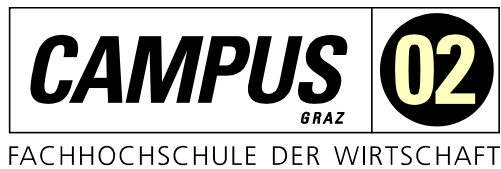


# MASTERARBEIT

## MOBILITY AS A SERVICE

Einflussfaktoren auf die Navigationsführung von E-Mobility-Fahrzeugen

ausgeführt am



Studiengang

Informationstechnologien und Wirtschaftsinformatik

Von: Peter Rauch

Personenkennzeichen: 15103200017

Graz, am 01. Dezember 2016

.....  
Unterschrift

## **EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG**

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt und die benutzten Quellen wörtlich zitiert sowie inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

.....

Unterschrift

## **DANKSAGUNG**

Als erstes möchte ich mich an dieser Stelle bei jenen Menschen bedanken, die mich für diese Masterarbeit inspiriert, motiviert und unterstützt haben.

Ein ganz besonderer Dank gilt Frau Dr. Pergler Elisabeth, die mich und meine Arbeit betreut hat. Durch ihre kritischen Hinterfragungen und wichtigen Hinweisen hat sie mich dazu gebracht, über den Tellerrand hinauszublicken.

## KURZFASSUNG

Diese Arbeit befasst sich mit dem Thema der Elektromobilität und welche Einflussfaktoren auf die Navigationsführung einwirken. Durch die steigenden Rohölpreise steigen auch die Preise für Diesel und Benzin, welche für den Antrieb eines konventionellen Kraftfahrzeuges benötigt werden. Deshalb sind neue Technologien gefordert, um einerseits den Endkunden zufriedenstellen zu können, aber auch den technisch-technologischen Anforderungen und verschärften Umweltstandards gerecht zu werden.

Um dieser Anforderungsentwicklung gerecht zu werden und etwas entgegengesetzten zu können, sind neue Denkweisen und neue Technologien notwendig, die auf den Verbrennungsprozess in einem Kraftfahrzeugmotor verzichten können. Die Elektromobilität bietet hier einen hinreichenden Ansatz, um in diese Richtung weiter entwickeln zu können. Um diesen Weg einschlagen zu können, muss hierfür auch die erforderliche Infrastruktur aufgebaut werden, wodurch Lademöglichkeiten für Elektrofahrzeuge geschaffen werden, welche vom Prinzip mit herkömmlichen Tankstellen gleichzusetzen sind.

Die neuen Technologien und der damit einhergehende Energieverbrauch im Fahrzeug, führt auch zu neuen Anforderungen an Navigationssysteme. Diese müssen Faktoren wie Batteriekapazität, Energieverbrauch und die damit einhergehende Restreichweite in Kombination mit Örtlichkeiten der Ladestationen berücksichtigen, berechnen und anzeigen. Zusätzlich wirken Attribute wie Geländesteigung und Heizung des Fahrzeugs im Winter auf den Energieverbrauch des Elektrofahrzeuges ein.

Um die speziellen Anforderungen und Bedürfnisse für Navigationssysteme in Elektrofahrzeugen zu erheben, wurde eine Onlineumfrage gestartet. Durch eine Onlineumfrage kann auf einfachem und schnellem Weg eine große Gruppe von Personen adressiert und befragt werden.

Auf Basis der Ergebnisse der Onlineumfrage, wurde eine Fahrradroute erstellt, die auf die speziellen Situationen von Geländeänderungen abgestimmt worden ist. Simulierte Unterbrechungen von 40 Minuten stellten jeweils eine Ladesituation dar. Die Unterbrechung fand hierbei an verschiedenen Stellen mit unterschiedlichen Ausprägungen statt. Dadurch wurde ermittelt, welche Bedürfnisse die Personen an den unterschiedlichen Stationen haben und wie sich der Gemütszustand durch die unterschiedlichen Gegebenheiten Vorort gestaltet und beeinflussen lässt.

Neue Technologien, wie es die Elektromobilität darstellt, stellen die Gesellschaft vor neue Herausforderungen. Die Infrastruktur muss aufgebaut werden, die Energieversorgung muss sichergestellt werden und die Akzeptanz beim Benutzer gefördert werden.

## **ABSTRACT**

This thesis deals with the topic of electromobility and the factors that influence navigation systems.

To handle this phenomenon, new technologies are needed which can replace the conventional combustion process in a motor vehicle. Electromobility could be an approach in this direction. If we are to go in this direction, the necessary infrastructure for loading must be established.

Electromobility technology places new demands on navigation systems. The navigation systems must be able to monitor the present battery level, as well as how much of the capacity the vehicle has used. Another important navigation system factor for electromobility is the terrain slope, since increasing gradient means that more energy is needed.

About the literature recourse the main points for electromobility was found out. This contains the requirements for the loading infrastructure and also the requirements for a navigation system for electromobility vehicles. But the infrastructure is not everything. It is also important, where the infrastructure is placed. An online survey was conducted to determine the specific requirements and needs for navigation systems in electronic vehicle which people have. This survey provided the base for a bicycle experiment in which 12 people did a bicycle test ride to determine the needs of people using electronic bicycles to travel. One main point was to simulate the loading time of 40 minutes for the battery and what the people would be doing while the battery is loading. The loading phase was simulated in different situations/places and with different activities close to the simulated loading station.

New technologies, such as electromobility, present new challenges for the society. The infrastructure must be set up, the energy supply must be ensured and the user's acceptance have to be encouraged.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>9</b>
1.1	Fragestellung .....	10
1.2	Methoden .....	10
1.3	Aufbau der Arbeit .....	11
<b>2</b>	<b>AUSWIRKUNGEN DER E-MOBILITY AUF DEN TOURISMUS</b> .....	<b>12</b>
2.1	Elemente der E-Mobility .....	13
2.1.1	Raum .....	14
2.1.2	Mobilität .....	14
2.1.3	Energie .....	14
2.1.3.1	Berechnungsformeln .....	15
2.1.3.1.1	Ladeleistung .....	15
2.1.3.1.2	Ladezeit .....	16
2.1.3.1.3	Reichweite .....	16
2.1.3.2	Vergleichsdaten .....	16
2.1.3.3	Berechnungsbeispiel .....	17
2.1.4	Infrastruktur .....	19
2.1.4.1	Client-Anwendungen .....	20
2.1.4.2	Serversystem .....	20
2.1.4.3	Ladestation .....	20
2.1.4.3.1	Aufstellungsorte .....	21
2.1.5	Fahrzeuge .....	22
2.1.5.1	E-Bike .....	22
2.1.5.1	E-Moped / E-Leichtmotorräder .....	23
2.1.5.1	E- Auto .....	24
2.1.6	NutzerInnen .....	24
2.2	Morphologischer Kasten der Infrastruktur .....	26
2.3	Aktivitäten in der Freizeit .....	27
2.3.1	Kulturtourismus .....	28
2.3.2	Nachhaltige Mobilität .....	28
2.3.3	Umsetzungsbeispiel .....	29
2.4	Zusammenspiel von E-Mobility und Freizeit .....	29
2.4.1	Ökologische Effekte .....	29

2.4.1.1. Direkte und indirekte Emissionen .....	31
2.4.1.2. Ökologische Ladestrategie .....	32
2.4.2 Ökonomische Effekte .....	32
2.4.2.1. Businessmodel for Zero Emission Cars .....	32
2.4.2.2. Lokalisierung und Reservierung .....	33
2.4.2.3. Batterietauschsysteme .....	33
2.4.3 Konzepte für den Tourismus .....	33
2.4.3.1. Fun-Fahrzeuge .....	33
2.4.3.2. Car-Sharing .....	33
2.4.3.3. Elektrofahrräder .....	34
<b>3 EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE E-MOBILITÄT .....</b>	<b>35</b>
3.1 Geografisch .....	36
3.1.1 Landschaftsgebilde .....	36
3.1.1.1. Berge .....	36
3.1.1.2. Flüsse .....	36
3.1.1.3. Seen .....	36
3.1.1.4. Täler .....	37
3.1.2 Ballungszentren .....	37
3.1.3 Ländlicher Raum .....	38
3.2 Kulturell .....	39
3.3 Tourismus .....	40
<b>4 SPEZIELLE NAVIGATIONSFÜHRUNG FÜR E-MOBILITY-FAHRZEUGE IN TOURISTENREGIONEN .....</b>	<b>41</b>
4.1 Routeneigenschaften .....	41
4.2 Elemente der Navigationseinheit .....	42
4.2.1 Userinterface .....	42
4.2.2 Datenbank .....	43
4.2.1 Positionierung .....	44
4.2.1 Map-Matching .....	44
4.2.2 Routenberechnung .....	45
4.2.3 Zielführung .....	45
4.2.4 Kommunikation über Funk .....	45
4.3 E-Fahrzeug-Navigation .....	45

<b>5</b>	<b>GEBILDETE HYPOTHESEN .....</b>	<b>47</b>
5.1	Hypothese 1 .....	47
5.2	Hypothese 2 .....	47
5.3	Hypothese 3 .....	47
5.4	Hypothese 4 .....	48
<b>6</b>	<b>PRAKTISCHE ANALYSE .....</b>	<b>49</b>
6.1	Umfrage .....	49
6.1.1	Zielgruppe .....	49
6.1.2	Fragebogaufbau .....	49
6.1.2.1	Allgemeiner Teil .....	49
6.1.2.2	Anschaffung eines Kfz und dessen Nutzung .....	50
6.1.2.3	E-Fahrzeug .....	50
6.1.2.4	E-Bike .....	51
6.1.2.5	Navigationssystem .....	51
6.1.3	Auswertung .....	51
6.1.3.1	Block: Allgemeiner Teil .....	51
6.1.3.2	Block: Anschaffung eines Kfz und dessen Nutzung .....	55
6.1.3.3	Block: E-Fahrzeug .....	58
6.1.3.4	Block: E-Bike .....	61
6.1.3.5	Block: Navigationssystem .....	62
6.1.4	Ergebnisanalyse .....	65
6.2	Feldversuch mit Beobachtung .....	66
6.2.1	Situationsdarstellung .....	66
6.2.1.1	Abschnitt 1 .....	66
6.2.1.2	Abschnitt 2 .....	68
6.2.1.3	Abschnitt 3 .....	69
6.2.1.4	Abschnitt 4 .....	70
6.2.1.5	Abschnitt 5 .....	71
6.2.1.1	Abschnitt 6 .....	72
6.2.2	Interpretation der Ergebnisse .....	73
<b>7</b>	<b>ERGEBNIS .....</b>	<b>74</b>
7.1	Hypothesenüberprüfung .....	74
7.1.1	Hypothese 1 .....	74



7.1.2	Hypothese 2.....	74
7.1.3	Hypothese 3.....	75
7.1.4	Hypothese 4.....	76
7.2	Forschungsfrage.....	77
7.2.1	Geografische Konstellationen.....	77
7.2.2	Kulturelle Konstellationen.....	77
7.2.3	Assets für Navigationsalgorithmus.....	77
<b>8</b>	<b>MOBILITY AS A SERVICE.....</b>	<b>78</b>
8.1	Begriffserklärung.....	78
8.2	Vehicle to Grid.....	78
8.3	Ausblick.....	79
<b>9</b>	<b>REFLEXION UND CONCLUSIO.....</b>	<b>81</b>
	<b>ANHANG A - UMFRAGE, ALLGEMEIN.....</b>	<b>83</b>
	<b>ANHANG B - UMFRAGE, FAHRZEUGNUTZUNG.....</b>	<b>85</b>
	<b>ANHANG C - UMFRAGE, E-BIKE.....</b>	<b>86</b>
	<b>ANHANG D - UMFRAGE, NAVIGATION.....</b>	<b>87</b>
	<b>ANHANG E - UMFRAGE, ANREGUNG.....</b>	<b>89</b>
	<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>90</b>
	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>91</b>
	<b>TABELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>93</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>94</b>

# 1 EINLEITUNG

*„Once reality conquers over illusion, it's time to wake up.“*

*(Najadi)*

Steigenden Preise für Rohöl und in diesem Zusammenhang auch die Steigerung der Treibstoffpreise für konventionelle Kraftfahrzeuge, treiben die Forschung in Richtung alternative Energiequellen. Die Elektromobilität und die damit verbundene Nutzung von E-Fahrzeugen rückt dadurch immer mehr in den Vordergrund in unserer Gesellschaft. Durch den Gebrauch von E-Fahrzeugen wird der CO<sub>2</sub>-Ausstoß deutlich verringert und ein maßgeblicher Beitrag zum Umweltschutz geleistet.

Im Gegensatz zu Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren benötigen E-Mobility-Fahrzeuge keine Tankstellen mit dem Angebot von Verbrennungstreibstoffen, sondern Elektrotankstellen, mit denen die Fahrzeugakkumulatoren geladen werden können. Das Betanken eines Kraftfahrzeuges mit Verbrennungsmotor dauert in der Regel nur wenige Minuten. E-Fahrzeuge benötigen hingegen deutlich mehr Zeit, um die Akkumulatoren wieder zu laden. Ladezeiten reichen von 20 Minuten bis zu mehreren Stunden (je nach Ladestrom und Steckertyp).

Aktuell weisen die Akkumulatoren für E-Fahrzeuge noch nicht die benötigte Kapazität auf, um in der Reichweitenbilanz mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren mithalten zu können. Um dies zu kompensieren, ist daher ein flächendeckendes Netz von Elektrotankstellen mit einer intelligenten Navigation zu diesen Ladestationen notwendig.

Das angestrebte Ziel von vielen Tourismusregionen mit CO<sub>2</sub>-Neutralität kann durch die zur Verfügungsstellung von E-Fahrzeugen leichter erreicht werden. Damit diese angenommen werden, muss aber die nötige Infrastruktur vorhanden sein, um ein optimales Vorankommen zu ermöglichen.

Durch den Einsatz von E-Bikes, welche auch E-Ladestationen benötigen (abhängig vom Ladestecker), kann die Reichweite eines E-Bikes nutzenden Touristen in einer Region erweitert werden, ohne dass dieser ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor in Betrieb nehmen muss oder darauf angewiesen ist.

Die meisten Navigationssysteme berechnen eine Route von A nach B, ohne auf etwaige notwendige Zwischenstopps einzugehen. Durch einen optimierten Algorithmus, welcher die speziellen Anforderungen von E-Fahrzeugen berücksichtigt und auch auf die Zwischenstoppwünsche der User eingeht, kann die Attraktivität von E-Fahrzeugen gesteigert werden.

Die IKT (Informations- und Kommunikationstechnik) für den Transport von Personen und auch von unterschiedlichen Waren, ist ein komplexes Themenfeld, welche durch die Kombination von verschiedenen Technologien aus unterschiedlichen Bereichen (Verkehrssegmente,

Mobilitätsanbieter, etc.) erschwert wird. Fahrzeugsensoren erfassen immer mehr Daten, welche im Fahrzeug bzw. durch die Kommunikation zu anderen Fahrzeugen oder zu einer zentralen Stelle ausgewertet werden (VDE, 2015, p. 5).

## 1.1 Fragestellung

Das Ziel der Arbeit ist es, anhand einer Literaturrecherche die benötigten Komponenten für eine Infrastruktur zu ermitteln und ein intelligentes System zu konzipieren, welches den Nutzer eines E-Fahrzeuges zu seinem Ziel bringt, ohne unnötig Zeit zu verschwenden.

Um die erforderlichen Anforderungen an einen Algorithmus zu erheben und mit der Literatur zu überprüfen, muss eine Befragung bzw. ein Anwendungsexperiment im Bereich E-Mobility durchgeführt werden.

Zwei wichtige Punkte, die es zu beachten gilt, sind die geografischen und kulturellen Gegebenheiten, welche das Landschaftsbild beeinflussen. Diese beiden landschaftsprägenden Bereiche fließen in die Evaluierung mit ein.

Als geografische Gegebenheiten sind Landschaftsgebilde wie Berge, Flüsse, Täler gemeint, welche durch die Natur im Laufe der Zeit von selbst entstanden sind. Kulturelle Gegebenheiten sind im Gegensatz zu den geografischen Landschaftsgebilden von Menschen erschaffen. Unter diesem Begriff fallen Bauwerke, Denkmäler, Straßenverläufe, etc.

Die sich aus der Fragestellung ergebende Forschungsfrage lautet wie folgt:

*„Durch welche geografischen und kulturellen Konstellationen kann die Routenwahl für E-Mobility-Fahrzeugnutzer (im speziellen E-Bike-Nutzer) gesteuert / beeinflusst werden und welche Bedeutung haben diese Assets für einen Navigationsalgorithmus.“*

## 1.2 Methoden

Um die Forschungsfrage zu beantworten, werden zwei verschiedene Methoden eingesetzt.

Für die erste Methode wird ein Onlineumfragebogen erstellt, welcher die Bedürfnisse und Wünsche von Personen, in Bezug auf Routengenerierung erheben soll. Dieser Onlineumfragebogen wird über verschiedene Medien publiziert, um eine möglichst hohe Rücklaufquote zu erlangen.

Die zweite Methode inkludiert ein Experiment, bei dem Probanden eine Radtour mit und ohne E-Bike durchführen. Bei diesem Experiment werden Szenarien von E-Bike-Situationen, wie zum Beispiel das Laden nach einer Bergfahrt und die damit verbundene Wartezeit, nachgestellt und das Verhalten der Probanden dokumentiert.

### **1.3 Aufbau der Arbeit**

Die Arbeit teilt sich in 9 Kapitel, wobei das Kapitel 1 die grundlegende Fragestellung der Arbeit, die Methoden und den Umfang absteckt.

Kapitel 2 stellt die Theorie der E-Mobility dar, welche Komponenten zusammenwirken und zusammenwirken müssen, um zu einem attraktiven Angebot an Services zu bekommen.

Kapitel 3 befasst sich mit den Einflussfaktoren auf die Elektromobilität. Hier wird darauf eingegangen, ob Ballungszentren, ländliche Gebiete oder auch kulturelle Gegebenheiten Einfluss auf eine Routenführung haben.

Aus den in Kapitel 3 gewonnenen Erkenntnissen werden in Kapitel 4 die speziellen Anforderungen / Bedürfnisse und Unterscheidungen zur herkömmlichen Navigationsführung ermittelt.

Die daraus entstehenden Hypothesen werden in Kapitel 5 dargestellt und erläutert.

Das Kapitel 6 nimmt die Erstellung des Fragebogens und dessen Auswertung sowie das Experiment mit einer Radfahrgruppe auf. Die Ergebnisse der Umfrage und des Experimentes werden in Kapitel 7 aufgezeigt.

Zum Abschluss der Arbeit wird auf das Schlagwort „Mobility as a Service (MaaS)“ eingegangen.

