. Die vier Hauptbereiche sind die Beschaffungs-, Produktions-, Distributions- und Entsorgungslogistik (vgl. [SCH05]).

Da sich die Produktionslogistik mit internen logistischen Prozessen beschäftigt, werden in dieser Arbeit nur die drei Prozesse Beschaffungs-, Distributions- und Entsorgungslogistik behandelt, für welche die vorgestellten Fahrzeuge aus Kapitel 3 notwendig sind.

## 2.1.3 Logistisches Leistungssystem

Unter dem logistischen Leistungssystem versteht man die zu erbringenden Leistungen eines Logistikunternehmens. Diese lassen sich wie in Abbildung 2-2 in die drei Hauptkategorien Informationsleistungen, logistische Kernleistungen und Zusatzleistungen unterteilen.

Logistische Informationsleistungen beinhalten Daten zu den transportierenden Waren, wie z.B. Absender, Empfänger, Artikelnummer, Gewicht. Die Kernleistungen umfassen die Auftragsabwicklung, die Lagerhaltung sowie die Transportleistungen inkl. Umschlag. Unter Zusatzleistungen versteht man z.B. die Zusammenfassung von Sendungen für leichteren Versand, Schutzrichtungen für den Versand etc. (vgl. [GF08], 2.2).

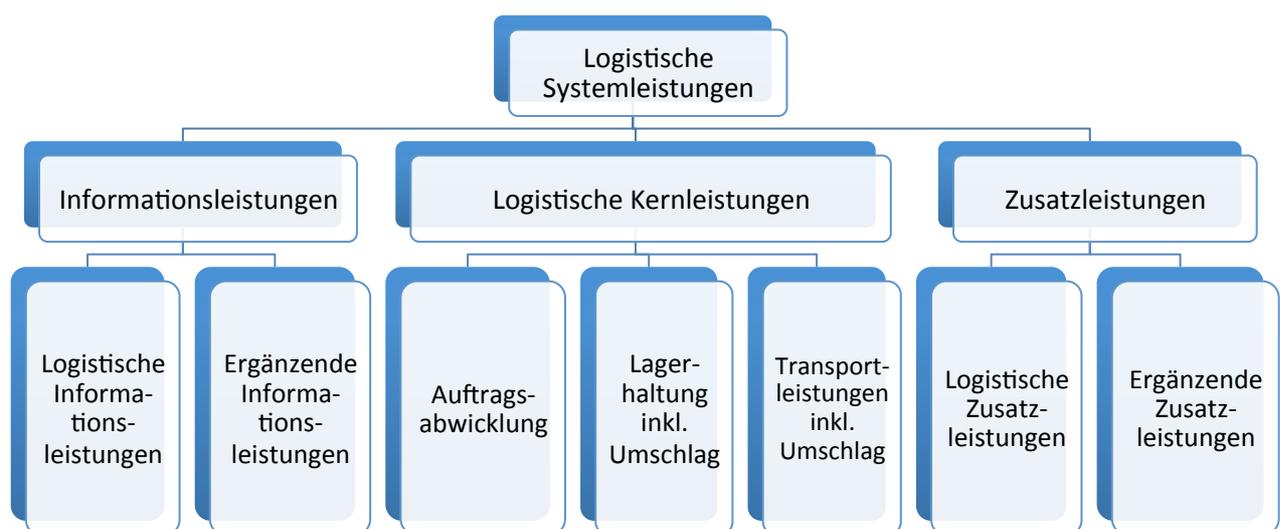


Abbildung 2-2 Logistisches Leistungssystem, (vgl. [GF08], Abb.2-4)

Um diese Systemleistung messbar zu machen bzw. die Qualität festzulegen, wird im folgenden Abschnitt der so genannte Servicegrad erläutert.

### 2.1.4 Servicegrad

Der Servicegrad enthält Größen wie die Lieferzeit, die Lieferqualität, die Lieferflexibilität und die Lieferbereitschaft und ist ein Maß für die Fähigkeit, Nachfrage nach einem Gut sofort zu decken. Dadurch kann die Qualität der Leistungserbringung genauer definiert werden (vgl. [WIR15]). Diese Begriffe werden für das spätere Verständnis in den folgenden Unterpunkten kurz erklärt.

#### Lieferzeit

Die Lieferzeit ist die Zeit von Auftragserteilung bis zur Lieferung der Waren. Sie ist abhängig von der Durchlaufzeit der Waren für die Auftragsabwicklung (vgl. [AIK08]).

#### Lieferqualität

Die Lieferqualität wird nach den Kriterien des Zustands, der geforderten Menge sowie nach Beschädigungen oder Verschmutzungen beurteilt. Die erbrachte Leistung wird mit dem Kundenwunsch verglichen (vgl. [GF08]).

#### Lieferflexibilität

Die Lieferflexibilität entspricht der Fähigkeit, auf Kundenwünsche bezüglich Uhrzeit, Transportmittel, Verpackung und Ladungsträger einzugehen. Zusammengefasst können diese vier Begriffe als Lieferflexibilität beschrieben werden (vgl. [AIK08]).

#### Lieferbereitschaft

Die Lieferbereitschaft beschreibt die Zuverlässigkeit und Wahrscheinlichkeit, die vereinbarte Lieferzeit zwischen Kunde und Lieferant einzuhalten und ist abhängig von der Verfügbarkeit der Waren (vgl. [AIK08]).

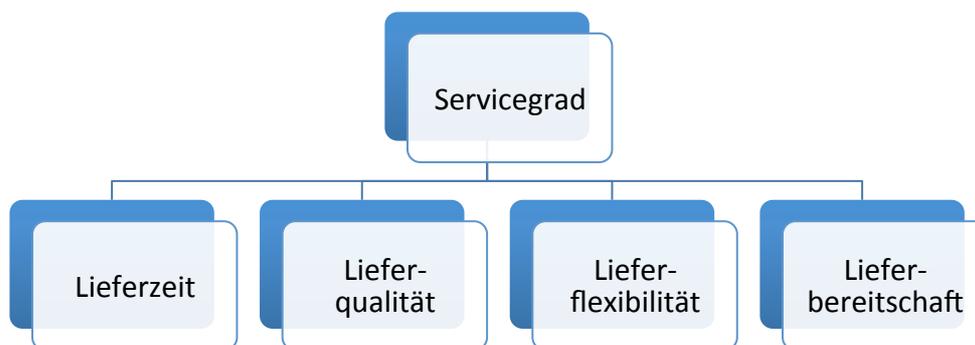


Abbildung 2-3 Inhalte des Servicegrades, (vgl. [GF08], Abb.2-8)

## 2.2 Urbane Logistik

Die Urbanisierung, oder auch „Verstädterung“ genannt, befindet sich im Trend. Viele junge Leute ziehen auf Grund von Arbeitsplätzen, Universitäten oder dem Netz von kulturellen Angeboten und Freizeitmöglichkeiten in urbane Räume. Ältere Leute erfreuen sich an den kurzen Wegen zu Einkaufsmöglichkeiten und die gute Versorgung in der Stadt. Abbildung 2-4 zeigt die Landflucht bzw. Verstädterung vom Jahre 1950 über 2010 bis hin zu einer Prognose im Jahr 2050.

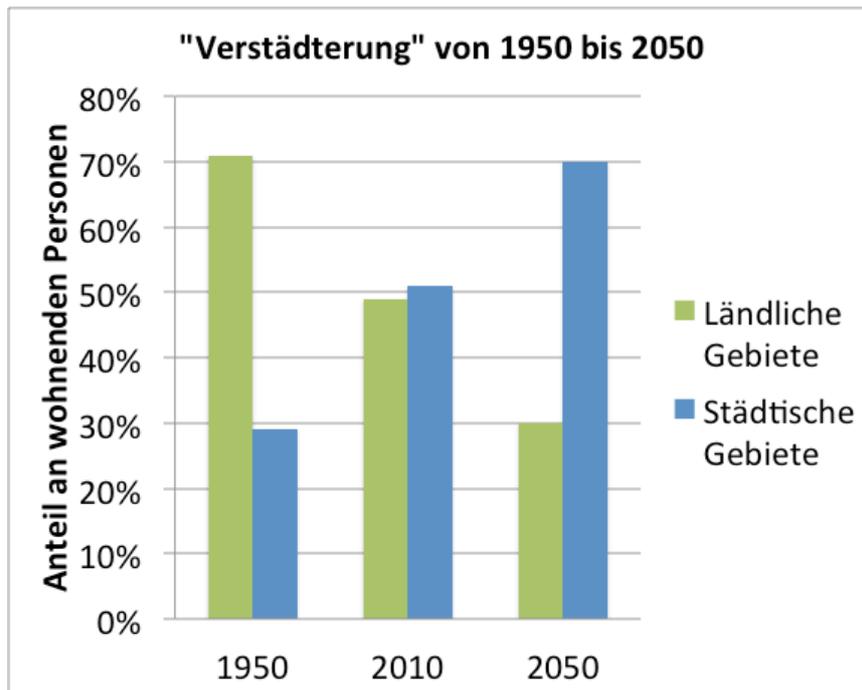


Abbildung 2-4 Weltweite Verstädterung über einen Zeitraum von 100 Jahren, (vgl. [STA15-2])

Die Verkehrs- und Parkflächen müssen von einer immer größer werdenden Anzahl von Fahrzeugen geteilt werden. Der Konsum und der wachsende Komfort der Menschen treibt zwar die Wirtschaft an, aber dadurch wächst der Lieferverkehr in städtischen Bereichen stark an, was unweigerlich zu Verkehrsstaus sowie gesundheitsgefährdender Luftverschmutzung führt. Filialen benötigen häufiger Nachschublieferungen, die Gastronomiebetriebe brauchen mehr Lebensmittel, Apotheken und Krankenhäuser erfahren einen höheren Absatz an Medikamenten und müssen versorgt werden. Der Online-Handel sorgt für Warenverkehr, die Müllberge häufen sich und müssen aus der Stadt gebracht werden. Das sind Beispiele der heutigen urbanen Logistikprobleme.

Dazu kommt, dass die Europäische Kommission bis zum Jahr 2030 in großen Stadtzentren CO<sub>2</sub>-neutralen Warentransport fordert. (vgl. [HAN15])

Für die Logistikbranche bedeutet das einerseits ein Potential an Wachstum, andererseits entstehen auch Herausforderungen, welche bewältigt werden müssen. Eine nachhaltige Entwicklung, aufgebaut auf den drei Säulen Ökonomie, Ökologie und Soziales ist unabdingbar (vgl. [GRÜ14]).

### **2.3 Elektrobasierte Logistikkonzepte**

Ein Schritt in Richtung CO<sub>2</sub>-neutralen Warentransport kann durch elektrobasierte Logistikkonzepte erfolgen. In städtischen Gebieten liegen die Zustelldistanzen in einem Bereich, welche von Elektroautos bewältigt werden können. Allerdings sind zu solch einem elektrobasierten Logistikkonzept mehr als nur Autos mit elektrischem Antrieb notwendig. Ein perfekt durchdachtes Konzept, angefangen von idealen Standorten von Zwischenlagern über die Implementierung von Software für die Auftragsabwicklung, Optimierung von Fahrrouten und vieles mehr ist nötig, um das Ziel von CO<sub>2</sub>-neutralem Warentransport in städtischen Bereichen in Zukunft zu ermöglichen. Distributionsunternehmen wie DHL, Hermes oder die Österreichische Post haben bereits teilweise solche Gesamtkonzepte umgesetzt und sind somit Vorreiter in der Logistikbranche. Die Systemlösungen dieser Unternehmen werden später im Kapitel 5 „Verfügbare Lösungen am Markt“ näher vorgestellt und analysiert.

Im nachfolgenden Kapitel werden die notwendigen Komponenten für ein urbanes nachhaltiges Logistiksystem erläutert.

### 3 Urbane nachhaltige Logistiksysteme

Das Thema urbane nachhaltige Logistiksysteme wird nun genauer definiert, die Anforderungen und Funktionen zum Betrieb erläutert und Systemgrenzen spezifiziert. Der Fokus in dieser Arbeit liegt hierbei immer auf dem Betrieb von elektrobasierten Logistiksystemen.

#### 3.1 Definition nachhaltige Entwicklung

Im Jahr 1987 wurde von der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung der vereinten Nationen ein Bericht mit dem Titel „Our Common Future“ verfasst, in dem der Begriff einer nachhaltigen Entwicklung erstmals definiert wurde.

„Dauerhafte Entwicklung ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, daß künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“ ([HAU87], S.51, S.54)

„Im wesentlichen ist dauerhafte Entwicklung ein Wandlungsprozeß, in dem die Nutzung von Ressourcen, das Ziel von Investitionen, die Richtung technologischer Entwicklung und institutioneller Wandel miteinander harmonieren und das derzeitige und künftige Potential vergrößern, menschliche Bedürfnisse und Wünsche zu erfüllen.“ ([HAU87], S.57)

Kurz gesagt bedeutet nachhaltige Entwicklung also, dass Handeln und Wirtschaften in der heutigen Zeit keinen negativen Einfluss auf zukünftige Generationen haben darf.

#### 3.2 Anforderungen nachhaltiger Logistikkonzepte

Bis vor kurzer Zeit waren die wichtigsten Faktoren bei der Transportmittelwahl in der Logistikbranche Kosten und Geschwindigkeit. Mit zunehmendem Bewusstsein für die CO<sub>2</sub>-Belastung hat sich Nachhaltigkeit zum dritten zentralen Faktor in diesem Entscheidungsprozess entwickelt. (vgl. [DEU10])

Die Anforderungen für nachhaltige Logistikkonzepte sind sehr hoch. Einerseits sollten die Kosten nicht höher als für Standard-Logistikkonzepte sein, der wachsende Zustellungsbedarf darf kein Problem darstellen, aber auch der Servicegrad und somit die Lieferzeit, die Lieferqualität, die Lieferflexibilität und die Lieferbereitschaft müssen auf höchstem Niveau sein. Nebenbei soll das ganze Konzept umweltfreundlich – nachhaltig sein, damit es auch in Zukunft von der Gesellschaft entsprechend akzeptiert und toleriert wird. Abbildung 3-1 zeigt die traditionelle und die neue Sichtweise der Logistik.

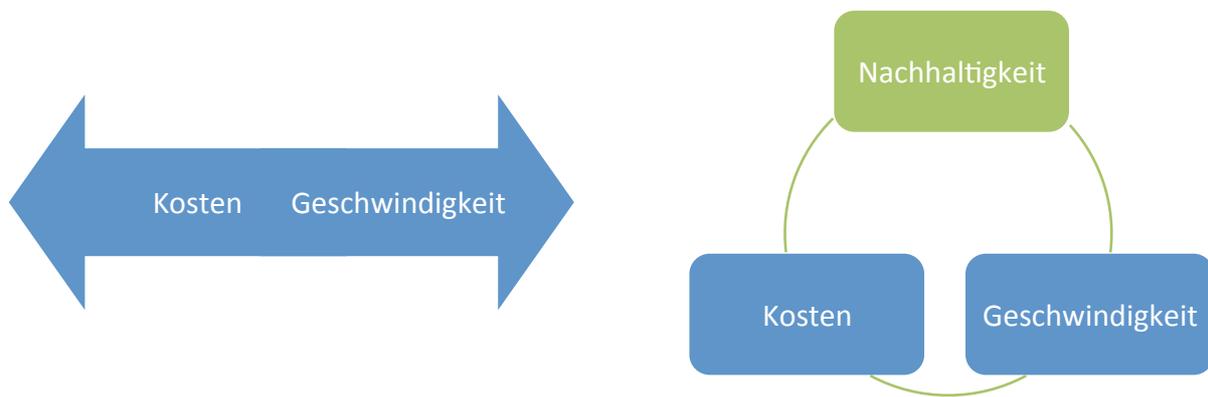


Abbildung 3-1 Traditionelle (links) und neue (rechts) Sichtweise der Logistik, (vgl. [DEU10], Abb.26)

### 3.2.1 Elektrofahrzeuge

In dieser Arbeit wird für die Nahzustellung in urbanen Bereichen ausschließlich von einem Elektro-Fuhrpark des Logistikunternehmens ausgegangen, und somit hinsichtlich CO<sub>2</sub>-Emissionen im Betrieb bereits eine zu 100% umweltfreundliche Zustellung erreicht. Der Fuhrpark kann diverse Kategorien von Fahrzeugen beinhalten. Elektrofahrräder, Elektroroller, Elektroautos bis hin zu Elektro-Nutzfahrzeugen mit einem zulässigen Gesamtgewicht von mehr als 3,5 Tonnen sind möglich.

#### Fahrweise

Ein konventionelles Fahrzeug verbraucht bei einer Geschwindigkeit von 70-80 km/h am wenigsten Treibstoff. Dies ist bei Elektrofahrzeugen anders, weil sie umso mehr Strom verbrauchen, je schneller sie fahren. Starke Beschleunigungsmanöver wirken sich negativ auf die Reichweite aus. Da eine sanfte und vorausschauende Fahrweise daher einen beachtlichen Anteil an der Reichweitenverlängerung von E-Fahrzeugen hat, sollen zur Aufklärung der Mitarbeiter des Logistikunternehmens Fahrschulungen angeboten werden. (vgl. [SED15])

### 3.2.2 Nachhaltige Stromerzeugung

Um einen nachhaltigen Betrieb des Elektro-Fuhrparks zu gewährleisten, ist die elektrische Versorgung bzw. Aufladung der Fahrzeugbatterien ein wichtiges Thema. Nur wenn der Strom aus nachhaltigen Energiequellen wie der Sonne, dem Wind usw. stammt, werden CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart. Daher ist die Investition in eine Photovoltaikanlage am Dach des Zwischenlagers zur eigenen Stromerzeugung für die Batterie-Ladestationen eine sinnvolle und notwendige Lösung. Damit entfallen zum einen Teil die „Treibstoffkosten“ der Elektrofahrzeuge und es ist ein Schritt in Richtung autarkes Logistikzentrum. Aber auch andere Alternativen zur Stromerzeugung durch

Windräder oder Wasserkraft sind Möglichkeiten, Ökostrom zu erzeugen und damit einen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung zu leisten.

### **3.2.3 Bedienungsfreundlichkeit**

Um die Motivation der Mitarbeiter zu steigern, muss die Bedienungsfreundlichkeit der Fahrzeuge sowie die einfache und logische Anwendung der entsprechenden Software zur Auftragsabwicklung oder zur Navigation gewährleistet werden. Das Umdenken zur Nachhaltigkeit muss auch bei den Mitarbeitern verankert sein, denn sachgemäße Anwendung der Komponenten ist Voraussetzung für einen ordnungsgemäßen Betrieb.

### **3.2.4 Standortwahl Zwischenlager**

Die größte Einschränkung von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu konventionellen besteht in der begrenzten Reichweite. Um trotzdem einen hohen Servicegrad gewährleisten zu können, ist eine optimale Standortwahl des oder der Logistikhubs von ausschlaggebender Bedeutung. Diese sollten einerseits an einem Verkehrsknotenpunkt mit Autobahnabfahrt, Bahnhof, eventuell Schiffshafen und Flughafen liegen, andererseits soll die Lage in der Stadt jene sein, von der aus die beste Zustellung mit Elektrofahrzeugen möglich ist. In Kapitel 3.3.2 „Moderne Hubs“ werden die wichtigsten Faktoren für die Planung eines Logistikhub-Standortes erläutert.

### **3.2.5 Auslastung**

Ein Ansatz zur Minimierung der Betriebskosten ist eine hohe Auslastung in der gesamten Logistikkette. In der Distributionslogistik bedeutet das, je besser die Sendungen auf die Empfängeradressen abgestimmt sind, je höher das Ladevolumen der Autos ausgenutzt wird, je besser die Touren geplant werden, desto weniger Kilometer und Leerkilometer müssen von den Logistikfahrzeugen zurückgelegt werden und desto weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen werden emittiert. Somit ist eine sorgfältige Planung hinsichtlich Transportroute, Transportmittel und Transportware mit entsprechender Software im Vorhinein einer der wichtigsten Kriterien zum effizienten Betrieb eines Logistikunternehmens.

### **3.2.6 Flexibilität**

Da im täglichen Betrieb Auslastungsspitzen und -senken auftreten, muss das nachhaltige Logistikkonzept anpassungsfähig sein und sich auf den jeweiligen Betrieb optimal einstellen können. Das kann hinsichtlich Auslieferungen beispielsweise mit verschiedenen Fahrzeugkategorien mit optimalen Ladevolumen realisiert werden, während die Batterien der anderen Fahrzeuge im

Verteilerzentrum wieder aufgeladen werden. Auch Kooperationen mit anderen Unternehmen zur Verwendung nicht genutzter Fahrzeuge sind eine Alternative zur Erhöhung der Auslastung.

### 3.2.7 Politischer Einfluss

Um Fahrzeugen der Logistikbranche im städtischen Verkehr das Vorwärtskommen zu erleichtern, wäre die Benutzung von Busspuren (wenn vorhanden), sofern der normale öffentliche Verkehr dadurch nicht behindert wird, eine effektive Lösung. Fußgängerzonen könnten mit bestimmten Elektrofahrzeugen zu geregelten Zeiten befahren werden, da diese lokal emissionsfrei sind. Das Nachtfahrverbot für Lastkraftwagen sollte für Elektrofahrzeuge Ausnahmeregelungen beinhalten, da diese bei langsamer Fahrweise in der Stadt nicht nur emissionsfrei sondern auch um vieles lärmärmer als konventionelle LKWs sind. Diese Gesetze sind Angelegenheiten der Politik, und hier muss eine klare Regelung zugunsten der Logistikbranche erfolgen. Denn sonst wird es sehr schwierig, im steigenden Verkehrsaufkommen noch pünktlich und nachhaltig Lieferungen zu erbringen.

Nachfolgende Abbildung 3-2 zeigt zusammenfassend die wichtigsten Anforderungen an nachhaltige Logistikkonzepte.



Abbildung 3-2 Anforderungen nachhaltiger Logistikkonzepte

### 3.3 Funktionen nachhaltiger Logistikkonzepte

Um ein nachhaltiges Logistikkonzept betreiben zu können, müssen eine Reihe an Funktionen in das gesamte Logistikkonzept implementiert werden. Nachfolgend werden die wichtigsten Funktionen erläutert.

#### 3.3.1 Planung

Die Planung des gesamten Ablaufes, vom Kundenauftrag über die Wahl des Transportweges, des Transportmittels bis hin zur Durchführung ist eine der wichtigsten Voraussetzungen, um einen schnellen, kostengünstigen als auch nachhaltigen Logistikablauf gewährleisten zu können. Emissioniert ein Flugzeug etwa 1,20 kg CO<sub>2</sub> pro Tonnenkilometer, sind es bei einem Schiff lediglich 0,02 kg CO<sub>2</sub> pro Tonnenkilometer und bei einem Elektrofahrzeug lokal 0,00 kg CO<sub>2</sub> pro Tonnenkilometer (vgl. [DEU10]). Das zeigt, wie wichtig die Wahl des geeigneten Transportmittels für geringen Ausstoß von Treibhausgasen ist.

Für die Planung sind entsprechende Softwareprogramme notwendig. Ob man dabei auf vorhandene Marktlösungen, welche entsprechend gut durchdacht und eher kostengünstig sind zurückgreift, oder lieber eine individuelle Softwarelösung programmieren lässt, ist dem Anwender überlassen. Mehr dazu folgt im Kapitel 3.3.3 „Informationssysteme“.

#### 3.3.2 Moderne Hubs

Im Logistikhub kommt die Ware per LKW, Schiff, Flugzeug oder Bahn an und wird entweder zwischengelagert oder gleich kommissioniert und für die Endzustellung zum Kunden bereitgestellt. Für die Endzustellung werden hier ausschließlich Elektrofahrzeuge verwendet.

##### Standortwahl

Neben den Auswahlkriterien des Standortes für konventionelle Hubs müssen auch Faktoren wie die begrenzte Reichweite von Elektrofahrzeugen berücksichtigt werden. Sollten die Wege zu den Kunden trotzdem zu weit sein, muss ein Netzwerk von mehreren Hubs geplant werden. Die Standortwahl hängt von diversen Faktoren ab und kann ein komplexes Entscheidungsproblem werden. Einige Faktoren zur Standortwahl von Hubs sind: (vgl. [VM07])

- Erschließung eines Marktzugangs
- Stellung der Wettbewerber
- Verfügbarkeit von Grundstücken und Gebäuden
- Grundstückspreis

- Verkehrsinfrastruktur (Anbindung Autobahn, Hafen, Flughafen, Bahn)
- Lage hinsichtlich Erreichbarkeit mit Elektrofahrrädern
- Wirtschaftliche Gesetzgebung und Verwaltung
- Subventionen
- Lagegunst hinsichtlich Betriebskosten, Transportkosten und Serviceniveau

### **Aufbau**

Der Grundaufbau eines nachhaltigen urbanen Logistikhubs unterscheidet sich von konventionellen Zwischenlagern in einigen Punkten. Diese Unterschiede werden nun näher betrachtet.

### **Verladung**

Die Verladung beinhaltet bauliche Veränderungen für elektroasierte Hubs. Sowohl in der Breite als auch in der Höhe unterscheiden sich elektroasierte Fahrzeuge von großen Lastkraftwagen. Demnach müssen je nach Fahrzeugkategorie spezielle Verladeplätze errichtet werden, die das Einräumen der Transportware in das Transportfahrzeug so leicht und schnell als möglich gestalten.

Elektrofahrräder sollen durch einen Radweg vom Hub Richtung Stadtzentrum ohne Umwege zu deren Verladestationen fahren können, um eine Kreuzung mit größeren Fahrzeugen am Distributionsplatz zu vermeiden.

### **Kommissionierung**

Um das Ladevolumen der einzelnen Fahrzeuge und deren Reichweite optimal auf die Sendungen anpassen zu können, ist eine Trennung der Transportware zu den einzelnen Verladestationen notwendig. Die Aufteilung erfolgt dabei durch eine entsprechende Software. So ist es sinnvoll, mehrere Sendungen in kleiner Verpackung mit ähnlichem Zielort mit Elektrofahrrädern oder Elektrorollern zu transportieren, während Sendungen in großer Verpackung auf Elektroautos oder Elektrotransporter verladen werden.

### **Batterieladestationen**

Alle Verladeplätze sollen mit den für die Fahrzeuggröße geeigneten Batterieladestationen ausgerüstet sein, damit während dem Verladen der Waren die Batterie wieder geladen werden kann. Neben diesen sollen Ladestationen abseits der Verladung angebracht werden, um die Batterien der Fahrzeuge, welche nicht im Einsatz sind, wieder vollständig aufzuladen. Hier sollte auf eine räumliche Trennung hinsichtlich der Fahrzeugkategorie geachtet werden, um einen reibungslo-

sen Ablauf im Hub-Außenbereich zu gewährleisten und eine gefährliche Begegnung von Fahrrad und Großtransporter zu vermeiden.

Ladestationen für Elektrofahrräder nehmen einen geringen Platzbedarf ein und sind sehr kostengünstig. Es kann von Nutzen sein, Wechselbatterien auf Vorrat vollständig zu laden, um beim Verladen die leere gegen eine vollständig geladene Batterie zu tauschen.

Für Elektrotransporter und Elektroautos sind am Markt eine Reihe an Ladestationen, meist als Wandladestation oder als Ladesäule am Boden verfügbar. Diese haben bei einem dreiphasigen Stromanschluss eine Leistung von bis zu 22 Kilowatt (vgl. [MEN15]). Diese Ladestationen sind geeignet, um die nicht ausgelasteten Fahrzeuge wieder zu laden. Um während der Verladung der Fahrzeuge die Batterien zu laden, sind Schnellladestationen mit einer Leistung von 50 Kilowatt Gleichstrom verfügbar, wodurch in sehr kurzer Zeit eine Aufladung erfolgen kann (vgl. [ELE15]).



**Abbildung 3-3** Ladestationen für verschiedene Fahrzeugtypen, (Quelle: [www.mennekes.de](http://www.mennekes.de))

Tesla, das weltweit führende Unternehmen im Bereich Entwicklung und Herstellung von Elektroautos sowie Batteriesystemen produziert bereits Ladestationen, genannt „Supercharger“, mit einer Einspeisenergie von 120 Kilowattstunden Gleichstrom. Dies wird durch eine Parallelschaltung mehrerer „Model S Ladegeräte“ erreicht. Dadurch ist das Elektrofahrzeug in sehr kurzer Zeit wieder für eine Reichweite von mehreren hundert Kilometern gerüstet. Allerdings ist diese Ladestation bisweilen nur für den „Tesla Model S“ konzipiert, welcher nicht wirklich für logisti-

sche Zwecke von Nutzen ist. Ausnahmen bestehen für Personentransport oder für „Speed-Kuriere“ (vgl. [TES15]).

Doch es zeigt, dass in diesem Segment Potential steckt und es kein Zukunftstraum von morgen ist. In den kommenden Jahren werden auch die Batterien von Nutzfahrzeuge mit solchen Ladestationen aufladbar sein.



Abbildung 3-4 Tesla Model S mit Supercharger Ladestation, (Quelle: [www.autoevolution.com](http://www.autoevolution.com))

### **Servicestelle für Fahrzeuge**

Bei konventionellen Zwischenlagern fahren zum größten Teil LKW oder Kleintransporter ein und aus. Hierfür ist es nicht zweckmäßig, einen eigenen Bereich für Reparaturen von Fahrzeugen zu schaffen. Es würde auch den finanziellen und logistischen Rahmen eines solchen Hubs über-treffen.

Anders ist dies für E-Fahrzeuge. So kann man bei Pedelecs und Elektrorollern recht einfach kleine Schäden reparieren oder die Fahrzeuge warten und so einen Umweg in eine Fachwerkstätte meiden. Arbeiten wie der Tausch der Batterie kann in dieser Servicestelle durchgeführt werden. Daher ist eine solche Servicestelle eine ernsthafte Überlegung wert. Als Alternative kann eine Fachwerkstatt als Kooperationspartner gewonnen werden.

### 3.3.3 Informationssysteme

Um die gesamten Informationen für Auftrag, Kunde, Ware etc. zu organisieren und planen zu können, sind entsprechende Softwarelösungen oder „Informationssysteme“ notwendig. Am Markt werden häufig Komplettlösungen für Logistikunternehmen angeboten, welche alle Kategorien von Informationssystemen enthalten. Dabei kann man in verschiedene Arten von Systemen unterscheiden: (vgl. [BCV+98])

- Basissysteme
  - Ortungssysteme
  - Mobile Informationssysteme
  - Identifikationssysteme
- Dispositionssysteme
  - Touren- und Routenplanung
  - Fahrzeugdisposition
  - Systeme für die Lagerverwaltung im Umschlagpunkt
- Kundenorientierte Systeme
  - Sendungsverfolgungssysteme (Tracking & Tracing)
  - Systeme für die Warenempfangsbestätigung
- Verkehrsinformationssysteme
  - Fahrzeugbezogene Systeme (z.B. Stauumfahrung, Navigation)

#### Basissysteme

Durch die automatische Speicherung, Verarbeitung und den Austausch von Informationen von mehreren Systemen wie beispielsweise einem elektronischen Informationssystem, einem Ortungssystem und Identifikationssystem tragen diese Systeme zur Leistungserbringung innerhalb der Logistikkette bei.

#### Ortungssysteme

Ortungssysteme, umgangssprachlich GPS (Global Positioning System) genannt, weisen dem Zusteller den richtigen Weg zu seinem Transportziel. Die aktuellsten Navigationsgeräte beinhalten dabei integrierte Systeme zur Staumeldung und automatischen Umplanung der Transportroute. Außerdem helfen diese Systeme bei der Planung der aktuellen Ankunftszeit. Praktische Beispiele sind das Ortungssystem „Munex“ oder das „GPS-Ortungssystem fleet“.

## **Mobile Informationssysteme**

Mobile Informationssysteme dienen der Erfassung, Verarbeitung und Kommunikation von Daten des Fahrers bzw. des Fahrzeuges und der Auftragsdaten sowie der Kommunikation mit der Logistikzentrale. Als Hardware werden heute vorwiegend Smartphones, Handterminals oder Tablets verwendet. Ausgetauschte Daten sind z.B. Auftragsdaten (Kundenadresse, Warenbeschreibung...), Tourdaten (Strecke, Fahrzeit...) oder Fahrzeugdaten (Energieverbrauch, Geschwindigkeit...).

## **Identifikationssysteme**

Ein Identifikationssystem dient der Identifikation, Unterscheidung und Verfolgung von Waren in der gesamten Logistikkette. Ein solches System besteht aus einem Datenträger am Förderobjekt, einem System zur Beschriftung bzw. Codierung, einem Lesesystem sowie einer Auswerteeinheit. Für die Umsetzung eignen sich besonders Barcode- oder RFID-Systeme.

## **Dispositionssysteme**

Dispositionssysteme helfen dem Zusteller bei der optimalen Ausnutzung der Ressourcen und einer fehlerfreien, schnellen und kostengünstigen Durchführung operativer Tätigkeiten. Hierzu zählen Routen- und Tourenplanungssysteme, Fahrzeugdispositionssysteme sowie Lagerverwaltungssysteme.

## **Tourenplanung**

Tourenplanungssysteme sind Tools für die Planung und Zuordnung von Aufträgen zu geeigneten Fahrzeugen unter Berücksichtigung von diversen Rahmenbedingungen wie Reichweite oder Kapazität des Fahrzeuges. Für das Stadtzentrum können beispielsweise kleinere Sendungen zusammengefasst werden, um mit dem Elektrofahrrad transportiert zu werden. Kleine bis mittlere Pakete können noch von Elektrorollern transportiert werden, während mittlere bis große Sendungen mit weiter entfernter Zieladresse auf Elektroautos und Elektrotransporter verteilt werden können. Durch die Tourenplanung werden die Zustellpunkte in eine grobe Tour zusammengefasst und optimal für die Kuriere ausgearbeitet.

## **Routenplanungssysteme**

Routenplanungssysteme sind eine Verfeinerung der Tourenplanung und dienen der konkreten Streckenführung zwischen zwei Stops innerhalb einer Tour. Die dynamische Routenplanung überwacht dabei auch die Verkehrssituation und kann bei Bedarf die Route automatisch abändern, um einem Stau oder einer Baustelle zu entgehen.

Ein dynamisches Routenplanungssystem berechnet die effizienteste Route unter Berücksichtigung von Verkehrsstaus, Umwegen und Sofortaufträgen und ermöglicht den Kurieren, sich auf ihren Routen zu treffen, um Sendungen auszutauschen und die Auslieferung zu beschleunigen. Die Route kann je nach Verkehrslage und neu hinzukommenden Aufträgen flexibel umgeplant werden. Das ermöglicht eine höhere Produktivität der Zustellungen und eine deutliche Reduktion der gefahrenen Kilometer und des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes bei verbesserter Servicequalität und erhöhter Visibilität. [DEU10]

### **Fahrzeugdispositionssysteme**

Diese Systeme sorgen für ein durchgängiges und effizientes Management der Transportlogistik für Speditionen, Verlager, Transport- und Logistikunternehmen. Es lassen sich Frachtkosten kalkulieren oder die Rentabilität eines Auftrages berechnen. Außerdem helfen Auswertungsinstrumente, einen klaren Überblick über die Geschäftszahlen zu schaffen. Neben diesen Funktionen stehen auch Energieverbrauchsrechner für Fahrzeuge zur Verfügung und ermöglichen eine noch effizientere Planung des geeigneten Transportmittels.

### **Lagerverwaltungssysteme**

Lagerverwaltungssysteme sorgen für eine fehlerfreie und optimale Ablauforganisation und managen die Bestands- und Platzverwaltung, die Auftragsentgegennahme, die Auftragsbildung sowie die Lagerbewirtschaftungsstrategie.

### **Kundenorientierte Systeme**

Kundenorientierte Systeme sollen dem Kunden einen Einblick in seinen Bestellungsverlauf geben. Das bekannteste System ist die Sendungsverfolgung, auch Tracking & Tracing genannt.

### **Tracking & Tracing**

Mit Tracking & Tracing (engl.: tracking = Verfolgung, tracing = Rückverfolgung) kann der Status einer Bestellung ständig überwacht werden, sowohl vom Kunden als auch von Lieferanten- und Logistikseite. Tracking bezeichnet hierbei die Bestimmung des Ortes während Tracing zeigt, was mit den Rohstoffen, Halbfertigfabrikaten und Endprodukten bei ihrem Gang durch die Kette passiert ist. Die Sendungsverfolgung kommt in der Praxis bei eingeschriebenen Briefen oder Paketen vor. Durch den Barcode oder den RFID-Chip wird die Ware in allen Zwischenstationen gescannt und damit in einer Datenbank erfasst, welche wiederum diese Informationen z.B. auf einer Website durch die Sendungsverfolgungsnummer sichtbar macht.

## **Systeme für die Warenempfangsbestätigung**

Wird die Ware vom Zusteller an den Kunden übergeben, so hat dieser die Entgegennahme mit einer Unterschrift zu bestätigen. Dies erfolgt heutzutage durch die Unterschrift auf einem Handsender des Disponenten, welcher direkt mit dem Logistiknetz verbunden ist und sofort den Status der Bestellung auf „Übergeben“ ändert.

## **Verkehrsinformationssysteme**

Verkehrsinformationssysteme unterstützen den Fahrer auf seinem Fahrweg mit der Ware. Diese fahrzeugbezogenen Systeme sind einerseits Navigationssysteme, andererseits dynamische Verkehrssysteme, welche den Fahrer von Staus oder Baustellen fernhalten und automatisch alternative Routen wählen. (vgl. [TRU13])

### **3.3.4 Verpackung**

Da es eine Reihe an Standard-Verpackungsgrößen, welche in hohen Mengen und daher kostengünstig hergestellt werden, gibt, wird auch bei der Verpackung von kleineren Artikel oft die nächst größere Standardverpackung gewählt. Dadurch wird unnötig viel Verpackungsmaterial verbraucht sowie leeres Ladevolumen im Transportfahrzeug und in den Lagerhallen verschwendet. Das hat zur Folge, dass durch das entgangene Ladevolumen weniger Transportwaren pro Transportmittel verladen werden können, was wiederum Umsatzeinbußen zur Folge hat (vgl. [TRU13]).

Dies wirkt sich bei den kleineren Ladevolumina von Elektrofahrzeuge noch stärker aus. Elektrofahräder haben je nach Modell ein Ladevolumen von weniger als 500 Litern. Je kleiner die Sendungen verpackt sind, desto mehr Warenauslieferungen sind mit einem „Turn“ möglich.

### **3.3.5 Anpassungsfähigkeit**

Um eine stets hohe Auslastung des Hubs sowie der Fahrzeuge zu gewähren, sollte das nachhaltige Logistikkonzept anpassungsfähig sein. So treten im Verlauf von 24 Stunden immer wieder Spitzen sowie Senken auf. Im Folgenden werden zwei Möglichkeiten zur Erhöhung der Auslastung vorgestellt.

#### **Vermietung**

Eine Erhöhung der Auslastung des Fuhrparks ist durch Vermietung von Elektrofahrzeugen zu ungenutzten Zeiten möglich. Um das Angebot für den Kunden attraktiv zu gestalten, kann ein Onlineshop mit den verfügbaren Fahrzeugen inkl. Zeitraum, Preise etc. eingeführt werden.

## Kooperation

Eine weitere Möglichkeit zur Erhöhung der Auslastung und Minimierung der Kosten ist die Kooperation von Unternehmen im Rahmen gemeinsamer Distributionszentren (Multi-User-Warehouses) (vgl. [DEU10]). Mit dem Zusammenschluss von Logistikunternehmen für strategisch wichtige Hubs können beide Seiten profitieren, Konkurrenzdenken ist fehl am Platz.

### 3.4 Komponenten nachhaltiger Logistikkonzepte

Um einen optimalen und wirtschaftlichen Ablauf eines nachhaltigen urbanen Logistikkonzeptes gewährleisten zu können, benötigt man das Zusammenspiel eines modernen Hubs, eines elektro-basierten Fuhrparks und einer globalen Vernetzung der Informations- und Kommunikationssysteme. Die folgende Abbildung 3-5 zeigt den Kostenverlauf und deren Beeinflussbarkeit bei der Realisierung eines Projektes. Dabei wirkt sich ein Fehler während der Planungsphase um ein Vielfaches geringer in den entstandenen Kosten aus, als wenn während der Realisierung eine Änderung vorgenommen werden muss. Daher ist eine sorgfältige Planung und Auswahl der geeigneten Komponenten ein entscheidender Faktor bei der wirtschaftlichen Umsetzung des Projektes.

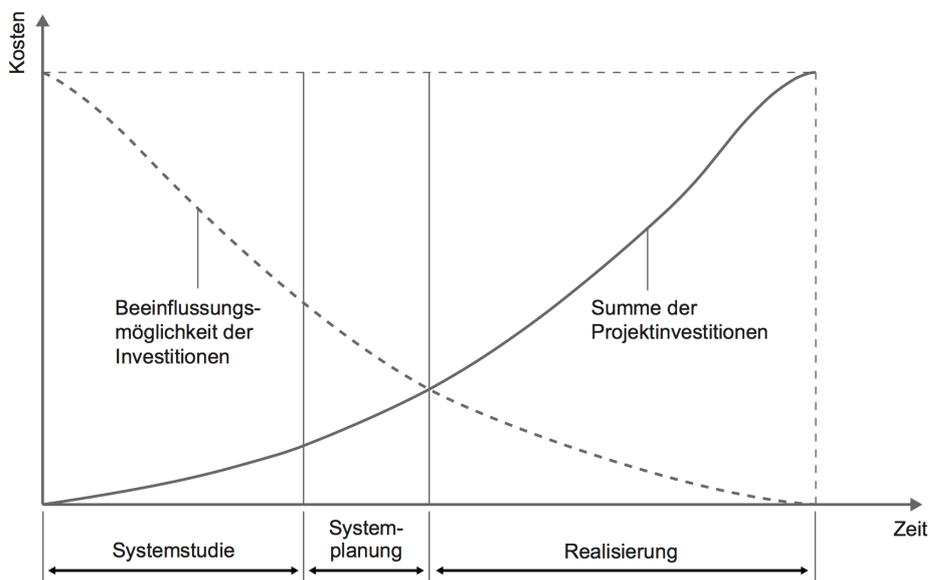


Abbildung 3-5 Kostenverlauf und Kostenbeeinflussbarkeit im Projekt, (Quelle: [HSN07], Abb.6.2)

Im Weiteren werden die einzelnen Komponenten genauer betrachtet und am Markt verfügbare Lösungen vorgestellt.

### 3.4.1 Hub

#### Basis

Vor der baulichen Planung des Hubs ist eine sorgfältige Wahl des Standortes unabdingbar (siehe 3.3.2 Moderne Hubs). Je besser die Erreichbarkeit zu den Kunden ist, desto schneller, kostengünstiger und umweltfreundlicher kann die Auslieferung erfolgen.

Einige weitere grundsätzliche Fragen sind für ein produktives und erfolgreiches Distributionsnetzwerk zu klären (vgl. [GF08], Kap.7):

- Wie viele Lager sind notwendig?
- An welchen Standorten ist es sinnvoll?
- Welche Lagertypen werden gebraucht?
- Wie groß sollen die Lagerkapazitäten ausfallen?
- Wie sieht die Zustellung der Produktionsstätten zu den Lagern aus?
- Welche Kunden werden von welchen Lagern beliefert?
- Welche Fahrzeugkategorien sind für die Endzustellung vorgesehen?
- Wird eine Servicestelle inkl. Ladestationen für einen Elektrofuhrpark in das Gelände integriert?

#### Dimensionierung

Für die grundlegende Dimensionierung eines Hubs sind eine Reihe an Daten notwendig. Dabei hilft eine Planungsdatenanalyse, welche die Erhebung der Ist-Daten und der abgeleiteten Soll-Daten und deren Aufbereitung bzw. Analyse von relevanten Fakten und Kennzahlen umfasst. Anschließend werden erste Entwürfe und Teillösungen erarbeitet. In der Phase der Feinplanung werden letzte Details geklärt und Simulationen zur Realisierung erstellt, welche als Grundlage für den anschließenden Bau dienen. (vgl. [HSN07], Kap.6)

#### Datenerhebung

Bei der Analyse der notwendigen Daten für die Auslegung eines Distributionszentrums wird zwischen statischen und dynamischen Daten unterschieden. Dabei bleiben die statischen Daten über einen längeren Zeitraum konstant und sind unabhängig von Kundenaufträgen. Die folgende Abbildung 3-6 zeigt relevante statische Daten.

Artikelstruktur	<ul style="list-style-type: none"><li>• Artikelanzahl</li><li>• Artikelmengen</li><li>• Artikeleigenschaften</li></ul>
Ladehilfsmittelstruktur	<ul style="list-style-type: none"><li>• Arten und Anzahl Ladehilfsmittel</li><li>• Abmessungen und Gewichte Ladehilfsmittel</li></ul>
Verpackungsstruktur	<ul style="list-style-type: none"><li>• Verpackungseinheiten pro Artikel</li><li>• Verpackungsabmessungen pro Artikel</li></ul>
Förder- und Lagermittel	<ul style="list-style-type: none"><li>• Stapleranzahl und Arten</li><li>• Regalfächer</li></ul>
Flächen- und Raumstruktur	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kapazitäten</li><li>• Flächenrestriktionen</li><li>• Volumenrestriktionen</li><li>• Flächennutzungsgrad</li><li>• Volumennutzungsgrad</li></ul>
Bestandsstruktur	<ul style="list-style-type: none"><li>• Durchschnittsbestand</li><li>• Anzahl Paletten / Artikel</li></ul>
Personalstruktur	<ul style="list-style-type: none"><li>• Anzahl Mitarbeiter</li><li>• Arbeitszeitregelung</li><li>• Ausbildungsstand</li></ul>
Organisationsstruktur	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lagerplatzvergabe-strategie</li><li>• Ein- Auslagerstrategie</li></ul>

**Abbildung 3-6 Statische Daten bei der Auslegung eines Hubs,** (vgl. [HSN07] Abb.6.8)

Dynamische Daten sind dagegen auftrags- und zeitbezogen und sind von der Auftragsstruktur abhängig. Die folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt dynamischer Daten.



**Abbildung 3-7 Dynamische Daten,** (vgl. [HSN07] Abb.6.9)

Für das Logistikhub sind außerdem folgende Flächen vorzusehen (vgl. [DHB15]):

- Tore mit Überladebrücken für LKW Entladung am Wareneingang
- Abwicklungsflächen für Wareneingang
- Pufferflächen für Wareneingang
- Qualitätskontrolle
- Leergutpuffer
- Rücklieferungen über Wareneingang
- Lagerplätze
- Kommissionier Flächen
- Tore für Elektro-Fuhrpark Beladung am Warenausgang
- Büroflächen
- Ladestationen für Elektrofuhrpark
- Eventuell Servicewerkstätte für Elektrofuhrpark
- etc.

### **Beispiel einer modernen Logistikhalle**

Die Firma Schachinger Immobilien und Dienstleistungs-GmbH und Co KG hat im Jahr 2013 in Linz-Hörsching ihre neue Logistikhalle fertiggestellt. Dabei wurde besonders auf eine ökologische Bauweise und innovative Technik geachtet. Herausgekommen ist ein Vorzeigeprojekt, die größte Lagerhalle Mitteleuropas. Das Logistikzentrum wurde in Holzbauweise gebaut, die Wärme- und Kälteversorgung wird durch Geothermie betrieben. Zur Deckung des Eigenbedarfs an

Strom wurde eine Photovoltaikanlage mit 199 kWpeak errichtet, welche für die zukünftige Ausrüstung auf Elektrofahrzeuge sehr sinnvoll ist. Neben kontrollierter Be- und Entlüftung durch Rotationswärmetauscher, LED Beleuchtung oder wassersparenden Sanitäranlagen wird die gesamte Halle durch Energie-Monitoring überwacht. (vgl. [KLI15])

Das Unternehmen hat mit diesem Projekt für Aufmerksamkeit in der gesamten Logistikbranche gesorgt und damit einen Meilenstein für nachhaltige Logistiksysteme gesetzt. Die Firma Schachinger ist auch Projektpartner des österreichischen Logistik-Projekts „EMILIA“. Hier möchte man bis zum Jahr 2017 neue Logistikkonzepte für den urbanen Raum entwickeln. Weitere Details zum Projekt findet man unter <http://www.emilia-project.at>.



**Abbildung 3-8 Größte und eine der modernsten Logistikhallen Mitteleuropas,**

(Quelle: <http://www.klimaaktiv.at/bauen-sanieren/staatspreis/preistraeger2014/schachinger.html>, Foto: Kurt Hoerbst)

### **3.4.2 Fuhrpark**

Für den Fuhrpark eines elektrobasieren urbanen Logistiksystems kommen elektrisch betriebene Fahrzeuge in der Form von Fahrrädern, Rollern, Autos und Nutzfahrzeugen zum Einsatz. Da sich die Technologie Elektrofahrzeuge mitten in der Entwicklungsphase befindet, kommen laufend neue Fahrzeuge auf den Markt. Die folgenden aufgelisteten Fahrzeuge basieren auf einer Recherche im Sommer 2015. In der folgenden Auflistung werden nur Fahrzeuge berücksichtigt, die einen distributiven Einsatz hinsichtlich Ladevolumen, etc. ermöglichen. Die Auswahl wächst, und in allen Fahrzeugkategorien finden sich interessante und nutzvolle Fahrzeuge. Der Einsatzzweck von Elektrofahrrädern und Elektro-Nutzfahrzeugen kann zwar nicht miteinander verglichen werden, aber alle Fahrzeugkategorien haben Vor- und Nachteile und können sich dadurch in einem Gesamtkonzept gegenseitig unterstützen.

#### **Elektrofahrräder**

Elektrofahrräder für Transportzwecke, auch Lastenräder oder Pedelecs genannt, sind dabei jene Kategorie mit dem geringsten Ladevolumen. Allerdings ist man damit sehr flexibel, kann in urbanen Räumen auch in schmalen Gassen oder anderen Bereichen fahren, die mit größeren Fahrzeugen nicht erreichbar oder nicht erlaubt sind. Die Preise für Elektrofahrräder sind dabei die niedrigsten aller vier Fahrzeugkategorien. Die Reichweite dieser Fahrzeuge beträgt zwischen 40 und 190 Kilometern, je nach Modell. Bei den Lademöglichkeiten haben die Hersteller verschiedenste Ideen umgesetzt und dadurch unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten geschaffen. Die folgenden Fahrzeuge zeigen einen Ausschnitt aus dem derzeit verfügbaren Marktsortiment.

## Flyer Cargo

Das Flyer Cargo weist im Vergleich zu den alternativen E-Fahrrädern eine der größten Reichweiten von bis zu 140 Kilometern bei geringem Eigengewicht auf. Jedoch ist die Ladefläche dieses Modells zu alternativen Fahrrädern relativ klein. Der Preis von etwa 4.000 Euro liegt im unteren Segment der Pedelecs. Verwendung findet es beispielsweise für Briefzustellungen.



**Abbildung 3-9** Elektrofahrrad Flyer Cargo

(Quelle: <http://www.elektrofahrrad24.de/2014-flyer-cargo-bike-nuvinci-deluxe-26-elektrofahrrad>)

**Tabelle 3-1** Technische Daten Flyer Cargo

Reichweite	bis zu 140 km
Motor / Leistung	250 Watt / 350 Watt
Batterietyp	Li-Ionen Mangan, 36V, 13.2Ah, 475Wh
Höchstgeschwindigkeit	bis 25 km/h unterstützend
Ladevolumen	Gepäcksträger vorne und hinten
Zulässiges Gesamtgewicht	160 kg
Verkaufspreis	3.990 €
Quelle	[ELE15]

### Pedalpower eMammut Cargo BROSE

Das Lastenrad aus der Berliner Fahrradschmiede von Pedalpower verfügt über ein gutes Preis Leistungsverhältnis und für ein Elektrofahrrad großen Platz für Zuladungen. Das Pedelec aus Deutschland findet schon jetzt Interesse bei Logistikfirmen und ist ab August 2015 am Markt verfügbar. Speziell mittlere Pakete können auf der Ladefläche vor dem Fahrer optimal transportiert werden.



**Abbildung 3-10** Elektrofahrrad eMammut Cargo Brose

(Quelle: [www.pedalpower.de](http://www.pedalpower.de))

**Tabelle 3-2** Technische Daten Pedalpower eMammut Cargo Brose

Reichweite	Keine Angabe
Motor / Leistung	Brose Mittelmotor
Batterietyp	Brose BMZ 11 Ah / 15 Ah
Höchstgeschwindigkeit	Keine Angabe
Ladevolumen	260 l
Zulässiges Gesamtgewicht	200 kg
Verkaufspreis	3.999 € für 11Ah-Batterievariante, 4.299 € für 15Ah-Batterievariante
Quelle	[PED15]

### Babboe Transporter-E

Durch eine Transportbox am Vorderrad kann der Transporter-E von Babboe Packstücke verstauen, welche durch den Deckel der Box vor Witterungseinflüssen geschützt sind. Dieses E-Fahrrad sieht man häufig in städtischen Gebieten für unterschiedlichste Unternehmen im Einsatz.



**Abbildung 3-11** Elektrofahrrad Babboe Transporter-E

(Quelle: <http://www.e-bike-finder.com/ebike/babboe-transporter-e-2014/>)

**Tabelle 3-3 Technische Daten Babboe Transporter-E**

Reichweite	40 – 60 km
Motor / Leistung	Heckmotor GWA
Batterietyp	Li-Ionen, 24 V, 10 Ah, 360 Wh
Höchstgeschwindigkeit	bis 25 km/h unterstützend
Ladevolumen	Keine Angabe
Zulässiges Gesamtgewicht	345 kg
Verkaufspreis	1.950 €
Quelle	[EBI151]

## Riese und Müller Load Light

Riese und Müller beschäftigt sich schon länger mit der Herstellung von Lastenrädern und hat im Sommer 2015 das neue Modell Load Light präsentiert. Es besticht mit einer sehr hohen Reichweite, was sich aber im gehobenen Preis niederschlägt. Als Nachteil ist der Einfluss von Witterung beim Transport zu nennen. Die Ladefläche vor dem Fahrer ist für kleine Waren geeignet.



**Abbildung 3-12** Elektrofahrrad Riese und Müller Load

(Quelle: <http://www.r-m.de/das-neue-load/>)

**Tabelle 3-4 Technische Daten Riese und Müller Load Hybrid**

Reichweite	120 – 190 km
Motor / Leistung	Bosch Drive Unit Performance Cruise
Batterietyp	Bosch PowerPack 400 Performance, Li-Ionen, 36 Volt, 11.6 Ah, 400 Wh
Höchstgeschwindigkeit	bis 25 km/h unterstützend
Ladefläche / Ladevolumen	Breite 390 mm x Länge 450 mm, 200 l
Zulässiges Gesamtgewicht	200 kg
Verkaufspreis	ab 4.999 €
Quelle	[RIE15]

### Cyclopolitain Cyclocargo

Das Cyclopolitain Cyclocargo wurde sowohl für Personen- als auch für Warentransport konstruiert. Durch das verschließbare Ladevolumen sind die Waren im Laderaum auch vor Wetter und Diebstahl geschützt. Nachteile sind das höhere Eigengewicht und die schwerere Beweglichkeit.



**Abbildung 3-13** Elektrofahrzeug Cyclopolitain Cyclocargo

(Quelle: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/Cyclopolitain\\_CycloCargo.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/Cyclopolitain_CycloCargo.png))

**Tabelle 3-5** Technische Daten Cyclopolitain Cyclocargo

Reichweite	bis zu 50 km
Motor / Leistung	Mittelmotor, 250 W
Batterietyp	Li-Ionen, 26 V, 8 Ah, 208 Wh
Höchstgeschwindigkeit	bis 25 km/h unterstützend
Zuladung	250 kg
Zulässiges Gesamtgewicht	360 kg
Verkaufspreis	7.590 €
Quelle	[EBI152]

### Veloform Cargocruiser

Das „Dreirad“ von Veloform ermöglicht eine Zuladung von bis zu 270 kg und besitzt das größte Ladevolumen der vorgestellten elektrobasierten Lastenräder. Mit einem Preis von fast 12.000 Euro ist es allerdings das teuerste Fahrzeug in dieser Kategorie.



**Abbildung 3-14** Elektrofahrrad Veloform Cargocruiser

(Quelle: [http://www.ich-ersetze-ein-auto.de/wp-content/uploads/2013/04/IeeA\\_CargoCruiser\\_Einsatz-615x410.jpg](http://www.ich-ersetze-ein-auto.de/wp-content/uploads/2013/04/IeeA_CargoCruiser_Einsatz-615x410.jpg))

**Tabelle 3-6 Technische Daten Veloform Cargocruiser**

Reichweite	50 – 90 km
Motor / Leistung	Crystalite, 250 W
Batterietyp	Li-Ionen, 48 V, 32 Ah, 1.560 Wh
Höchstgeschwindigkeit	bis 25 km/h unterstützend
Zuladung	270 kg
Zulässiges Gesamtgewicht	460 kg
Verkaufspreis	11.888 €
Quelle	[EBI153]

## Elektroroller

Mit E-Roller können höhere Geschwindigkeiten als mit E-Fahrrädern erreicht werden. Daher gibt es für beide Fahrzeugkategorien unterschiedliche Einsatzgebiete. Eine Übersicht über aktuelle E-Roller zeigen die nächsten Seiten.

### iO Scooter King Kong

Der Elektro-Scooter King Kong der niederösterreichischen Firma iO E-Scooter hat sich in der Praxis bereits bewährt und wird unter anderem bei der Österreichischen Post eingesetzt.



Abbildung 3-15 Elektroroller iO Scooter King Kong

(Quelle: <http://www.io-scooter.com/io-scooter-modelluebersicht/io-scooter-king-kong/>)

Tabelle 3-7 Technische Daten iO Scooter King Kong

Reichweite	bis zu 140 km
Motor / Leistung	Radnabenmotor, 9,6 kW
Batterietyp	67 V LiFeMnP, 90Ah, 5.200 Wh
Höchstgeschwindigkeit	72 km/h
Zuladung	180 kg
Zulässiges Gesamtgewicht	346 kg
Verkaufspreis	9.000 €
Quelle	[IOE15]

### Govecs GO!

Der Elektroroller von Govecs in seiner stärksten Ausführung GO! T3.4 erreicht eine Höchstgeschwindigkeit von bis zu 85 km/h. Dadurch können auch weiter entfernte Zustellungen schnell erledigt werden. Mit einem Ladevolumen von 200 Litern ist ausreichend Platzangebot vorhanden.