Im letzten Kapitel erfolgt eine Reflexion und Darstellung, ob das Ziel der Arbeit erreicht wurde.

## 2 AUSWIRKUNGEN DER E-MOBILITY AUF DEN TOURISMUS

Die Reduktion von Fahrzeugemissionen und die effiziente Nutzung von Energie in Kombination mit innovativen komfortablen Funktionen ist das Ziel der Elektro-Mobilität. Die elektrischen Antriebskonzepte leisten einen großen Beitrag zu den globalen Zielen der Emissionsreduktion und dem damit verbundenen priorisierten Klimaschutz. Die Verstädterung (Urbanisierung) vieler Gebiete und die damit einhergehende Gestaltung der Ballungszentren ist ein wesentlicher Faktor, der auf den Klimaschutz einwirkt. Elektrofahrzeuge weisen keinen direkten CO<sub>2</sub>-Ausstoß auf und sind daher für den Umweltschutz unabdingbar.

Ein positiver, aber auch negativer, Effekt von E-Fahrzeugen ist, dass sie nahezu keine Abwärme produzieren, die abgeführt werden muss. Die eingesetzte Energie wird zu 90 Prozent in Leistung umgesetzt. Der negative Effekt in diesem Szenario ist, dass im Winter für die Heizung im Elektrofahrzeug extra Energie benötigt wird, die die Fahrstrecke pro Akkuladung weiter verkürzt.

Wenige Jahre nachdem das erste Kraftfahrzeug mit einem Ottomotor über die Straßen rollte (1886), wurde ein Elektroauto vorgestellt. Das erste wirkliche Kraftfahrzeug mit Elektroantrieb wurde von der "Coburger Maschinenfabrik A. Flocken" im Jahr 1888 vorgestellt. In den Anfängen der Kraftfahrzeugmobilität waren Verbrennungsmotoren, Dampfwagen und Elektroautos gleich auf. Durch die begrenzte Reichweite von 14 bis 26 Kilometern, konnte sich das Elektroauto über ein Jahrhundert nicht weiter durchsetzen (Lang, 2012).

Die Daten der Statistik Austria bezüglich des Elektro-Kfz-Bestandes in Österreich von 1960 bis 2015 zeigen eine deutliche Zunahme der E-Fahrzeuge ab dem Jahr 2010. In absoluten Zahlen ist die Anzahl von 5032 E-Fahrzeugen ein geringer Anteil zu den 6.545.818 gemeldeten Kfz in Österreich. Ein Trend hin zum E-Fahrzeug ist aber deutlich erkennbar.

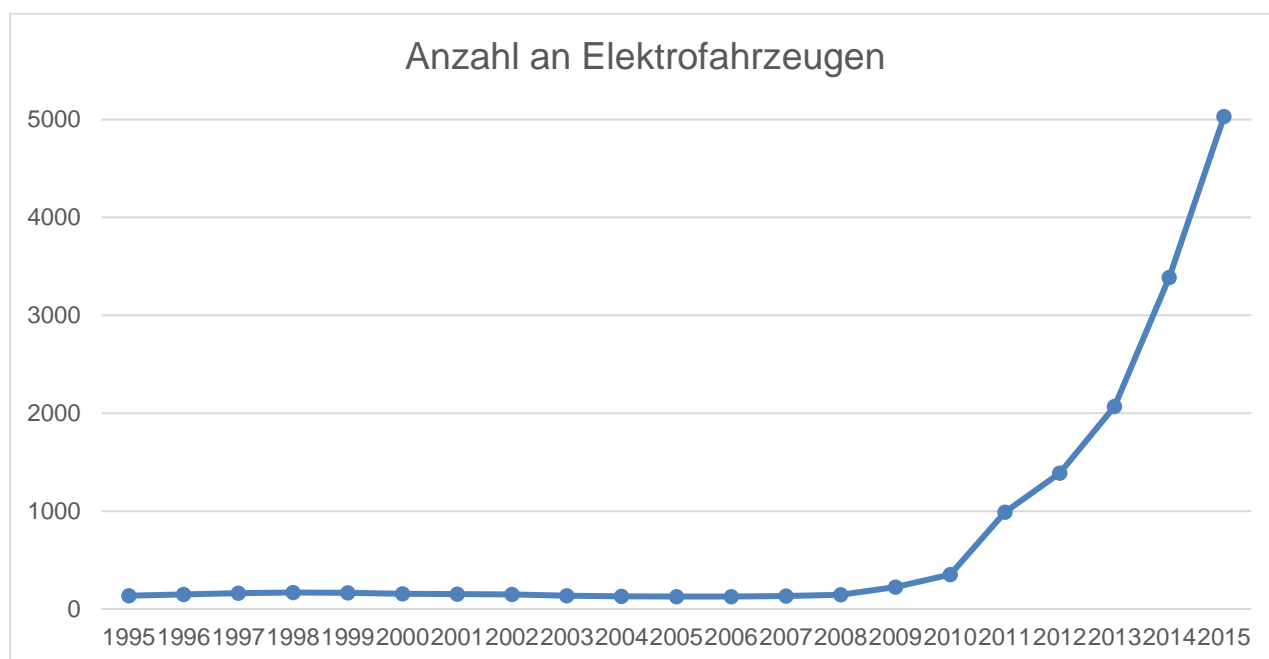


Abbildung 1: Anzahl der Elektrofahrzeuge von 1960 bis 2015

Quelle: Statistik Austria Kfz-Bestand 1960 bis 2015

Ein Elektrofahrzeug und konventionelle Fahrzeuge mit Verbrennungstechnologien benötigen Energie, um einen kinetischen Energiestrom zu erzeugen, welcher das Fahrzeug in die gewünschte Richtung bewegt. Diese Energie kann aus erschöpflichen (Erdölvorkommen) oder unerschöpflichen Quellen (Sonnenenergie) entspringen. Der Unterschied zwischen konventionellen Fahrzeugen (Verbrennung von Kraftstoff) und Elektrofahrzeugen liegt darin, dass die Energie bei Elektrofahrzeugen nicht direkt im Fahrzeug produziert wird, sondern extern erzeugt wird und über Akkumulatoren im Fahrzeug zwischengespeichert wird (Yay, 2010, pp. 41–43).

## 2.1 Elemente der E-Mobility

Bei der E-Mobility sind die Punkte Mobilitätsverhalten, Nutzung der Energie, die Rolle der Region (Raum), Anforderungen an das Fahrzeug / Infrastruktur und die charakteristischen Eigenschaften der Nutzer und Nutzerinnen von Bedeutung.

Das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie hat eine Grafik herausgegeben, welche diese Punkte grafisch mit Zusammenhängen darstellen soll.

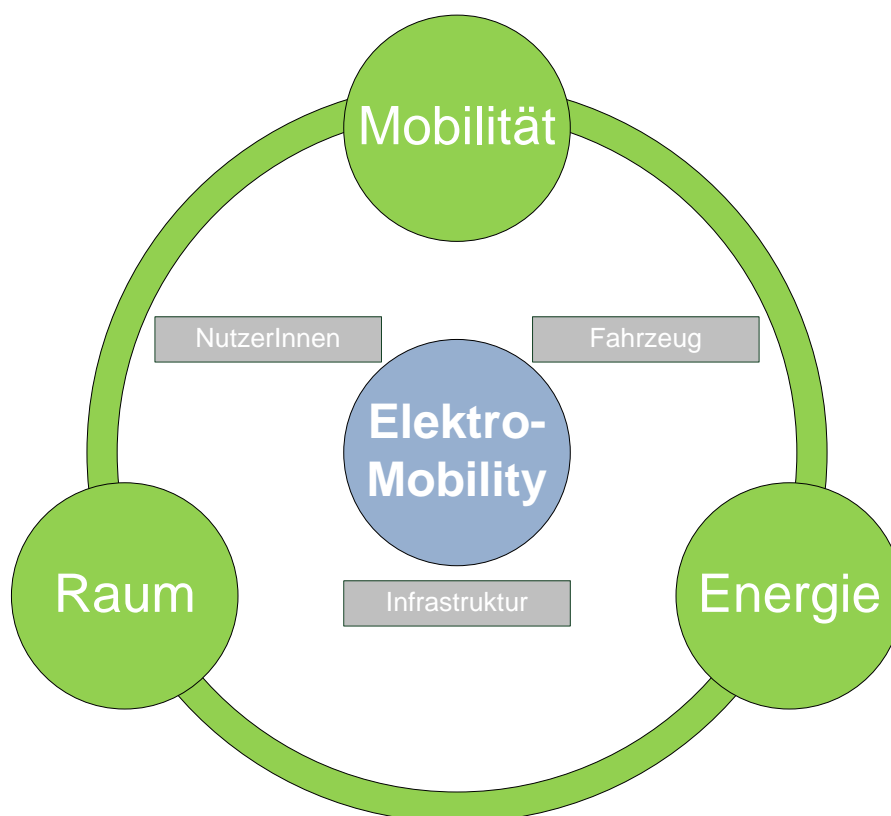


Abbildung 2: Elemente der E-Mobility

in Anlehnung an Abbildung: Modell Elektromobilität für Österreich (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), 2010, p. 36)

Die drei großen Punkte Raum (siehe 2.1.1), Mobilität (siehe 2.1.2) und Energie (siehe 2.1.3) sind sehr stark voneinander abhängig. Ist ein Punkt nicht passend ausgebaut, wirkt sich das negativ auf das gesamte System der Elektromobilität aus.

### **2.1.1 Raum**

Elektrofahrzeuge erzeugen Chancen und Herausforderungen für Siedlungs-, Wirtschafts- und Erholungsräume, weil diese Fahrzeuge eine Verbesserung für die Umwelt und für die Lebensqualität bringen. Potenzial bietet die Elektromobilität im Nahverkehr, wenn die dafür notwendige Infrastruktur entsprechend ausgebaut ist (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), 2010, pp. 33–34).

Großes Potenzial für die Elektromobilität ergibt sich im urbanen Raum. Simulationen haben ergeben, dass 29 Prozent der Wege von Elektrofahrzeugen durchgeführt werden können. Dies hätte nicht nur die Reduktion von CO<sub>2</sub>-Ausstößen im städtischen Raum zur Folge, sondern auch eine Senkung des Lärmpotenziales. Wenn die Wege in einem Radius von 10 Kilometern mit dem Fahrrad / Elektrofahrrad durchgeführt werden, könnte der Ausstoß von CO<sub>2</sub> sogar um 45 Prozent gesenkt werden (Schmidt, Jansen, Wehmeyer, & Garde, 2013, p. 32).

### **2.1.2 Mobilität**

Der Begriff „Mobilität“ lässt sich aus dem lat. „mobilitas“ ableiten und bedeutet Beweglichkeit. Mit Beweglichkeit ist nicht nur die Änderung der räumlichen Position gemeint, sondern es schließt auch die soziale Mobilität mit Interaktionen zu anderen Menschen ein.

Jede Person hat ein individuelles Verhalten in Bezug auf Mobilität. Dieses Verhalten wird durch das Umfeld und durch die regionalen Gegebenheiten geprägt. Durch die Einführung von Elektromobilität können neue Geschäftsmodelle wie Car-Sharing neugestaltet und eingeführt werden. Zusätzlich wird die Möglichkeit geboten, sich nachhaltig und umweltbewusster fortzubewegen und auf Kraftstoffverbrennung zu verzichten. Damit sich die neuen Geschäftsmodelle durchsetzen können, müssen diese einen Mehrwert in Bezug auf Kosten und Nutzen mit sich bringen (Mader & Mader, 2011, p. 7).

### **2.1.3 Energie**

Ein elektrischer Antriebsstrang mit der Reduktion von direkten Emissionen auf „Null“, ist das Grundziel eines Elektrofahrzeuges. Die Energieversorgung muss flächendeckend gegeben sein, um dies zu bewerkstelligen. Eine CO<sub>2</sub> neutrale Energieproduktion ist ein wichtiger und nachhaltiger Ansatzpunkt für die Annahme der Elektrofahrzeuge beim Endnutzer (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), 2010).

Um den Energieverbrauch von Elektrofahrzeugen darstellen zu können, wird der Verbrauch der Energie über mathematische Formeln gebildet.

### 2.1.3.1. Berechnungsformeln

Um die verschiedenen Angaben verstehen zu können, ist es wichtig zu wissen, wie diese berechnet werden und welche Auswirkung die Änderung eines Berechnungsfaktors haben kann.

#### 2.1.3.1.1. Ladeleistung

Für die Berechnung der Ladeleistung gibt es 3 verschiedene Berechnungsmöglichkeiten, die jeweils von der Strominfrastruktur abhängig sind.

##### Einphasenwechselstrom

*Tabelle 1: Berechnung Einphasenwechselstrom*

Ladeleistung = Phasen \* Spannung \* Stromstärke

Bsp.:

Ladeleistung (3,68 kW) = Phasen (1) \* Spannung (230 V) \* Stromstärke (16 A)

##### Dreiphasenwechselstrom in Sternschaltung

*Tabelle 2: Berechnung Dreiphasenwechselstrom in Sternschaltung*

Ladeleistung = Phasen \* Spannung \* Stromstärke

Bsp.:

Ladeleistung (22,08 kW) = Phasen (3) \* Spannung (230 V) \* Stromstärke (32 A)

##### Dreiphasenwechselstrom in Dreieckschaltung

*Tabelle 3: Berechnung Dreiphasenwechselstrom in Dreieckschaltung*

Ladeleistung = Wurzel (3) \* Spannung \* Stromstärke

Bsp.:

Ladeleistung (22,17 kW) = Wurzel (3) \* Spannung (400 V) \* Stromstärke (32 A)

Die Einphasenwechselstromberechnung wird bei herkömmlichen Haushaltssteckdosen (Schuko-Steckdosen) herangezogen. Die Stern- und Dreiecksschaltung wird verwendet, um für die Ladung des Fahrzeugakkumulators mehrere Wechselstromphasen und höhere Spannungen für den Ladeprozess verwenden zu können.



### 2.1.3.1.2. Ladezeit

Die Ladezeit wird berechnet, in dem die Batteriekapazität durch die Ladeleistung dividiert wird.

Tabelle 4: Berechnung Ladezeit

$\text{Ladezeit} = \text{Batteriekapazität} / \text{Ladeleistung}$ <p>Bsp.:</p> $\text{Ladezeit (3,86 h)} = \text{Batteriekapazität (85 kWh)} / \text{Ladeleistung (22 kW)}$
--

### 2.1.3.1.3. Reichweite

Ein bedeutender Faktor bei der Auswahl eines Elektrofahrzeuges ist die Reichweite. Die angeführte Formel ist für die theoretische Reichweite ausgelegt. Bei der Reichweite haben Faktoren wie das Geländeprofil, Aerodynamik des Fahrzeuges, Witterung, etc. Einfluss.

Tabelle 5: Berechnung Reichweite

$\text{Reichweite} = \text{Batteriekapazität} / \text{Energieverbrauch} * 100$ <p>Bsp.:</p> $\text{Reichweite (469,61 km)} = \text{Batteriekapazität (85 kWh)} / \text{Energieverbrauch (18,1 kWh / 100 km)} * 100$
---

Bei aktuell verfügbaren Elektrofahrzeugen wird für den Verbrauch die theoretische Reichweite angegeben. Die praktische (echte) und deutlich geringere Reichweite lässt sich über Erfahrungsberichte und Fahrttests ermitteln.

### 2.1.3.2. Vergleichsdaten

Durch die im Abschnitt 2.1.3.1 dargestellten Formeln, ergeben sich folgende Werte für eine Ladedauer einer Batterie mit 20 kWh.

Tabelle 6: technologische Optionen für Ladestationen

<b>Parameter</b>	<b>Wechselstrom</b>	<b>Gleichstrom</b>	<b>Gleichstrom</b>
		<b>Dreieckschaltung</b>	<b>Sternschaltung</b>
<i>Ladeleistung</i>	3,7 kW	19 kW	103 kW
<i>Spannungsebene</i>	230 V	400 V	400 V
<i>Stromstärke</i>	16 A	16 A	150 A
<i>Ladedauer bei 20 kWh Batterie</i>	5,4 Stunden	1,05 Stunden	11,6 min

Aus der Tabelle 6 geht hervor, dass je nach eingesetzter Technologie unterschiedliche Möglichkeiten des Ladungsvorganges und der damit verbundenen Ladezeit möglich sind.

Die Stadt Graz startete im Jahr 2016 ein Pilotprojekt mit vier Bussen mit Elektroantrieb, deren Akkumulatoren durch eine Induktionsschleife bei den Haltestationen in 20 Sekunden aufgeladen werden sollen. Die aufgenommene Leistung soll für ca. sieben Kilometer reichen. Von der Holding Graz wird das Ziel einer Reduktion der fossilen Antriebe um 80 Prozent bis 2030 angestrebt. Das bringt eine enorme CO<sub>2</sub>-Einsparung mit sich (Schmidt, 2015).

### 2.1.3.3. Berechnungsbeispiel

Für das Berechnungsbeispiel werden die Grunddaten eines namhaften Akkumulatoren-Herstellers für E-Bikes herangezogen. Es wird das E-Bike Macina Lycan des Herstellers KTM betrachtet. Der Akku für das E-Bike ist ein Produkt der Firma Bosch, welcher auch bei anderen Herstellern und Modellen zum Einsatz kommt.

Die angegebene Akkuenergie bzw. Akkukapazität beträgt 500 Wh. Das bedeutet, der Akku hat eine Kapazität, um eine Energie von 500 Watt über eine Stunde abgeben zu können.

#### Ladeleistung

Zur Berechnung der Ladeleistung wird die Leistungsabgabe einer herkömmlichen Haushaltssteckdose mit 230 V herangezogen. Eine Haushaltssteckdose ist im Normalfall mit einer Absicherung von 10 A versehen. Die jeweilige Absicherung kann unterschiedlich sein, auch 16 A sind zur Absicherung möglich. Die Ladeleistung und die Ladezeit ist vom maximal zulässigen Ladestrom abhängig. Nach Herstellerangaben, werden die Akkumulatoren mit 2 A bis 4 A geladen.

*Tabelle 7: Berechnungsbeispiel Ladeleistung*

```
Ladeleistung = Phasen * Spannung * Stromstärke  
Ladeleistung = 1 * 230 * 2  
  
Ladeleistung = 460 W
```

#### Ladezeit

*Tabelle 8: Berechnungsbeispiel Ladezeit*

```
Ladezeit = Batteriekapazität / Ladeleistung  
Ladezeit = 500 Wh / 460 W  
  
Ladezeit = 1,09 h
```

Die Berechnung der Ladezeit ergibt eine theoretische Ladedauer von ca. 1,09 h. Nach Herstellerangaben nimmt das 100-prozentige Laden eines Akkumulators 2,5 Stunden in

Anspruch. Die Gesamtladedauer von 2,5 Stunden wurde von Herrn Bachmann von der Firma KTM bestätigt.