**Abbildung 3-16 Elektroroller Govecs GO!**

(Quelle: <http://www.govecs.com/produkte-0>)

**Tabelle 3-8 Technische Daten Govecs GO!**

Reichweite	bis zu 70 km
Motor / Leistung	PMAC Motor, 5 kW
Batterietyp	72 V Li-Ionen, 3.000Wh
Höchstgeschwindigkeit	72 km/h
Zuladung / Ladevolumen	60 kg, 200 l
Zulässiges Gesamtgewicht	180 kg
Verkaufspreis	7.690 €
Quelle	[GOV15]

## BMW C Evolution

Der erste Elektroroller von BMW zeichnet sich durch hohen Komfort, einer beachtlichen Leistung und einer mittleren Reichweite aus. Der Einsatzzweck eines solchen Rollers für das Logistikunternehmen sind Transportsendungen in kleiner Verpackung zu weiter entfernten Kunden. Der Kaufpreis von 15.000 Euro ist im Vergleich zu den anderen Elektrorollern ein sehr hoher.



**Abbildung 3-17 Elektroroller BMW C Evolution**

(Quelle: <http://brusworld.com/wp-content/uploads/2014/09/bmw-c-evolution-motorrad-e-scooter-02.jpg>)

**Tabelle 3-9 Technische Daten BMW C Evolution**

Reichweite	ca. 100 km
Motor / Leistung	Permanenterregter Synchronmotor mit Oberflächenmagneten, 35 kW
Batterietyp	133 V Li-Ionen, 8 kWh
Höchstgeschwindigkeit	120 km/h (elektronisch abgeregelt)
Zuladung	180 kg
Zulässiges Gesamtgewicht	445 kg
Verkaufspreis	15.000 €
Quelle	[BMW15]

## **Elektroautos**

Die nächstgrößere Ausführung eines Transportfahrzeuges für ein elektrobasiertes urbanes Logistiksystem ist ein Elektroauto. Hier gibt es bereits Hersteller, die sich darauf konzentriert haben, spezielle Elektroautos für den logistischen Einsatz zu bauen. Oft werden dazu Standard-Elektroauto-Konzepte verwendet und zusätzlich für die Transportaufgabe umgerüstet. Es gibt natürlich auch sehr viele Elektroautos ohne speziellen Transportaufbau, mit denen eine Ware von A nach B transportiert werden kann, welche im Weiteren aufgrund fehlendem logistischen Einsatzzweck nicht behandelt werden.

Die Ladevolumen der vorgestellten E-Autos bewegen sich zwischen 3.500 und 5.700 Litern bei einem Preis von etwa 24.000 bis 34.000 Euro.

Hersteller, welche bereits konventionelle Fahrzeuge für den Transport am Markt haben, entwickeln laufend Modelle mit elektrischem Antrieb. Aufgrund der starken Entwicklung im Batteriesegment werden die Preise für Batterien und somit für Elektroautos laufend attraktiver. Die meisten Modelle können inklusive oder exklusive Batteriemiete gekauft werden, wobei die Erstanschaffungskosten ohne Batteriekauf meist beträchtlich niedriger sind.

Die nachfolgenden Modelle stellen eine Übersicht über die heute am häufigsten verwendeten Elektroautos dar.

### Nissan e-NV200

Der Kastenwagen der Firma Nissan mit einem Ladvolumen von 4.200 Litern ist mit der selben Technik wie der des meistverkauften Elektroautos der Welt, dem Nissan Leaf ausgestattet. Mit einer Schnellladestation kann die Batterie des Nissan in nur 30 Minuten zu 80 % geladen werden. Anwendung findet das Fahrzeug beispielsweise beim KEP-Unternehmen FedEx .



Abbildung 3-18 Elektroauto Nissan e-NV200

(Quelle: <http://www.ale-transport.com/wp-content/uploads/2014/09/nissan.jpg>)

Tabelle 3-10 Technische Daten Nissan e-NV200

Reichweite	bis zu 170 km
Motor / Leistung	Elektromotor, 80 kW
Batterietyp	360V laminierte Li-Ionen, 24 kWh
Höchstgeschwindigkeit	123 km/h
Zuladung / Ladevolumen	678 kg, 4.200 l
Zulässiges Gesamtgewicht	2.220 kg
Verkaufspreis	ab 30.612 € inkl. Batterie ab 24.708 € bei Batteriemiete (87-150 € / Monat)
Quelle	[NIS15]

## Renault Kangoo Z.E.

Der Renault Kangoo Z.E. als 2-Sitzer Variante ist mit einem Transportvolumen von 3.500 Litern ausgestattet und durch Zubehör wie Verzurr Ösen im Kofferraum und seitlicher Schiebetür für den Einsatz im Transportwesen gedacht. Dieses Fahrzeug gehört zu den meist genutzten Elektroautos dieser Klasse.



**Abbildung 3-19 Elektroauto Renault Kangoo Z.E.**

(Quelle: <http://www.goingelectric.de/wp-content/uploads/r100294h-1024x682.jpg>)

**Tabelle 3-11 Technische Daten Renault Kangoo Z.E.**

Reichweite	170 km
Motor / Leistung	Fremderregter Synchronmotor, 44 kW
Batterietyp	398V Li-Ionen, 22 kWh, 65 Ah
Höchstgeschwindigkeit	130 km/h
Zuladung / Ladevolumen	625 kg, 3.500 l
Zulässiges Gesamtgewicht	2.126 kg
Verkaufspreis	ab 24.360 € exkl. Batterie Batteriemiete 87-150 € / Monat
Quelle	[REN15]

### Citroën Berlingo Electric

Das Elektrofahrzeug Citroën Berlingo Electric ist von der Karosserie gleich wie das Modell mit Verbrennungsmotor aufgebaut, welches für Logistikzwecke oder andere Transportzwecke weit verbreitet ist. Das elektrische Modell hat serienmäßig viele moderne Features wie Powermeter, Energieanzeige, Berganfahrhilfe usw. eingebaut.



**Abbildung 3-20 Elektroauto Citroën Berlingo Electric**

(Quelle: <http://srv2.betterparts.org/images/citroen-berlingo-first-electric-11.jpg>)

**Tabelle 3-12 Technische Daten Citroën Berlingo Electric**

Reichweite	170 km
Motor / Leistung	Permanentmagnet-Synchronantrieb, 35 kW
Batterietyp	230-330V Li-Ionen, 22,5 kWh
Höchstgeschwindigkeit	110 km/h
Zuladung / Ladevolumen	570 kg, 4.100 l
Zulässiges Gesamtgewicht	2.225 kg
Verkaufspreis	ab 33.300 € (inkl. Batterie)
Quelle	[CIT15]

## Mercedes Vito E-CELL

Der Mercedes Vito ist in vielen Logistikflotten bereits ein fixer Bestandteil. Jetzt hat Mercedes die elektrische Variante entwickelt, welche die Vorteile aus dem bekannten Vito Konzept mit den Vorteilen der Elektromobilität vereint. Entstanden ist ein Fahrzeug, das unter anderem bei der Deutschen Post im täglichen Zustelleinsatz ist. Allerdings lässt sich der Mercedes Vito E-CELL ausschließlich leasen und nicht kaufen.



**Abbildung 3-21 Elektroauto Mercedes Vito E-CELL**

(Quelle: <http://www.automobilesreview.com/gallery/mercedes-benz-vito-e-cell/mercedes-benz-vito-e-cell-01.jpg>)

**Tabelle 3-13 Technische Daten Mercedes Vito E-CELL**

Reichweite	130 km
Motor / Leistung	Elektromotor, 60 kW
Batterietyp	360 V Li-Ionen, 36 kWh
Höchstgeschwindigkeit	80 km/h
Zuladung / Ladevolumen	850 kg, 5.700 l
Zulässiges Gesamtgewicht	3.050 kg
Verkaufspreis	nur Leasing möglich (Rate ab 999 €) [MER151]
Quelle	[MER15]

## **Elektro-Nutzfahrzeuge**

Elektro-Nutzfahrzeuge sind für den Einsatz im täglichen Warenverkehr optimiert und bieten daher auch das größte Ladevolumen und die höchste Zuladung aller Fahrzeugkategorien. Nachteile ergeben sich aber in der geringeren Wendigkeit und dem viel höheren Anschaffungspreis, verglichen mit anderen Fahrzeugklassen.

Einige Fahrzeugunternehmen haben etablierte Nutzfahrzeuge mit Elektromotoren, Batterien und Leistungselektronik umgerüstet und Prototypen gebaut, welche bei unterschiedlichsten Logistikkonzepten zum Einsatz kommen und auf ihren täglichen Einsatz im Distributionsverkehr getestet werden. Nur wenige Hersteller haben sich bis jetzt auf die Serienproduktion von Elektro-Nutzfahrzeugen spezialisiert. Das liegt einerseits daran, dass für Lastkraftwagen größer dimensionierte Elektro-Bauteile verwendet werden müssen und damit der Verkaufspreis viel höher ausfällt als für vergleichbare Elektroautos, und andererseits daran, dass Frachtunternehmen sich an den Gesamtkosten orientieren und noch wenig Logistikunternehmen den Umstieg auf Elektro-Nutzfahrzeuge gewagt haben.

Die nachfolgenden Fahrzeuge zeigen einen Ausschnitt der aktuell verfügbaren und für ein Logistikunternehmen interessanten Fahrzeuge.

## Iveco Electric Daily

Der Iveco Electric Daily unterscheidet sich vom Modell mit Verbrennungsmotor nur in wenigen Details. Die Ladefläche und das Volumen sind annähernd gleich und aus diesem Grund hat die Deutsche Post bereits einige dieser Modelle im täglichen Zustelleinsatz.



**Abbildung 3-22 Elektro-Nutzfahrzeug Iveco Electric Daily**

(Quelle: [http://polpix.sueddeutsche.com/polopoly\\_fs/1.1226529.1355488470!/httpImage/image.jpg\\_gen/derivatives/900x600/image.jpg](http://polpix.sueddeutsche.com/polopoly_fs/1.1226529.1355488470!/httpImage/image.jpg_gen/derivatives/900x600/image.jpg))

**Tabelle 3-14 Technische Daten Iveco Electric Daily**

Reichweite	von Batterieanzahl abhängig, bis 130 km
Motor / Leistung	Elektromotor, 60 kW bzw. 80 kW
Batterietyp	ZEBRA (Na/NiCl <sub>2</sub> ), pro Batterie 21,2 kWh, 76 Ah, Anzahl wählbar (2-4 Stk.)
Höchstgeschwindigkeit	70 km/h
Zuladung / Ladevolumen	Bis 2.640 kg, 7,3 – 17,2 m <sup>3</sup>
Zulässiges Gesamtgewicht	3.500 kg bzw. 5.200 kg
Verkaufspreis	Ab 100.000 €
Quelle	[IVE15]

## Streetscooter

Der Streetscooter wurde in Zusammenarbeit der Deutschen Post, der Streetscooter GmbH und der Technischen Hochschule RWTH Aachen, entwickelt. Herausgekommen ist ein perfekt durchdachtes Fahrzeug für Logistikdienstleister, welches vorrangig für den Einsatz am Land entwickelt wurde. Es sind flexible Aufbauten sowie Batterievarianten möglich. Mittlerweile hat die Deutsche Post das Unternehmen übernommen.



**Abbildung 3-23 Elektro-Nutzfahrzeug Streetscooter**

(Quelle: [http://bilder.t-online.de/b/72/13/00/96/id\\_72130096/610/tid\\_da/dhl-streetscooter.jpg](http://bilder.t-online.de/b/72/13/00/96/id_72130096/610/tid_da/dhl-streetscooter.jpg))

**Tabelle 3-15 Technische Daten Streetscooter**

Reichweite	80 km
Motor / Leistung	Elektromotor, 45 kW
Batterietyp	Li-Ionen, Größe modular und
Höchstgeschwindigkeit	85 km/h
Zuladung / Ladevolumen	650 kg, 4,3 m <sup>3</sup>
Zulässiges Gesamtgewicht	2.000 kg
Verkaufspreis	Ziel: 5.000 € (bei Serienfertigung)
Quelle	[DPD15]

## E-Force

Der E-Force ist ein Lastwagen mit Elektroantrieb, welcher speziell für den regionalen und urbanen Warenverteilendienst entwickelt wurde. Mit einer Reichweite von 300 km zeigt er im Vergleich zu alternativen Elektrofahrzeugen deutlich höhere Werte und ist somit ein Vorreiter in seiner Klasse. Kostenmäßig trumpft dieses Fahrzeug vor allem mit niedrigen Service- und Wartungskosten wie geringem Verschleiß oder Kraftstoffverbrauch. Der Kaufpreis beträgt etwa dreimal soviel wie der eines konventionellen Lastkraftwagens derselben Klasse.



**Abbildung 3-24 Elektro-Nutzfahrzeug EFORCE**

(Quelle: [http://eforce.ch/wp/wp-content/uploads/2013/06/E\\_FORCE\\_Fact\\_Sheet\\_D\\_2015.pdf](http://eforce.ch/wp/wp-content/uploads/2013/06/E_FORCE_Fact_Sheet_D_2015.pdf))

**Tabelle 3-16 Technische Daten E-FORCE**

Reichweite	bis 350 km
Motor / Leistung	2x Hybrid Synchronmotor, 300 kW
Batterietyp	400V LiFePo4, 2 x 120 kWh, 2.600kg
Höchstgeschwindigkeit	87 km/h (elektronisch begrenzt)
Zuladung / Ladevolumen	10 Tonnen / 40 m <sup>3</sup>
Zulässiges Gesamtgewicht	18 Tonnen
Verkaufspreis	3 mal so hoch wie konvent. LKW-Preis
Quelle	[EFO15]

### 3.4.3 Aktuelle Informationssysteme

Die dritte Komponente nachhaltiger Logistiksysteme sind Informationssysteme, welche sich nach folgender Gliederung aufteilen lassen (Details zu den einzelnen Systemen siehe Kapitel 3.3.3 Informationssysteme):

- Basissysteme
  - Ortungssysteme
  - Mobile Informationssysteme
  - Identifikationssysteme
- Dispositionssysteme
  - Touren- und Routenplanung
  - Fahrzeugdisposition
  - Systeme für die Lagerverwaltung im Umschlagpunkt
- Kundenorientierte Systeme
  - Sendungsverfolgungssysteme (Tracking & Tracing)
  - Systeme für die Warenempfangsbestätigung
- Verkehrsinformationssysteme
  - Fahrzeugbezogene Systeme (z.B. Stauumfahrung, Navigation)

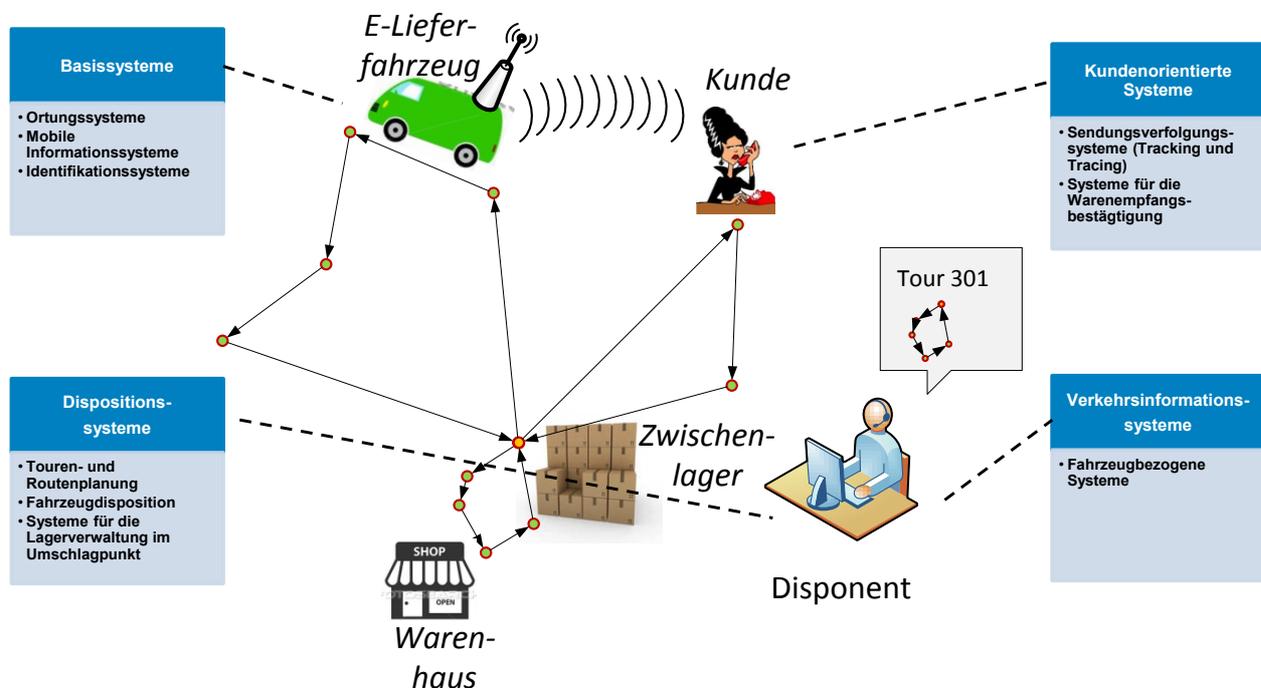


Abbildung 3-25 Zusammenhang verschiedener Informationssysteme

(Quelle: FFG-Projekt eCiLo – Stand der Forschung, Wolfgang Trummer, TU Graz, 2013, Abb. 1-118)

Heutige Informationssysteme konzentrieren sich meist nicht ausschließlich auf eine Anwendung, sondern arbeiten aufgabenübergreifend. Im Folgenden werden einige der aktuell am Markt verfügbaren Informationssysteme für Logistikunternehmen vorgestellt. Neben diesen gibt es eine Vielzahl anderer Systeme, daher ist diese Auflistung nur ein kleiner Ausschnitt.

### **Easytrack System**

Dieses System ist ein Gesamtkonzept und beinhaltet ein GPS Ortungsgerät IMT.14, welches nach den Anforderungen des Nutzers programmiert werden kann. Ebenso umfasst es ein komplettes Fuhrparkmanagement, eine Echtzeitortung mit automatischer Datenübertragung per GPRS oder wahlweise SMS, ein elektronisches Fahrtenbuch sowie eine Mitarbeiterzeitenerfassung. (vgl. [EAS15])

Alle weiteren Details zum Easytrack System findet man auf [www.easytrack.at](http://www.easytrack.at).

### **Trackeasy Fahrzeugortung und Flottenmanagement**

Das Trackeasy Fahrzeugortungs-System umfasst die Fahrzeugortung, eine Routenplanung, die direkt vom Büro an den Fahrer gesendet werden kann, Echtzeitdatenübermittlung von beiden Seiten für z.B. Kraftstoffverbrauch und Mitarbeiterarbeitszeit. Außerdem ist mit dem Informationssystem von Trackeasy ein Flottenmanagement möglich, das alle Daten der Fahrzeugflotte sammelt und dadurch Planung und Optimierungen hinsichtlich Fahrtstrecke oder Fahrzeugauswahl im Vorhinein getroffen werden können. (vgl. [TRA15])

Alle weiteren Details zu den Trackeasy Systemen findet man auf [www.trackeasy.de](http://www.trackeasy.de).

### **RISC Software**

Die österreichische Firma RISC bietet Softwarelösungen für intelligente Verkehrssysteme, Informationssysteme für Logistiknetzwerke sowie Material- und Produktionsplanungssoftware an. Der Bereich „Verkehrs-Telematik“ beinhaltet dabei die Erfassung, Übermittlung, Verarbeitung und Nutzung von verkehrsbezogenen Daten. Durch Echtzeitinformationen können Routen schnell umgeplant und Staus umfahren werden. Neben diesen Tools ist auch eine Verkehrssimulation möglich. (vgl. [RIS15]) Alle weiteren Details zu den Lösungen von RISC findet man auf [www.risc-software.at](http://www.risc-software.at).

### **Siemens RFID Systeme**

Mit den äußerst robusten und zuverlässigen RFID Systemen von Siemens lässt sich Standort, Menge, Ware, Ort usw. an allen möglichen Logistikprozessen identifizieren. Die Datenübertragung funktioniert berührungslos und kann sehr einfach in die bestehende Automatisierung und

IT eingebunden werden. Es werden je nach Anwendungsgebiet unterschiedliche Systeme angeboten. Vom SIMATIC RF200 für Intralogistik oder Kleinmontagelinien bis hin zum Spitzenmodell SIMATIC RF600. Die Anwendungsbereiche umfassen Produktionssteuerung, Tracking & Tracing sowie das Supply Chain Management. Die Systeme findet man in der Praxis z.B. bei Müller Ltd. & Co. KG, Würth Industrie Service GmbH & Co. KG, Fertigungsstraßen bei Autoherstellern und vielen anderen Unternehmen (vgl. [SIE15]). Weitere Details zu den RFID Systemen von Siemens findet man auf [www.siemens.com](http://www.siemens.com).



Abbildung 3-26 Siemens RFID System, (Quelle: [www.siemens.com](http://www.siemens.com))

### **Transics Flottenmanagement**

Die Firma Transics bietet umfassende Lösungen zum Thema Flottenmanagement an. Dabei ist eine stetige Verbindung zwischen Büro und den Fahrzeugen gegeben und dadurch die Flotte stets im Überblick. Daneben können neue Auftragsdaten oder Routenänderungen sofort von der Zentrale an das jeweilige Fahrzeug gesendet werden. Man kann in Echtzeit Position und Aktivitätsstatus der Fahrzeuge, Points of Interest, Verkehr und Wetterinfo, Fahrer Lenk- und Ruhezeiten und viele andere Aktivitäten immer im Auge behalten (vgl. [TRA15]). Weitere Details zum Flottenmanagement von Transics findet man auf [www.transics.com](http://www.transics.com).

### **Wanko Informationslogistik**

Das deutsche Unternehmen Wanko bietet Informationssysteme für Tourenplanung, Lagerverwaltung und ein integriertes System inklusive Fahrzeugüberwachung für die Lieferung der Ware bis zur Unterschrift vom Kunden an. Das Gesamtkonzept besteht aus den Komponenten PRACAR und PRABORD, welche den gesamten Transportprozess begleiten, sowie dem Lagerverwal-

tungssystem PRAMAG, welches sämtliche Lagerbewegungen steuert. Alle Systeme arbeiten auf einer einheitlichen Datenbasis, wodurch das kostenoptimale Planen und Durchführen sämtlicher Prozesse in der Logistik möglich ist (vgl. [WAN15]). Alle weiteren Details dazu findet man auf [www.wanko.de](http://www.wanko.de).

Im Sektor Informationssysteme für Logistikunternehmen werden am Markt sehr viele Produkte angeboten. Da vom Käufer häufig individuelle Produkte gefragt sind, werden in dieser Arbeit die Vorstellungen von verschiedenen allgemeinen Informationssystemen nicht weiter fortsetzen.

## 4 Modelle und Ausbaustufen

In diesem Kapitel werden verschiedene Modelle und Ausbaustufen von einem konventionellen Logistikbetrieb hin zu einem elektroasierten urbanen Logistiksystem-Betrieb vorgestellt. Die Modelle umfassen eine Elektro-Fuhrpark-Anschaffung, die Integration von Informations- und Kommunikationssystemen und die Erweiterung bzw. den Neubau eines oder mehrerer Hubs.

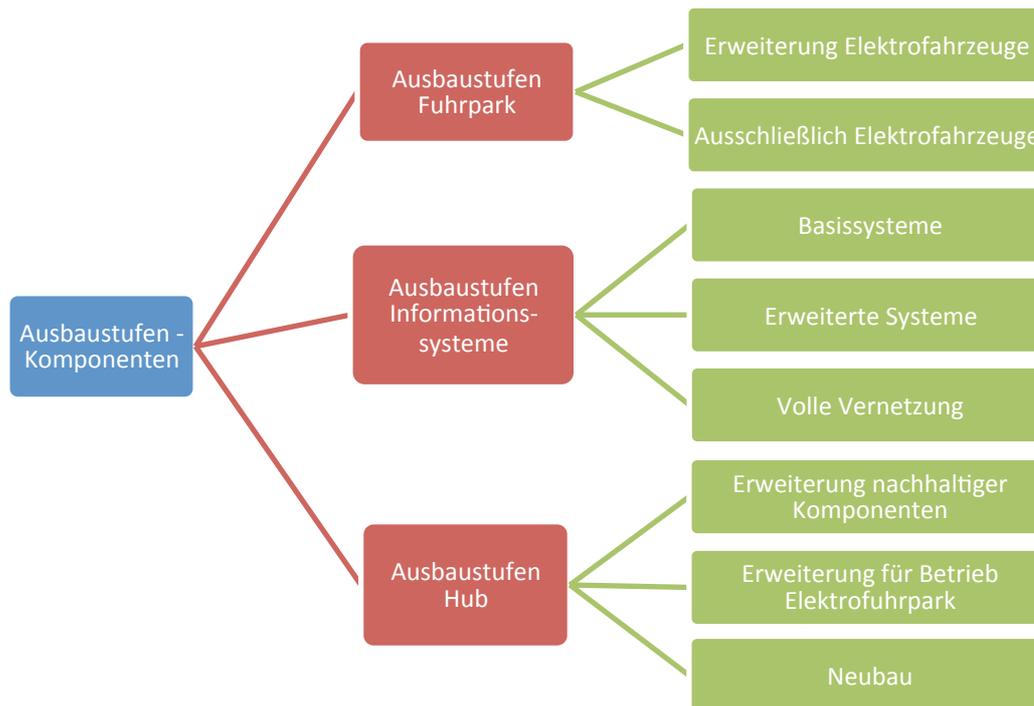


Abbildung 4-1 Ausbaustufen von einem konventionellen zu einem elektroasierten urbanen Logistiksystem-Betrieb

### 4.1 Modelle in Excel Planungstool

Des Weiteren wurden in einem Excel Planungstool vier Modelle erarbeitet, welche verschiedene Ausbaustufen beinhalten, „Modell Ausbaustufe klein“, „Modell Ausbaustufe mittel“, „Modell Ausbaustufe groß“ und „Modell Ausbaustufe neu“. Dabei bezeichnet z.B. „klein“ den Umfang des Zusammenspiels der einzelnen Ausbaustufen-Komponenten. Je nach Auswahl des Modells werden bestimmte Parameter gesetzt und Voreinstellungen getroffen. Trotz der Voreinstellungen ist jedes Modell komplett individuell anpassbar und kann speziell auf die Wünsche eines bestimmten Unternehmens angepasst werden.

Dieses Planungstool soll einem Logistikunternehmen oder einem Interessierten helfen, sich einen ersten Überblick über die Möglichkeiten, Anforderungen, Systemlösungen und erwarteten Kosten beim Um- oder Neubau eines urbanen elektrobasieren Logistiksysteams zu schaffen.

Die Auswahl und Eingabe von Daten ist stark vereinfacht angelegt, damit man mit wenig Vorwissen in der Anfangsplanung bereits ein vernünftiges Modell mit realistischen Werten erhält. Es stehen verschiedene Fahrzeuge zur Auswahl, welche laut Recherche im Sommer 2015 für ein Logistikunternehmen interessant erscheinen. Es ist möglich, das Excel Tool zu erweitern und neue Fahrzeuge hinzuzufügen. Durch die grafische Auswertung am Ende soll der Nutzer einen schnellen ersten Überblick über Kosten, Reichweite, CO<sub>2</sub>-Emissionen etc. bei der Erschaffung eines elektrobasieren urbanen Logistiksysteams bekommen.

#### 4.1.1 Erste Auswahl des Modells

Zu Beginn erhält der Nutzer einen Überblick über die vier verschiedenen Grundmodelle und deren Ausbaustufen. Mit der Wahl eines Modells werden im Hintergrund bereits Entscheidungen und Auswahlen getroffen.

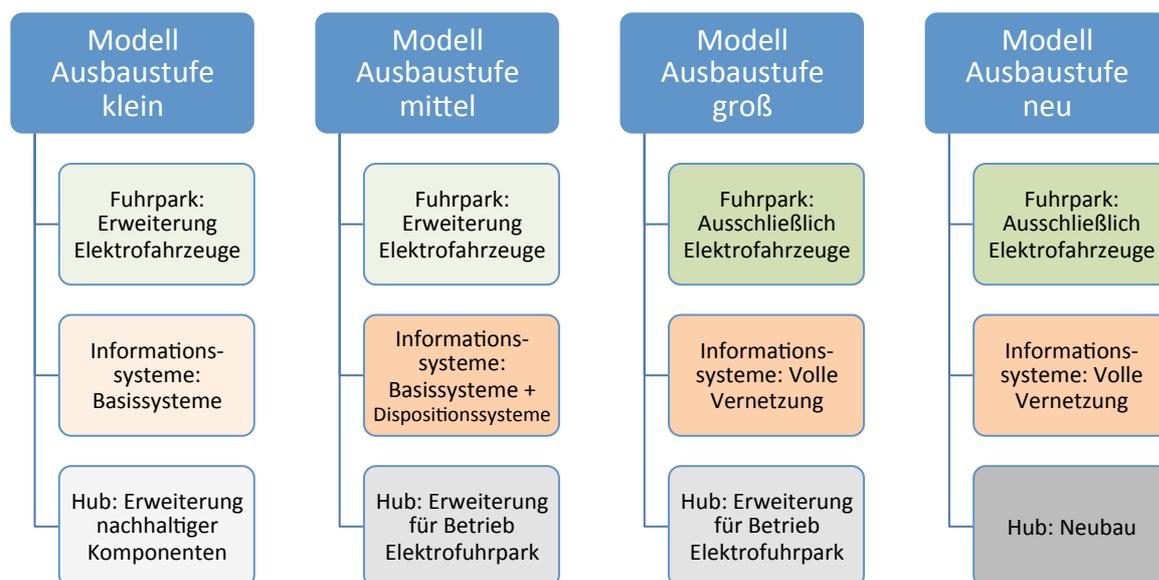


Abbildung 4-2 Grundmodelle mit unterschiedlichen Ausbaustufen

#### 4.1.2 ERM Modell

Um die Beziehungen der Modelle mit deren Komponenten zu erläutern, zeigt Abbildung 4-3 ein „Entity-Relationship-Modell“ des Planungstools in Excel. Die Abkürzung „I“ bedeutet Input, „S“ beschreibt einen Stellparameter z.B. „Ja oder Nein“ und „O“ steht für Output. Die Auswahl



### 4.1.3 Fahrzeugkategorien

Nach der Festlegung des Grundmodells gelangt man zur Auswahl der gewünschten Fahrzeugkategorien. Hier stehen die vier Fahrzeugtypen „Elektrofahrrad“, „Elektroroller“, „Elektroauto“ und „Elektro-Nutzfahrzeug“ zur Verfügung. Darunter findet man Grafiken, welche die mittlere Reichweite bzw. das mittlere Ladevolumen der Fahrzeugkategorien bezogen auf deren mittleren Anschaffungspreis darstellen. Durch diese soll der Nutzer eine bessere Vorstellung und Hilfe zur Auswahl der gewünschten Fahrzeugkategorien bekommen.