Der Unterschied zur theoretischen Ladedauer lässt sich damit begründen, dass nicht ständig die benötigten 2 A Ladestrom konsumiert werden, da aufgrund von anderen Netzteilnehmern, der Strom entsprechend aufgeteilt wird. Die 2,5 h entsprechen in etwa einem Ladestrom von 1 A. Nach ca. 60 Minuten ist der Akkumulator zu 50 Prozent aufgeladen.

### Reichweite

$$\text{Reichweite} = \text{Batteriekapazität} / \text{Energieverbrauch} * 100$$

$$\text{Reichweite} = 0,5 \text{ kWh} / 0,3 \text{ kWh/km} * 100 \text{ km}$$

$$\text{Reichweite} = 166,66 \text{ km}$$

Die errechnete Reichweite deckt sich mit den Angaben des Herstellers für normales Radfahren, auf einer ebenen Fahrstrecke, ohne zusätzliche Steigungen.

Da die Wartezeit während des Ladens ein wesentlicher Faktor für die Akzeptanz von E-Fahrzeugen ist, wird im Zuge einer Feldbeobachtung (Abschnitt 0) eine Ladezeit von 40 Minuten simuliert, da eine Wartezeit während des Radfahrens von 2,5 Stunden unzumutbar wäre.

### 2.1.4 Infrastruktur

Die Infrastruktur für E-Mobility ist eine Kombination von verschiedenen Technologien und Bereichen. Grundlegend können aber 3 große Bereiche voneinander unterschieden werden. Diese sind die Client-Anwendungen, das Serversystem und die Ladeeinheit.

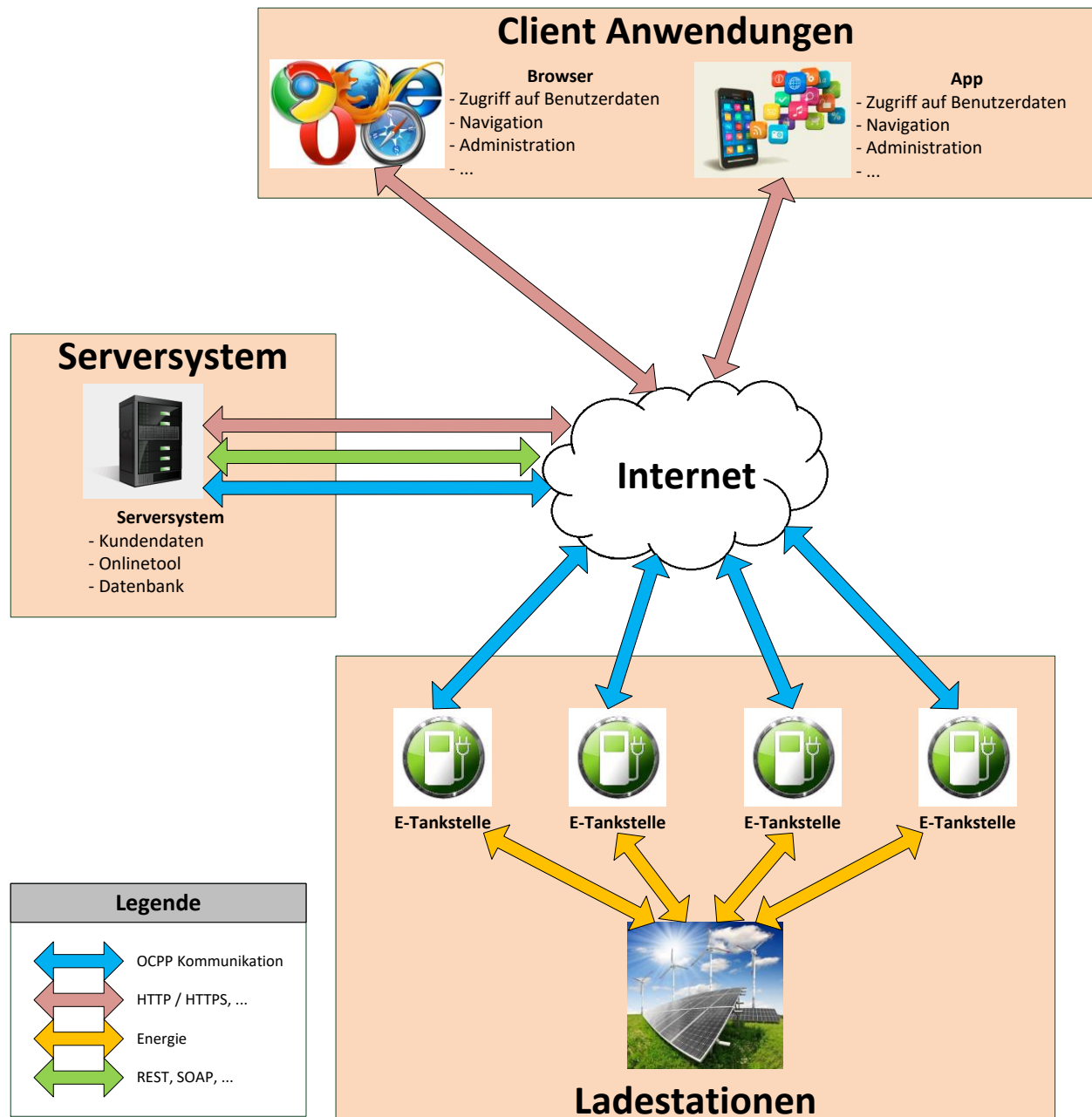


Abbildung 3: Infrastruktur

Durch die Kombination der drei Bereiche und die Nutzung von standardisierten Protokollen für die Kommunikation untereinander, kann ein System erstellt werden, welches skalierfähig und offen für eine Vergrößerung durch verschiedene Anbieter der drei Bereiche ist.

### 2.1.4.1. Client-Anwendungen

Die Client-Anwendungen müssen auf verschiedenen Plattformen zur Verfügung stehen. Als Browser-Applikation und / oder als Applikation für mobile Endgeräte.

### 2.1.4.2. Serversystem

Die Serversysteme müssen mit enormen Datenmengen umgehen und diese auswerten können. Sie müssen Kundendaten verwalten und Zahlungstransaktionen gesichert abwickeln können.

### 2.1.4.3. Ladestation

Elektrofahrzeugnutzer wollen ihr Fahrzeug zu 95 Prozent bei der Arbeitsstätte oder zu Hause laden. Eine Infrastruktur für Ladenetze ist zwar vorhanden, jedoch nicht ausreichend verbreitet (VDE).

Grundsätzlich kann das Laden in 2 Bereiche unterteilt werden.

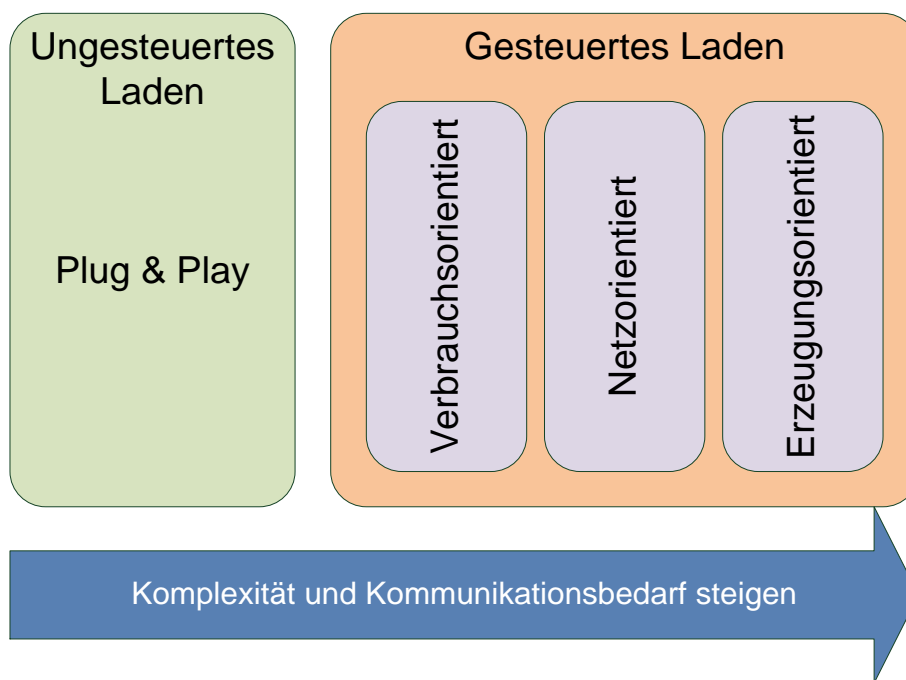


Abbildung 4: Ladestrategien

in Anlehnung an Abbildung 5, Grobstrukturierung der Ladestrategien von Elektrofahrzeugen (Leitinger, Schuster, & Litzlbauer, 2010, p. 6)

#### Ungesteuertes Laden

Beim ungesteuerten Laden des Akkus wird das Fahrzeug nach der Fahrt an die Ladestation angeschlossen und die Ladung beginnt unverzüglich und unregelt. Dabei wird keine Rücksicht auf etwaige Spitzenauslastungen des Stromnetzes genommen (Leitinger et al., 2010, p. 6).

## **Gesteuertes Laden**

Das gesteuerte Laden nimmt je nach Ausführungsform, Rücksicht auf die Netzauslastung und es wird versucht, den Energieladevorgang auf netzschwache Auslastungszeiten zu verschieben. Um dies zu realisieren, ist ein hohes Maß an Kommunikation zwischen den einzelnen Einheiten notwendig. Um dies zentral aus den Stationen der Energielieferanten zu managen, sind standardisierte Kommunikationsprotokolle notwendig. Diese ermöglichen sämtlichen Anbietern die Zuschaltung zum System (Leitinger et al., 2010, p. 6).

### **2.1.4.3.1. Aufstellungsorte**

Ein wesentlicher Punkt für die Nutzung der Ladeinfrastruktur sind die gewählten Aufstellungsorte der Ladeeinheiten. Diese müssen an wichtigen Punkten für die Konsumenten errichtet und zur Verfügung gestellt werden.

#### **Aufladung zu Hause**

Als ein möglicher Aufstellungsort von Ladestationen für Elektroautos ist das eigene Heim. Hier kann das Fahrzeug während der Nacht über mehrere Stunden geladen werden. Zu beachten ist hier aber, dass es in den Abendstunden zu Spitzen im Energieverbrauch kommt (z. B. E-Herdbetrieb, etc.). Die Ladestationen sollten daher über ein intelligentes Lademanagement verfügen, welches die Ladungen während des Low-Level-Energieverbrauches durchführt (Stigler, Gutschi, Nischler, Süßenbacher, & Otzasek, 2010, p. 33).

#### **Aufladung am Arbeitsplatz**

Die zweite Möglichkeit eines Ladepunktes ist in der Nähe des Arbeitsplatzes. Es ist davon auszugehen, dass angestellte Personen sich über einen längeren Zeitraum (durchschnittlich 8 Stunden) am Arbeitsplatz aufhalten. Da die Ladung während Lastspitzen am Energienetz erfolgen kann, ist ein intelligentes Lademanagementsystem empfehlenswert (Stigler et al., 2010).

#### **Aufladung an öffentlichen Plätzen**

Eine weitere Möglichkeit für Ladestationen ist an öffentlichen Plätzen. Unter öffentlichen Plätzen sind Einkaufszentren, Kinos, Theatern, Restaurants oder andere Freizeitstätten zu verstehen. Die Aufenthaltsdauer an diesen Punkten ist im Vergleich zu den zwei zuvor genannten Plätzen eher gering, daher ist eine schnellere Ladung der Akkumulatoren notwendig. Eine sogenannte Schnellladung wirkt sich aber negativ auf die Lebensdauer der Akkumulatoren aus (Stigler et al., 2010).

Das Netz von Ladestationen muss so konzipiert werden, dass eine Fahrt z. B. von Klagenfurt nach Wien ohne zusätzlichen Umweg gefahren werden kann. In Fahrpausen (wie Zigarette rauchen, Kaffee trinken, etc.) muss es eine Möglichkeit geben, dass Fahrzeug effektiv und schnell zu laden.

A1 Telekom Austria verfolgt im Sinne von Ladestationen eine Wiederverwertungsschiene von Telefonzellen. Dabei können Personen ihre Elektrofahrzeuge an den öffentlich zugänglichen

Ladestationen kostenlos aufladen (in der Pilotphase). Diese Telefonzellen werden nicht nur für Telefonate genutzt, sondern dienen als "Multimedia-Station", in denen Informationen über Restaurants, Apotheken, etc. bereitgestellt werden. Da Telefonzellen in Österreich sehr verbreitet und an zentralen Punkten angesiedelt sind, eignen sie sich optimal als Stromquelle (Danrea-Böhm, 2016).

### **2.1.5 Fahrzeuge**

Elektrofahrzeuge genießen in der Öffentlichkeit ein hohes Ansehen und weisen ein immer größer werdendes Marktpotenzial und Marktangebot auf. Laufend etablieren sich neue Marken und Modelle am Markt und verändern dadurch den Preisspiegel zu Gunsten der Konsumenten.

Neben den bekannten batteriebetriebenen Personenkraftfahrzeugen, umfasst die Elektromobilitätsflotte Zweiräder, öffentliche Verkehrsmittel wie Busse, Nutzmotoren und leichtgewichtige Transporter für den Tourismus.

Dabei werden diese Fahrzeuge durch einen oder mehrere Elektromotoren angetrieben. Die für den Antrieb notwendige Energie wird in Akkumulatoren gespeichert, welche über das Stromnetz geladen werden. Der Motor kann in Radnabenform (Motor sitzt direkt am Rad) ausgeführt werden. Dadurch fällt der klassische Antriebsstrang und der damit verbundene Platz- und Gewichtsbedarf weg. Weniger vorteilhaft bei den Akkumulatoren ist das aktuell noch hohe Gewicht der einzelnen Akkuzellen.

Elektrofahrzeuge haben den großen Vorteil, dass die aufgewendete Energie für die Erzeugung des linearen Antriebs fast keine Verluste mit sich bringt. Die bei Verbrennungsmotoren bekannten Kaltstartprobleme sind nicht von Belang. Zudem sind Elektromotoren leichter, günstiger in der Anschaffung und die Aufwendungen für Instandhaltung und Wartung halten sich in Grenzen.

Der Nachteil liegt bei den hohen Anschaffungskosten der Akkumulatoren. Zudem haben diese eine begrenzte Lebensdauer und erhöhen somit die Betriebskosten enorm.

#### **2.1.5.1. E-Bike**

Durch das große Thema der Elektromobilität erlangen die E-Fahrräder immer mehr an Bedeutung im öffentlichen Straßenverkehr. Für E-Fahrräder gibt es unterschiedliche Bezeichnungen (E-Bike, Pedelecs, etc.). Die Namensgebung hat jedoch keinen Einfluss auf die verkehrsrechtliche Einstufung, da es aktuell keine einheitliche Bezeichnung in der EU gibt.

Bei einem E-Bike unterstützt ein Elektromotor den Radfahrer beim Übertragen der durch eine Rotationsbewegung erzeugten kinetischen Energie in eine lineare Fortbewegung. Zur Speicherung der Hilfsenergie werden Akkumulatoren eingesetzt.

Die benötigte Infrastruktur für Fahrräder und E-Bikes ist sehr vielfältig. Es können spezielle für den Radverkehr errichtete Verkehrsführungen genutzt werden. Durch die Gesetzgebung ist es aber auch möglich, das Fahrrad im Mischverkehr mit Kraftfahrzeugen und Fußgängern zu betreiben.

Der Vorteil eines E-Bikes liegt darin, dass ein motorisiertes Verkehrsmittel mit relativ günstigen Anschaffungskosten ohne Führerschein bzw. Versicherung betrieben werden kann. Sie haben einen geringen Energieverbrauch und je nach Auslegung, können Fitnesseffekte erzielt werden. Ein Beispiel für die Nutzung von E-Bikes ist China. Hier wurden im Jahr 2004 und 2005, dreimal so viele E-Zweiräder wie PKWs verkauft (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), 2009, pp. 30–32).

### 2.1.5.1. E-Moped / E-Leichtmotorräder

E-Mopeds sind eine günstige Alternative für den innerstädtischen Bereich, um energieeffizient voranzukommen. Sie sind um einiges günstiger als Pkws in der Anschaffung und verfügen über einen geringen Stromverbrauch. Nachteil dieser Fahrzeuge ist die noch geringe Reichweite von unter 100 Kilometern (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), 2009).

In Österreich wurden von 2006 bis 2014 5549 E-Mopeds und E-Leichtmotorräder neu zugelassen.

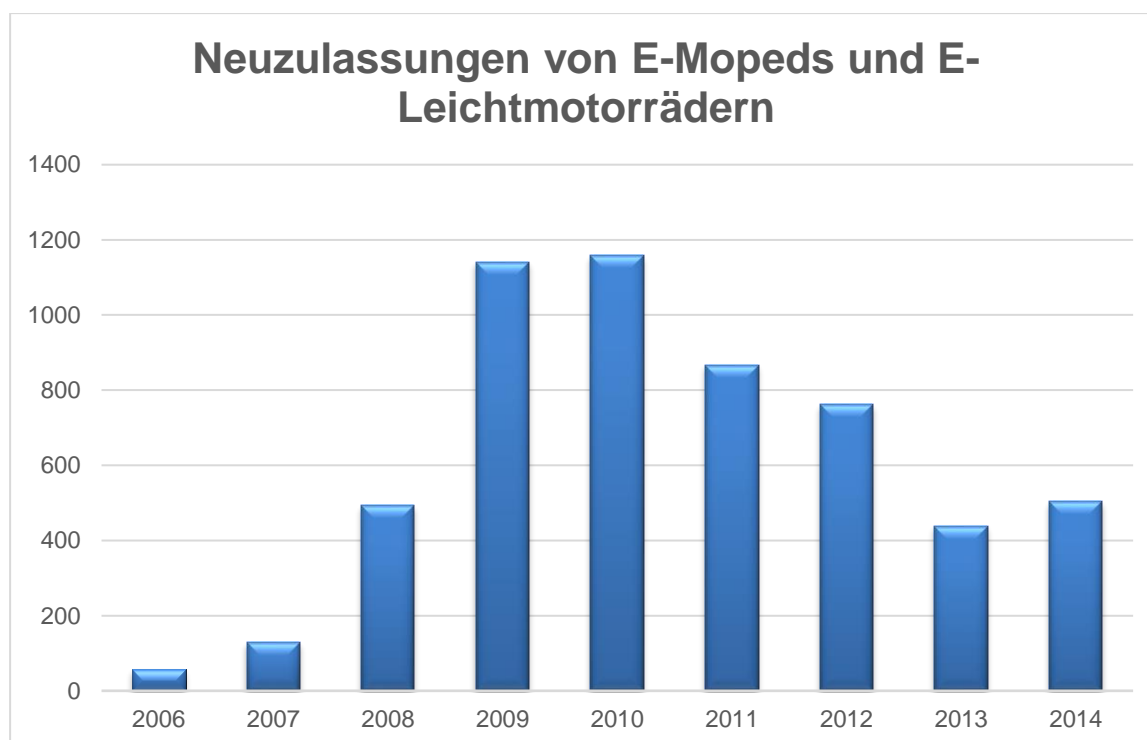


Abbildung 5: Neuzulassungen von E-Mopeds und E-Leichtmotorrädern in Österreich, Quelle: (Statista, 2016)

Einen bemerkenswerten Anstieg der Zulassungen gab es von 2008 auf 2009. Die Neuanmeldungen stiegen hier in einem Jahr um mehr als 100 %. Da E-Mopeds und E-Leichtmotorräder kaum Motorgeräusche und keine Abgase produzieren, sind diese Fahrzeuge vor allem in städtischen Gebiet beliebt.



### 2.1.5.1. E- Auto

Der Elektromotor eines E-Pkws ist einfacher aufgebaut, als traditionelle Verbrennungsmotoren und sie sind zudem mindestens um das Dreifache effizienter. Es werden zu dem weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen und Schadstoffe produziert. Der Marktanteil an Elektroautos ist in Österreich noch gering, steigt aber zunehmend mit dem Ausbau der Ladeinfrastruktur (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), 2009, pp. 40–41).

Die Antriebsenergie wird dabei wie beim herkömmlichen Verbrennungskraftfahrzeug über einen zentralen Antriebsstrang oder direkt über eine Antriebseinheit an den Rädern betrieben. Durch die Positionierung einer Antriebseinheit an den Rädern, ergibt sich der zusätzliche positive Nebeneffekt, dass die Antriebseinheit auch als Generator zur Stromerzeugung und zur Bremsunterstützung eingesetzt werden kann.

### 2.1.6 NutzerInnen

Das Fahrrad und das E-Bike finden zunehmend Einzug in die Verkehrsmittel der Gesellschaft. Sie werden nicht nur mehr als Sport- und Freizeitgerät verwendet, sondern immer mehr zur Bewältigung der alltäglichen Wege herangezogen. Dies kann aus der Abbildung 6 entnommen werden.

Durchweg über 50 Prozent der Befragten sind der Meinung, dass sich das E-Bike für Alltagswege, Freizeitwege, Weg zum Arbeitsplatz und für den Zubringer zu den öffentlichen Verkehrsmitteln anbietet.

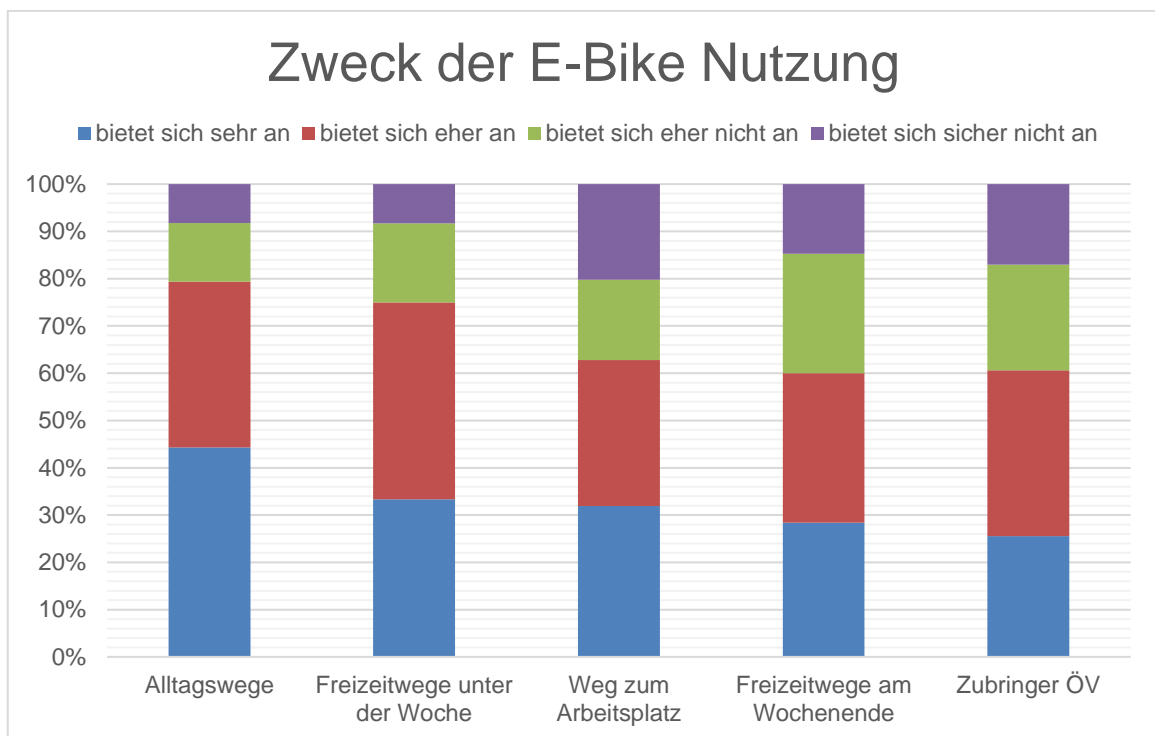


Abbildung 6: Zweck der E-Bike-Nutzung

Quelle: BMVIT / Herry Consult, 2012; Chaloupka-Risser et al., 2011

Zu beachten ist auch, dass die Nutzung eines Fahrrades oder eines E-Fahrrades mit der zurückzulegenden Entfernung abnimmt. Liegt der Hang zur Fahrradnutzung bei einer Wegstrecke von 1 bis 3 km noch bei 30 Prozent, so fällt der Prozentsatz bei einer Wegstrecke von 5 bis 10 km auf 18 Prozent (Abbildung 7).

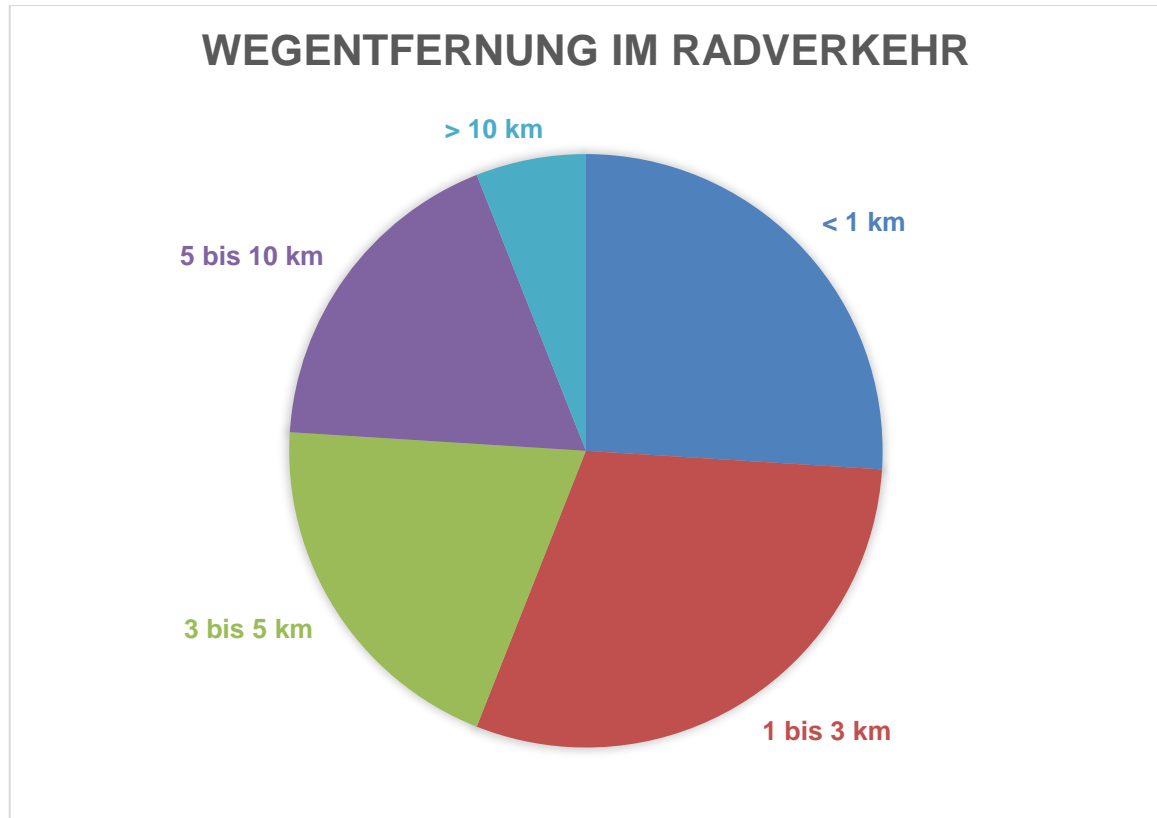


Abbildung 7: Wegentfernung im Radverkehr (Quelle: Stadtentwicklung Wien, 2011)

Bei den privaten Nutzern von Elektrofahrzeugen ist die überwiegende Mehrheit (89 Prozent) männlich und im Durchschnitt 51 Jahre alt. Die Altersspanne der Anwender reicht von 19 bis 94 Jahren. Dies zeigt auf, dass die Elektromobilität sowohl bei jüngeren als auch bei älteren Personen ein wichtiges Thema und akzeptiert ist. Der Vergleich zu herkömmlichen Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren zeigt auf, dass der Altersdurchschnitt in etwa gleich ist, jedoch der Anteil an Frauen mit ca. 45 Prozent den Männern gleich zu setzen ist.

50 Prozent der Elektrofahrzeughalter haben einen Abschluss an einer Hochschule. Knapp dreiviertel der E-Fahrzeughalter gehen einer Vollerwerbstätigkeit nach und haben ein Monatseinkommen zwischen 2.000 Euro und 4.000 Euro.

Die Elektrofahrzeugnutzer leben überwiegend in zwei bzw. vier oder mehr Personenhaushalten in einem Einfamilienhaus und verfügen über eine Lademöglichkeit im eigenen Haus. Dabei leben sie vorwiegend in kleinen und mittleren Städten (Frenzel, Jarass, Trommer, & Lenz, 2015, pp. 23–25).

Durch eine stärkere Nutzung von Elektrofahrrädern würden die städtischen Straßen und auch Stellplätze erheblich entlastet werden. Der Weg für eine Priorisierung des Rad- und des öffentlichen Verkehrs wäre möglich. Der Ausbau von Ladenetzen und die Einführung von Services kann dazu beitragen, dass der Ausbau und die Akzeptanz erhöht wird. Eine steuerliche Begünstigung und Zuschüsse bei der Anschaffung erhöhen die Akzeptanz nochmals (Schmidt et al., 2013, pp. 32–33).

## 2.2 Morphologischer Kasten der Infrastruktur

Durch die verschiedenen Möglichkeiten, die es im Bereich der Infrastruktur für die Ladetätigkeit gibt, wird eine endliche Kombination an Lademöglichkeiten angeboten. Die Ladeinfrastruktur hat einen großen Einfluss, da sie den Netzanbieter und das Elektrofahrzeug miteinander verbindet. Durch einen Morphologischen Kasten lassen sich die einzelnen Attribute leicht und verständlich darstellen (Kley, 2011, pp. 11–13).

Merkmal	Gestaltungsmöglichkeiten			
Art der Versorgungseinrichtung	Konduktiv (Kabelgebunden)	Induktiv (Kabellos)		Batteriewechsel
Art der Zugänglichkeit	Privat		Halböffentlich (Arbeitgeber)	Öffentlich
Anschlussleistung	1-phasig	3-phasig	Hochleistungswechselstrom	Hochleistungs-gleichstrom
Anschlussart	Unidirektional		Bidirektional	
Informationsfluss	Keiner		Unidirektional	Bidirektional
Informationsverarbeitung	day ahead		intra day	real time
Betreiber der Beladeinfrastruktur	Privat	Staat	Energieversorgungsunternehmen	unabhängiger Anbieter
Art der Abrechnung	keine		Fixed Rate	Pay per Use
Zählwerterfassung	keine		an der Ladestation	im Fahrzeug

Abbildung 8: Morphologischer Kasten der Infrastruktur, in Anlehnung an Abbildung 2: Morphologischer Kasten zur Beladeinfrastruktur (Kley, 2011, p. 12)

Die verschiedenen Varianten der Ausführungsformen bieten die Möglichkeit, neue Geschäftsmodelle und Dienstleistungen aufzusetzen und anzubieten.

## 2.3 Aktivitäten in der Freizeit

In der Freizeit möchten viele Personen einer Aktivität nachgehen und die Umgebung erkunden. Besonders im Urlaub wird dieser Freizeitbetätigung gerne nachgegangen.

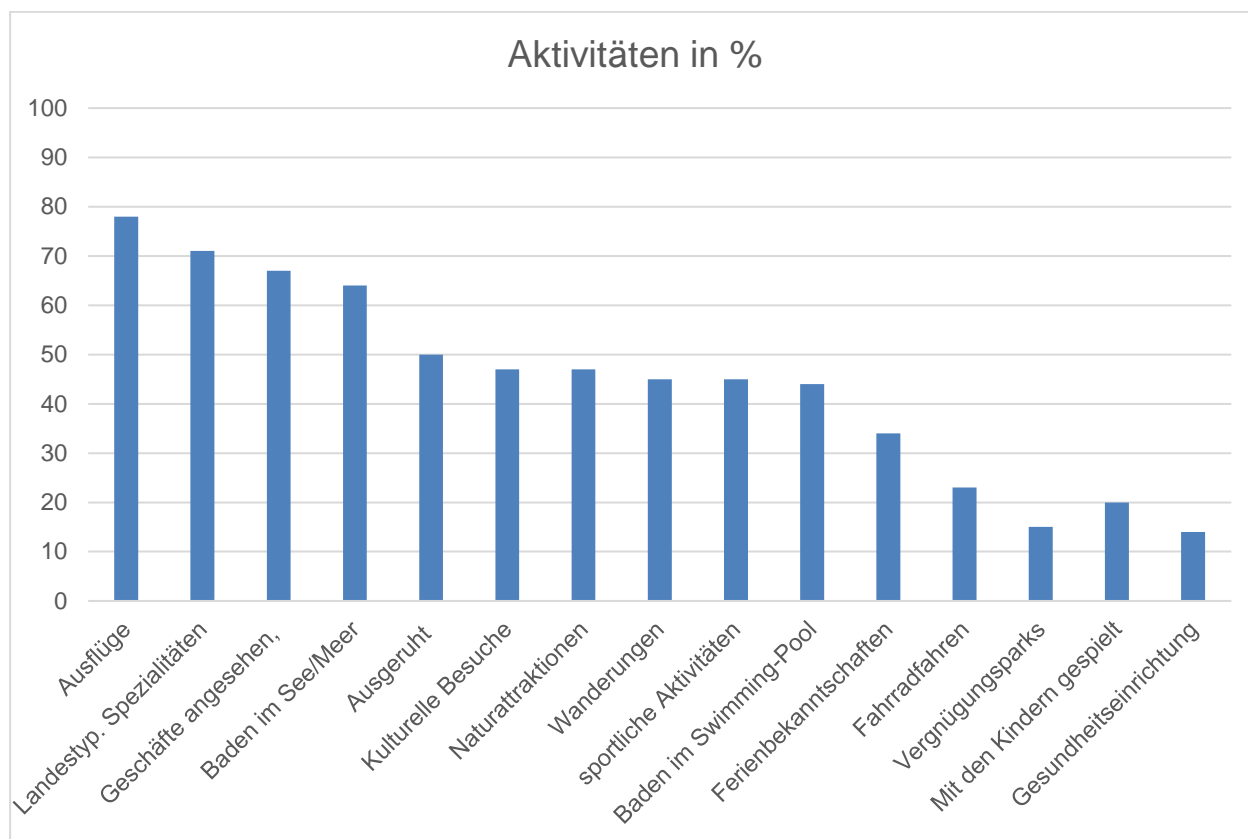


Abbildung 9: Urlaubsaktivitäten (Quelle: FUR2014)

Eine Studie der „FUR Forschungsgemeinschaft Urlaub und Reisen e.V.“ hat durch eine Untersuchung auf das Aktivitätsverhalten von Touristen im Urlaub herausgefunden, dass 78 % der Touristen "Ausflüge in die Umgebung" machen (FUR Forschungsgemeinschaft Urlaub und Reisen e.V., 2014).

Die Art und Weise, wie gereist wird und wie das Angebot am Urlaubsziel genutzt wird, entwickelt sich ständig weiter. Nachhaltigkeit und Umweltschonung werden immer beliebter.

Im Hinblick auf die ökologischen Dimensionen der Art zu Reisen, ist ersichtlich, dass bei Natur-, Kultur-, Erlebnis- und bei Studienreisen, ein großer Fokus auf die ökologische Verträglichkeit, Ressourcenschonung und das Umweltbewusstsein gelegt wird. Bei Reisezielen in Mitteleuropa, allen voran Deutschland und Österreich, wird auf diese Punkte ein sehr großes Augenmerk gelegt. Natur erleben als aktiver Punkt steht im Vordergrund (FUR Forschungsgemeinschaft Urlaub und Reisen e.V., 2014, pp. 37–39).

Durch eine Kombination von regionalen, angebotenen Aktivitäten, wie Ausflüge in die Umgebung und Besuche bei verschiedenen regionalen Gastronomiebetrieben in Kombination mit dem Fahrrad, kann die Nachfrage für die Region deutlich erhöht werden.

### **2.3.1 Kulturtourismus**

Der Kulturtourismus ist eine schonende Nutzung von kulturhistorischen Elementen und Relikten mit der ordnungsgemäßen Pflege der Wahrzeichen und historischen Überlassungen. Das Ziel ist es, das Verständnis für die Eigenart und den Eigenwert der jeweiligen spezifischen Region aufzuzeigen und darzulegen. Um die jeweilige Region den Besuchern näher zu bringen, werden "Erlebnisse" geschaffen, welche als Dreh- und Angelpunkt des Werbeangebotes dienen. Es wird versucht, eine "Sensation" (das unerhörte, einmalige Ereignis) zu schaffen. Im Idealfall sind diese "Sensationen" in einer Region verteilt angeordnet und ermöglichen den Besucher, das Gebiet kennen und schätzen zu lernen (Heinze, 2009, pp. 119–122).