Fahrzeugkategorie		Ja	Nein
Elektrofahrräder		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elektroroller		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elektroautos		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elektro-Nutzfahrzeuge		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 4-4 Auswahl der gewünschten Fahrzeugkategorien

Die Abbildung 4-5 zeigt, dass die mittlere Reichweite von Elektrofahrrädern und Elektrorollern annähernd gleich ist, jedoch der mittlere Anschaffungspreis von Elektrorollern doppelt so hoch wie jener von Elektrofahrrädern ist. Beim mittleren Ladevolumen haben die Elektrofahrräder die Nase vorne und haben im Schnitt um 40 Liter mehr Volumen, wie in Abbildung 4-6 ersichtlich ist. Die Elektroautos und Elektro-Nutzfahrzeuge heben sich sowohl in Reichweite als auch im Ladevolumen deutlich von den zweispurigen Fahrzeugen ab, sind allerdings auch um ein vielfaches teurer. So ist der mittlere Anschaffungspreis der hier gewählten Elektroautos ca. 27.500 Euro, jener von den hier betrachteten Elektro-Nutzfahrzeugen ca. 100.000 Euro.

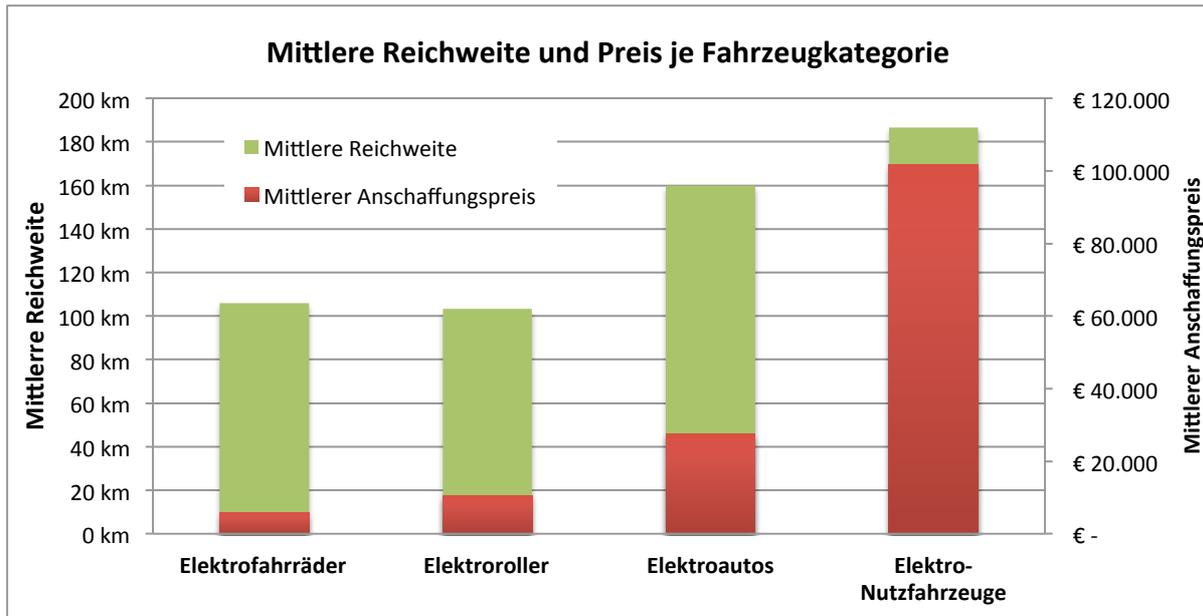


Abbildung 4-5 Mittlere Reichweite und Preis je Fahrzeugkategorie

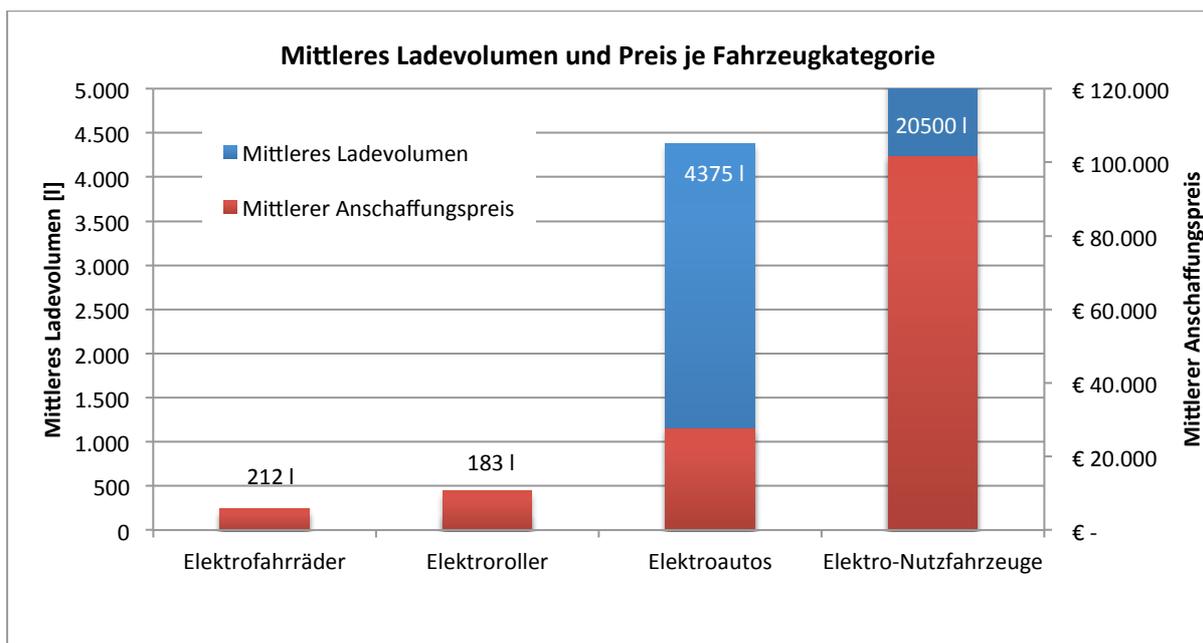


Abbildung 4-6 Mittleres Ladevolumen und Preis je Fahrzeugkategorie

#### 4.1.4 Informationssysteme – Vorschlag und Auswahl

Als nächstes gelangt man zur Auswahl der Informationssysteme. Durch die Wahl des Grundmodells zu Beginn wird ein automatischer Vorschlag der verwendeten Systeme gemacht, welche jedoch individuell angepasst werden können. Die Marktpreise der diversen Systeme sind ohne Kaufabsicht schwer zu erfahren. Daher sind die eingetragenen Kosten angenommen und müssen

nicht dem realen Preis entsprechen. Die Kosten der Verkehrsinformationssysteme sind Kosten pro Fahrzeug und werden daher erst nach Ende der Fahrzeugauswahl korrekt berücksichtigt.

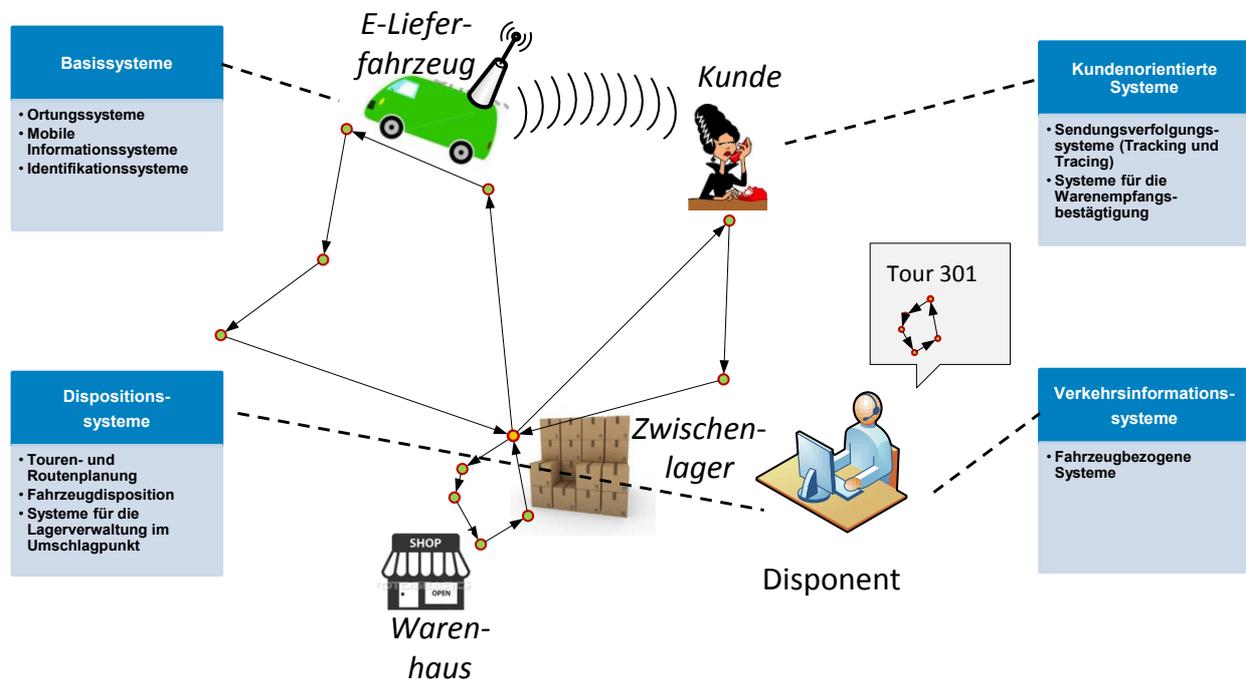


Abbildung 4-7 Auswahl an verschiedenen Informationssystemen

(Quelle: FFG-Projekt eCiLo – Stand der Forschung, Wolfgang Trummer, TU Graz, 2013, Abb. 1-118)

#### 4.1.5 Hub – Vorschlag technische Anforderungen und Systemlösungen

Um dem Benutzer eine Vorstellung von den Anforderungen und Systemlösungen für den nachhaltigen Betrieb eines Logistiksystems bezogen auf das Hub zu ermöglichen, werden in einem ersten Schritt Möglichkeiten und Ideen der Optimierung vorgestellt. Die folgende Abbildung 4-8 zeigt dabei stichwortartig die Komponenten der Anpassungsschritte.

Die drei Hauptkomponenten sind hier

- Verladestelle anpassen
- Interne Anpassungen
- Warenmanagement.

Alle diese Hauptkomponenten beinhalten wiederum Unterpunkte, welche in Abbildung 4-8 aufgelistet werden. Eine Erläuterung zu den folgenden Punkten wird im Nachhinein gegeben.



Abbildung 4-8 Anpassungsschritte für den nachhaltigen Betrieb eines Hubs

### Erläuterung Anpassungsschritte Hub

In den folgenden Tabellen 4-1 bis 4-3 werden die stichwortartigen Anpassungsschritte aus Abbildung 4-8 näher erläutert. Neben diesen Anpassungsschritten gibt es eine Vielzahl weiterer Details, welche bei der Umrüstung auf ein elektrobasierendes Logistikkonzept zu beachten sind.

**Tabelle 4-1 Verladungsstelle am Warenausgang an Pedelecs, Roller und PKW anpassen**

Verladeplatz	Breite, Länge und Ladehöhe müssen für Elektrofahrräder, Elektroroller und Elektroautos optimiert werden, um eine bedienungsfreundliche und schnelle Ladung gewährleisten zu können.
Ladung Batterie	Während der Verladung der Waren sollte die Batterie des Fahrzeuges mit einer Schnellladestation zumindest teilweise geladen werden können.
Zufahrt	Die Zufahrt zu den zweispurigen Verladeplätzen sollte wenn möglich ohne Querung des Weges der vierspurigen Fahrzeuge erfolgen, um keine unnötige Gefahrenstelle zu erzeugen.

Tabelle 4-2 nennt interne Anpassungen verschiedener Komponenten von Logistikzentren. Dabei wird besonders auf das Thema Energie geachtet.

**Tabelle 4-2 Interne Anpassungen verschiedener Komponenten**

Strombedarf / Stromerzeugung	Da ein nachhaltiger Betrieb von Elektrofahrzeugen nur möglich ist, wenn Ökostrom zum Laden der Batterien verwendet wird, sollte einerseits Ökostrom vom Netz bezogen als auch Strom über eigene Photovoltaikanlagen selbst produziert werden.
Beleuchtung	LED Lampen gibt es heute für alle Fassungen, auch Neonröhren werden mit LEDs angeboten und verbrauchen viel weniger Energie. Die Anschaffungskosten sind allerdings etwas höher.
Wirkungsgrad Maschinen	Die Wirkungsgrade von Antriebsmotoren verbessern sich stetig, daher ist darauf zu achten, in die Jahre gekommene Antriebe zu erneuern.
Abwärme	Nutzung von Abwärme leistungsstarker Maschinen für Heizung von Warmwasser oder sonstigen Betriebsmitteln.

Tabelle 4-3 listet Warenmanagement Lösungen für moderne Logistikzentren auf. Dabei sollen sowohl Software als auch Hardware-Systeme auf dem neuesten Stand der Technik sein. Nur wenn alle Komponenten miteinbezogen werden, kann ein nachhaltiger Betrieb eines urbanen elektrobasierten Logistiksystems funktionieren.

**Tabelle 4-3 Warenmanagement Lösungen**

Moderne IT Lösungen	Der erste Schritt zu effizienterem Warenmanagement ist ein ausgeklügeltes IT System zur Steuerung, Kontrolle und Überwachung des Warenflusses. Dazu gibt es am Markt eine große Auswahl.
Kommissionieranlagen	Viele Hersteller von Kommissionieranlagen planen Anlagen für spezifische Kundenwünsche. Moderne Kommissionieranlagen und Kommissionierpuffer sind Pflicht für einen stetigen Materialfluss.
Automatische Regallager	Je nach Investitionsbudget und Anwendungsfall können automatische Regallager einen Schritt zur schnelleren Warenverteilung beitragen.

#### 4.1.6 Hub – Dateneingabe und Auswahl

Die nächsten Eingabeschritte für das Modell sind die Eingaben für das Hub. Dafür werden folgende Daten benötigt:

- Volumenzugang pro Tag [ $\text{m}^3$ ]
- Volumenabgang pro Tag [ $\text{m}^3$ ] (näherungsweise gleich groß wie Volumenzugang)
- Grundstückserweiterung JA / NEIN
  - Größe der neuen Grundstücksfläche [ $\text{m}^2$ ]
  - Preis pro Quadratmeter [€]
  - Zusätzliche Grundstücke mit Größe und Preis
- Einsatzradius der Fahrzeuge vom Hub [km]
- Baukosten [€]
  - Für Umrüstung nachhaltiger Komponenten
  - Für Umrüstung und Erweiterung Betrieb Elektrofuhrpark
  - Für Neubau eines oder mehrerer Hubs

Sollten nicht alle Daten bekannt sein, können auch geschätzte Werte eingetragen werden oder die Zellen leer gelassen werden. Jedoch entsprechen die Gesamtkosten für das elektrobasierte urbane Logistiksystem am Ende dann nicht den realen Kosten. Als Richtwert für die Baukosten eines Logistikzentrums können nach einer Recherche mehrerer moderner Distributionszentren je nach Ausbaustufe zwischen 500 und 1.000 Euro pro Quadratmeter angenommen werden.

### 4.1.7 Fahrzeugauswahl

Aufgrund der gewünschten Fahrzeugkategorien (siehe 4.1.3 Fahrzeugkategorien) stehen je Fahrzeugklasse eine Auswahl an Fahrzeugen zur Verfügung. Alle möglichen Fahrzeuge sind im Kapitel „3.4.2 Fuhrpark“ aufgelistet. In der Übersicht findet man die wichtigsten Fahrzeugdaten, um einen schnellen Überblick zu bekommen. Jedes Fahrzeug kann extra mit dem Button „Details“ genauer betrachtet werden. Dabei wird eine kurze Beschreibung, ein Foto sowie alle technischen Details zum Fahrzeug eingeblendet.

Die allgemeinen Daten in der Übersicht sind:

- Fahrzeugmodell
- Anzahl der Fahrzeuge (auswählen)
- Maximale Reichweite [km]
- Höchstgeschwindigkeit elektrisch [km/h]
- Ladevolumen [l, m<sup>3</sup>]
- Zuladung [kg]
- Preis [€]

Die Anzahl der jeweiligen Fahrzeuge ist in einer Spalte einzutragen.

### 4.1.8 Auswertung

Nach allen Eingaben und Auswahlen gelangt man zur Auswertung des gewünschten Modells. Im ersten Teil werden alle gesammelten Daten zusammengefasst und alle Kosten und Unterkosten aufgelistet. Daneben wird eine Kontrolle über das mögliche Ladevolumen der gewählten Fahrzeuge und ein direkter Vergleich mit dem Soll – Transportvolumen des Hubs (Eingabe siehe 4.1.6 Hub, Dateneingabe und Auswahl) pro Tag angezeigt.

Im zweiten Teil erhält der Nutzer durch die entstandenen Grafiken einen visuellen Überblick, welche ihn in seiner Entscheidungsfindung unterstützen sowie einen Überblick über die zu erwartenden Kosten schaffen sollen.

In den Abbildungen 4-9 und 4-10 werden die Gesamtkosten, deren Aufteilung in % auf die Unterkosten Fuhrpark, Hub Grundstückskosten, Hub Baukosten sowie Kosten für Informationssysteme grafisch erläutert.

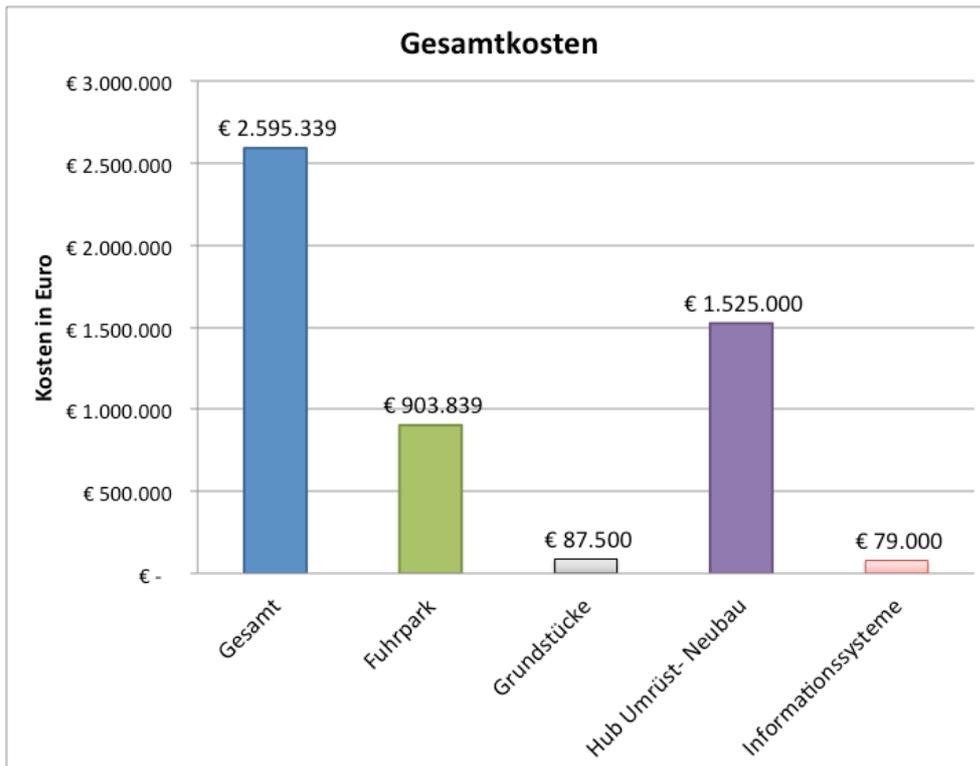


Abbildung 4-9 Gesamtkosten des gewählten Modells

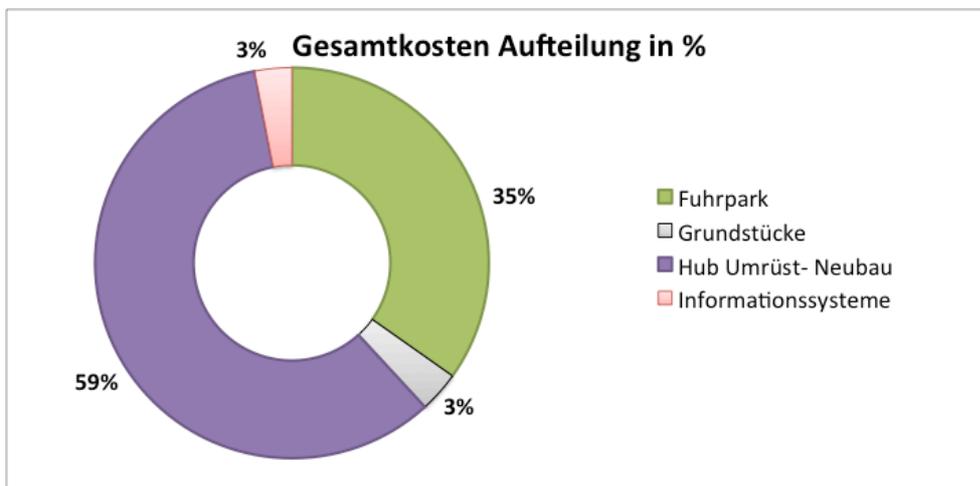


Abbildung 4-10 Gesamtkosten Aufteilung in %

Die nächste Abbildung zeigt das theoretisch maximale Ladevolumen und das Soll-Transportvolumen pro Tag. Für die Auslastung der Fahrzeuge wurde hier als Annahme 80% des maximal möglichen Laderaumes gewählt.

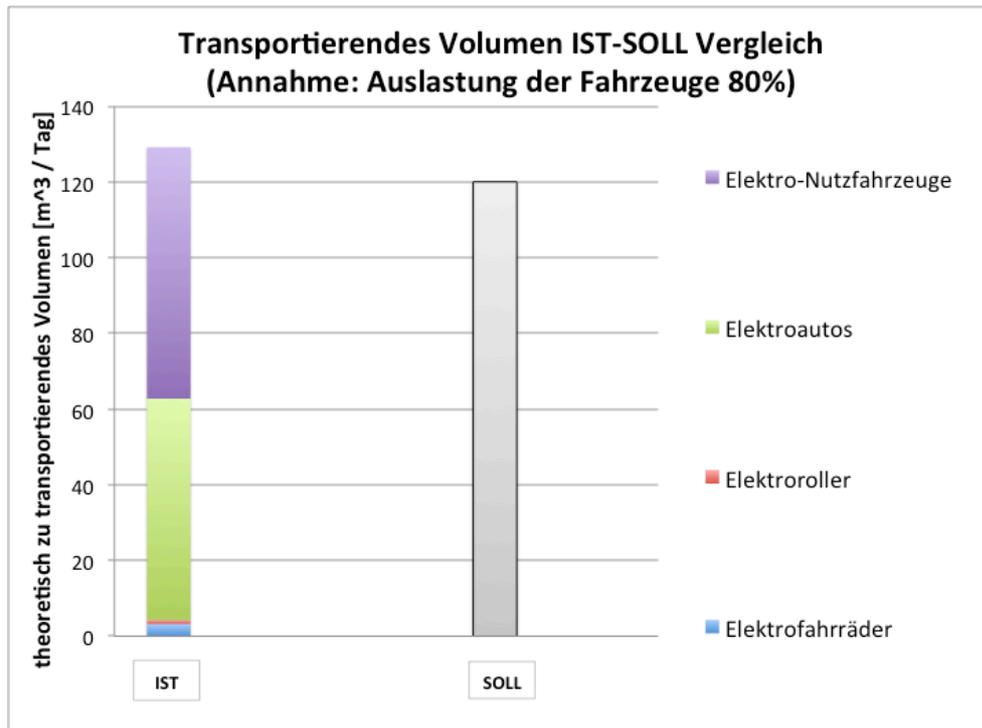


Abbildung 4-11 Zu transportierendes Volumen – IST-SOLL Vergleich

Abbildung 4-12 zeigt die Anzahl der verschiedenen gewählten Fahrzeuge pro Fahrzeugkategorie.

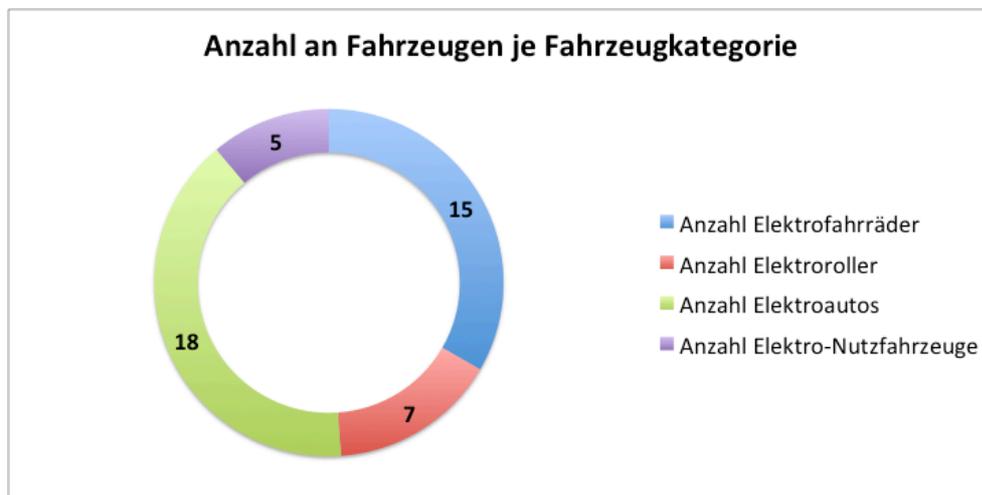


Abbildung 4-12 Anzahl an Fahrzeugen je Fahrzeugkategorie

Die folgende Abbildung 4-13 zeigt den gewählten Einsatzradius der Fahrzeuge vom Hub in Kilometern und die durchschnittliche Reichweite der gewählten Fahrzeugkategorien in Kilometern.

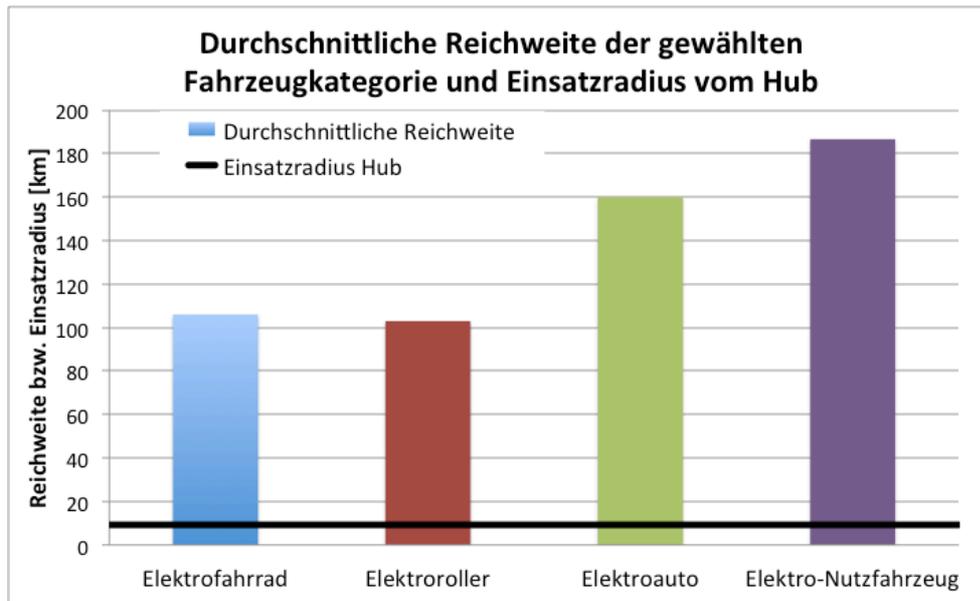


Abbildung 4-13 Durchschnittliche Reichweite der gewählten Fahrzeugkategorie und Einsatzradius von Hub

Abbildung 4-14 zeigt das Einsparpotenzial von CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Elektroautos im Vergleich zu einem dieseltreibenden Auto bei einer Laufleistung von 20.000 Kilometern im Jahr. Diese Grafik soll als reine Information und Motivation für die Umstellung auf Elektrofahrzeuge dienen.