Der Kulturtourismus hat daher einen großen Einfluss auf die ausgewählten Ziele von Touristen.

Kultur und Freizeit, Kultur und Ökonomie lassen sich mittlerweile kaum noch voneinander trennen. Die sozioökonomischen Veränderungen haben zudem die Basis für einen sozialen Wandel gelegt, welcher die soziokulturellen Rahmenbedingungen und somit die auf den Wertesystemen beruhenden Wahrnehmungsebene von Kultur neu definiert. Das Kulturverständnis wird damit in hohem Maße beeinflusst (Friedrich, 2009, pp. 35–36).

Durch den technischen Fortschritt, ist eine stärkere Vernetzung der Mobilität möglich. Die Vernetzung von verschiedenen Infrastrukturen und die genutzten Fahrzeuge steigern die Bedeutung der Informationstechnologie (Köberl, 2013).

### **2.3.2 Nachhaltige Mobilität**

Durch eine bessere Kenntnis der Reisebedürfnisse von Touristen und durch eine optimale Abstimmung der Fahrpläne und weiteren alternativen Angeboten, kann eine nachhaltige Mobilität geschaffen werden. Durch Car- oder Ridesharing, kann die Optimierung vorangetrieben werden. Gäste der Touristenregionen sehen das Zusammenspiel der multimodalen Mobilitätslösungen als Ferienerlebnis an. Zusätzlich bewegen sich Touristen (insbesondere in ländlichen bzw. naturgeprägten Regionen) gerne umweltfreundlich und werten die Angebote alternativer Mobilitätsmöglichkeiten als Komfortbonus auf. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine einfache Nutzungsmöglichkeit des Angebotes, sowie das Zusammenspiel der verschiedenen Angebote in einer zentralisierten Lösung.

Durch das Aufzeigen der verschiedenen Mobilitätsangebote im Urlaubsort, wird der Gast in der Wahl seines Anreisefahrzeuges beeinflusst. Wenn im Urlaubsort Fahrräder zur Verfügung stehen, muss nicht das eigene Fahrrad mitgenommen werden. Der Stress und der benötigte Platzbedarf werden reduziert.

Eine nachhaltige Nutzung der Mobilität in Tourismusregionen betrifft Reisende, Betriebe, Verbände in den Regionen, Gemeinden, Länder und den Bund. Nur durch eine gemeinsame Planung und Abstimmung über den Ausbau und die Nutzung des Mobilitätsangebotes, kann ein Erfolg erreicht werden (Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, 2014, pp. 19–20).

### **2.3.3 Umsetzungsbeispiel**

Im Südburgenland wurde ein E-Mobility-Projekt im Bereich E-Bike erfolgreich umgesetzt und etabliert. Es stehen seit 2011 90 Fahrräder, sieben Fahrradverleihstationen und ein rund 800 Kilometer langes und beschildertes Radwanderwegnetz zur Verfügung. Die angebotenen zielgruppenorientierten Packages (Jugendliche, Senioren, etc.) werden ständig weiterentwickelt und neue Partner hinzugezogen (Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, 2014, p. 60).

## **2.4 Zusammenspiel von E-Mobility und Freizeit**

Die Mobilität ist eine Grundvoraussetzung für den Großteil an beruflichen Tätigkeiten und für den Urlaub. Die verschiedenen Anreisemöglichkeiten (Motorrad, Pkw, Bus, Bahn, etc.) haben dabei Einfluss auf die Wahl des Verkehrsmittels.

### **2.4.1 Ökologische Effekte**

Die Treibhausgas-Emissionen sind ein großes Problem in der Gesellschaft. Im Sinne des Klimaschutzes bedarf es einer drastischen Verminderung dieser Emissionen. Deutschland hat sich das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2050, den Treibhausgasausstoß auf nahezu Null zu senken. Um dieses Ziel erreichen zu können, ist eine radikale Änderung des Energiegewinnungskonzeptes und eine damit einhergehende Änderung des Technologiefokusses in Richtung erneuerbare Energie notwendig. Im Verkehrssektor kann durch Dekarbonisierung (Umstellung der Energiewirtschaft in einen niedrigen Einsatz von Kohlenstoff) hierzu wesentlich beigetragen werden.

Für eine nachhaltige Nutzung von Elektro-Kfz ist nicht nur die Vermeidung der Verbrennung von fossilen Brennstoffen für die Energiegewinnung interessant, sondern auch die Erzeugung des Stromes für E-Fahrzeuge. Durch die unterschiedlichen Möglichkeiten der Energiegewinnung (siehe Abbildung 10) wird auch eine unterschiedlich hohe Anzahl an Emissionen erzeugt. Betrachtet man die Abbildung 10, so fällt auf, dass Kohlekraftwerke eine deutlich höhere Produktion an Emissionen aufweisen, als im Vergleich dazu Photovoltaik, Windparks oder auch Atomkraftwerke (Zimmer et al., 2011, 28, 29).

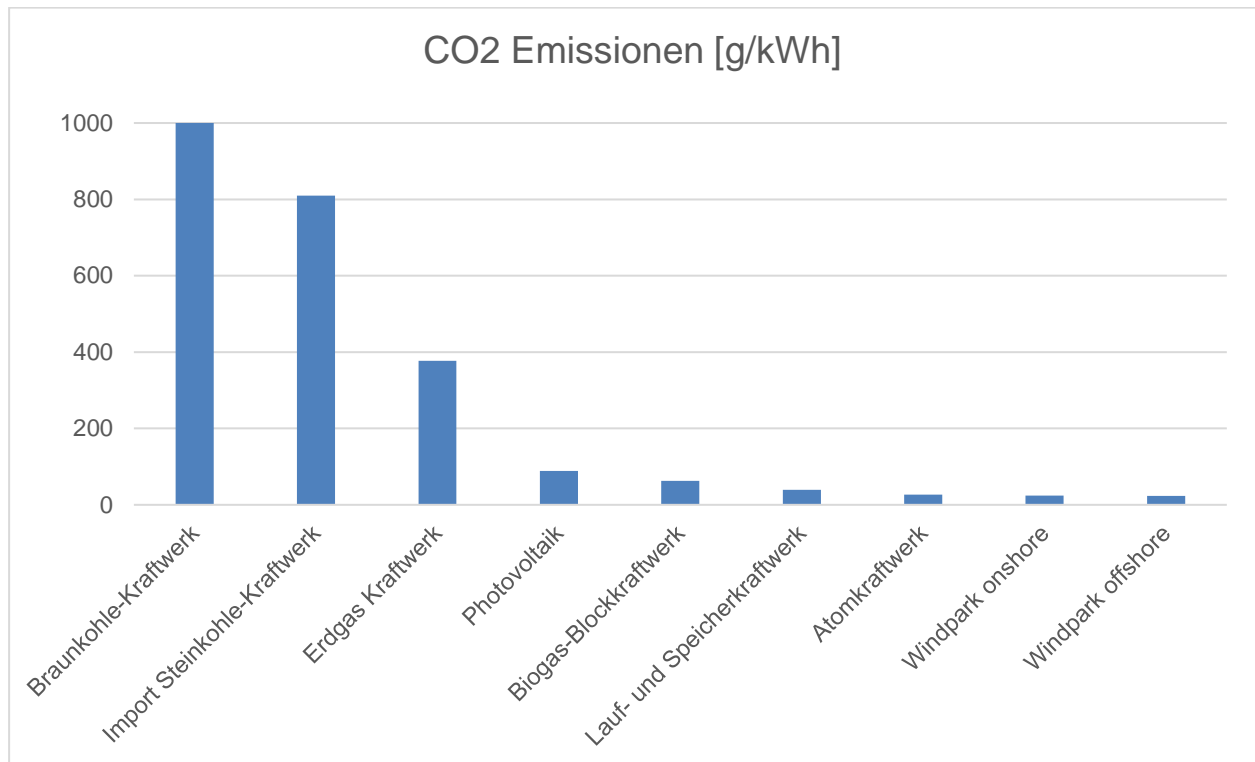


Abbildung 10: CO2 Emissionen verschiedener Stromerzeuger, (Zimmer et al., 2011)

Die Bedürfnisse der Bevölkerung nach einer individuellen unabhängigen Mobilität dürfen aber nicht vernachlässigt werden. Für den Verkehrssektor bedeutet dies, dass alternative Antriebskonzepte realisiert werden müssen (Hacker et al., 2011, p. 1).

Die natürlichen Ressourcen sollten im Idealfall nur so beansprucht werden, dass sie sich von selbst regenerieren und erholen können.

### 2.4.1.1. Direkte und indirekte Emissionen

Für die Ermittlung der Treibhausgas-Emissionen sind direkte und indirekte Emissionen zu unterscheiden. Dies bedeutet, dass die Kette von der Gewinnung und Bereitstellung der Antriebsenergie bis hin zur Umwandlung in kinetische Energie betrachtet wird (Well-to-Wheel Ansatz).

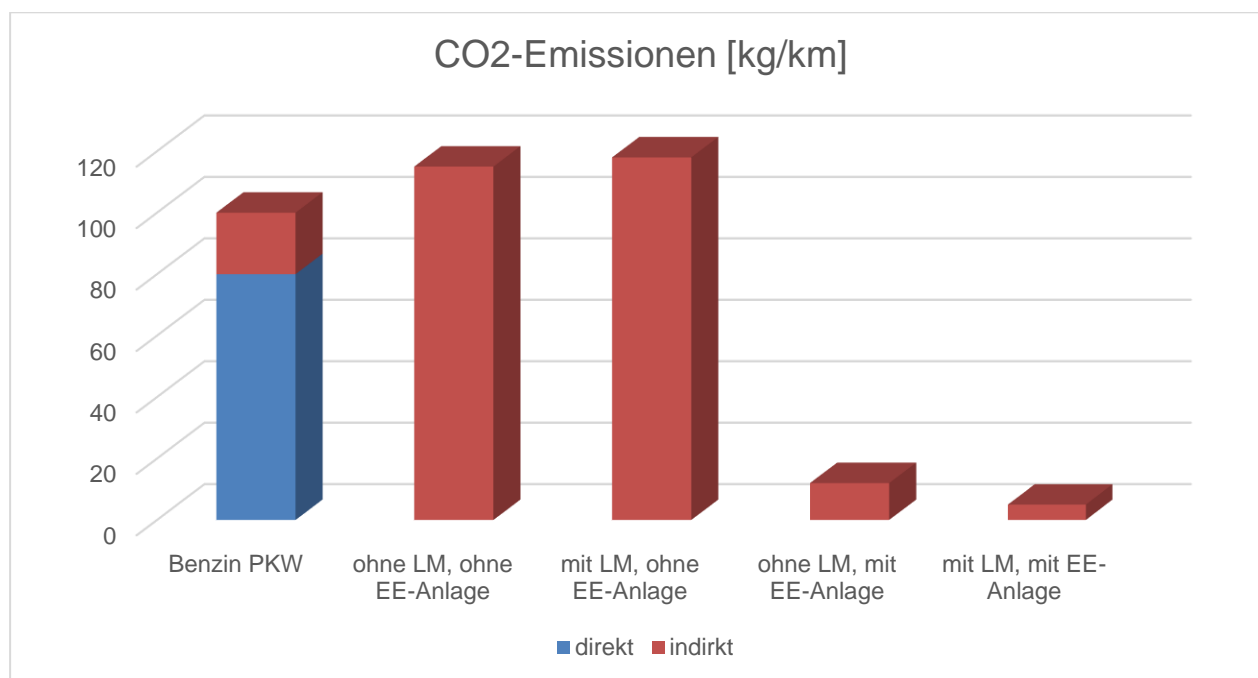


Abbildung 11: Gegenüberstellung direkte und indirekte Emissionen, in Anlehnung an Abbildung 48 Treibhausgasbilanz 2030 (Hacker et al., 2011, p. 85)

Aus der Abbildung 11 geht deutlich hervor, dass Pkw mit Kohlenstoffverbrennungsmotoren einen deutlichen Anteil an direkt erzeugten Emissionen aufweisen, die bei der Verbrennung des Kraftstoffes entstehen. Die Gruppen der Elektrofahrzeuge besitzen keine direkten Emissionen. Es besteht aber ein deutlicher Unterschied, ob E-Fahrzeuge mit / ohne LM (Lademanagement) und EE-Anlagen (Erneuerbare Energieerzeugungsanlagen) versorgt werden.

Die Idealkombination für die Treibhausgasreduktion ist aus heutigem Technologiestand ein Elektrofahrzeug mit Lademanagement, welches die Ladungen so regelt, dass bei geringer Netzbeanspruchung (z. B. in der Nacht) geladen wird und die Energie aus erneuerbaren Quellen gewonnen wird.

Bei Fahrzeugen sind daher nicht nur die für die kinetische Energieerzeugung notwendigen Aktionen zu betrachten, sondern auch jene, die für die Erzeugung der Energie (z. B. Energiekraftwerke wie Wasserspeicherkraftwerke oder Kohlekraftwerke usw.) notwendig sind. Eine reine Betrachtung der direkten Emissionen, welche im Fahrzeugbetrieb erzeugt werden, ist daher nicht aussagekräftig. Emissionen, die für die Bereitstellung der Energie erzeugt werden, sind daher als indirekte Emissionen zu berücksichtigen (Hacker et al., 2011, p. 83).



Tabelle 9: Gegenüberstellung CO<sub>2</sub>-Emissionen

<b>Parameter</b>	<b>Benzin Pkw</b>	<b>ohne erneuerbare Energieanlage</b>	<b>mit erneuerbare Energieanlage</b>
<i>Kleinwagen</i>	118 g CO <sub>2</sub> /km	153 g CO <sub>2</sub> /km	14 g CO <sub>2</sub> /km
<i>Kompaktwagen</i>	144 g CO <sub>2</sub> /km	186 g CO <sub>2</sub> /km	17 g CO <sub>2</sub> /km

In Anlehnung an Tabelle 9, Überblick der WtW Treibhausgasbilanz von konventionellen und batterieelektrischen Pkws für unterschiedliche Stromerzeugungsoptionen (Hacker et al., 2011, p. 85). Aus der „Tabelle 9: Gegenüberstellung CO<sub>2</sub>-Emissionen“ geht hervor, dass eine Umstellung auf Elektrofahrzeuge alleine nicht ausreicht, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken. Durch die Betrachtung der direkten und indirekten Schadstoffe wird dies offensichtlich. Erst durch den Einsatz von erneuerbaren Energien (z. B. Solarkraftwerke, Windkraftwerke, etc.) kann eine deutliche Reduktion der Treibhausgase im Verkehrsbereich erzielt werden.

#### **2.4.1.2. Ökologische Ladestrategie**

Das in Punkt 2.1.4.3 beschriebene System des „gesteuerten Ladens“, ermöglicht den Einsatz einer weiteren Technologie für ein effizientes Energiemanagement.

Durch den Einsatz von SMART-Meter können die E-Fahrzeuge zu einem netzruhigen Zeitpunkt oder bei Energieüberschuss geladen werden. Zusätzlich können die E-Fahrzeuge als Energiezwischenspeicher dienen und die Energie in das Netz zurückspeisen, wenn dies nötig wäre.

#### **2.4.2 Ökonomische Effekte**

Die Kaufbereitschaft für ein E-Fahrzeug steigt, wenn ein signifikanter ökonomischer Vorteil gegenüber einem konventionellen Kfz mit Verbrennungsmotor festgestellt werden kann. Die steigenden Preise der fossilen Brennstoffe und die im Gegensatz dazu niedrigeren Preise für elektrischen Strom haben einen großen Einfluss bei der Anschaffung eines E-Fahrzeuges. Dies bietet die Möglichkeit, sich den steigenden Kraftstoffpreisen entgegenzustellen und Geld zu sparen (Stefan, Nadine, David, Gerald, & Thiemo, 2013, 11,12).

Durch die neu entstehenden Technologien und Märkte lassen sich aber auch neue Geschäftsmodelle (Zero Emission Cars, Reservierungstools, Batterietauschsysteme, etc.) entwickeln, die mit neuen Arbeitsplatzentwicklungen verbunden sein werden.

##### **2.4.2.1. Businessmodel for Zero Emission Cars**

Beim „Businessmodel for Zero Emission Cars“ wird Energie durch CO<sub>2</sub> neutrale Produzenten dem Verbraucher zur Verfügung gestellt. Shai Agassi (ehemaliger SAP-Vorstand) plant für dieses

Geschäftsmodell, ein flächendeckendes Angebot an Batteriewechsel- und Ladestationen für Elektrofahrzeuge und Akkus mit Stromladungen aus Windkraft- und Solaranlagen. Ist eine Batterie leer, soll diese vollautomatisch in wenigen Minuten an einer Station getauscht werden können. Dabei soll das Problem der geringen Reichweite durch das flächendeckende Netz an Ladestationen kompensiert werden (Genzel, Kupetz, & Horx, 2012, p. 47).

#### **2.4.2.2. Lokalisierung und Reservierung**

Durch Applikationen für die Lokalisierung und Reservierung von Ladestationen kann eine Route optimal berechnet werden. Die Ladestation ist beim Eintreffen frei und kann sofort genutzt werden. Zusätzlich kann ein Abrechnungsmodell vom Betreiber der Plattform zur Verfügung gestellt werden, in dem sich unterschiedliche Hersteller von Ladestationen beteiligen können (Genzel et al., 2012).

#### **2.4.2.3. Batterietauschsysteme**

Beim Geschäftsmodell der Batteriewechselsysteme, wird in kurzer Zeit die leere Batterie gegen eine geladene Batterie getauscht. Der Begriff Fahrzeugakkumulator und Batterie werden in diesem Zusammenhang gleichbedeutend verwendet. Die Batterie geht beim Kauf des E-Fahrzeuges, nicht in das Eigentum des Käufers über, sondern bleibt Eigentum des Herstellers. Dieses Modell wird derzeit in Israel und Dänemark eingesetzt (Dallinger et al., 2011).

### **2.4.3 Konzepte für den Tourismus**

Im Folgenden werden mögliche Konzepte für Tourismus im Einklang mit der Elektromobilität dargestellt.

#### **2.4.3.1. Fun-Fahrzeuge**

Ein mögliches Konzept für den Tourismus ist der Einsatz von Fun-Fahrzeugen. Dabei heben sich diese Fahrzeuge in Form, Typ und Farbe von Alltagsfahrzeugen deutlich ab. Durch eine innovative Fortbewegungsmethode soll dem Fahrer ein einmaliges Erlebnis geboten werden. Ein mögliches Fahrzeug für diesen Einsatz ist das Segway (Rothuß et al., 2012, 94,95).

#### **2.4.3.2. Car-Sharing**

Durch das Angebot eines Car-Sharing-Systems kann den Besuchern die Möglichkeit geboten werden, neue Fahrzeuge über eine bestimmte Zeit in der Region zu testen bzw. zu nutzen. Dabei wird durch den Einsatz der Elektromobilität die Umweltbelastung reduziert und dem Besucher ein zusätzliches Erlebnis durch die umweltschonende Fortbewegung geboten (Rothuß et al., 2012, p. 95).

### **2.4.3.3. Elektrofahrräder**

Ein Verleih von Elektrofahrrädern an Gäste und Touristen ermöglicht es dem Gast, ein größeres Gebiet mit dem Fahrrad zu erkunden. Durch die Unterstützung beim Treten sind die längeren und gebietsabhängigen Steigungen leichter zu bewältigen. Durch ein zusätzliches digitales Kartensystem mit aktuellen lokalen Angeboten kann der Gast gezielt an sein Ziel geführt werden (Rothuß et al., 2012).

### 3 EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE E-MOBILITÄT

Auf die E-Mobility wirken verschiedene Teilbereiche von Technologien, Geschäftsmodellen und menschlichen Bedürfnisse ein. Diese Teilbereiche müssen zweckentsprechend abgestimmt und koordiniert werden.

Die drei direkten Bereiche „Innovative Netzintegration von Elektromobilität“, „Fahrzeugseitige Anforderungen“ und „Nutzerbedürfnisse und -verhalten“ sind essentielle Punkte, die mit der Akzeptanz der E-Mobility in der Gesellschaft einhergehen.

Indirekt wirken

- Energieverteilung
- Regenerative Energieerzeugung
- Ladeinfrastruktur
- Akzeptanz und Potenzial
- Verkehrspolitischer Rahmen
- Effizienter Energieeinsatz
- Mobile Batteriespeicher

auf die E-Mobilität ein.

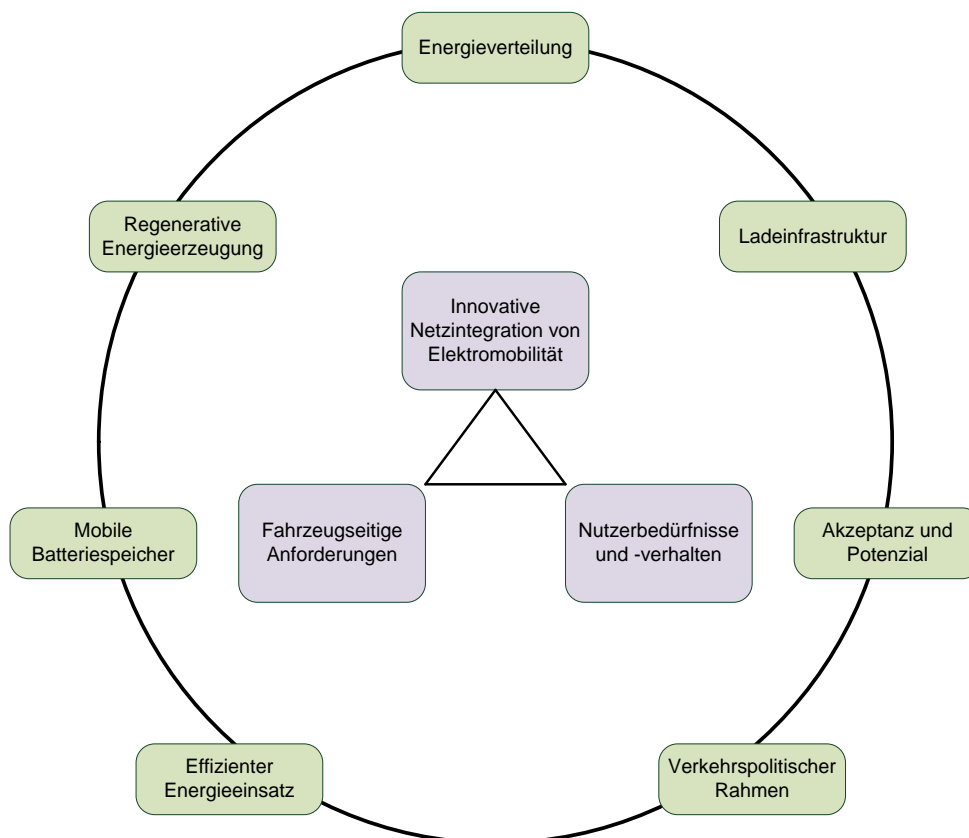


Abbildung 12: Abstraktes Konzeptbild E-Mobility, in Anlehnung an Abbildung 12, "Abstraktes Konzeptbild des Projekts Smart Electric Mobility (Leitinger et al., 2010, p. 3)

Der wichtigste Prozess für die Akzeptanz für E-Fahrzeuglenkerinnen und -lenker, ist der Ladeprozess. Bei konventionellen Fahrzeugen mit Flüssigbetankung, erfolgt der Tankvorgang in wenigen Minuten. Bei E-Fahrzeugen ist die Zeit für den Ladeprozess abhängig von der Ladeleistung und der Kapazität der Akkumulatoren. Dabei kann die Ladedauer über mehrere Stunden andauern (Leitinger et al., 2010).

Um die Zeit effizient nutzen zu können, ist ein System von Nöten, welches eine Route optimal berechnet und auf Zwischenstopps wie Einkäufe, Barbesuche, etc. eingeht und diese in der Planung berücksichtigt. Der Algorithmus muss so ausgelegt werden, dass eventuelle öffentliche Ladestationen bei z. B. Einkaufsmöglichkeiten mitberücksichtigt werden. Das Fahrzeug kann dann während des Einkaufs geladen werden.

## **3.1 Geografisch**

Neben den Landschaftsgebilden zählen noch die Ballungszentren und der ländliche Raum zu den landschaftsgestaltenden Ausprägungen unserer Zeit.

### **3.1.1 Landschaftsgebilde**

Durch den Einzug der Industrialisierung und durch die Einführung der Massenmotorisierung im 20. Jahrhundert, sind die landschaftsprägenden Elemente keine unüberwindbaren Hindernisse mehr. Durch die Einführung des Massentransportmittel Pkw, ist es nicht mehr notwendig, in Städten oder nahe der Arbeitsstätte zu wohnen. Diese Veränderung hat die Ansiedelungen von Menschen deutlich verändert.

#### **3.1.1.1. Berge**

In Österreich gibt es eine Vielzahl an Bergen mit unterschiedlichen Höhenangaben. Für eine Person mit durchschnittlicher Kondition, sind diese oftmals ein unüberwindbares Hindernis beim Radfahren.

#### **3.1.1.2. Flüsse**

Entlang von Flüssen führen oftmals Radwege, welche der Entspannung und Erholung dienen sollen. Diese Radwege werden meistens in Flussrichtung befahren. Die Flussrichtung verläuft bergabwärts, dadurch müssen sich Gedanken gemacht werden, wie der Weg zum Ausgangspunkt zurückgelegt werden kann.

#### **3.1.1.3. Seen**

Die Seengebiete sind ein beliebtes Ausflugsziel. An den Ufern vieler Seen führen Radwege entlang, die oftmals einen Rundkurs darstellen. Der Ausgangspunkt ist gleich der Zielpunkt.

### 3.1.1.4. Täler

Zwischen den Bergen gibt es Täler, welche oftmals nicht durchgehend mit öffentlichen Verkehrsmitteln erschlossen sind und auch die Verkehrsinfrastruktur noch nicht gleich ausgebaut ist, wie es im städtischen Bereich der Fall ist.

### 3.1.2 Ballungszentren

Neben den durch die Natur selbst gestaltenden landschaftsprägenden Merkmalen im geografischen Sinne, gibt es die im Laufe der Zeit entstandenen Ballungszentren.

In den Ballungsräumen von Österreich leben ca. 65 Prozent der Menschen. Das entspricht 5,4 Millionen Menschen. Diese 65 Prozent leben auf 34 Prozent des Dauersiedlungsraumes. 71 Prozent der Arbeitsplätze liegen in diesen Ballungsbereichen (VCÖ-Forschungsinstitut, 2008, p. 13).

Wie aus der „Abbildung 13: Ballungsräume in Österreich“ hervorgeht, konzentrieren sich die Ballungszentren auf die Landeshauptstädte und Städte mit einer hohen Anzahl an Gewerbebetrieben und Industrie.

Für den Wirtschaftsverkehr im innerstädtischen Bereich eignen sich Lieferfahrzeuge mit elektrischen Antriebssträngen besonders gut. Durch die Wechselwirkung der technischen Eigenschaften von elektrischen Antrieben und dem innerstädtischen Verkehr ergibt sich das Potenzial vor allem durch die hohen Brems- und Anfahrvorgänge, welche durch das hohe Verkehrsaufkommen entstehen. Das Reichweitenproblem lässt sich durch eine Optimierung der Tourenplanung kompensieren (Raiber, Spindler, & Feldwieser, p. 15).

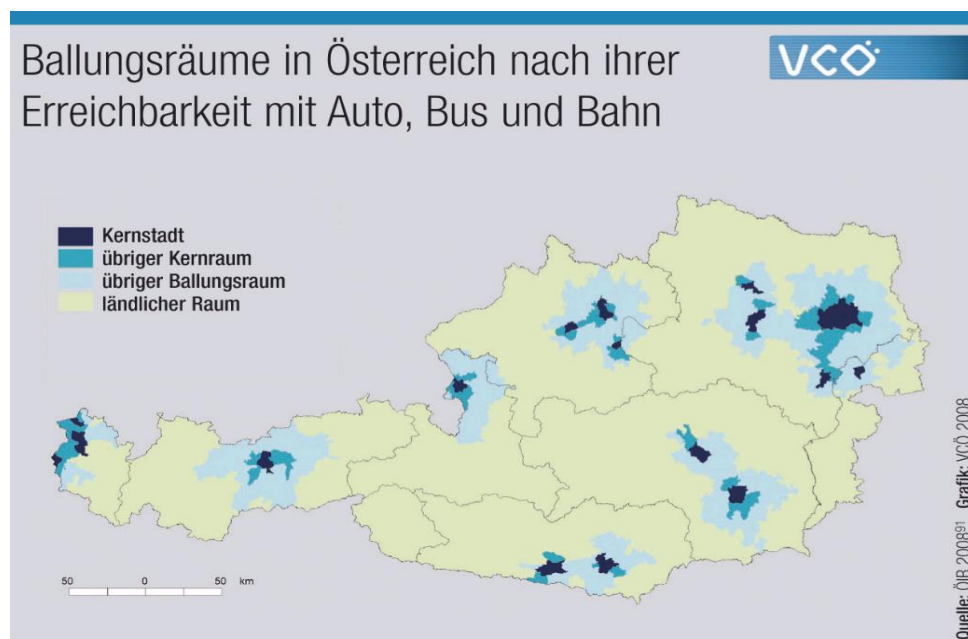


Abbildung 13: Ballungsräume in Österreich

Quelle: ÖIR (2008): eigene Berechnung basierend auf Statistik Austria: Volkszählung 1991-2001. Wien: Statistik Austria 2004

Vergleicht man die „Abbildung 13: Ballungsräume in Österreich“ mit der „Abbildung 14: Pendelverkehr“, ist eindeutig erkennbar, dass der Pendelverkehr auf die Ballungszentren fokussiert ist.

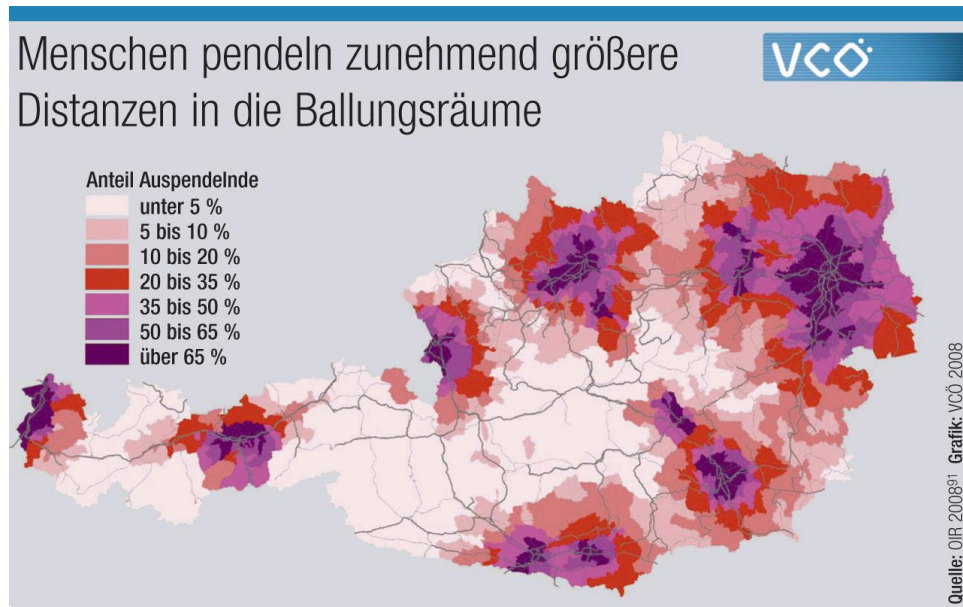


Abbildung 14: Pendelverkehr

Quelle: ÖIR (2008): eigene Berechnung basierend auf Statistik Austria: Volkszählung 1991-2001; Wien: Statistik Austria 2004

Durch ein dichtes und attraktives Angebot an Nahverkehrsmitteln, wird die Ansiedlung von Menschen tiefgreifend beeinflusst. Ein großes Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln schont die fossilen Verbrennungstoffe und der Stress während des Pendlerverkehrs wird zunehmend vermieden.

### 3.1.3 Ländlicher Raum

Neben den Ballungszentren gibt es noch die ländlichen Räume, welche noch nicht durchgehend mit öffentlichen Verkehrsmitteln erschlossen sind und somit der Pkw eine zentrale Rolle im täglichen Leben einnimmt.

Mobilität ist eine Grundvoraussetzung im ländlichen Raum und spiegelt die Gewohnheiten und insbesondere die Notwendigkeit wieder. Durch die geringere Besiedelung ergeben sich längere Distanzen zwischen Arbeitsplatz, Einkaufsmöglichkeiten und dem Zuhause, welche dennoch überwunden werden müssen. Die niedrige Dichte an Bevölkerung wirkt sich im Ausbau des Verkehrsnetzes und im Angebot von öffentlichen Verkehrsmitteln aus (Tamme, 2015, 1,2).

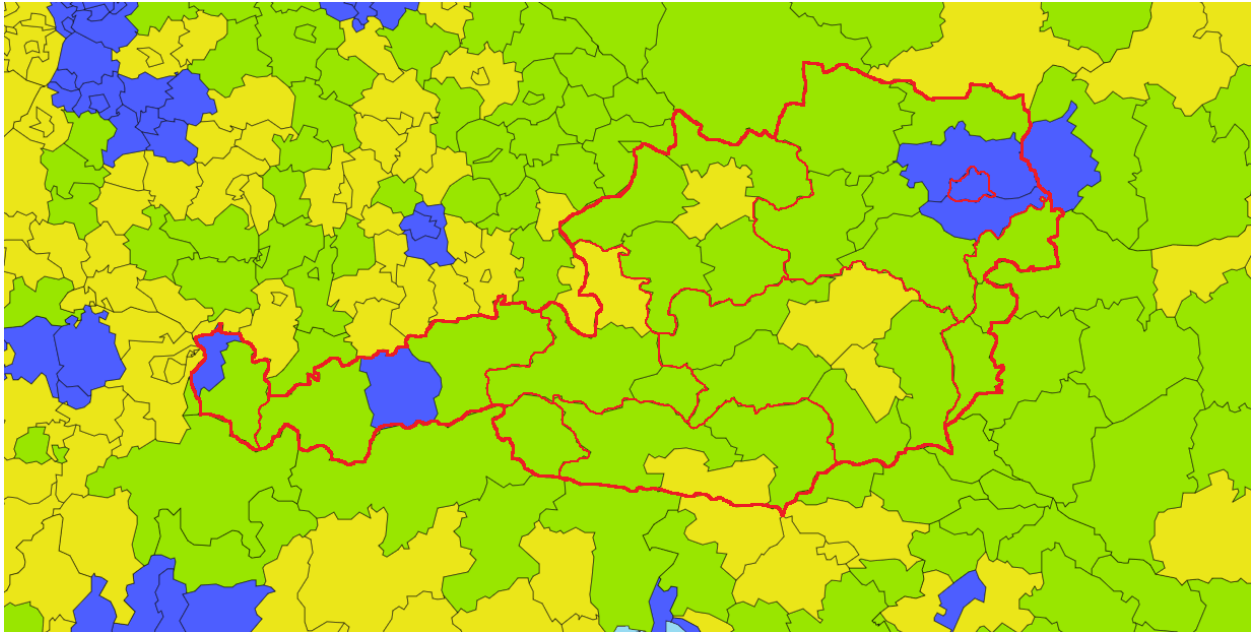


Abbildung 15: Besiedlungsdarstellung, in Anlehnung an Populationsraster (eurostat, 2013)

Die Grafik in Abbildung 15 zeigt auf, dass es in Österreich 3 Bereiche gibt, welche nach der Europäischen Kommission die Population widerspiegeln. Die blauen Bereiche repräsentieren die „überwiegend städtischen“ Regionen. Diese sind als deutliche Minderheit erkennbar. Der intermediäre Bereich (gelb dargestellt) stellt den Übergang zwischen ländlicher und städtischer Region dar. Der Großteil ist in Österreich als ländliche Region (grün) gekennzeichnet. Der Pendelverkehr bewegt sich in der Regel von der ländlichen in die städtische Gegend, da dort mehr Arbeitsplätze zur Verfügung stehen.

Für den beruflichen Lebensweg werden immer längere Fahrstrecken in Anspruch genommen. Die Erwerbstätigen stellen dadurch ihre berufliche Mobilität unter Beweis. Im Jahr 2008 legten 16,1 Prozent der Berufspendler eine tägliche Wegstrecke von mehr als 25 Kilometer in Anspruch. mit Hin- und Rückfahrt ergibt dies mehr als 50 Kilometer. (Grau, 2009)

### 3.2 Kulturell

ElektromobilitätsfahrzeugnutzerInnen haben eine umweltbewusstseinsbezogene Denkweise. 84 Prozent weisen den konventionellen Fahrzeugen eine große Belastung der Umwelt zu und wählen bei den Verkehrsmitteln das umweltfreundlichste aus. Das Image eines Elektrofahrzeuges ist beim Kauf nicht ausschlaggebend, da es als Gebrauchsgegenstand verwendet wird.



Die Erzeugung von Ökostrom aus Photovoltaikanlagen ist in den meisten Fällen eine Grundvoraussetzung für die Anschaffung eines Elektrofahrzeuges (Frenzel et al., 2015, pp. 26–27).