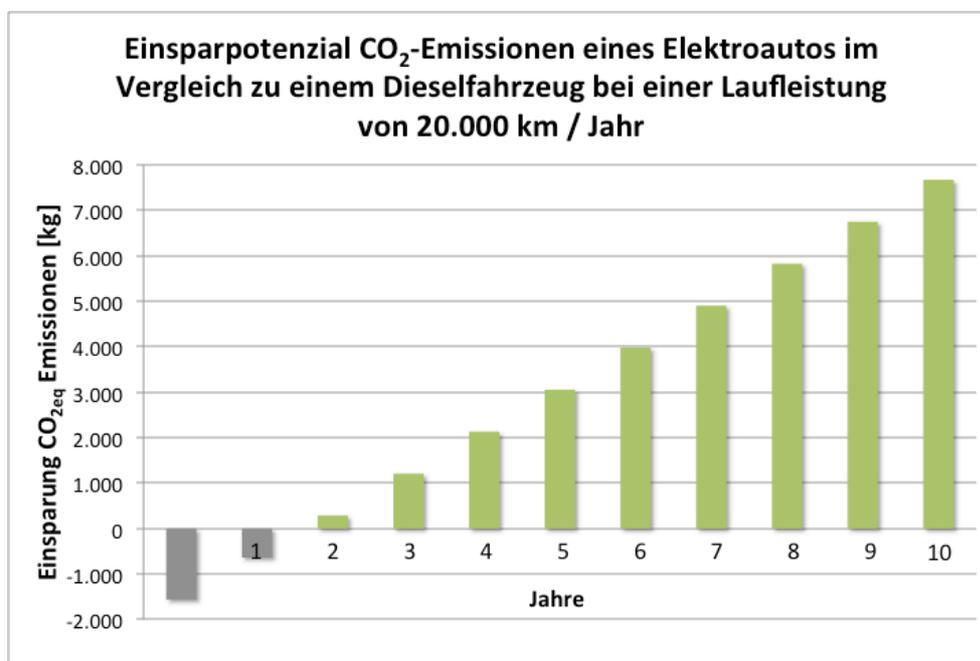


Abbildung 4-14 Einsparpotenzial an CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Elektroautos im Vergleich zu einem dieseltreibenden Auto über 10 Jahre bei einer jährlichen Kilometerleistung von 20.000 km / Jahr, (vgl. [STE13])

Abbildung 4-15 dient als Information und Aufklärung über die CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Autos über den gesamten Lebenszyklus. Der Lebenszyklus umfasst die Produktion des Autos, den Betrieb über 200.000 Kilometer sowie das anschließende Recycling aller Teile. Bereits ab 21.000 km emittiert das Elektroauto weniger CO<sub>2</sub> als das Benzinfahrzeug, ab 34.000 km liegt es bereits unterhalb des Dieselfahrzeuges. Der Strom zum Laden des Elektroautos stammt in diesem Fall vom Strommix EU mit einem Ausstoß von 413g CO<sub>2</sub>/kWh. Bei einer Verwendung von Ökostrom emittiert ein Elektroauto bei noch weniger Kilometern bereits weniger CO<sub>2</sub> als ein konventionelles Fahrzeug (vgl. [STE13]).

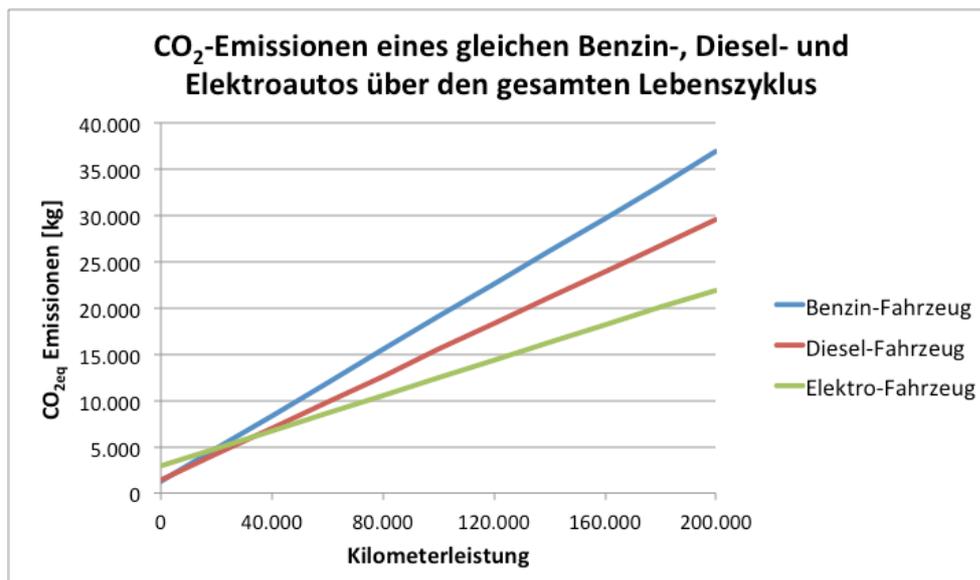


Abbildung 4-15 CO<sub>2</sub>-Emissionen des ein und des selben Fahrzeuges mit verschiedenen Antrieben über den gesamten Lebenszyklus bei einer Kilometerleistung von 200.000 km / Jahr, (Quelle: [STE13], Abb. 22)

## 5 Verfügbare Lösungen am Markt

In diesem Kapitel werden konkrete am Markt verfügbare Einzel-Systemlösungen sowie eine Einzel-Systemkomponente analysiert, beurteilt und deren Schwachstellen und Verbesserungspotenziale aufgezeigt.

### 5.1 Verfügbare Systemlösungen am Markt

Systemlösungen sind gesamte Konzepte und umfassen die Komponenten Hub, Elektrofahrzeuge, Informationssysteme und deren Schnittstellen. Es gibt bereits Vorzeigeprojekte, die sich für eine klimaneutrale, elektrobasierete Logistikköslung entschieden haben. Neben vielen Forschungsprojekten betreiben vor allem Unternehmen der KEP-Dienste (Kurier-Express-Paket-Dienst) bereits nachhaltige Logistiksysteme. Im Weiteren werden umgesetzte Konzepte vorgestellt.

#### 5.1.1 Deutsche Post DHL – CO<sub>2</sub>-freie Zustellung

Quelle: [DPD151]

Unternehmen: Deutsche Post DHL Group

Einsatzort: Bonn und Umgebung

##### Beschreibung Deutsche Post DHL System

Die Deutsche Post DHL führt in Bonn den gesamten Zustelldienst in der Innenstadt ausschließlich mit Elektrofahrzeuge aus. Das Projekt läuft seit Mitte 2013, wo von Beginn an 79 Elektrofahrzeuge für die Zustellung zum Einsatz kommen. Bis Ende 2016 soll die Flotte in und um Bonn auf 141 Elektrofahrzeuge ausgebaut und somit im Vergleich zu einer konventionellen Zustellung über 500 Tonnen an CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr eingespart werden.

Die eingesetzten Fahrzeuge der Deutschen Post DHL in Bonn sind neben Elektrofahrrädern der Renault Kangoo Z.E., der Iveco Daily Electric, der Daimler Vito E-Cell sowie der selbstentwickelte Streetscooter (Infos zu allen Fahrzeugen siehe Kapitel 3.4.2 Fuhrpark).

Das Projektziel vom Projekt „GoGreen“ der Deutschen Post DHL ist eine CO<sub>2</sub>-Reduktion inklusive aller Subunternehmen von 30 % bis zum Jahr 2020, verglichen mit dem Startjahr des Projektes im Jahr 2007.

Im April 2014 wurde die neue Zustellbasis in Bonn mit einer Sortierkapazität von etwa 4.000 Paketen pro Stunde in Betrieb genommen. Dabei wurden an allen 55 Laderampen Ladestationen für die Elektrofahrzeuge montiert.

## Beurteilung Deutsche Post DHL System

Das Projekt der CO<sub>2</sub>-freien Zustellung in Bonn ist ein Vorzeigeprojekt für viele andere Städte und ist bundesweit in Deutschland das erste. Die verwendeten Fahrzeuge sind alle für den Zustelldienst ausgelegt und daher bestens geeignet.

Ladestationen für die Fahrzeugbatterien sind direkt im Zustellstützpunkt verbaut, wodurch Leerkilometer zu externen Ladeplätzen erspart und eine Ladung der Batterien nachts und eine Schnellladung während der Warenladung ermöglicht werden.

Nach Erfahrungen der Zusteller in Bonn wird bei einer Tour der Akku eines Mercedes Vito E-Cell um etwa 25-40 % entleert und somit keine Reichweitenprobleme festgestellt.

Zu einem vollständigen elektrobasieren urbanen und nachhaltigen Logistikkonzept würde noch die Integration von modernen Kommunikations- und Informationssystemen gehören, was nach umfangreicher Recherche nicht festgestellt werden konnte. Ebenso müsste der Strom zur Ladung der Batterien für eine CO<sub>2</sub>-freie Zustellung ausschließlich von Ökostrom kommen, am Besten aus selbstproduziertem Strom aus Photovoltaikanlagen.

Das Projekt hat somit noch Schwachpunkte und könnte dorthin gehend noch ausgebaut werden. Die ausschließliche Verwendung von Elektrofahrzeugen für die urbane Zustellung sowie die Möglichkeit der Ladung der Batterien an allen Verloaderampen ist ein Vorzeigeprojekt und Meilenstein für die nachhaltige Distributionswirtschaft.



**Abbildung 5-1 Elektro-Fuhrpark der Deutschen Post DHL in Bonn**

(Quelle: [http://www.dpdhl.com/de/presse/mediathek/fotos/verantwortung\\_elektrofahrzeuge.html](http://www.dpdhl.com/de/presse/mediathek/fotos/verantwortung_elektrofahrzeuge.html), Foto: Jennifer Zumbusch)

## 5.1.2 Österreichische Post – CO<sub>2</sub>-neutral zugestellt

Quelle: [POS15], [KLI15]

Unternehmen: Österreichische Post

Einsatzort: Wien

### Beschreibung Österreichische Post Projekt

Die österreichische Post gibt an, alle Sendungen in Österreich CO<sub>2</sub>-neutral zu versenden. Dies wird jährlich vom TÜV Austria überprüft und nachgewiesen. Damit eine solch CO<sub>2</sub>-neutrale Zustellung funktioniert, bedarf es mehrerer Einsparungsstufen. Erstens soll nur mehr soviel Energie, wie wirklich nötig verbraucht und die Energieeffizienz gesteigert werden. Diese Stufe umfasst folgende Teilprojekte:

- Heizung mit Fernwärme
- Beleuchtungskonzepte mit Energiesparlampen
- Vermeidung von Leerfahrten
- Zustellung (wenn möglich) per Fahrrad oder zu Fuß
- Fahrtrainings für Lenker.

Des Weiteren wird seit 2012 ausschließlich Strom aus umweltfreundlichen, erneuerbaren Energiequellen verwendet und Strom auf den Dächern der Logistikzentren selbst produziert.

Seit dem Jahr 2010 wird in die Anschaffung von Elektrofahrrädern, Elektromopeds und Elektroautos investiert und somit eine elektrobasierte Zustellung möglich gemacht. Zum jetzigen Zeitpunkt 2015 verfügt die Österreichische Post 862 umweltfreundliche ein- und mehrspurige Elektrofahrzeuge und stellt damit den größten Elektro-Fuhrpark Österreichs.

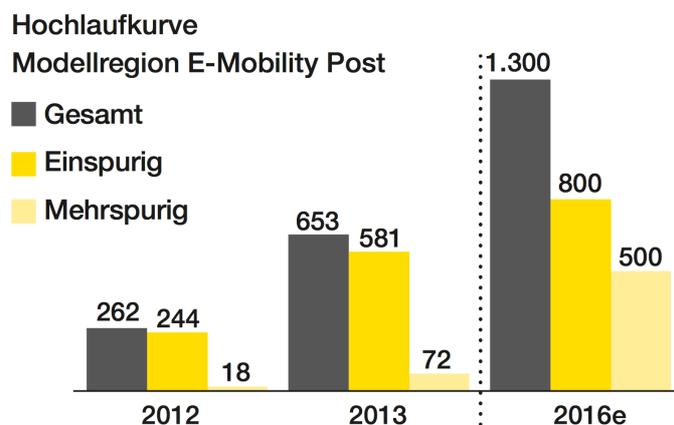
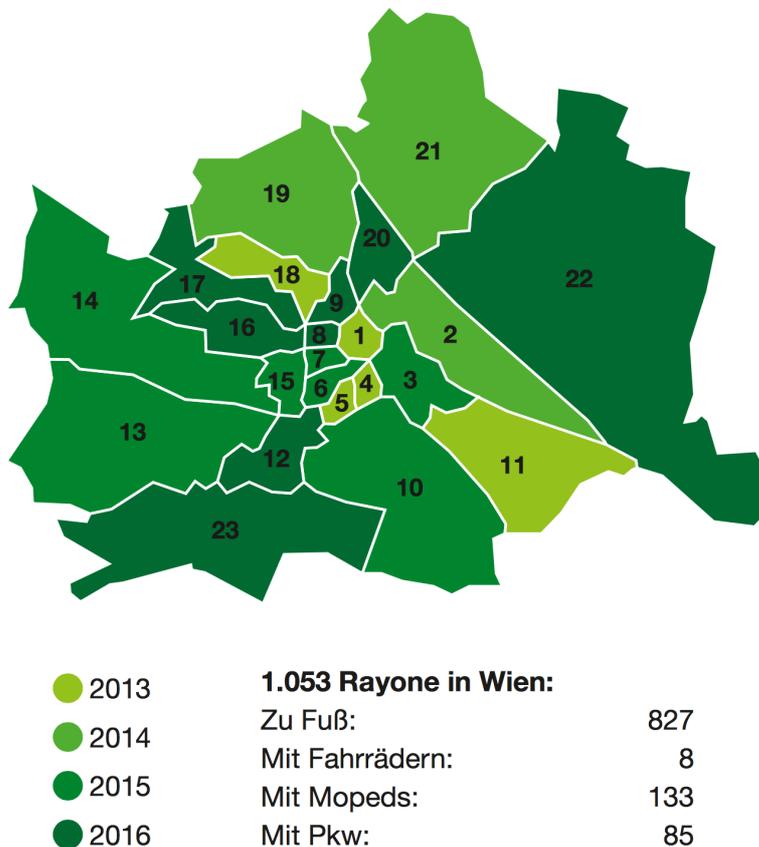


Abbildung 5-2 Ausbau der Elektrofahrzeug-Flotte der Österreichischen Post

(Quelle: [https://www.post.at/downloads/Nachhaltigkeitsmagazin\\_2013\\_2014.pdf?1426702022](https://www.post.at/downloads/Nachhaltigkeitsmagazin_2013_2014.pdf?1426702022))

Bis 2016 möchte die Österreichische Post die gesamte Zustellung im Ballungsraum Wien mit Elektrofahrzeugen bewältigen und somit den größten urbanen Raum Österreichs auf logistischer Ebene elektrifizieren.



**Abbildung 5-3 Reine elektrische Zustellung der Österreichischen Post in den Wiener Bezirken vom Jahr 2013 bis 2016,**(Quelle: [https://www.post.at/downloads/Nachhaltigkeitsmagazin\\_2013\\_2014.pdf?1426702022](https://www.post.at/downloads/Nachhaltigkeitsmagazin_2013_2014.pdf?1426702022))

Da nicht alle eigenen Emissionen vermieden werden können, umfasst die letzte Stufe des Projektes „CO<sub>2</sub>-neutral zugestellt“ die Unterstützung von internationalen Klimaschutzprojekten in den Bereichen Energieeffizienz, Aufforstung, Biomasse, Geothermie, Photovoltaik, Waldbewirtschaftung sowie Wasser- und Windenergie.

### Beurteilung Österreichische Post Projekt

Die österreichische Post versucht mit Ihrem Vorhaben eine Vorreiterrolle in Sachen klimaneutraler Zustellung einzunehmen. Seit Beginn der Elektrofahrzeug-Zeit wurden immer mehr Fahrzeuge angekauft und somit die Entwicklung der Fahrzeuge vorangetrieben. Das Projekt umfasst neben den Hauptkomponenten auch wichtige Details, wie beispielsweise Fahrtrainings für Lenker oder die Modernisierung der Beleuchtung, welche insgesamt zu einem tollen Konzept und einem

modernen elektrobasieren urbanen Logistiksystem führen. Es bleibt zu hoffen, dass die Österreichische Post ihr Vorhaben auch auf weitere Städte Österreichs erweitert und das Projekt nicht nur ausschließlich auf den Ballungsraum Wien beschränkt.

### **5.1.3 Hermes – WE DO!**

Quelle: [HER15]

Unternehmen: Hermes Europe GmbH

Einsatzort: Europa

#### **Beschreibung Hermes – WE DO! Projekt**

Das Projekt WE DO! von Hermes steht für Nachhaltigkeit und Umweltschutz. Es wird in verschiedenste Unternehmensbereiche investiert, um bis zum Jahr 2020 ein klares Ziel zu erreichen: 50% weniger CO<sub>2</sub>-Ausstoß an den Hermes Standorten und 30% weniger CO<sub>2</sub>-Ausstoß in der Distribution. Der größte CO<sub>2</sub>-Emittent ist laut Unternehmen zu 85% der Transport.

Hermes UK führt in London die gesamte Zustellung mit 44 Elektrofahrzeugen des Typs Renault Kangoo Z.E. durch und lädt deren Batterien ausschließlich mit Strom aus regenerativer Energie.

In Hamburg und Berlin sorgen 20 Mercedes Vito E-CELL für emissionsfreien Zustellbetrieb. Neben der Flottenumstellung wird auch an den Standorten sukzessive auf sparsame Beleuchtung, moderne Heizungsanlagen oder Recyclingpapier umgestellt.

#### **Beurteilung Hermes - WE DO! Projekt**

Hermes setzt wie seine Konkurrenten im KEP-Dienstleistungssektor Maßnahmen, um auf lange Sicht einen nachhaltigen Logistikbetrieb führen zu können. Aus dem Nachhaltigkeitsbericht von Hermes sind allerdings wenig konkrete Fakten zu entnehmen, sodass es z.B. mit dem DHL Projekt in Bonn verglichen werden könnte.

Die ausschließlich elektrische Zustellung in der englischen Hauptstadt London ist ein Schritt in Richtung CO<sub>2</sub>-freie Zustellung. Ob auch die Integration von Flottenmanagement, Warenmanagement oder intelligenten Tourenplanungen in dem Londoner Projekt vorhanden sind, ist leider nicht herauszufinden.



**Abbildung 5-4 Hermes WE DO! Projekt beinhaltet E-Flotten als auch Standortmodernisierungen**

(Quelle: [https://www.hermesworld.com/at/über-uns/verantwortung/klima-umwelt/we-do!/\)](https://www.hermesworld.com/at/über-uns/verantwortung/klima-umwelt/we-do!/)

### 5.1.4 Weitere Projekte

Da das Thema Elektromobilität für Logistikunternehmen in urbanen Bereichen so aktuell ist, werden zur Zeit diverse Projekte in ganz Europa erforscht und abgewickelt. Daher sind noch wenig Forschungsergebnisse verfügbar. In der folgenden Tabelle werden laufende Projekte ohne weitere Details aufgelistet, da die Ergebnisse noch nicht erforscht oder noch nicht veröffentlicht wurden. Weitere Informationen zu den einzelnen Projekten findet man unter dem entsprechenden Internet-URL.

**Tabelle 5-1 Laufende Projekte für elektroasierte urbane Logistiksysteme in Europa**

Projektname	Region	URL
EMILIA	Österreich	<a href="http://www.emilia-project.at">http://www.emilia-project.at</a>
Smart City Logistik	Erfurt	<a href="http://smartcitylogistik.de">http://smartcitylogistik.de</a>
Smart E-USER, Konzept für elektrische Stadtlogistik	Berlin, Brandenburg	<a href="http://www.emo-berlin.de/de/schaufenster/projekte/gueterverkehr/smart-e-user/">http://www.emo-berlin.de/de/schaufenster/projekte/gueterverkehr/smart-e-user/</a>
SMARTSET Projekt	Europäische Städte	<a href="http://smartset-project.eu/de">http://smartset-project.eu/de</a>
Smart Cities	Europäische Städte	<a href="http://www.smartcities.at">http://www.smartcities.at</a>
izeus	Stuttgart, Karlsruhe	<a href="http://www.izeus.de">http://www.izeus.de</a>
Schaufenster Elektromobilität	Deutschland	<a href="http://schaufenster-elektromobilitaet.org">http://schaufenster-elektromobilitaet.org</a>
DisLog	Berlin	<a href="http://www.emo-berlin.de/de/schaufenster/projekte/gueterverkehr/dislog/">http://www.emo-berlin.de/de/schaufenster/projekte/gueterverkehr/dislog/</a>

## 5.2 Verfügbare Einzel-Komponenten

Neben den gesamten Systemlösungen gibt es innovative Einzel-Komponenten, welche für den zukünftigen elektrobasierten Logistikeinsatz konzipiert wurden. Die meisten Projekte befinden sich allerdings noch in der Testphase und daher sind wenige Fakten oder Erfahrungen dieser Komponenten bekannt. Im Folgenden wird ein interessantes Projekt vorgestellt.

### 5.2.1 Wechselbehälter für City-Logistik

Quelle: [FRAU15]

Unternehmen: Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb und Automatisierung IFF

Einsatzort: Magdeburg

#### Beschreibung Wechselbehälter

Die Idee hinter diesem Konzept ist, dass ein Fahrzeug einen Wechselbehälter führt, welcher neben seinem Einsatz als Ladungsträger auch als Energiespeicher verwendet wird. Die Waren werden zu einem Kunden gebracht und dort der gesamte Wechselbehälter abgeladen und gegen einen anderen getauscht. Der leere Wechselbehälter wurde beim Kunden wieder vollständig mit Energie geladen. Dadurch verringert sich die Übergabezeit der Waren und auch die Reichweite des Fahrzeuges wird verlängert. Die Wechselbehälter haben ein Ladungsvolumen von zehn Kubikmetern und besitzen außerdem modernste Technik wie GPS, automatische Messung des Füllstandes mittels Ultraschall-Sensorik, RFID-Pulkerfassung zur Erfassung des Inventars, als auch Sensorik zur Überwachung von Temperatur, Luftfeuchte, Beschleunigungswerten und Erschütterungen. Außerdem können die Wechselbehälter auch für den Fernverkehr mit vier Behältern pro Wechselbrücke oder sieben Behältern pro Sattelaufleger verwendet werden. Mittels Stapler sind die Behälter auf 3,5 Tonnen Fahrzeuge umladbar und für die urbane Zustellung bereitgestellt.

#### Beurteilung Wechselbehälter

Die Idee, Wechselbehälter sowohl als Ladungsträger als auch als Energiespeicher zu verwenden, ist sehr innovativ. Diese können direkt vom Fernverkehr auf kleinere Elektrofahrzeuge übergeben werden, um eine elektrische urbane Zustellung zu ermöglichen. Ein weiterer Vorteil des Systems ist die schnelle Übergabe der Waren vom Zusteller an den Kunden und die Rückübergabe des leeren Wechselbehälters mit voll geladenen Batterien.

Jedoch ist diese Lösung nur sinnvoll, wenn alle Waren des Wechselbehälters für wenige oder nur einen Kunden bestimmt sind. Sonst müsste jeder Kunde einen leeren Wechselbehälter zum Umladen bereitgestellt haben. In Magdeburg wird das Projekt „Wechselbehälter für City-Logistik“

seit 2011 getestet. Leider gibt es das System noch nicht käuflich zu erwerben. Sollten die Kosten attraktiv für Logistikunternehmen sein, könnte sich der fortschrittliche Wechselbehälter in der City-Logistik durchsetzen.



**Abbildung 5-5** Wechselbehälter für den Einsatz von Elektromobilität in der City-Logistik

(Quelle: <https://idw-online.de/de/newsimage?id=126833&size=screen>)

## 6 Beispielszenario

In diesem Kapitel soll ein ausgewähltes Modell aus Kapitel 4 mit Hilfe des Excel Planungstools durch ein konkretes Beispielszenario abgewickelt werden. Für den Ort des Szenarios wird die Stadt Graz gewählt.

### 6.1 Szenario Graz

Das folgende Szenario befasst sich mit der Stadt Graz und soll ein Beispiel sein, wie eine Auswahl und Festlegung eines Standortes für ein Logistikhub inklusive der Fahrzeuge und Informationssysteme für ein urbanes elektrobasiertes Logistiksystem aussehen kann. Das erstellte Planungstool in Excel soll dabei als Leitfaden für das Beispielszenario dienen.

#### 6.1.1 Beschreibung des Szenarios

Als erster Schritt wird ein Modell gewählt, wodurch bereits erste Entscheidungen hinsichtlich Fuhrpark, Hub-Erweiterungen sowie Vernetzungstiefe der Informationssysteme getroffen werden. Nach dieser Vorauswahl wird die Wahl eines oder mehrerer Standorte für ein Logistikhub sowie deren Grundfläche und Ausbaugröße festgelegt. Um eine eingeschränktere Auswahl an Fahrzeugen zu bekommen, werden danach die gewünschten Fahrzeugkategorien ausgewählt. Anschließend folgt die Wahl der Ausbaustufe für die Informationssysteme und deren Anschaffungspreise. Aufgrund der Vorauswahl der Fahrzeugkategorien werden die möglichen Fahrzeuge mit den wichtigsten Details aufgelistet und es wird die Anzahl der gewünschten Fahrzeuge festgelegt. Nach all diesen Eingaben erhält man die Ergebnisse des Beispielszenarios sowie Grafiken zur Visualisierung.

#### 6.1.2 Hub Standortwahl

Die Stadt Graz erstreckt sich über eine Fläche von 127,6 km<sup>2</sup>. Von Norden nach Süden sowie von Osten nach Westen beträgt die Luftlinie ca. 14 Kilometer. Diese Strecke ist auch mit Elektrofahrzeugen leicht zu überwinden und daher ist Graz bestens für ein elektrobasiertes Logistiknetz geeignet (vgl. [GRA15]). Abbildung 6-1 zeigt den Stadtplan von Graz mit seinen 17 politischen Bezirken sowie die Gliederung vom Stadtkern mit den Bezirken Innere Stadt, St. Leonhard, Geidorf, Lend, Gries und Jakomini und den elf Außenbezirken.



**Abbildung 6-1 Stadtplan von Graz mit den 17 Bezirken**

(Quelle: <http://www.graz.at/cms/beitrag/10183377/4076127>)

Um einen zentralen Standort für ein elektrobasiertes Hub zu wählen, kommen in der ersten Auswahl die 6 Innenbezirke in Frage.

Abbildung 6-2 zeigt drei verschiedene Standortmöglichkeiten in der Innenstadt von Graz. Ein möglicher Standort ist z.B. das Remis-Gelände der Holding Graz in der Steyrergasse. Ein weiterer möglicher Platz für ein Hub in diesem Gebiet wäre neben der Messe Graz am Parkplatz gegenüber dem Hauptgebäude in der Fröhlichgasse. Ein Vorteil dieser beiden Standorte ist die Nähe zum Ostbahnhof Graz. Im Bezirk Gries gebe es Bauplätze in der Nähe des Bahnhofes „Don Bosco“, beispielsweise in der Kratkystraße. Je nach Größe des geplanten Logistikhubs kommen noch weitere Bauplätze in Frage. Mit steigender Baugröße steigt die Schwierigkeit im Auffinden eines Baugrundes direkt in den Innenbezirken von Graz.

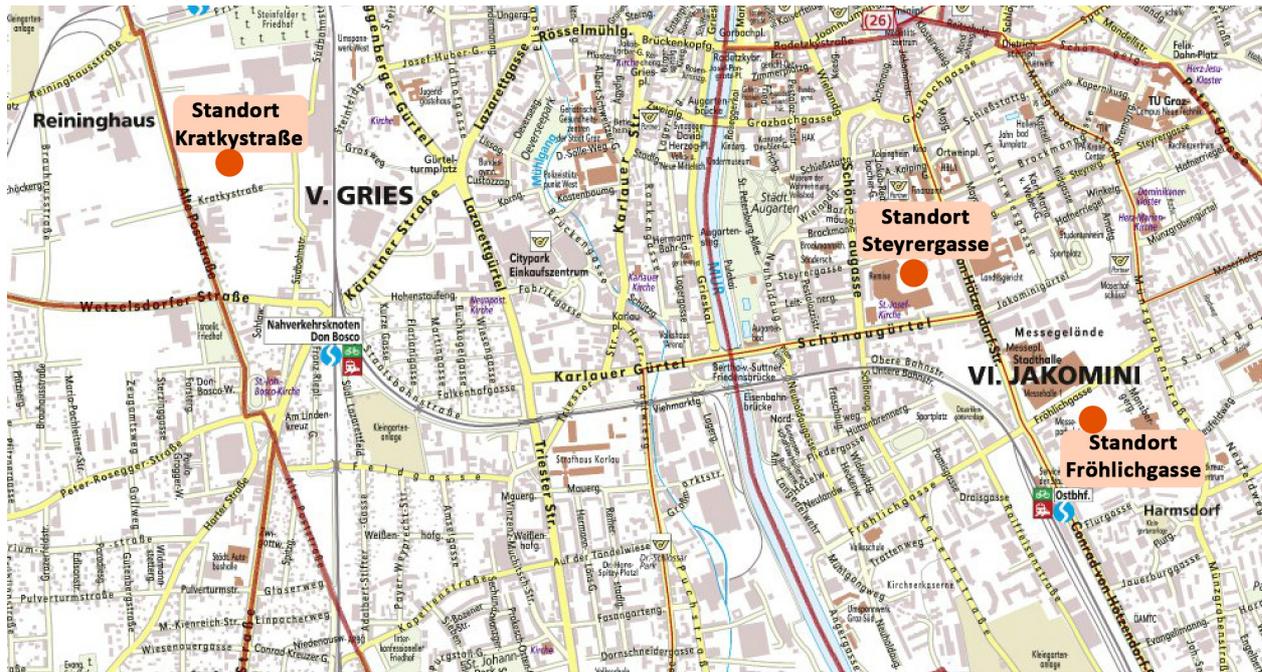


Abbildung 6-2 Drei mögliche Standorte für ein Logistikhub in der Innenstadt von Graz

(Quelle: [http://geodaten1.graz.at/Stadtkarte/synserver?project=GRAZ\\_Stadtplan&client=flex](http://geodaten1.graz.at/Stadtkarte/synserver?project=GRAZ_Stadtplan&client=flex))

Nach Kapitel 3.3.2 „Moderne Hubs“ sind für die Wahl des am besten geeigneten Standortes unterschiedliche Faktoren ausschlaggebend. Die wichtigsten davon sind:

- Verfügbarkeit von Grundstücken und Gebäuden
- Grundstückspreis
- Verkehrsinfrastruktur (Anbindung Autobahn, Hafen, Flughafen, Bahn)

Neben diesen sind noch diverse andere Faktoren mitentscheidend für die Standortwahl und dieser Prozess kann sich über einen langen Zeitraum bewegen. Da diese Auswahl eine sehr komplexe Aufgabe und nicht Ziel dieser Arbeit ist, wird hiermit für das Beispielszenario Graz der Standort Remis-Gelände in der Steyregasse ausgewählt.

### 6.1.3 Modellauswahl

Zur Auswahl stehen die vier Grundmodelle aus Kapitel 4, „Modell Ausbaustufe klein“, „Modell Ausbaustufe mittel“, „Modell Ausbaustufe groß“ und „Modell Ausbaustufe neu“. Da am gewählten Standort Steyregasse noch kein bestehendes Hub liegt und um alle Möglichkeiten des Excel Tools in diesem Beispielszenario vorzuzeigen, wird das „Modell Ausbaustufe neu“ gewählt. Dieses Grundmodell beinhaltet ausschließlich Elektrofahrzeuge, eine volle Vernetzung der Informations- und Kommunikationssysteme sowie den Neubau eines Logistikhubs. Abbildung 6-3 zeigt die Wahl des Modells im Planungstool.

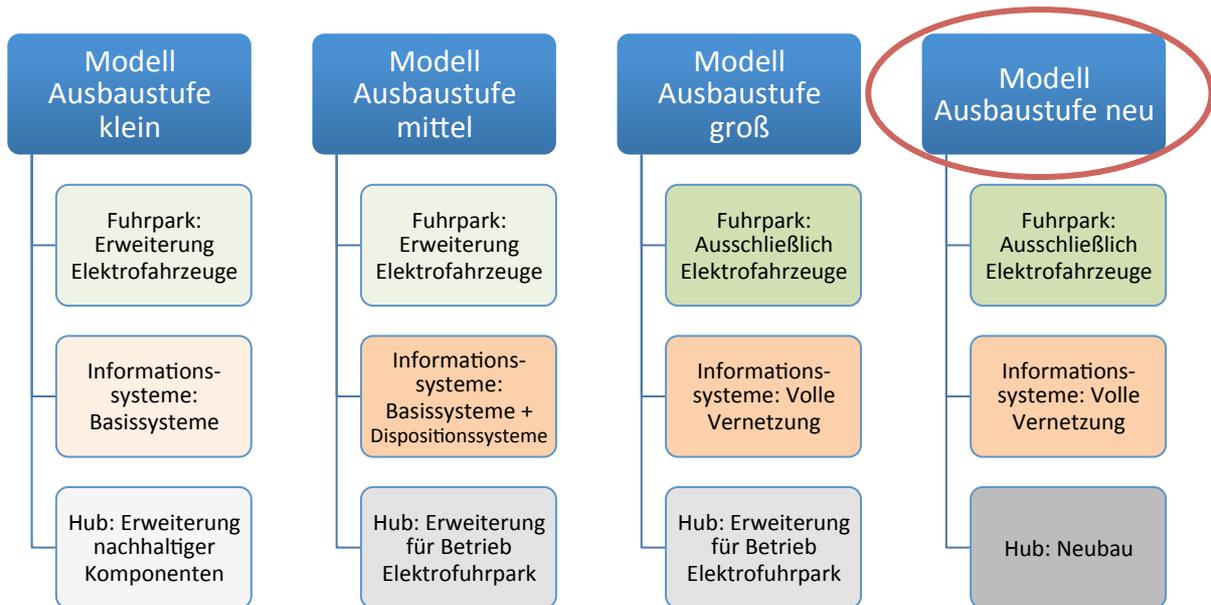


Abbildung 6-3 Auswahl vom „Modell Ausbaustufe neu“ im Planungstool für das Beispielszenario Graz

### 6.1.4 Fahrzeugkategorie Auswahl

Bei der Wahl der Fahrzeugkategorien spielen Faktoren wie die tägliche Sendungsanzahl, die Größe der Warenpakete, der Einsatzradius der Fahrzeuge vom Hub, der Preis aber auch persönliche Vorzüge eine Rolle. In der Stadt Graz gibt es sowohl Fußgängerzonen und enge Gassen, welche für einspurige Fahrzeuge sprechen als auch ein gut ausgebautes Straßennetz. Dieser Grund und die Tatsache, dass in diesem Szenario alle Auswahlmöglichkeiten an Fahrzeugen vorgestellt werden sollen, führen zur Auswahl aller vier Fahrzeugkategorien Elektrofahräder, Elektroroller, Elektroautos und Elektro-Nutzfahrzeuge.

Fahrzeugkategorie	Ja	Nein
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 6-4 Auswahl aller vier Fahrzeugkategorien für das Beispielszenario Graz

### 6.1.5 Auswahl der Informationssysteme

Bei dem „Modell Ausbaustufe neu“ ist eine volle Vernetzung der Informationssysteme vorgesehen. Diese umfassen Basissysteme, Dispositionssysteme, Kundenorientierte Systeme und Verkehrsinformationssysteme und deren Integration zu einem Gesamtsystem. Die angebotenen Kosten für die verschiedensten Informationssysteme am Markt sowie deren Leistungsumfang variieren recht stark und sind ohne Kaufabsicht auch nicht genau zu erfahren. Deshalb sind die gewählten Kosten der Systeme nach umfangreicher Recherche angenommen. Abbildung 6-5 zeigt die Auswahl und Eingabe der Kosten für die einzelnen Teil-Informationssysteme für das Szenario Graz.

Systemart	beinhaltende Komponenten	Anschaffungskosten (gewählt, bitte ändern)	JA	NEIN	Anmerkung
Basissysteme	Ortungssysteme	€ 20.000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Mobile Informationssysteme				
	Identifikationssysteme				
Dispositionssysteme	Touren- und Routenplanung	€ 15.000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Fahrzeugdisposition				
	Systeme für Lagerverwaltung im Umschlagpunkt				
Kundenorientierte Systeme	Sendungsverfolgungssysteme (Tracking & Tracing)	€ 8.000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Warenempfangsbestätigungssysteme				
Verkehrsinformationssysteme	Fahrzeugbezogene Systeme (z.B. Stauumfahrung, Navigation)	€ 800,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Preis pro Fahrzeug, Ergebnis am Ende
<b>Gesamtkosten Informationssysteme</b>		<b>€ 35.000,00</b>	Kosten von Verkehrsinformationssystemen pro Fahrzeug erst am Ende berücksichtigt		

Abbildung 6-5 Auswahl und Kosten der einzelnen Informationssysteme für das Beispielszenario Graz

### 6.1.6 Hub – Dateneingabe und Auswahl

Für das Beispielszenario Graz wird der Volumenzustrom gleich wie der Volumenabgang pro Tag, mit 120 m<sup>3</sup>/Tag angenommen. Die gesamte Grundstücksfläche für die Logistikhalle beträgt 2.500 m<sup>2</sup>, wovon etwa 20% Freifläche, 25% Kommissionier-Fläche und 10% Bürofläche vorgesehen sind. Die Grundstückskosten werden mit 35 Euro pro Quadratmeter angenommen, da vom Bauamt der Stadt Graz leider keine Auskunft gegeben werden konnte. Durch einen Vergleich von neugebauten innovativen Logistikzentren wie z.B. dem Logistikzentrum von Schachinger kann man die Kosten pro Quadratmeter Logistikzentrum in etwa abschätzen (vgl. [SCH15]). In diesem Beispielszenario werden die Kosten pro Quadratmeter Logistikhub mit 750 Euro angenommen. Die Kosten pro Quadratmeter Freifläche werden mit 50 Euro angenommen.

Der Einsatzradius (Straßenlänge, nicht Luftlinie) vom Standort Steyrergasse für die Stadt Graz bis zur Stadtgrenze beträgt in alle Richtungen maximal neun Kilometer (vgl. [GOO15]). In diesem Fall sind alle Fahrzeuge geeignet, verschiedene Routen zu befahren. Natürlich ist eine sorgfältige Fahrzeugwahl je nach Sendungen und Tour sehr wichtig, doch bei geeigneter Planung sollten keine Reichweitenprobleme aufgrund mangelnder Batterieladung der Elektrofahrzeuge auftreten. Abbildung 6-6 zeigt die eingegebenen Daten für das Hub im Excel Planungstool.

Volumenzustrom / Tag	Angabe in m <sup>3</sup>	120
Volumenabgang / Tag	Annahme: Volumenzustrom=Volumenabgang in m <sup>3</sup>	120
Grundstückserweiterung	<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
neue Grundstücksfläche	Angabe in m <sup>2</sup>	2500
Preis pro Quadratmeter	Angabe in Euro	€ 35,0
<b>Gesamtkosten Grundstücke</b>		<b>€ 87.500</b>

Einsatzradius der Fahrzeuge vom Hub maximal	Angabe in Kilometern	9
---	----------------------	---

Bau- und Umrüstkosten für Erweiterung nachhaltiger Komponenten		€ -
Bau- und Umrüstkosten für Erweiterung Betrieb des Elektrofuhrpark		€ -
Baukosten Neubau	Richtwert 500-1000€ / m <sup>2</sup>	€ 1.525.000
<b>Gesamtkosten Hub-Erweiterung bzw. Hub-Neubau</b>		<b>€ 1.525.000</b>

<b>Gesamtkosten Hub</b>		<b>€ 1.612.500</b>
-------------------------	--	--------------------

Abbildung 6-6 Dateneingabe für das Hub im Planungstool für das Beispielszenario Graz

### 6.1.7 Fahrzeugauswahl

Aufgrund der vorangegangenen Auswahl aller Fahrzeugkategorien stehen jetzt alle Fahrzeuge aus „Kapitel 3.4.2 Fuhrpark“ zur Verfügung. Die einzelnen Fahrzeuge und die Anzahl werden für dieses Beispielszenario Graz frei gewählt. Eine Kontrolle der Anzahl der Fahrzeuge bringt ein Vergleich mit dem täglichen Soll-Volumenabgang in der Datenauswertung und dem möglichen Ladevolumen der Fahrzeuge.

Abbildungen 6-7 bis 6-10 zeigen die gewählten Fahrzeuge und deren Anzahl im Planungstool für das Beispielszenario Graz.

Elektrofahrräder							
Fahrzeug- details	Bitte Anzahl wählen	Fahrzeug	Reichweite max.	Höchstgeschwindig- keit elektrisch	Ladevolumen*	Zuladung*	Preis
Details	0	Flyer Cargo	140 km	25 km/h	100 l	120 kg	€ 3.990
Details	5	Pedalpower eMammut Cargo BROSE	n/a	25 km/h	260 l	150 kg	€ 3.999
Details	5	Babboe Transporter-E	60 km	25 km/h	200 l	200 kg	€ 1.950
Details	3	Riese und Müller Load Light	190 km	25 km/h	200 l	150 kg	€ 4.999
Details	0	Cyclopolitain Cyclocargo	50 km	25 km/h	300 l	250 kg	€ 7.590
Details	1	Veloform Cargocruiser	90 km	25 km/h	1000 l	270 kg	€ 11.888

Abbildung 6-7 Ausgewählte Elektrofahrräder für das Beispielszenario Graz

Elektroroller							
Fahrzeug- details	Bitte Anzahl wählen	Fahrzeug	Reichweite max.	Höchstgeschwindig- keit elektrisch	Ladevolumen*	Zuladung*	Preis
Details	3	iO Scooter King Kong	140 km	72 km/h	150 l	180 kg	€ 9.000
Details	3	Govecs GO!	70 km	72 km/h	200 l	60 kg	€ 7.690
Details	1	BMW C Evolution	100 km	120 km/h	200 l	180 kg	€ 15.000

Abbildung 6-8 Ausgewählte Elektroroller für das Beispielszenario Graz

Elektroautos							
Fahrzeug- details	Bitte Anzahl wählen	Fahrzeug	Reichweite max.	Höchstgeschwindig- keit elektrisch	Ladevolumen*	Zuladung*	Preis (Leasingrate/ Monat)
Details	5	Nissan e-NV200	170 km	123 km/h	4200 l	678 kg	€ 24.708
Details	10	Renault Kangoo Z.E.	170 km	130 km/h	3500 l	625 kg	€ 24.360
Details	0	Citroen Berlingo Electric	170 km	110 km/h	4100 l	570 kg	€ 33.300
Details	3	Mercedes Vito E-CELL	130 km	80 km/h	5700 l	850 kg	€ 999

Abbildung 6-9 Ausgewählte Elektroautos für das Beispielszenario Graz

Elektro-Nutzfahrzeuge							
Fahrzeug- details	Bitte Anzahl wählen	Fahrzeug	Reichweite max.	Höchstgeschwindig- keit elektrisch	Ladevolumen*	Zuladung*	Preis
Details	2	Iveco Electric Daily	130 km	70 km/h	17,2 m <sup>3</sup>	2640 kg	€ 100.000
Details	2	Streetscooter	80 km	85 km/h	4,3 m <sup>3</sup>	650 kg	€ 5.000
Details	1	E-Force	350 km	87 km/h	40 m <sup>3</sup>	10000 kg	€ 200.000

Abbildung 6-10 Ausgewählte Elektro-Nutzfahrzeuge für das Beispielszenario Graz

## 6.1.8 Auswertung und Zusammenfassung

Nach allen Eingaben folgt eine Auswertung und Zusammenfassung der Daten. Die Gesamtkosten des gewählten Modells für den Neubau eines Hubs in der Steyregasse, allen Informations-

systemen und dem gesamten Elektrofuhrpark belaufen sich demnach auf ca. 2,5 Millionen Euro. Die Aufteilung der Kosten und die Auswertung zeigt Abbildung 6-11.

Gewähltes Grundmodell		Modell Ausbaustufe neu
<b>Gewählte Informationssysteme und Kosten</b>		
Basissysteme	Ja	€ 20.000
Dispositionssysteme	Ja	€ 15.000
Kundenorientierte Systeme	Ja	€ 8.000
Verkehrsinformationssysteme	Ja	€ 36.000
<b>Gesamtkosten Informationssysteme</b>		<b>€ 79.000</b>
<b>Hub - Eingabedaten</b>		
Volumenzustrom / Tag	Angabe in m <sup>3</sup>	120
Grundstückserweiterung gesamt	Angabe in m <sup>2</sup>	2500
Grundstückskosten gesamt		€ 87.500
Einsatzradius der Fahrzeuge vom Hub	Angabe in Kilometern	9 km
Gesamte Baukosten Hub-Umbau / Neubau		€ 1.525.000
<b>Gesamtkosten Huberweiterung</b>		<b>€ 1.612.500</b>
<b>Anzahl gewählter Fahrzeuge</b>		
Anzahl Fahrzeuge gesamt		45
Anzahl Elektrofahrräder		15
Anzahl Elektroroller		7
Anzahl Elektroautos		18
Anzahl Elektro-Nutzfahrzeuge		5
<b>Kosten gewählter Fahrzeuge</b>		
Kosten Elektrofahrräder		€ 61.629
Kosten Elektroroller		€ 65.070
Kosten Elektroautos		€ 367.140
Kosten Elektro-Nutzfahrzeuge		€ 410.000
<b>Gesamtkosten Fuhrpark</b>		<b>€ 903.839</b>
<b>Gesamtkosten</b>		
<b>Gesamtkosten des gewählten Modells inkl. aller Komponenten</b>		<b>€ 2.595.339</b>

Abbildung 6-11 Auswertung der Daten für das Beispielszenario Graz

### 6.1.9 Grafische Auswertung

Zur besseren Vorstellung folgt nach der Datenauswertung eine grafische Visualisierung. Abbildung 6-12 zeigt die Aufteilung der einzelnen Kosten sowie die Gesamtkosten für das gewählte urbane elektro-basierte Logistiksystem Graz.

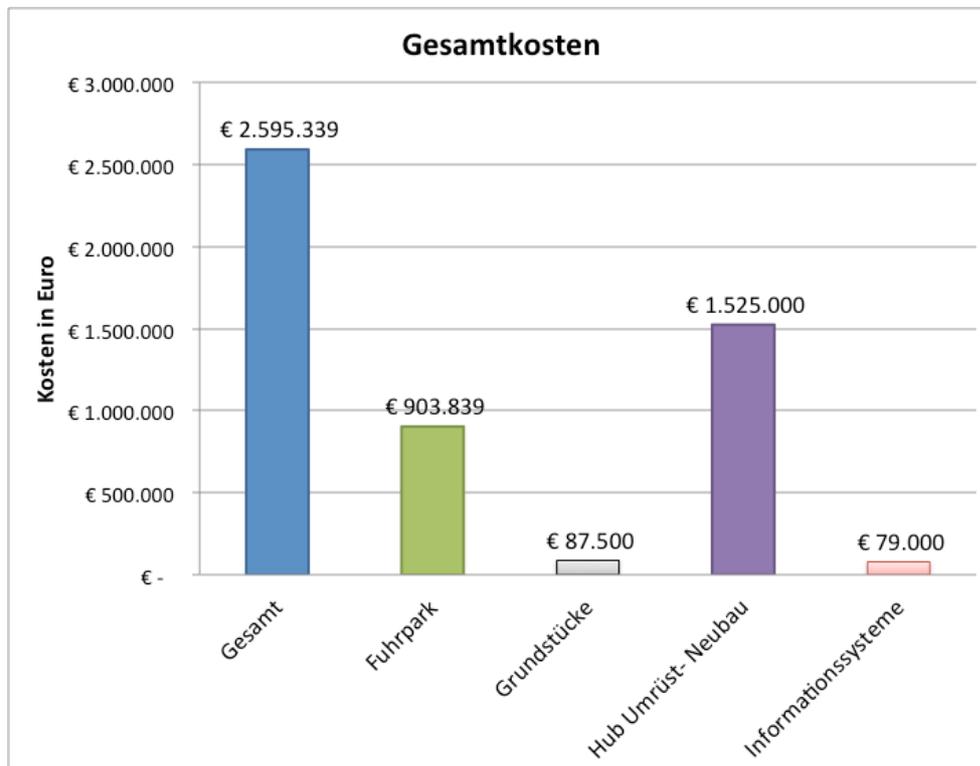


Abbildung 6-12 Gesamtkosten und Kostenaufteilung für das Beispielszenario Graz

Demnach fallen laut Abbildung 6-13 ca. 60 % für den Neubau des Logistikhub an, der Fuhrpark mit 35 % ist der zweitgrößte Kostenverursacher. Die Grundstücke und die Informationssysteme fallen in diesem Beispielszenario mit jeweils 3 % nicht ins Gewicht.

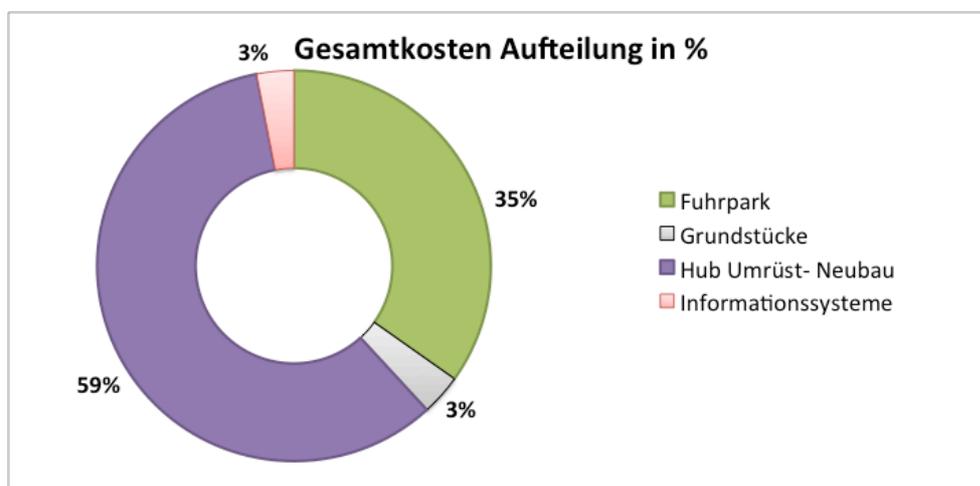
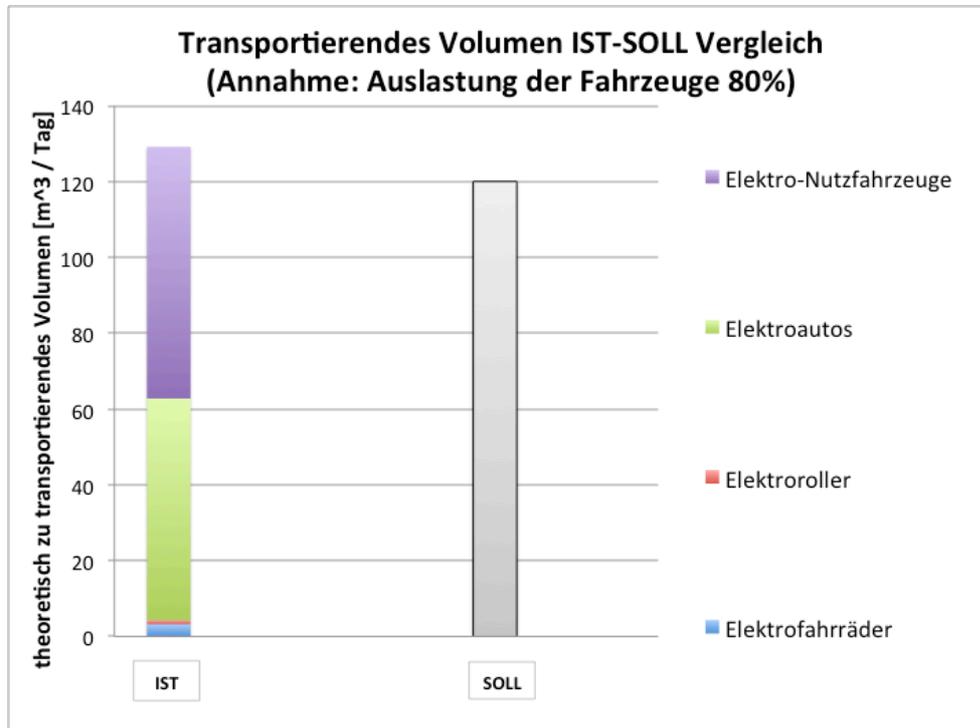


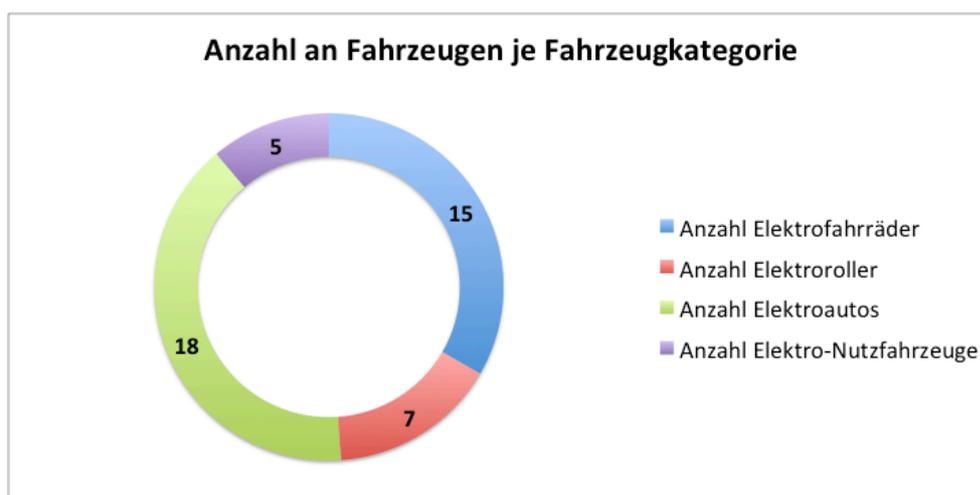
Abbildung 6-13 Gesamtkostenaufteilung des Modells für das Beispielszenario Graz in %

Die Kontrolle des theoretisch zu transportierenden täglichen Ladungsvolumen verglichen mit den Ladungsvolumen der gewählten Fahrzeuge bei einer Auslastung von 80 % ergeben einen positiven Puffer. Diese Grafik 6-14 dient eher als Hinweis, sollte ein Fehler hinsichtlich zu geringen Anzahl an Fahrzeugen passiert sein.



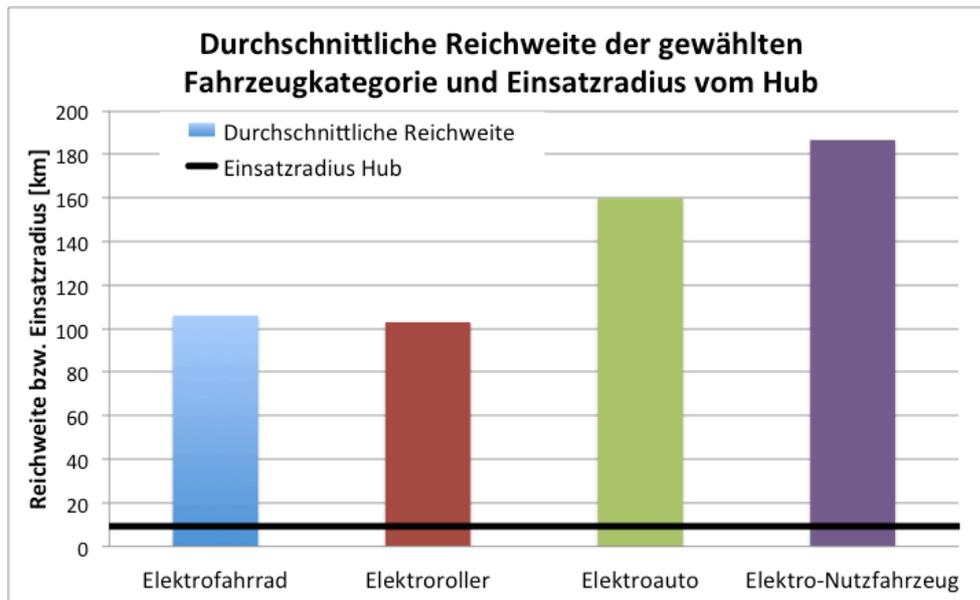
**Abbildung 6-14 Kontrolle des theoretisch zu transportierenden Volumen mit dem maximal möglichen Ladevolumen der gewählten Fahrzeuge für das Beispielszenario Graz**

Eine Übersicht über die Anzahl der Fahrzeuge je Fahrzeugkategorie zeigt Abbildung 6-15.



**Abbildung 6-15 Anzahl der Fahrzeuge je Fahrzeugkategorie für das Beispielszenario Graz**

Abbildung 6-16 zeigt den maximalen Einsatzradius der Fahrzeuge in Graz, welcher der Straßenlänge zum entferntesten Punkt entspricht. Diese Grafik zeigt deutlich, dass bei geeigneter Tourenplanung keine Reichweitenprobleme der Elektrofahrzeuge in Graz auftreten dürften.



**Abbildung 6-16 Durchschnittliche Reichweite der gewählten Fahrzeuge und deren maximaler Einsatzradius als Straßenlänge in Kilometern vom Hub in der Steyregasse bis zur Stadtgrenze für das Beispielszenario Graz**

## 6.2 Verallgemeinerung der Ergebnisse des Szenarios Graz

Um ein urbanes elektrobasierendes Logistiksystem zu errichten, sind neben vielen Überlegungen und einer sorgfältigen Planung auch ein gewisses Budget notwendig. Die Wahl des Standortes hat einen sehr großen Einfluss auf das nachhergehende Logistiksystem. Je näher der Standort an Autobahnen, Bahnhöfen, Flughäfen oder Schiffshäfen liegt, desto billiger und schneller erfolgt die Anlieferung der Waren. Jedoch findet man diese Verkehrsknoten meist nicht in innerstädtischen Bereichen, daher ist ein Kompromiss aus optimalem Anliefer- und Auslieferstandort zu treffen.

Die größten Kosten fallen für den Bau eines nachhaltigen Hubs an. Laut dem Unternehmen Schachinger Immobilien und Dienstleistungs GmbH und Co KG sind bei ihrem Bau des neuen Logistikzentrums in Linz-Hörsching sechs Prozent der Gesamtkosten für die nachhaltigen Komponenten angefallen (vgl. [SCH15]). Doch mit einer nachhaltigen Bauweise, Photovoltaikanlagen für die Deckung des Eigenbedarfs an Strom, Nutzung der Abwärme von Kühlanlagen oder

Maschinen, Heizung mit Wärmepumpen, neuesten Antriebsmotoren für das Befördern der Waren oder Beleuchtung durch stromsparende LED-Lampen werden jährlich Energiekosten gespart. Die zweithöchsten Kosten fallen für den Elektro-Fuhrpark an, doch es fallen jährlich geringere Service- und Wartungskosten an. Mittlerweile haben einige Dienstleister den Umstieg auf Elektrofahrzeuge gewagt und von positiven Erfahrungen erzählt. Bei größerer Nachfrage der Elektrofahrzeuge werden auch die Preise dementsprechend fallen und der Kauf für Unternehmen aus wirtschaftlicher Sicht interessanter werden.