Die aktuelle Versorgung der Bevölkerung beruht auf fossiler Energiegewinnung. Durch die stetig sinkenden Ölreserven ist das bisher bekannte Verkehrsmodell bedroht. Konsequenterweise weitergedacht, bedeutet das, dass ohne Möglichkeit die Güter zu transportieren, der globalisierte Warenzirkulationsprozess ins Stocken gerät. Die Industrialisierung hat ihren Beitrag dazu geleistet, dass die Raumwiderstände für moderne und globale Gesellschaften gesunken sind. Das Ergebnis dieses Wandels ist zunehmend im Tourismussektor zu spüren. Eine Reise in das Nachbarland oder in das entfernteste Land ist seit langem nicht mehr unmöglich (Siepermann & Eley, 2011), sondern die Regel.

### **3.3 Tourismus**

Ein weiterer Einflussfaktor auf die E-Mobility ist der Tourismus. Tourismus spielt sich nicht nur in einer bestimmten Gegend ab, sondern im ganzen Land. Das Angebot im Bereich Tourismus reicht von Städtereisen über Thermenaufenthalte hin zu Urlaube auf dem Bauernhof in abgeschiedenen ländlichen Gegenden. Wenn diese Reiseziele nicht mit öffentlichen Verkehrsmitteln erreichbar und keine alternativen Transportwege vorhanden wären, müsste der Pkw eingesetzt werden, um das gewünschte Ziel zu erreichen. Dies spiegelt sich auch in der Ladeinfrastruktur von E-Fahrzeugen wieder. Gibt es keine ausreichend ausgebaute Ladeinfrastruktur, um das E-Fahrzeug am Fahrweg bzw. am Ziel zu Laden, kann auch nicht mit dem E-Fahrzeug angereist werden.

In vielen Tourismusregionen wird seit einiger Zeit verstärkt auf nachhaltige Mobilität gesetzt. Es werden E-Bikes, Segways und E-Pkws zur Verfügung gestellt, die sich der Gast ausleihen kann. Ein wichtiger Punkt dabei ist, dass dem Urlauber aufgezeigt wird, wieviel CO<sub>2</sub> durch die Benutzung des E-Fahrzeuges eingespart wurde. Ein weiterer Effekt ist, dass durch die Benutzung von E-Bikes, die Bewältigung von Bergstrecken einfacher und schneller bewerkstelligt werden kann.

Durch die Nutzung von E-Bikes soll das Angebot in den Tourismusdestinationen erweitert werden. Dabei können verschiedene Ziele verfolgt werden. Regionen, die überwiegend von Mountainbikern besucht werden, können ihre Besucherklientel durch den Einsatz von E-Bikes erweitern. Durch die höhere Reichweite, können abgelegene Gebiete ("Hinterland") in die Tourismusregion eingegliedert werden. Das E-Bike kann zudem als neue Aktivität in Gesundheits- und Wellnessorten eingesetzt werden. (Breuer, 2014, 57,58)

## 4 SPEZIELLE NAVIGATIONSFÜHRUNG FÜR E-MOBILITY-FAHRZEUGE IN TOURISTENREGIONEN

Der Navigationsführung liegt das Problem der Wegfindung zugrunde. Um schneller und effizienter an das angestrebte Ziel zu kommen, wird auf die Richtungsführung von Navigationssystemen vertraut und der Finger von der Straßenkarte entfernt.

Eine Route soll möglichst schnell und effizient geplant werden können.

### 4.1 Routeneigenschaften

Navigationsalgorithmen berechnen den Weg zwischen Punkt A und einem zweiten Punkt B. Dabei werden Parameter (Verkehrsnetz, Verkehrsinformationen, etc.) verwendet, um Streckenabschnitten eine Gewichtung zu geben, um daraus den effizientesten / effektivsten Weg zu finden und aufzuzeigen.

Die Grundlage für die Berechnung ist ein Graph, in dem die Daten dargestellt werden können. Die Knoten und Kanten stellen die Örtlichkeiten und das Straßennetz dar. Als Attribute für das Straßennetz werden die Länge der Straße, Anzahl an Fahrspuren, Geschwindigkeitsbegrenzung Fahrrichtungen (Einbahn), etc. herangezogen. Für eine optimierte Routenführung können noch zusätzlich Live-Daten wie Wetter und Verkehrsinformationen eingerechnet werden.

Ein Punkt, der bei der Eingabe einer Route von entscheidender Bedeutung ist, ist der POI (Point of Interest). POI sind Punkte / Örtlichkeiten, welche für den User von Bedeutung sind. POI können Kirchen, Theater, Bars, Tankstellen, Mautstellen etc. sein. Über die eingegebenen Point of Interest, wird die Route berechnet.

Das Rundreiseproblem (Traveling-Salesman-Probleme) ist das bekannteste Tourenplanungsproblem. Dabei steht man vor der Aufgabe, eine vorgegebene Zahl von Punkten, durch die kürzeste Route zu verbinden. Es müssen die Distanzen aufsummiert werden und zusätzliche gewichtete Eigenschaften einer Route berücksichtigt werden (Wendt, 1995, p. 6).

Herkömmliche Algorithmen, wie Google sie verwendet, lösen nicht das Rundreiseproblem, welches in Touristenregionen aufkommt. Dabei hat man eine endliche Anzahl an POI in einer Region, welche besucht werden möchten. In der Regel möchte man als Gast in einer Region wieder an den Ausgangspunkt zurück (Unterkunft, geparktes Auto, etc.). Als Lösungsform für dieses Problem, können sämtliche Routenvariationen mit den erforderlichen Parametern berechnet werden und die kürzeste Lösungsvariante wird vorgeschlagen.

## 4.2 Elemente der Navigationseinheit

Die Komplexität und der Umfang des Straßennetzes für Fahrzeuge ist in den letzten Jahren erheblich gestiegen. Um die Zielführung im Straßennetz erleichtern zu können, gibt es eine Vielzahl an Navigationsgeräten, welche aus Hard- und Softwarekomponenten bestehen. Dabei wird durch ein Ortungssystem die Position des Fahrzeuges bestimmt und auf einer Karte dargestellt. Zusätzliche Sensoren ermöglichen es, die Ausrichtung und die Position des Fahrzeuges exakter zu ermitteln.

Die Sensoren sind über Schnittstellen mit der Elektronik des Fahrzeuges verbunden und erlauben somit die Interaktion zwischen Fahrzeug, Sensor und Benutzer. Durch die Anbindung von externen Systemen wie das Traffic Message Channel (TMC), werden Verkehrsdaten an das Fahrzeug gesendet und ausgewertet (Reif, 2014, 369, 370).

Ein Routenführungssystem besteht aus mehreren Komponenten, welche unterschiedliche Aufgaben auszuführen haben. Die Basis an Daten liefert eine Datenbank, welche das notwendige Kartenmaterial detailliert enthält.

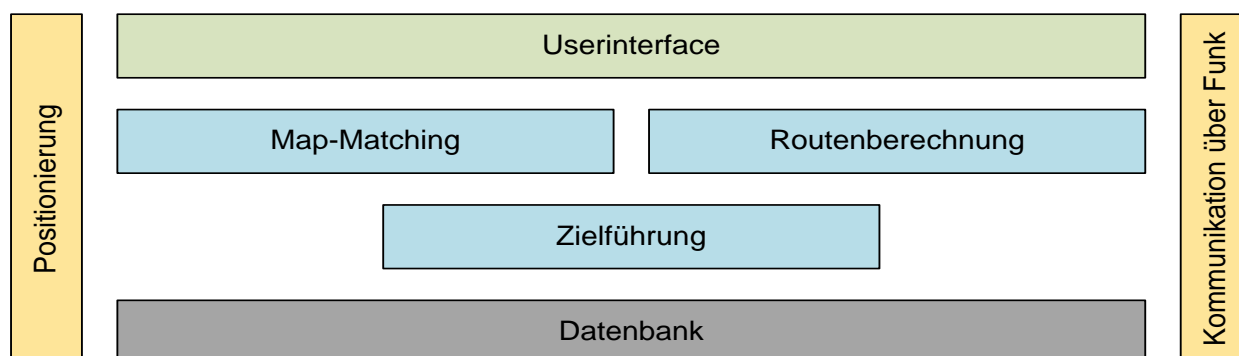


Abbildung 16: in Anlehnung an Komponenten eines Navigationssystems (Reif, 2014, p. 371)

Die einzelnen Komponenten helfen dem Fahrer, vor und während einer Fahrt, die bestmögliche Route für die Erreichung des Zielpunktes zu ermitteln.

### 4.2.1 Userinterface

Das Userinterface dient zur Interaktion mit dem Benutzer. Es ermöglicht die Eingabe des Zieles, die Darstellung des Kartenmaterials und dient zur Ausgabe der Anweisungen für die Routenführung. Die Ein- und Ausgabe der Daten ist über zwei Kanäle möglich. Bei der haptischen Eingabe erfolgt die Kommunikation mit dem Navigationssystem über das Touchdisplay oder Bedienkonsole. Die sprachliche Variante erlaubt es dem Benutzer, die Parameter einzugeben, ohne den Blick bzw. die Hände vom Lenkrad des Fahrzeuges zu nehmen (Reif, 2014, p. 372).

## 4.2.2 Datenbank

Die Datenbasis für die Berechnungen und Interaktionen mit dem Navigationssystem ist die Datenbank. In diesem Datenspeicher sind die Straßenkarten in einer digitalen Form verfügbar. Der Unterschied zu traditionellen Straßenkarten in Papierform liegt darin, dass nicht nur die einzelnen Ortschaften und deren Verbindungsstrecken enthalten sind, sondern zusätzlich eine Vielzahl an Informationen zur Verkehrsführung, sowie Abbiegehinweise und -restriktionen, die die Grundlage der Straßenverkehrsordnung in den einzelnen Ländern bilden. Durch die Integration von Points of Interest können dem Benutzer zusätzliche und wichtige Informationen angeboten werden.

Zu bedenken ist allerdings, dass die Karten nicht von statischer Natur sind. Die Straßenführung wird ständig erweitert und verändert. Dadurch muss die Datenbasis in der Datenbank ständig aktualisiert werden, um eine optimale Routenführung zu gewährleisten.

Die Grundobjekte einer digitalen Straßenkarte sind in Knoten, Segmente, Kurvaturpunkte und Flächen eingeteilt (Reif, 2014, 372, 373).

- Knoten ... Kreuzungen, in Abbildung 17 grün dargestellt
- Segmente ... Abschnitt zwischen zwei Knoten, in Abbildung 17 braun dargestellt
- Kurvaturpunkte ... dient zur Darstellung des Streckenverlaufes im Userinterface, in Abbildung 17 blau dargestellt
- Flächen ... Bereiche welche von Segmenten eingeschlossen werden, in Abbildung 17 rot dargestellt

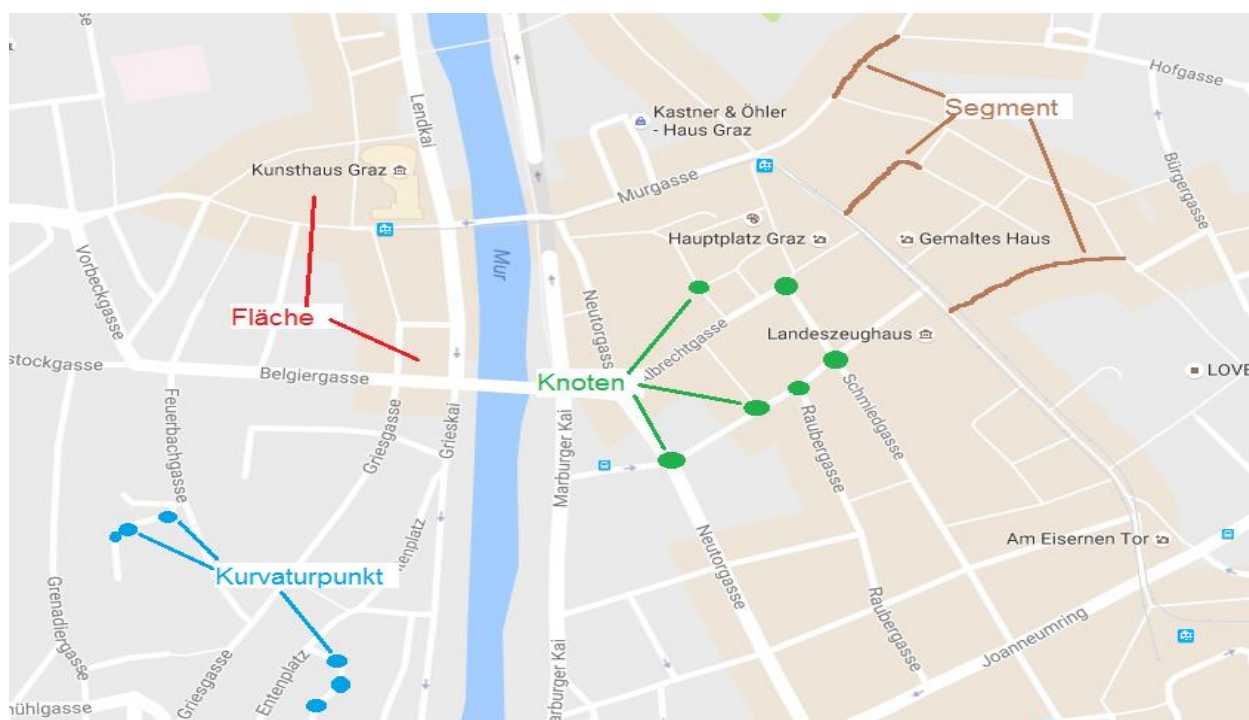


Abbildung 17: Darstellung der Grundobjekte

### **4.2.1 Positionierung**

Für eine Echtzeitpositionsbestimmung wird das Global Positioning System (GPS) herangezogen. Dabei wird durch Satellitenpeilung die Position des GPS-Empfängers im Fahrzeug bestimmt. Für eine globale Satellitenpeilung werden 24 Satelliten in der Erdumlaufbahn (26.560 Kilometer zum Erdmittelpunkt) benötigt. Jeder Satellit sendet ununterbrochen ein Funksignal mit seiner Identifikationsnummer und der aktuellen Position mit Zeitstempel (Zeitbestimmung mittels Atomzeit und Bezugnahme auf die Weltzeit) zu den Empfangsgeräten. Die aktuelle Weltzeit und weitere Daten werden im Nutzdatensignal übertragen. Das komplexe Funksignal wird von den Auswerteeinheiten in den Navigationssystemen verarbeitet und die aktuelle Position des GPS-Empfängers mit einer bestimmten Genauigkeit bestimmt. In der Regel reichen drei Satelliten aus, um die Position zu bestimmen.

Die Grundidee der Positionsbestimmung mit GPS ist die Umrechnung von Signallaufzeiten in Entfernung (Weg-Zeit).

Neben der Positionsbestimmung über Satelliten, kann über das Dead-Reckoning, die Position über den zurückgelegten Weg bestimmt werden. Hierbei erfolgt die Berechnung über Geschwindigkeit, Fahrtrichtung und Lenkwinkel des Fahrzeuges.

Für eine Positionsbestimmung in Tunneln, Hochhausschluchten, etc. werden beide Verfahren in Kombination eingesetzt, da die GPS-Erfassung in abgeschirmten Örtlichkeiten nicht funktioniert (Reif, 2014, 374, 375).

### **4.2.1 Map-Matching**

Beim Map-Matching wird der in der Positionierung ermittelte Standort einem Straßensegment zugeordnet. Durch Messfehler der verschiedenen Sensoren und durch das Dead-Reckoning-Verfahren kann es daher vorkommen, dass die errechnete Position nicht mit der tatsächlichen Position übereinstimmt. Damit verbunden ist die falsche Darstellung des Fahrzeugobjektes auf dem Userinterface des Navigationssystems und falsche Fahrhinweise, die zur Korrektur der falsch errechneten Position dienen sollen.

Das digitale Kartenmaterial ist eine stark vereinfachte und abstrakte Darstellung der Realität. Das bedeutet, dass Straßenverläufe nicht exakt mit dem errechneten Kartenmaterial übereinstimmen. Ein weiterer Punkt beim Map-Matching ist die Aktualität des Kartenmaterials. Objekte und Straßen, welche nicht in der Datenbank enthalten sind, können auch nicht in die Berechnung mit einfließen und sind somit eine Problemquelle (Reif, 2014, 375,376).

#### **4.2.2 Routenberechnung**

Die Routenberechnung ist das Schlüsselement, um das Traveling-Salesman-Problem zu lösen. Dabei wird anhand der aktuell ermittelten Position und dem eingegebenen Zielpunkt, die Route berechnet. Die Grundlage der angewendeten Algorithmen basiert auf der Berechnung des optimalen Pfades innerhalb eines Graphen. Dabei fließen die Attribute wie z. B. Distanz, Reisezeit, Verkehrszeichen (Ampeln, Geschwindigkeitszeichen, etc.) und andere dynamische Verkehrsinformationen, gewichtet in die Berechnung mit ein (Reif, 2014, p. 376).

#### **4.2.3 Zielführung**

Bei der Zielführung wird der UserInn entlang der zuvor bzw. aktualisierten berechneten Route zu dem ausgewählten Endpunkt geführt. Dabei werden zwei Verfahren angewendet.

Durch den Manöver-Generator erhält der Lenker des Fahrzeuges Informationen und Hinweise an Entscheidungspunkten, wo er tätig werden muss (z. B. Links abbiegen). Diese Informationen sind von statischer Natur und ändern sich während der Fahrt nicht.

Das zweite Verfahren ist die Routenführung. Diese hat die Aufgabe, die entsprechenden Kommandos für den Fahrer zu generieren. Für dieses Verfahren werden auf Basis der aktuellen Position, die erforderlichen Manöver abgerufen. Dabei können die Hinweise auf die Manöver akustisch, visuell oder als Kombination dem Fahrer zur Verfügung gestellt werden. Die Kommandos werden in Abhängigkeit der Geschwindigkeit und der Entfernung bis zum Manöver, oftmals in mehreren Stufen präsentiert (Reif, 2014, 380,381).

#### **4.2.4 Kommunikation über Funk**

Über die Funktechnik werden aktuelle Verkehrsinformationen an das Navigationssystem im Fahrzeug weitergegeben, welches entscheidet, ob die empfangenen und aufbereiteten Daten für die aktuelle Routenführung von Bedeutung sind oder nicht. Sind die Daten für die aktuelle Route von Relevanz, werden diese in der Routenberechnung verarbeitet und in der Zielführung dem UserInn als Routenführungselement dynamisch präsentiert.