In urbanen Bereichen sind die begrenzte Reichweite der Elektrofahrzeuge kein Argument mehr, sich für konventionelle Fahrzeuge zu entscheiden. Und für weitere Wegstrecken können parallel benzin- oder dieselbetriebene Fahrzeuge eingesetzt werden, obwohl das bei einer ausgeklügelten Tourenplanung nicht mehr notwendig sein sollte.

Eine vollständige Vernetzung von Hub-Ware-Disponent-Kunde ist ein wichtiger Bestandteil eines nachhaltigen Logistiksystems. Die Beschaffungskosten hierfür halten sich im Vergleich zu den anderen Hauptkosten in Grenzen. Für Informations- und Kommunikationssysteme gibt es heute sehr viele Marktlösungen, welche ein Komplettpaket für Basissysteme, Dispositionssysteme, Kundenorientierte Systeme und Verkehrsinformationssysteme liefern. Durch optimale Tourenplanung, bestens eingesetzte Transportmittel bis hin zum Tracking & Tracing können im Logistikalltag stets Kosten eingespart werden.

Dieses Gesamtkonzept ist am einfachsten für den Neubau von Logistiksystemen anzuwenden, da hier von Beginn an auf moderne und innovative Technik gesetzt werden kann und keine baulichen Beschränkungen durch alte Gebäude oder sonstige vorhandene Einrichtungen vorliegen.

Doch auch die Umrüstung von konventioneller auf moderne Technik in vorhandenen Logistiksystemen lohnt sich. Es wird weniger Energie verschwendet, jährlich Tonnen an CO<sub>2</sub> eingespart und nach der teureren Erstsanschaffung auch stets Betriebskosten gespart.

## **7 Zusammenfassung und Ausblick**

Die vielen laufenden Projekte als auch die bereits vorhandenen Systemlösungen für urbane elektro-basierte Logistiksysteme bestätigen die positive Entwicklung hin zu emissionsfreien Zustellungen in städtischen Bereichen. Das heute ein nachhaltiges Image wichtig ist, zeigt die Tatsache, dass fast alle KEP-Dienstleister ein Nachhaltigkeitskonzept betreiben und mehrere Elektrofahrzeuge im Einsatz haben. Die Europäische Kommission fordert bis zum Jahr 2030 CO<sub>2</sub>-neutralen Warentransport in großen Stadtzentren und daher müssen die Logistikunternehmen früh genug darauf reagieren, denn der Umstieg zu einem nachhaltigen Logistikkonzept sollte gut geplant sein, um alle Vorteile und Möglichkeiten der elektro-basierten urbanen Zustellung zu nutzen.

Das beschriebene Excel Planungstool soll als Leitfaden für Unternehmen dienen, welche in Zukunft ein nachhaltiges Logistiksystem betreiben wollen. Dazu werden ein Überblick über die grobe wirtschaftliche Planung als auch Ideen und Möglichkeiten zur Realisierung eines solchen Konzeptes gezeigt. Durch das Beispielszenario Graz ist die praktische Anwendung des Planungstools für ein urbanes nachhaltiges Logistiksystem vorgezeigt worden.

In Österreich, Deutschland und anderen Ländern fördert die Regierung den Betrieb von Elektrofahrzeugen oder den Ausbau hin zu einem nachhaltigen Unternehmen. Die Forschung und Entwicklung ist ständig am Erarbeiten von noch besseren Verkehrs-, Fahrzeug oder Gesamtkonzepten für urbane Logistiksysteme. Bereits jetzt sind Vorzeigelösungen am Markt verfügbar, und diese zeigen, dass sich die traditionelle Sichtweise der Transportmittelwahl, „Kosten und Geschwindigkeit“ um den zusätzlichen Faktor „Nachhaltigkeit“ zur neuen Sichtweise in der Logistik gewendet hat. Ist auch das Hub mit modernen Komponenten wie Photovoltaikanlagen, Heizung durch Wärmepumpen und energiesparender Beleuchtung etc. ausgestattet, ist das ein Schritt in Richtung energieautarkes Logistiksystem. Rohöl ist ein nicht nachwachsender Rohstoff und daher ist es sehr wahrscheinlich, dass sich die Preise in den nächsten Jahrzehnten nach oben bewegen werden.

Um in Zukunft die Probleme von Treibhausgasen in urbanen Gebieten besser bewältigen zu können, wäre die stärkere Einbindung von öffentlichen Verkehrsmitteln in den täglichen Logistikalltag noch wünschenswert. Die Unterstützung von politischer Seite sollte neben Förderprogrammen auch Gesetzeserleichterungen für die Logistikbranche enthalten, um mit emissionsfreien und lärmarmen Elektrofahrzeugen in innerstädtischen Bereichen wie Fußgängerzonen oder auf Busspuren fahren zu dürfen. Nur wenn Unternehmen, Politik und Gesellschaft gemeinsam an einem Strang ziehen, ist das Ziel von emissionsfreien Städten in Zukunft möglich.

## 8 Verzeichnisse

### 8.1 Literaturverzeichnis

- [ORF15] ORF Science, *Bericht: Dicke Luft in Europas Städten*, URL <http://science.orf.at/stories/1754440/> - Abrufdatum 09.04.2015.
- [NEW15] News, *Bericht: Schlechte Stadtluft*, URL <http://www.news.at/a/umwelt-schlechte-stadt-luft-in-europa> - Abrufdatum 09.04.2015.
- [STA15] STATISTA, *Weltbevölkerung nach Kontinenten Mitte des Jahres 2014*, URL <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/1723/umfrage/weltbevoelkerung-nach-kontinenten/> - Abrufdatum 09.04.15.
- [DW15] Deutsche Welle, *Bericht: Smogalarm*, URL <http://www.dw.de/smogalarm-in-diesen-zehn-metropolen-ist-die-luft-besonders-dick/g-17443823> - Abrufdatum 09.04.2015.
- [DIE15] Die Presse, *Bericht: Online-Handel: Österreicher kaufen zur Hälfte im Ausland*, URL [http://diepresse.com/home/wirtschaft/economist/3816901/OnlineHandel\\_Oesterreicher-kaufen-zur-Haelfte-im-Ausland-](http://diepresse.com/home/wirtschaft/economist/3816901/OnlineHandel_Oesterreicher-kaufen-zur-Haelfte-im-Ausland-) - Abrufdatum 09.04.2015.
- [GF08] Gleißner, Femerling: *Logistik – Grundlagen – Übungen – Fallbeispiele*, 1. Auflage, Wiesbaden: Gabler Verlag 2008, ISBN 978-3-8349-0296-2.
- [WIR15] Wirtschaftslexikon24, *Artikel Servicegrad*, URL <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/servicegrad/servicegrad.htm> - Abrufdatum 10.04.2015.
- [AIK08] Arnold, Isermann, Kuhn, Tempelmeier, Furmans: *Handbuch Logistik 3*, neu bearbeitete Auflage, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, 2008, ISBN 978-3-540-72928-0.
- [SCH05] Schulte, Chr.: *Logistik – Wege zur Optimierung der Supply Chain*, 4. Auflage, Vahlen-Verlag, ISBN-13: 978-3800630936.
- [STA15-2] STATISTA, *Anteil der in Städten lebenden Bevölkerung weltweit im Zeitraum von 1950 bis 2050*, URL <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/199605/umfrage/anteil-der-in-grossstaedten-lebenden-bevoelkerung-weltweit/> - Abrufdatum 10.04.2015
- [HAN15] Handelsblatt, *Artikel: Wenn die Stadt aus allen Nähten platzt*, URL <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/beruf-und-buero/logistik-spezial/urbane-logistik-wenn-die-stadt-aus-allen-naechten-platzt/11041320.html> - Abrufdatum 10.04.2015.

- [GRÜ14] Grünbuch, Bundesvereinigung für Logistik, Nachhaltige Logistik in urbanen Räumen, URL [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:K1\\_kmCgNEccJ:www.bvl.at/util/file.php%3F%3Dli4vdXBsb2Fkcy9maWxlcY9jbXNfYXJ0aWNsZXMvbW9kdWx1XzE0MS93ZWJfZ3J1ZW5idWNoX2F1c3p1Zy5wZGY%3D+%&cd=2&hl=de&ct=clnk&gl=at&client=safari](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:K1_kmCgNEccJ:www.bvl.at/util/file.php%3F%3Dli4vdXBsb2Fkcy9maWxlcY9jbXNfYXJ0aWNsZXMvbW9kdWx1XzE0MS93ZWJfZ3J1ZW5idWNoX2F1c3p1Zy5wZGY%3D+%&cd=2&hl=de&ct=clnk&gl=at&client=safari) - Abrufdatum 10.04.2015.
- [HAU87] Volker Hauff, *Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung.*, Eggenkamp-Verlag / Greven, 1987, ISBN 3-923166-16-8.
- [SED15] Mario Sedlak, *Bericht: Verbrauch und Reichweite von Elektroautos*, URL <http://sedl.at/Elektroauto/Verbrauch> - Abrufdatum 15.04.2015.
- [DEU10] Deutsche Post AG (Herausgeber), *delivering tomorrow – Zukunftstrend Nachhaltige Logistik*, 1. Auflage, Bonn 2010, ISBN 978-3-00-032569-4.
- [BCV+98] Buchholz, Jonas, Clausen, Uwe und Vastag, Alex, *Handbuch der Verkehrslogistik*. Berlin : Springer, 1998. ISBN 3-540-64517-9.
- [TRU13] Trummer Wolfgang, FFG-Projekt eCiLo, *Ergebnisbericht „Stand der Forschung und Technik im Bereich nachhaltige Stadtlogistik-Systeme*, Graz 2013.
- [VM07] Richard Vahrenkamp, Dirk C. Mattfeld, *Logistiknetzwerke, Modelle für Standortwahl und Tourenplanung*, 1.Auflage, Wiesbaden 2007, ISBN 978-3-8349-0541-3.
- [MEN15] Mennekes - Ladestationen Hersteller, URL <http://www.mennekes.de> - Abrufdatum 13.05.2015.
- [ELE15] ELECTRODRIVE SALZBURG, URL <http://www.electrodrive-salzburg.at/presse.php?p=337> - Abrufdatum 13.05.2015.
- [TES15] Tesla Motors, *Ladestation Supercharger*, URL [http://www.teslamotors.com/de\\_AT/supercharger](http://www.teslamotors.com/de_AT/supercharger) - Abrufdatum 20.05.2015.
- [HSN07] Michael ten Hompel (Hrsg.), Thorsten Schmidt, Lars Nagel; *Materialflusssysteme*, 3. Auflage, Springer Verlag, 2007, ISBN 978-3-540-73235-8.
- [DHB15] Duale Hochschule Baden Württemberg Mannheim, Prof. Liebschner (Hrsg.), *Planung eines Logistikzentrums*, URL [http://www.dhbw-mannheim.de/fileadmin/ms/bwl-stl/Planung\\_eines\\_Logistiklagers.pdf](http://www.dhbw-mannheim.de/fileadmin/ms/bwl-stl/Planung_eines_Logistiklagers.pdf) - Abrufdatum 29.05.2015.

- [ELE15] Elektrofahrrad24.de, 2014 Flyer Cargo, URL <http://www.elektrofahrrad24.de/2014-flyer-cargo-bike-nuvinci-deluxe-26-elektrofahrrad> - Abrufdatum 23.06.2015.
- [PED15] Pealpower Berlin, URL <https://pedalpowerberlin.wordpress.com/> - Abrufdatum 23.06.2015.
- [EBI151] e-bike-finder, URL <http://www.e-bike-finder.com/ebike/babboe-transporter-e-2014/> - Abrufdatum 23.06.2015.
- [RIE15] Riese & Müller, *Load light*, URL <http://www.r-m.de/bike/load-light/> - Abrufdatum 23.06.2015.
- [EBI152] e-bike-finder, URL <http://www.e-bike-finder.com/ebike/cyclopolitain-cyclocargo/#tab2> - Abrufdatum 23.06.2015.
- [EBI153] e-bike-finder, URL <http://www.e-bike-finder.com/ebike/veloform-velotaxi-cargocruiser-2014/> - Abrufdatum 23.06.2015.
- [IOE15] iO E-Scooter, URL <http://www.io-scooter.com/io-scooter-modelluebersicht/io-scooter-king-kong/> - Abrufdatum 25.06.2015.
- [GOV15] Govecs Elektroroller, URL <http://www.govecs.com/produkte-0> - Abrufdatum 25.06.2015.
- [BMW15] BMW Motorrad, URL [http://www.bmw-motorrad.at/de/de/indexx.html?Content=http://www.bmw-motorrad.at/de/de/urban\\_mobility/c\\_evolution/cevolution\\_overview.html#&notrack=1](http://www.bmw-motorrad.at/de/de/indexx.html?Content=http://www.bmw-motorrad.at/de/de/urban_mobility/c_evolution/cevolution_overview.html#&notrack=1) - Abrufdatum 01.07.2015.
- [NIS15] Nissan, URL <http://www.nissan.at/content/dam/services/AT/brochure/104802.pdf> - Abrufdatum 01.07.2015.
- [REN15] Renault, URL [http://www.renault.at/media/-pdf-preisliste-/att00334421/PL\\_Kangoo\\_ZE.pdf](http://www.renault.at/media/-pdf-preisliste-/att00334421/PL_Kangoo_ZE.pdf) - Abrufdatum 01.07.2015.
- [CIT15] Citroen, URL [http://promotion.citroen.at/pdf/preislisten/berlelectric/Berlingo\\_LKW\\_Electric\\_Produktblatt\\_%202014\\_12.pdf](http://promotion.citroen.at/pdf/preislisten/berlelectric/Berlingo_LKW_Electric_Produktblatt_%202014_12.pdf) - Abrufdatum 01.07.2015.
- [MER15] Mercedes-Benz, URL [http://www.mercedes-benz.at/content/media\\_library/austria/mpc\\_austria/transporter\\_ng/Downloads/brochure\\_citoEcell\\_Object-Single-MEDIA.download.tmp/Vito\\_Ecell\\_0913.pdf](http://www.mercedes-benz.at/content/media_library/austria/mpc_austria/transporter_ng/Downloads/brochure_citoEcell_Object-Single-MEDIA.download.tmp/Vito_Ecell_0913.pdf) - Abrufdatum 01.07.2015.
- [IVE15] IVECO, URL [http://www.iveco.com/austria/neufahrzeuge/pages/elektr\\_oantrieb\\_daily\\_elektrik\\_vorteile\\_kunden.aspx](http://www.iveco.com/austria/neufahrzeuge/pages/elektr_oantrieb_daily_elektrik_vorteile_kunden.aspx) - Abrufdatum 02.07.2015.

- [DPD15] Deutsche Post DHL Group, URL <http://www.dpdhl.com/content/dam/dpdhl/presse/veranstaltungen/co2frei/factsheets-alternative-fahrzeuge.zip> - Abrufdatum 02.07.2015.
- [EFO15] EFORCE – *Der bessere Lastwagen*, URL <http://eforce.ch/eforce/leistungsdaten/> - Abrufdatum 07.07.2015.
- [EAS15] Easytrack Informationssysteme, URL <http://easytrack.at/losungen-vorteile/> - Abrufdatum 07.07.2015.
- [TRA15] Trackeasy Fahrzeugortung und Flottenmanagement, URL <http://trackeasy.de/fahrzeugortung/> - Abrufdatum 07.07.2015.
- [SIE15] Siemens, *Identifikationssysteme*, URL <http://w3.siemens.com/mcms/identification-systems/de/rfid-systeme/Seiten/rfid-systeme.aspx> - Abrufdatum 08.07.2015.
- [TRA15] Transics, *Flottenmanagement*, URL <http://www.transics.com/> - Abrufdatum 08.07.2015.
- [MER151] Mercedes Fans – Das Online Magazin mit Stern, URL <http://www.mercedesfans.de/magazin/sternstunde/fahrbericht-mercedes-vito-e-cell-sauber-abgeliefert-erste-eindruecke-wie-schlaegt-sich-der-mercedes-vito-e-cell-im-wahren-leben.4610> - Abrufdatum 08.07.2015.
- [FRAU15] Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb und Automatisierung IFF, *Artikel: 3,5t-ELEKTROMOBILITÄT FÜR DIE CITY-LOGISTIK*, URL <http://www.iff.fraunhof-r.de/content/dam/iff/de/dokumente/materialflusstechnik/elektromobilitaet-fuer-city-logistik-fraunhofer-iff.pdf> - Abrufdatum 11.08.2015.
- [DPD151] Deutsche Post DHL, *Artikel CO2-freie Zustellung*, URL [http://www.dpdhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2013/co2\\_freie\\_zustellung\\_bonn.html](http://www.dpdhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2013/co2_freie_zustellung_bonn.html) - Abrufdatum 12.08.2015.
- [KLI15] klimaaktiv, *Bericht „Betriebsgebäude Schachinger Logistik*, Hörsching, Oberösterreich“, URL <http://www.klimaaktiv.at/bauen-sanieren/staatspreis/preistraeger2014/schachinger.html> - Abrufdatum 12.08.2015.
- [MRU14] MRU – expertise in logistics, *E-Commerce und Paketdienste, Lieferdienste im Onlienhandel*, URL [http://www.bevh.org/uploads/media/140901\\_E-Commerce\\_und\\_Paketdienste.pdf](http://www.bevh.org/uploads/media/140901_E-Commerce_und_Paketdienste.pdf) - Abrufdatum 12.08.2015.
- [POS15] Österreichische Post AG, *Nachhaltigkeitsmagazin 2013/2014*, URL [https://www.post.at/downloads/Nachhaltigkeitsmagazin\\_2013\\_2014.pdf?1426702022](https://www.post.at/downloads/Nachhaltigkeitsmagazin_2013_2014.pdf?1426702022) - Abrufdatum 20.08.2015.

- [KLI15] klimaaktiv, *Elektromobilität, Bericht „Österreichische Post erweitert E-Flotte“*, URL <http://www.klimaaktiv.at/mobilitaet/elektromobilitaet/postflotte2015.html> - Abrufdatum 20.08.2015.
- [HER15] Hermes, *Nachhaltigkeitsbericht 2015*, URL <https://www.hermesworld.com/remote/content/verantwortung/hermes-nachhaltigkeitsbericht-2015.pdf> – Abrufdatum 21.08.2015.
- [GRA15] Graz, *Stadtplan*, URL [http://geodaten1.graz.at/Stadtkarte/synserver?project=GRAZ\\_Stadtplan](http://geodaten1.graz.at/Stadtkarte/synserver?project=GRAZ_Stadtplan) - Abrufdatum 24.08.2015.
- [SCH15] Schachinger Logistik, *Bericht Richtungsweisender Hallenbau*, URL <http://www.schachinger-logistik.com/media/uploads/presseberichte/artl1eroeffnungverkehr311013.pdf> – Abrufdatum 25.08.2015.
- [GOO15] Google Maps, URL <https://www.google.com/maps/> - Abrufdatum 25.08.2015.
- [STE13] Steiner Helmut, *Bachelorarbeit Lebenszyklusanalyse verschiedener Antriebstechnologien im Fahrzeug*, TU Graz, Institut für Fahrzeugtechnik, Graz 2013.

## 8.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1 Anstieg der Weltbevölkerung seit 1950 (Quelle: <a href="http://de.statista.com/statistik/daten/studie/1716/umfrage/entwicklung-der-weltbevoelkerung/">http://de.statista.com/statistik/daten/studie/1716/umfrage/entwicklung-der-weltbevoelkerung/</a> , eigene Abbildung) .....	1
Abbildung 1-2 Paketsendungen nach Sendungsstrom 2013 in Deutschland (Quelle: <a href="http://www.bevh.org/uploads/media/140901_E-Commerce_und_Paketdienste.pdf">http://www.bevh.org/uploads/media/140901_E-Commerce_und_Paketdienste.pdf</a> ) .....	2
Abbildung 2-1 Hauptaufgaben der Logistik (vgl. [GF08], Abb.2-1) .....	4
Abbildung 2-2 Logistisches Leistungssystem (vgl. [GF08], Abb.2-4) .....	5
Abbildung 2-3 Inhalte des Servicegrades (vgl. [GF08], Abb.2-8) .....	6
Abbildung 2-4 Weltweite Verstärkerung über einen Zeitraum von 100 Jahren (vgl. [STA15-2]) .	7
Abbildung 3-1 Traditionelle (links) und neue (rechts) Sichtweise der Logistik (vgl. [DEU10], Abb.26) .....	10
Abbildung 3-2 Anforderungen nachhaltiger Logistikkonzepte .....	12
Abbildung 3-4 Tesla Model S mit Supercharger Ladestation, (Quelle: <a href="http://www.autoevolution.com">www.autoevolution.com</a> ) .....	16

Abbildung 3-5 Kostenverlauf und Kostenbeeinflussbarkeit im Projekt, (Quelle: [HSN07], Abb.6.2).....	21
Abbildung 3-6 Statische Daten bei der Auslegung eines Hubs (vgl. [HSN07] Abb.6.8) .....	23
Abbildung 3-7 Dynamische Daten (vgl. [HSN07] Abb.6.9).....	24
Abbildung 3-8 Größe und eine der modernsten Logistikhallen Mitteleuropas der Firma Schachinger Logistik, (Quelle: <a href="http://www.klimaaktiv.at/bauen-sanieren/staatspreis/preistraeger2014/schachinger.html">http://www.klimaaktiv.at/bauen- sanieren/staatspreis/preistraeger2014/ schachinger.html</a> , Foto: Kurt Hoerbst) .....	25
Abbildung 3-9 Elektrofahrrad Flyer Cargo (Quelle: <a href="http://www.elektrofahrrad24.de/2014-flyer-cargo-bike-nuvinci-deluxe-26-elektrofahrrad">http://www.elektrofahrrad24.de/2014-flyer- cargo-bike-nuvinci-deluxe-26-elektrofahrrad</a> ).....	27
Abbildung 3-10 Elektrofahrrad eMammut Cargo Brose (Quelle: <a href="http://www.pedalpower.de">www.pedalpower.de</a> ).....	28
Abbildung 3-11 Elektrofahrrad Babboe Transporter-E (Quelle: <a href="http://www.e-bike-finder.com/ebike/babboe-transporter-e-2014/">http://www.e-bike- finder.com/ebike/babboe-transporter-e-2014/</a> .....	29
Abbildung 3-12 Elektrofahrrad Riese und Müller Load (Quelle: <a href="http://www.r-m.de/das-neue-load/">http://www.r-m.de/das-neue- load/</a> ).....	30
Abbildung 3-13 Elektrofahrrad Cyclopolitain Cyclocargo (Quelle: <a href="https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/Cyclopolitain_CycloCargo.png">https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/Cyclopolitain_CycloCargo.png</a> )...	31
Abbildung 3-14 Elektrofahrrad Veloform Cargocruiser (Quelle: <a href="http://www.ich-ersetze-ein-auto.de/wp-content/uploads/2013/04/IeeA_CargoCruiser_Einsatz-615x410.jpg">http://www.ich-ersetze-ein- auto.de/wp-content/uploads/2013/04/IeeA_CargoCruiser_Einsatz-615x410.jpg</a> ) .....	32
Abbildung 3-15 Elektroroller iO Scooter King Kong (Quelle: <a href="http://www.io-scooter.com/io-scooter-modelluebersicht/io-scooter-king-kong/">http://www.io-scooter.com/io- scooter-modelluebersicht/io-scooter-king-kong/</a> ) .....	33
Abbildung 3-16 Elektroroller Govecs GO! (Quelle: <a href="http://www.govecs.com/produkte-0">http://www.govecs.com/produkte-0</a> ).....	34
Abbildung 3-17 Elektroroller BMW C Evolution (Quelle: <a href="http://brusworld.com/wp-content/uploads/2014/09/bmw-c-evolution-motorrad-e-scooter-02.jpg">http://brusworld.com/wp- content/uploads/2014/09/bmw-c-evolution-motorrad-e-scooter-02.jpg</a> ).....	35
Abbildung 3-18 Elektroauto Nissan e-NV200 (Quelle: <a href="http://www.ale-transport.com/wp-content/uploads/2014/09/nissan.jpg">http://www.ale-transport.com/wp- content/uploads/2014/09/nissan.jpg</a> ).....	37
Abbildung 3-19 Elektroauto Renault Kangoo Z.E. (Quelle: <a href="http://www.goingelectric.de/wp-content/uploads/r100294h-1024x682.jpg">http://www.goingelectric.de/wp- content/uploads/r100294h-1024x682.jpg</a> ) .....	38
Abbildung 3-20 Elektroauto Citroën Berlingo Electric (Quelle: <a href="http://srv2.betterparts.org/images/citroen-berlingo-first-electric-11.jpg">http://srv2.betterparts.org/images/citroen-berlingo-first-electric-11.jpg</a> ) .....	39
Abbildung 3-22 Elektro-Nutzfahrzeug Iveco Electric Daily (Quelle: <a href="http://polpix.sueddeutsche.com/polopoly_fs/1.1226529.1355488470!/httpImage/image.jpg_gen/derivatives/900x600/image.jpg">http://polpix.sueddeutsche.com/polopoly_fs/1.1226529.1355488470!/ httpImage/image. jpg_gen/derivatives/900x600/image.jpg</a> ).....	42
Abbildung 3-23 Elektro-Nutzfahrzeug Streetscooter (Quelle: <a href="http://bilder.t-online.de/b/72/13/00/96/id_72130096/610/tid_da/dhl-streetscooter.jpg">http://bilder.t- online.de/b/72/13/00/96/id_72130096/610/tid_da/dhl-streetscooter.jpg</a> ).....	43

Abbildung 3-24 Elektro-Nutzfahrzeug EFORCE (Quelle: <a href="http://eforce.ch/wp/wp-content/uploads/2013/06/E_FORCE_Fact_Sheet_D_2015.pdf">http://eforce.ch/wp/wp-content/uploads/2013/06/E_FORCE_Fact_Sheet_D_2015.pdf</a> ).....	44
Abbildung 3-25 Zusammenhang verschiedener Informationssysteme (Quelle: FFG-Projekt eCiLo – Stand der Forschung, Wolfgang Trummer, TU Graz, 2013, Abb. 1-118).....	45
Abbildung 3-26 Siemens RFID System, (Quelle: <a href="http://www.siemens.com">www.siemens.com</a> ).....	47
Abbildung 4-1 Ausbaustufen von einem konventionellen zu einem elektrobasierten urbanen Logistiksystem-Betrieb .....	49
Abbildung 4-2 Grundmodelle mit unterschiedlichen Ausbaustufen.....	50
Abbildung 4-4 Auswahl der gewünschten Fahrzeugkategorien .....	52
Abbildung 4-5 Mittlere Reichweite und Preis je Fahrzeugkategorie.....	53
Abbildung 4-6 Mittleres Ladevolumen und Preis je Fahrzeugkategorie .....	53
Abbildung 4-7 Auswahl an verschiedenen Informationssystemen (Quelle: FFG-Projekt eCiLo – Stand der Forschung, Wolfgang Trummer, TU Graz, 2013, Abb. 1-118).....	54
Abbildung 4-8 Anpassungsschritte für den nachhaltigen Betrieb eines Hubs.....	55
Abbildung 4-9 Gesamtkosten des gewählten Modells.....	59
Abbildung 4-10 Gesamtkosten Aufteilung in %.....	59
Abbildung 4-11 Zu transportierendes Volumen – IST-SOLL Vergleich .....	60
Abbildung 4-12 Anzahl an Fahrzeugen je Fahrzeugkategorie.....	60
Abbildung 4-13 Durchschnittliche Reichweite der gewählten Fahrzeugkategorie und Einsatzradius von Hub .....	61
Abbildung 4-14 Einsparpotenzial an CO <sub>2</sub> -Emissionen eines Elektroautos im Vergleich zu einem dieselbetriebenen Auto über 10 Jahre bei einer jährlichen Kilometerleistung von 20.000 km / Jahr (vgl. [STE13]).....	61
Abbildung 4-15 CO <sub>2</sub> -Emissionen des ein und des selben Fahrzeuges mit verschiedenen Antrieben über den gesamten Lebenszyklus bei einer Kilometerleistung von 200.000 km / Jahr (Quelle: [STE13], Abb. 22).....	62
Abbildung 5-1 Elektro-Fuhrpark der Deutschen Post DHL in Bonn (Quelle: <a href="http://www.dpdhl.com/de/presse/mediathek/fotos/verantwortung_elektrofahrzeuge.html">http://www.dpdhl.com/de/presse/mediathek/fotos/verantwortung_elektrofahrzeuge.html</a> , Foto: Jennifer Zumbusch) .....	64
Abbildung 5-2 Ausbau der Elektrofahrzeug-Flotte der Österreichischen Post (Quelle: <a href="https://www.post.at/downloads/Nachhaltigkeitsmagazin_2013_2014.pdf?1426702022">https://www.post.at/downloads/Nachhaltigkeitsmagazin_2013_2014.pdf?1426702022</a> )...	65
Abbildung 5-3 Reine elektrische Zustellung der Österreichischen Post in den Wiener Bezirken vom Jahr 2013 bis 2016 (Quelle: <a href="https://www.post.at/downloads/Nachhaltigkeitsmagazin_2013_2014.pdf?1426702022">https://www.post.at/downloads/Nachhaltigkeitsmagazin_2013_2014.pdf?1426702022</a> )...	66

Abbildung 5-4 Hermes WE DO! Projekt beinhaltet E-Flotten als auch Standortmodernisierungen (Quelle: <a href="https://www.hermesworld.com/at/über-uns/verantwortung/klima-umwelt/we-do!/">https://www.hermesworld.com/at/über-uns/verantwortung/klima-umwelt/we-do!/</a> ) .....	68
Abbildung 5-5 Wechselbehälter für den Einsatz von Elektromobilität in der City-Logistik (Quelle: <a href="https://idw-online.de/de/newsimage?id=126833&amp;size=screen">https://idw-online.de/de/newsimage?id=126833&amp;size=screen</a> ) .....	70
Abbildung 6-1 Stadtplan von Graz mit den 17 Bezirken (Quelle: <a href="http://www.graz.at/cms/beitrag/10183377/4076127">http://www.graz.at/cms/beitrag/10183377/4076127</a> ).....	72
Abbildung 6-2 Drei mögliche Standorte für ein Logistikhub in der Innenstadt von Graz (Quelle: <a href="http://geodaten1.graz.at/Stadtkarte/synserver?project=GRAZ_Stadtplan&amp;client=flex">http://geodaten1.graz.at/Stadtkarte/synserver?project=GRAZ_Stadtplan&amp;client=flex</a> ) .....	73
Abbildung 6-3 Auswahl vom „Modell Ausbaustufe neu“ im Planungstool für das Beispielszenario Graz.....	74
Abbildung 6-4 Auswahl aller vier Fahrzeugkategorien für das Beispielszenario Graz.....	74
Abbildung 6-5 Auswahl und Kosten der einzelnen Informationssysteme für das Beispielszenario Graz .....	75
Abbildung 6-6 Dateneingabe für das Hub im Planungstool für das Beispielszenario Graz .....	76
Abbildung 6-7 Ausgewählte Elektrofahrräder für das Beispielszenario Graz.....	77
Abbildung 6-8 Ausgewählte Elektroroller für das Beispielszenario Graz.....	77
Abbildung 6-9 Ausgewählte Elektroautos für das Beispielszenario Graz .....	77
Abbildung 6-10 Ausgewählte Elektro-Nutzfahrzeuge für das Beispielszenario Graz.....	77
Abbildung 6-11 Auswertung der Daten für das Beispielszenario Graz .....	78
Abbildung 6-12 Gesamtkosten und Kostenaufteilung für das Beispielszenario Graz .....	79
Abbildung 6-13 Gesamtkostenaufteilung des Modells für das Beispielszenario Graz in % .....	79
Abbildung 6-14 Kontrolle des theoretisch zu transportierenden Volumen mit dem maximal möglichen Ladevolumen der gewählten Fahrzeuge für das Beispielszenario Graz.....	80
Abbildung 6-15 Anzahl der Fahrzeuge je Fahrzeugkategorie für das Beispielszenario Graz .....	80
Abbildung 6-16 Durchschnittliche Reichweite der gewählten Fahrzeuge und deren maximaler Einsatzradius als Straßenlänge in Kilometern vom Hub in der Steyrergasse bis zur Stadtgrenze für das Beispielszenario Graz.....	81

### 8.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1 Technische Daten Flyer Cargo.....	27
Tabelle 3-2 Technische Daten Pedalpower eMammut Cargo Brose .....	28
Tabelle 3-3 Technische Daten Babboe Transporter-E .....	29
Tabelle 3-4 Technische Daten Riese und Müller Load Hybrid .....	30
Tabelle 3-5 Technische Daten Cyclopolitain Cyclocargo.....	31
Tabelle 3-6 Technische Daten Veloform Cargocruiser.....	32
Tabelle 3-7 Technische Daten iO Scooter King Kong.....	33
Tabelle 3-8 Technische Daten Govecs GO!.....	34
Tabelle 3-9 Technische Daten BMW C Evolution .....	35
Tabelle 3-10 Technische Daten Nissan e-NV200 .....	37
Tabelle 3-11 Technische Daten Renault Kangoo Z.E.....	38
Tabelle 3-12 Technische Daten Citroën Berlingo Electric .....	39
Tabelle 3-13 Technische Daten Mercedes Vito E-CELL .....	40
Tabelle 3-14 Technische Daten Iveco Electric Daily.....	42
Tabelle 3-15 Technische Daten Streetscooter .....	43
Tabelle 3-16 Technische Daten E-FORCE .....	44
Tabelle 4-1 Verladungsstelle am Warenausgang an Pedelecs, Roller und PKW anpassen.....	56
Tabelle 4-2 Interne Anpassungen verschiedener Komponenten.....	56
Tabelle 4-3 Warenmanagement Lösungen.....	57
Tabelle 5-1 Laufende Projekte für elektrobasierete urbane Logistiksysteme in Europa .....	68

## 9 Anhang

### 9.1 Excel Planungstool

# Elektrobasierte urbane Logistiksysteme - Exceltool

## Exceltool zur Auswahl von Modellen für den Betrieb elektrobasierter urbaner Logistiksysteme



Helmut Steiner, TU Graz, 2015



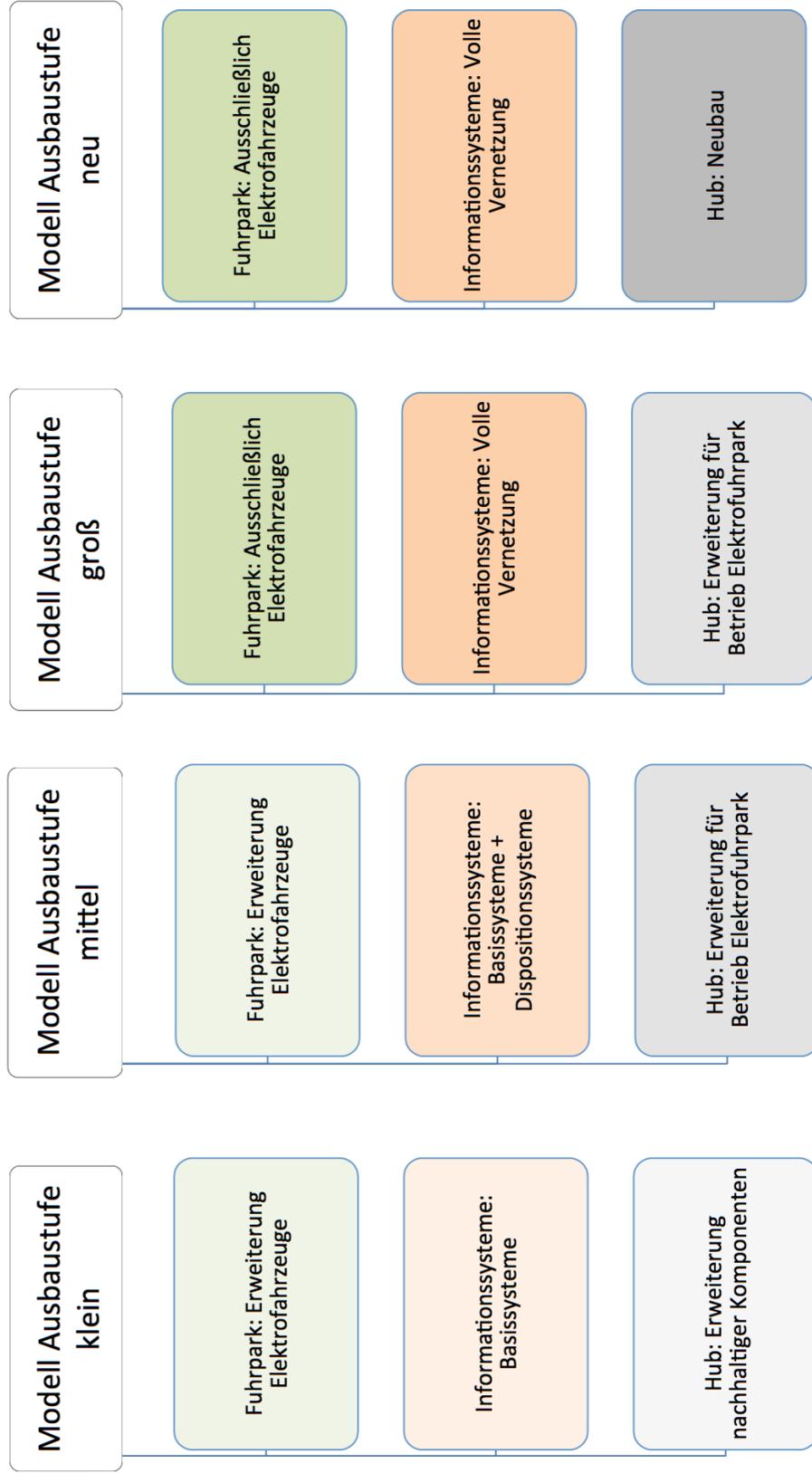
<b>Bedienungshinweise</b>	
Eingabefeld	Bitte hier Werte eingeben
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Auswahlfeld	Bitte eines der beiden Felder wählen
Aktionsfeld	Löst Aktion Hinzufügen etc. aus
<b>WEITER</b>	Weiter/Zurück zum nächsten/vorherigen Schritt



<b>Ziel dieses Exceltools</b>
<p>Dieses Exceltool soll einem Logistikunternehmen oder einem Interessierten helfen, sich einen ersten Überblick über die Möglichkeiten, Anforderungen, Systemlösungen und groben Kosten beim Um- oder Neubau eines urbanen elektrobasierter Logistiksystem zu schaffen. Es liegen vier Grundmodelle mit verschiedenen Ausbaustufen zur Auswahl, jedoch ist jedes Modell individuell anpassbar. Die Auswahl und Eingabe von Daten ist sehr grob angelegt, damit man mit wenig Vorwissen in der Anfangsplanung bereits ein vernünftiges Modell mit realistischen Werten erhält. Es stehen verschiedene Fahrzeuge zur Auswahl, welche laut Recherche Sommer 2015 für ein Logistikunternehmen interessant erscheinen, jedoch kann keine Garantie auf Vollständigkeit gegeben werden. Es ist natürlich möglich, das Exceltool zu erweitern und neue Fahrzeuge hinzuzufügen. Durch die grafische Auswertung am Ende soll der Nutzer einen schnellen ersten Überblick über Kosten, Reichweite, CO<sub>2</sub>-Emissionen etc. bei der Erschaffung eines elektrobasierter urbaner Logistiksystems bekommen.</p>

# ZURÜCK Elektrobasierte urbane Logistiksysteme - Exceltool

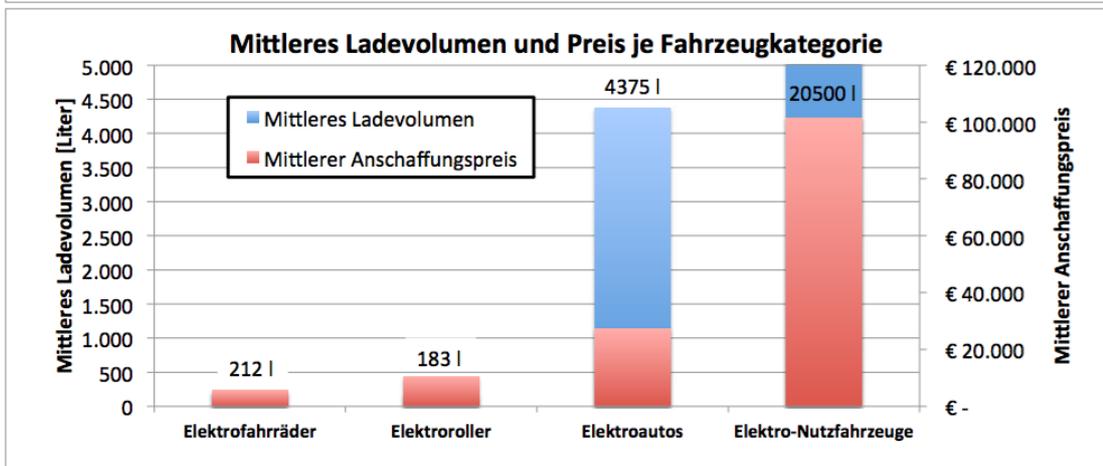
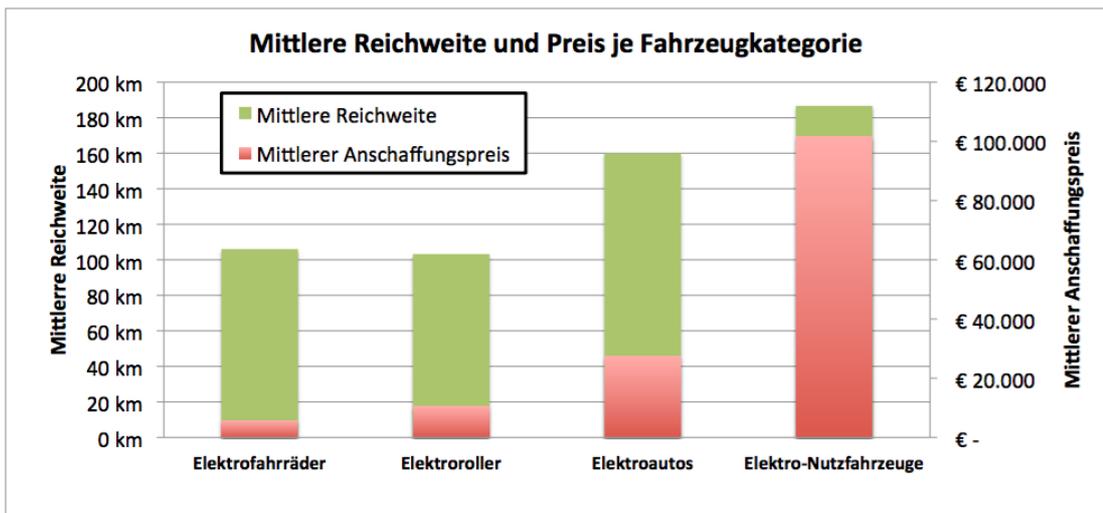
Bitte Modell auswählen



ZURÜCK  **Elektroasierte urbane Logistiksysteme - Exceltool** 

Fahrzeugkategorien auswählen

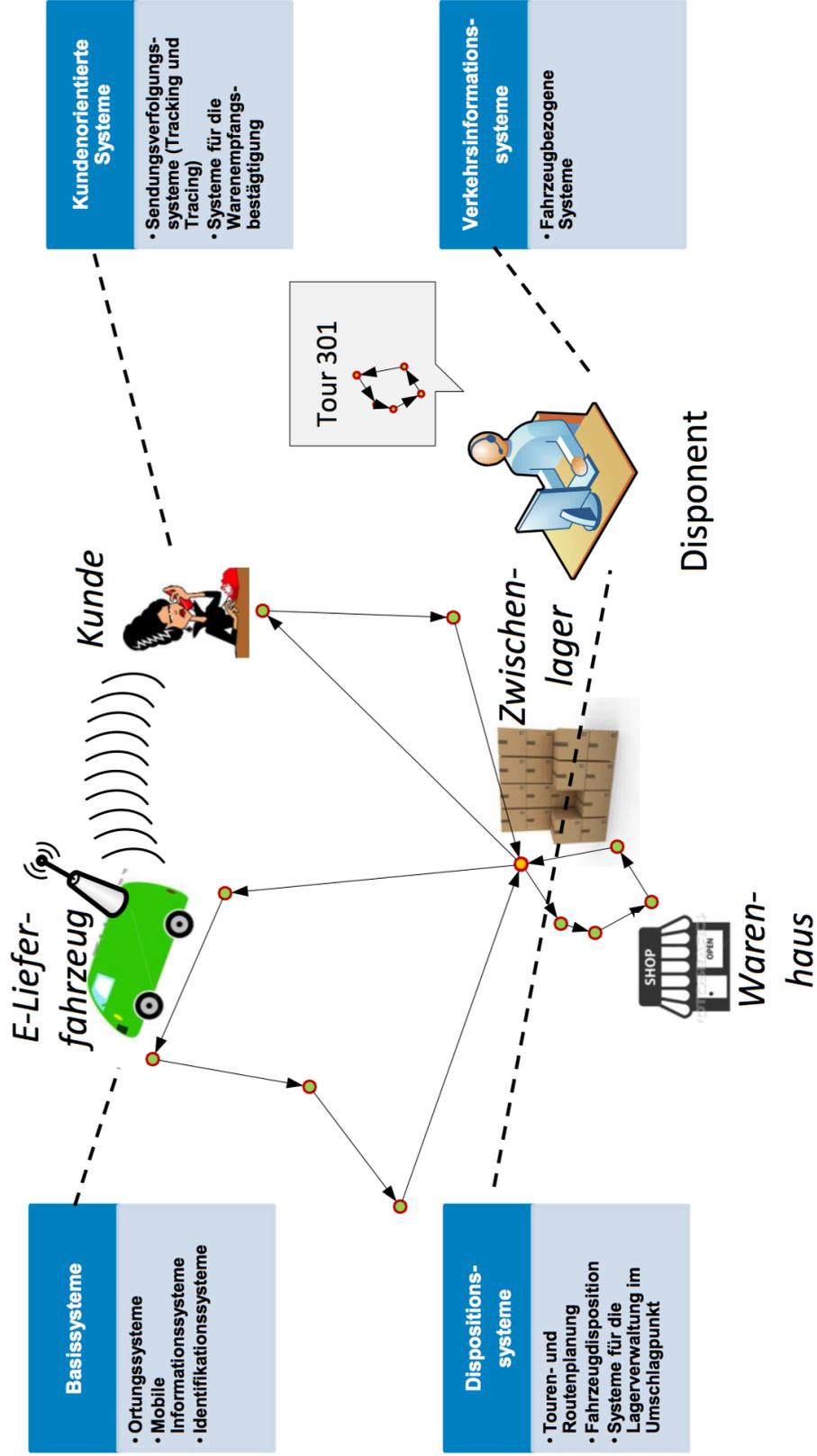
Fahrzeugkategorie	Ja	Nein
Elektrofahräder  	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elektroroller  	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elektroautos  	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elektro-Nutzfahrzeuge   [BRU15]	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



**ZURÜCK**  **Elektrobasierete urbane Logistiksysteme - WEITER** 

**Exceltool**

Informationssysteme: Übersicht Komponenten



ZURÜCK  **Elektrobasierete urbane Logistiksysteme -**  **WEITER**  
**Exceltool**

Informationssysteme: Vorschlag und Auswahl

Systemart	beinhalten die Komponenten	Anschaffungskosten (gewählt, bitte ändern)	JA	NEIN	Anmerkung
<b>Basissysteme</b>	Ortungssysteme	€ 20.000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Mobile Informationssysteme				
	Identifikationssysteme				
<b>Dispositionssysteme</b>	Touren- und Routenplanung	€ 15.000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Fahrzeugdisposition				
	Systeme für Lagerverwaltung im Umschlagpunkt				
<b>Kundenorientierte Systeme</b>	Sendungsverfolgungssysteme (Tracking & Tracing)	€ 8.000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Warenempfangsbestätigungs-systeme				
<b>Verkehrsinformationssysteme</b>	Fahrzeugbezogene Systeme (z.B. Stauumfahrung, Navigation)	€ 800,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Preis pro Fahrzeug, Ergebnis am Ende
<b>Gesamtkosten Informationssysteme</b>		€ <b>43.000,00</b>	Kosten von		Verkehrsinformationssystemen pro Fahrzeug erst am Ende berücksichtigt

ZURÜCK  **Elektrobasierte urbane Logistiksysteme - Exceltool**  WEITER

Hub: Nachhaltiger Betrieb - Vorschlag technische Anforderungen und Lösungen



**Verladungsstelle am Warenausgang anpassen auf Pedelecs, Roller und PKW statt LKW**

Verladeplatz	Breite, Länge und Ladehöhe müssen für Elektrofahräder sowie Elektroroller optimiert werden, um eine bedienungsfreundliche und schnelle Ladung gewährleisten zu können.
Ladung Batterie	Während der Verladung der Waren sollte die Batterie des Fahrzeuges mit einer Schnellladestation zumindest teilweise geladen werden.
Zufahrt	Die Zufahrt zu den zweispurigen Verladeplätzen sollte wenn möglich ohne Querung des Weges der vierspurigen Fahrzeuge erfolgen, um keine Gefahrenstelle zu erzeugen.

**Interne Anpassungen verschiedener Komponenten**

Strombedarf / Stromerzeugung	Da ein nachhaltiger Betrieb von Elektrofahrzeugen nur sinnvoll ist, wenn man Ökostrom zum Laden der Batterien verwendet, sollte einerseits Ökostrom vom Netz bezogen werden als auch Strom über eine Photovoltaikanlage selbst produziert werden.
Beleuchtung	LED Lampen gibt es heute zu Tage für alle Fassungen, auch Neonröhren werden mit LEDs angeboten und verbrauchen viel weniger Energie. Die Anschaffungskosten sind allerdings etwas höher.
Wirkungsgrad Maschinen	Die Wirkungsgrade von Antriebsmotoren verbessern sich stetig, daher ist darauf zu achten, eventuell in die Jahre gekommene Antriebe zu erneuern.
Abwärme	Nutzung von Abwärme großer Maschinen für Heizung von Warmwasser oder sonstigen Betriebsmitteln.

**Warenmanagement**

Moderne IT Lösungen	Der erste Schritt zu effizienterem Warenmanagement ist ein ausgeklügeltes IT System zur Steuerung, Kontrolle und Überwachung des Warenflusses.
Kommissionieranlagen	Viele Hersteller von Kommissionieranlagen planen Anlagen für spezifische Kundenwünsche. Moderne Kommissionieranlagen und Kommissionierpuffer sind Pflicht für einen stetigen Materialfluss.
Automatische Regallager	Je nach Investitionsbudget und Anwendungsfall können automatische Regallager einen großen Schritt zur schnelleren Warenverteilung beitragen.

ZURÜCK



## Elektroasierte urbane Logistiksysteme - Exceltool



WEITER

### Hub - Dateneingabe und Auswahl

Volumenzustrom / Tag	Angabe in m <sup>3</sup>	120
Volumenabgang / Tag	Annahme: Volumenzustrom=Volumenabgang in m <sup>3</sup>	120
Grundstückserweiterung	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	
neue Grundstücksfläche	Angabe in m <sup>2</sup>	2500
Preis pro Quadratmeter	Angabe in Euro	€ 35,0
neue Grundstücksfläche 2	Angabe in m <sup>2</sup>	300
Preis pro Quadratmeter	Angabe in Euro	€ 42,0
neue Grundstücksfläche 3	Angabe in m <sup>2</sup>	900
Preis pro Quadratmeter	Angabe in Euro	€ 24,00
<b>Gesamtkosten Grundstücke</b>		<b>€ 121.700</b>

Einsatzradius der Fahrzeuge vom Hub maximal	Angabe in Kilometern	9
---	----------------------	---

Bau- und Umrüstkosten für Erweiterung nachhaltiger Komponenten		€ -
Bau- und Umrüstkosten für Erweiterung Betrieb des Elektrofuhrpark		€ -
Baukosten Neubau	Richtwert 500-1000€ / m <sup>2</sup>	€ 1.525.000
<b>Gesamtkosten Hub-Erweiterung bzw. Hub-Neubau</b>		<b>€ 1.525.000</b>

<b>Gesamtkosten Hub</b>		<b>€ 1.646.700</b>
-------------------------	--	--------------------

Elektrobasierete urbane Logistiksysteme -  WEITER  
**Exceltool**

Elektroautos							
Fahrzeug- details	Bitte Anzahl wählen	Fahrzeug	Reichweite max.	Höchstgeschwindig- keit elektrisch	Ladevolumen*	Zuladung*	Preis (Leasingrate/ Monat)
	5	Nissan e-NV200	170 km	123 km/h	4200 l	678 kg	€ 24.708
	10	Renault Kangoo Z.E.	170 km	130 km/h	3500 l	625 kg	€ 24.360
	0	Citroen Berlingo Electric	170 km	110 km/h	4100 l	570 kg	€ 33.300
	3	Mercedes Vito E-CELL	130 km	80 km/h	5700 l	850 kg	€ 999
	0				0 l		€ -
	0				0 l		€ -
	0				0 l		€ -
	0				0 l		€ -
	0				0 l		€ -



ZURÜCK

Elektrobasierete urbane Logistiksysteme -  WEITER  
**Exceltool**

Auswahl der Fahrzeuge

Elektrofräher							
Fahrzeug- details	Bitte Anzahl wählen	Fahrzeug	Reichweite max.	Höchstgeschwindig- keit elektrisch	Ladevolumen*	Zuladung*	Preis
	0	Flyer Cargo	140 km	25 km/h	100 l	120 kg	€ 3.990
	5	Pedalpower eMammot Cargo BROSE	n/a	25 km/h	260 l	150 kg	€ 3.999
	5	Babboe Transporter-E	60 km	25 km/h	200 l	200 kg	€ 1.950
	4	Riese und Müller Load Light	190 km	25 km/h	200 l	150 kg	€ 4.999
	0	Cyclopolitan Cyclocargo	50 km	25 km/h	300 l	250 kg	€ 7.590
	1	Veloform Cargoüber	90 km	25 km/h	1000 l	270 kg	€ 11.888
	0				0 l		€ -
	0				0 l		€ -
	0				0 l		€ -



ZURÜCK

Elektrobasierete urbane Logistiksysteme -  WEITER  
**Exceltool**

Elektro-Nutzfahrzeuge							
Fahrzeug- details	Bitte Anzahl wählen	Fahrzeug	Reichweite max.	Höchstgeschwindig- keit elektrisch	Ladevolumen*	Zuladung*	Preis
	2	Iveco Electric Daily	130 km	70 km/h	17,2 m³	2640 kg	€ 100.000
	2	Streetscooter	80 km	85 km/h	4,3 m³	650 kg	€ 5.000
	1	E-Force	350 km	87 km/h	40 m³	10000 kg	€ 200.000
	0				0 m³		€ -
	0				0 m³		€ -
	0				0 m³		€ -
	0				0 m³		€ -
	0				0 m³		€ -
	0				0 m³		€ -



ZURÜCK

Elektrobasierete urbane Logistiksysteme -  WEITER  
**Exceltool**

Elektroroller							
Fahrzeug- details	Bitte Anzahl wählen	Fahrzeug	Reichweite max.	Höchstgeschwindig- keit elektrisch	Ladevolumen*	Zuladung*	Preis
	3	iO Scooter King Kong	140 km	72 km/h	150 l	180 kg	€ 9.000
	3	Govecs GO1	70 km	72 km/h	200 l	60 kg	€ 7.690
	1	BMW C Evolution	100 km	120 km/h	200 l	180 kg	€ 15.000
	0				0 l		€ -
	0				0 l		€ -
	0				0 l		€ -
	0				0 l		€ -
	0				0 l		€ -
	0				0 l		€ -



ZURÜCK

ZURÜCK  **Elektrobasierte urbane Logistiksysteme -**  
**Exceltool**  WEITER

## Gesamte Daten - Auswertung

Gewähltes Grundmodell		Modell Ausbaustufe neu
<b>Gewählte Informationssysteme und Kosten</b>		
Basissysteme	Ja	€ 20.000
Dispositionssysteme	Ja	€ 15.000
Kundenorientierte Systeme	Ja	€ 8.000
Verkehrsinformationssysteme	Ja	€ 36.000
<b>Gesamtkosten Informationssysteme</b>		<b>€ 79.000</b>
<b>Hub - Eingabedaten</b>		
Volumenzustrom / Tag	Angabe in m <sup>3</sup>	120
Grundstückserweiterung gesamt	Angabe in m <sup>2</sup>	3700
Grundstückskosten gesamt		€ 121.700
Einsatzradius der Fahrzeuge vom Hub	Angabe in Kilometern	9 km
Gesamte Baukosten Hub-Umbau / Neubau		€ 1.525.000
<b>Gesamtkosten Huberweiterung</b>		<b>€ 1.646.700</b>
<b>Anzahl gewählter Fahrzeuge</b>		
Anzahl Fahrzeuge gesamt		45
Anzahl Elektrofahräder		15
Anzahl Elektroroller		7
Anzahl Elektroautos		18
Anzahl Elektro-Nutzfahrzeuge		5
<b>Kosten gewählter Fahrzeuge</b>		
Kosten Elektrofahräder		€ 61.629
Kosten Elektroroller		€ 65.070
Kosten Elektroautos		€ 367.140
Kosten Elektro-Nutzfahrzeuge		€ 410.000
<b>Gesamtkosten Fuhrpark</b>		<b>€ 903.839</b>
<b>Gesamtkosten</b>		
<b>Gesamtkosten des gewählten Modells inkl. aller Komponenten</b>		<b>€ 2.629.539</b>
<b>Soll - Ist Vergleich theoretisch transportierendes Volumen</b>		
SOLL transportierendes Volumen / Tag [m <sup>3</sup> ]		120
IST theoretisch max. transportierbares Volumen Elektrofahräder / Tag [m <sup>3</sup> ]		4,1
IST theoretisch max. transportierbares Volumen Elektroroller / Tag [m <sup>3</sup> ]		1,25
IST theoretisch max. transportierbares Volumen Elektroautos / Tag [m <sup>3</sup> ]		73,1
IST theoretisch max. transportierbares Volumen Elektro-Nutzfahrzeuge / Tag [m <sup>3</sup> ]		83
Differenz SOLL - IST Volumen [m <sup>3</sup> ]		41,45