### **4.3 E-Fahrzeug-Navigation**

Für E-Fahrzeuge gibt es neben den herkömmlichen Attributen einer Route (Distanzen, Geschwindigkeitsbegrenzungen, Zeit, etc.) noch den zusätzlichen Faktor der Reichweite des E-Fahrzeuges und die erforderlichen Ladestationen von E-Fahrzeugen, welche aktuell noch in einer geringen Anzahl vorhanden sind. Hinzu kommt noch, dass das Laden eines E-Fahrzeuges in der

Regel mehr Zeit in Anspruch nimmt, als das Tanken eines Kfz mit Verbrennungsmotor. Durch Berücksichtigung dieser Faktoren (z. B. Ladestopps bei POIs) kann die Route zusätzlich optimiert werden.

Um dieses Problem in den Griff zu bekommen, muss die Information der Akku-Rest-Kapazität und die damit verbundene Reichweite, in die Navigationsberechnung integriert werden.

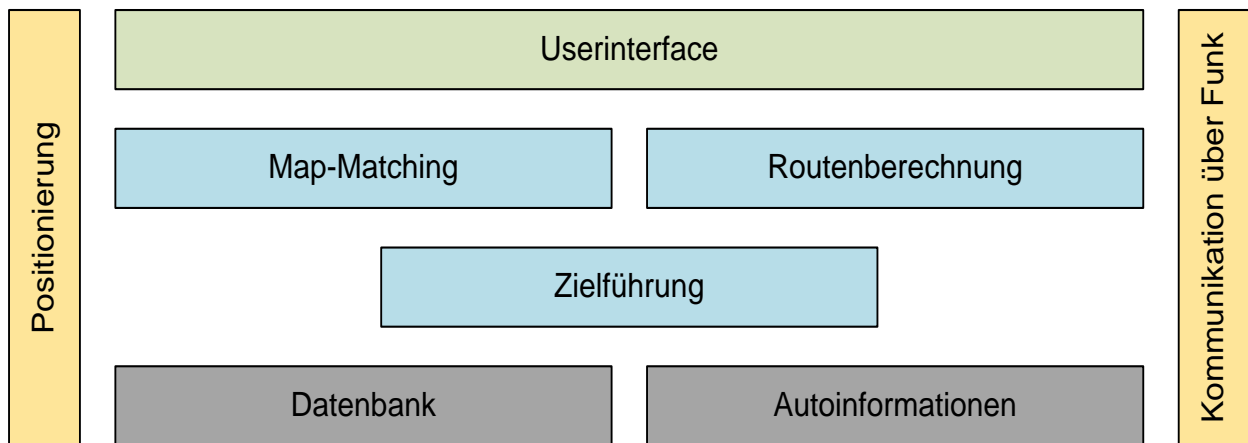


Abbildung 18: in Anlehnung an Komponenten eines Navigationssystems (Reif 2014, S. 371) mit Erweiterung

Durch eine Schnittstelle, welche die benötigten Daten der Akku-Rest-Kapazität und dem Fahrverhalten die Restdistanz ermittelt, können die Information als zusätzliche Attribute in die Navigationsführung einfließen und eine Optimierung der Route erfolgen, ohne zusätzliche Eingabe der NutzerInnen.

Die zusätzlichen Parameter für einen Navigationsalgorithmus werden in Punkt „Ergebnisanalyse“ dargestellt.

## 5 GEBILDETE HYPOTHESEN

Aus den zuvor dargestellten Faktoren lassen sich die folgenden Hypothesen über das Verhalten von E-Bike Nutzern aufstellen.

Die 4 Hypothesen sollen zur Unterstützung bei der Beantwortung der Forschungsfrage dienen.

### 5.1 Hypothese 1

Die erste Hypothese soll die Überprüfung ermöglichen, ob durch die spezifischen Geländeeigenschaften einer Region, die Routenwahl von Radlern beeinflusst wird. Im Kapitel „3.1.1 Landschaftsgebilde“ werden verschiedene landschaftsprägende Elemente aufgezeigt. Durch die verschiedenen Eigenschaften der einzelnen Ausprägungen, werden auch verschiedene Anforderungen an die RadfahrerInnen (Ausdauer, Bergetappen, Rundkurs, etc.) gestellt. Ob eine Radtour durch E-Mobility-Technologien beeinflusst wird, soll die Hypothese 1 bestätigen/wiederlegen.

*„E-Bike-FahrerInnen / RadfahrerInnen lassen sich durch geografische Gegebenheiten wie Geländesteigungen in ihrer Routenwahl nicht beeinflussen.“*

### 5.2 Hypothese 2

Über die zweite Hypothese soll ermittelt werden, ob das kulturelle Angebot einer Region die Auswahl der Fahrradtour beeinflusst oder gar bestimmt. Im Gegensatz zur Hypothese 1, sind die kulturellen Angebote von Menschen erschaffen.

Im Kapitel „3.2 Kulturell“ und „3.3 Tourismus“ wird beschrieben, dass das kulturelle Angebot durch neue Technologien im Wandel steht. Durch die Einführung von E-Fahrzeugflotten und E-Bikes, wird ein neues Erlebnis geschaffen. E-Bikes ermöglichen es, eine größere und beschwerlichere Tour zu absolvieren, ohne sich zu überanstrengen. Die Hypothese 2 soll auf prüfen, ob durch die neuen Möglichkeiten die Fahrradroute differenzierter gestaltet wird.

*„E-Bike-FahrerInnen / RadfahrerInnen in Touristenregionen lassen sich durch kulturelle Konstellationen in ihrer Routenwahl beeinflussen.“*

### 5.3 Hypothese 3

Hypothese 3 befasst sich mit der Thematik, ob durch die geringen CO<sub>2</sub>-Ausstöße der Konsument bereit ist, höhere Anschaffungskosten für E-Fahrzeuge zu zahlen. Die Reduktion von Treibhaus-



Emissionen wird in unserer Gesellschaft immer wichtiger. Durch die Einführung von schadstoffarmen Fahrzeugen kann dies gefördert werden. Das Zusammenspiel von neuen Technologien, Umweltschonung und Lifestyle ist ein großer Treiber in diese nachhaltige Richtung. Elektromobilitätstechnologien sind aktuell noch mit höheren Anschaffungskosten verbunden, als herkömmliche Fahrzeugtechnologien. Die Hypothese 3 geht daher der Fragestellung nach, ob für eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen höhere Anschaffungskosten akzeptiert werden.

*„Je geringer die CO<sub>2</sub>-Produktion bei E-Fahrzeugen ist, desto höhere Anschaffungskosten werden geduldet.“*

## **5.4 Hypothese 4**

Die Hypothese 4 befasst sich mit der allgemeinen Fragestellung, ob durch eine höhere Reichweite der Elektrofahrzeuge, die Attraktivität der Fahrzeuge für die EndbenutzerInnen steigt. Die Reichweite von Elektrofahrzeugen ist in Ballungszentren kein Problem mehr, da in der Regel nur kurze Strecken zurückgelegt werden müssen. Der Großteil Österreichs ist aber dem ländlichen Raum zugeordnet und pendelt wie in „3.1.3 Ländlicher Raum“ beschrieben, täglich zwischen Wohnung/Haus und Arbeitsstätte. Durch den Umstand, dass viele Personen täglich in die Ballungszentren pendeln um ihren Beruf auszuüben und dabei eine Strecke von mehr als 50 km zurücklegen, möchten auf ihrem Rückweg, nicht noch eine längere Pause einlegen müssen, um ihr Fahrzeug zu laden. Hypothese 4 überprüft daher, ob durch eine höhere Batteriekapazität und die damit verbundene höhere Reichweite, die Akzeptanz und Attraktivität für E-Fahrzeuge steigt.

*„Wenn die Anzahl der Ladeinfrastrukturen und eine höhere Reichweite möglich ist, dann wird die Attraktivität von Elektrofahrzeugen gesteigert.“*

## **6 PRAKTISCHE ANALYSE**

Auf Basis der Forschungsfrage und der 4 aufgestellten Hypothesen, werden 2 Analysemethoden angewendet, um die Anforderungen an E-Fahrzeugen zu überprüfen.

Ein Feldversuch soll eine praktische Analyse ermöglichen und das Verhalten der Probanden im tatsächlichen Umfeld aufzeigen.

Über eine online unterstützte Umfrage werden die aus der Literatur erhobenen Daten überprüft. Durch eine Auswertung des Feldversuches und der Umfrage wird aufgezeigt, wie ein System konzipiert werden soll, um das bestmögliche Ergebnis zu liefern.

### **6.1 Umfrage**

Die empirischen Daten wurden durch eine Onlineumfrage erhoben. Dies bietet den Vorteil, das Zeit und Kosten gespart werden können. Zusätzlich kann durch den Einsatz von Social-Media eine größere Zielgruppe erreicht werden.

#### **6.1.1 Zielgruppe**

Eine klar abgegrenzte Zielgruppe ist für diese Umfrage nicht festgelegt. Die Evaluierung richtet sich an körperlich und geistig tätige Berufsgruppen aller Altersschichten.

#### **6.1.2 Fragebogenaufbau**

Der Fragebogen ist über ein Onlinetool erstellt worden. Die Plattform „Umfrageonline“ stellt für Studenten ein spezielles Angebot zur Verfügung, über welches ein Großteil der kostenpflichtigen Funktionen gratis genutzt werden können.

Die Umfrage ist in 5 Bereiche gegliedert.

##### **6.1.2.1. Allgemeiner Teil**

Im ersten Bereich werden allgemeine Informationen zur Person abgerufen. Diese umfassen die folgenden Bereiche

- Geschlecht
- Alter
- Anzahl der Personen im Haushalt
- Anzahl der Fahrzeuge im Haushalt
- Klassen an Fahrzeugen im Haushalt

Diese Daten dienen zur Klassifikation und Überprüfung, welche Gruppe von Personen ein Interesse an E-Fahrzeugen hat und wie deren Bedürfnisse für die Navigationsführung aussehen.

Zusätzlich werden die Fragestellungen

- Ständig am Stand der Technik zu sein
- Ausgereiftheit der gekauften technischen Produkte
- Nutzungsdauer
- Schonender Umgang mit Ressourcen
- Energieverbrauchsminimierung
- Energiegewinnung durch erneuerbare Rohstoffe
- Gesunde Lebensweise
- Nachhaltigkeit
- CO<sub>2</sub>-Footprint
- Feinstaubreduktion

auf die persönliche Wichtigkeit überprüft. Durch diese Fragestellung soll überprüft werden, ob E-FahrzeugnutzerInnen an der Nachhaltigkeit und an der Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen interessiert sind.

#### **6.1.2.2. Anschaffung eines Kfz und dessen Nutzung**

Über diese Gruppe von Fragestellungen soll überprüft werden, auf welche Attribute bei einem Kauf eines Kfz Wert gelegt wird und wie die einzelnen Kfz im täglichen Leben genutzt werden.

#### **6.1.2.3. E-Fahrzeug**

Die Fragestellungen zum E-Fahrzeug werden je nach Antwort der Fragestellung „Ich habe / nutze ein E-Fahrzeug“ unterschiedlich weitergeleitet.

##### **Antwort: Ja**

Durch die Ja-Antwort wird ermittelt, welches E-Fahrzeug bereits genutzt wird.

##### **Antwort: Nein**

Durch die Nein-Antwort wird ermittelt, ob sich die befragte Person ein E-Fahrzeug anschaffen möchte.

Die weiterführenden Fragestellungen beziehen sich auf beide Antwortgruppen und befassen sich mit der Erkundung, ob sich die Person in naher Zukunft ein E-Fahrzeug anschaffen möchte und unter welchen Umständen dies erfolgen wird.

#### 6.1.2.4. E-Bike

Der Block zum Thema E-Bike befasst sich mit der Anschaffung eines E-Bikes. Welche Attribute sind für die befragte Person besonders wichtig und wie hoch dürfen die Kosten maximal in der Anschaffung sein.

#### 6.1.2.5. Navigationssystem

Der letzte Abschnitt befasst sich mit dem Thema der Navigation. Es wird ermittelt, auf welche Gegebenheiten die befragte Person achtet, wie oft das Navigationssystem genutzt wird, wann die Navigationsführung aktiv ist und welche Eigenschaften beim Kauf eines Navigationssystems wichtig sind.

### 6.1.3 Auswertung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Onlineumfrage und deren Relevanz zur ermittelten Literatur dargestellt. Zusätzlich einschlägige Ergebnisausreißer werden mit anderen Umfragen verglichen, um eine Bestätigung zu erhalten bzw. zu widerlegen.

#### 6.1.3.1. Block: Allgemeiner Teil

##### Frage: Welches Geschlecht haben die Befragten?

An der Befragung haben 72 Personen teilgenommen. Davon waren 42 Männer, 24 Frauen und 6 Personen haben keine Angabe zu ihrem Geschlecht gemacht.

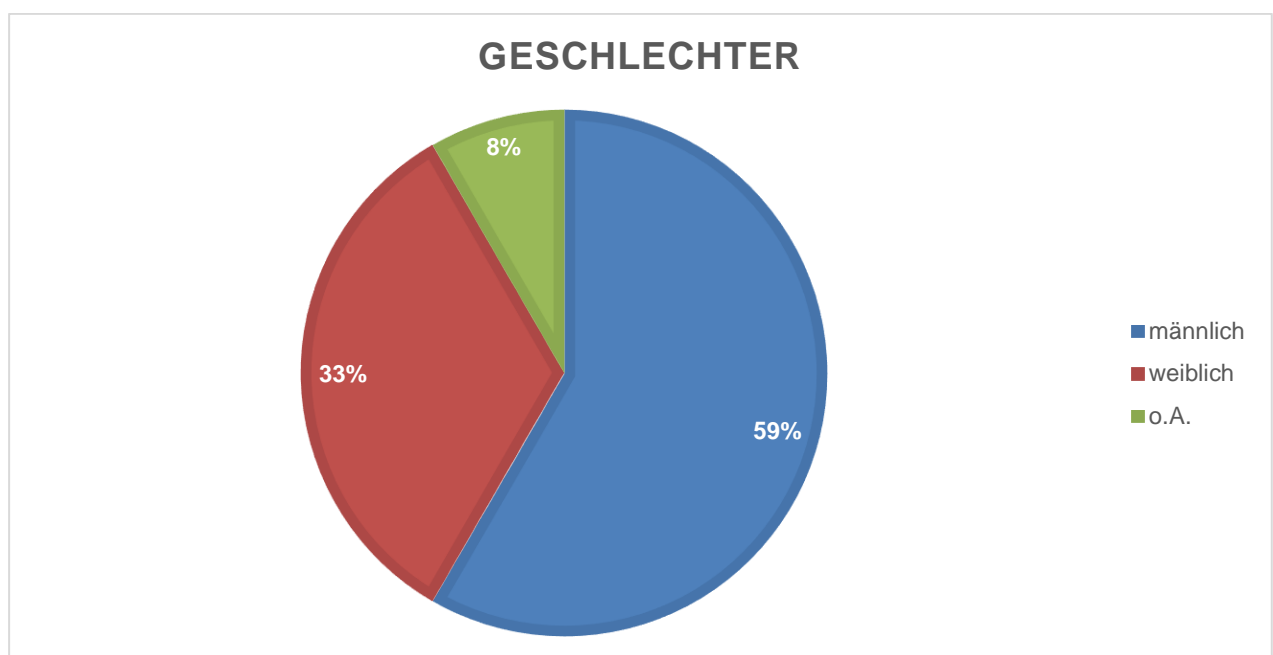


Abbildung 19: Umfrage – Geschlechterverteilung

**Frage: Wie alt sind die Befragten?**

Das Alter der Befragten reicht von 17 bis 64 und ergibt ein durchschnittliches Alter von 35 Jahren. Die unterschiedlichen Altersangaben zeigen auf, dass die E-Mobility nicht nur ein Thema einer bestimmten Generation ist, sondern sich über sämtliche Altersgruppen verteilt.

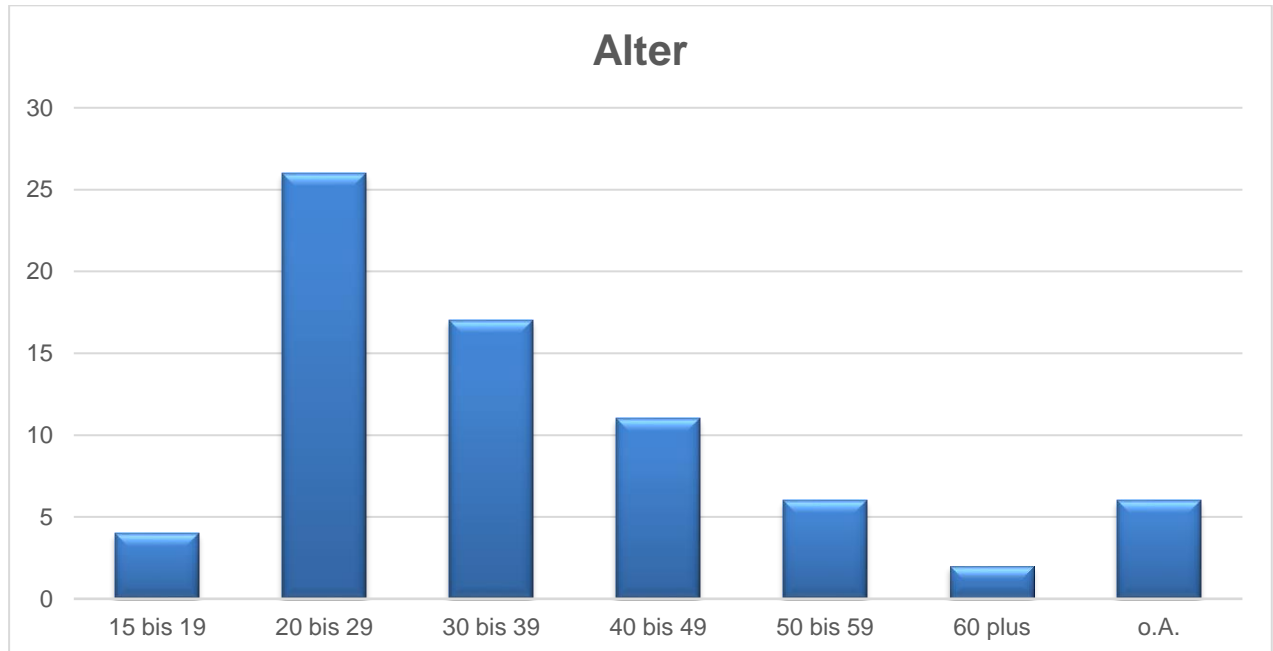


Abbildung 20: Umfrage - Alter der Befragten

**Frage: Wie viele Personen gibt es im Haushalt?**

Die Anzahl von Personen in einem Haushalt reicht von 1 Personenhaushalten bis zu 12 Personenhaushalten, wobei der Durchschnitt bei 3 Personen in einem Haushalt liegt.

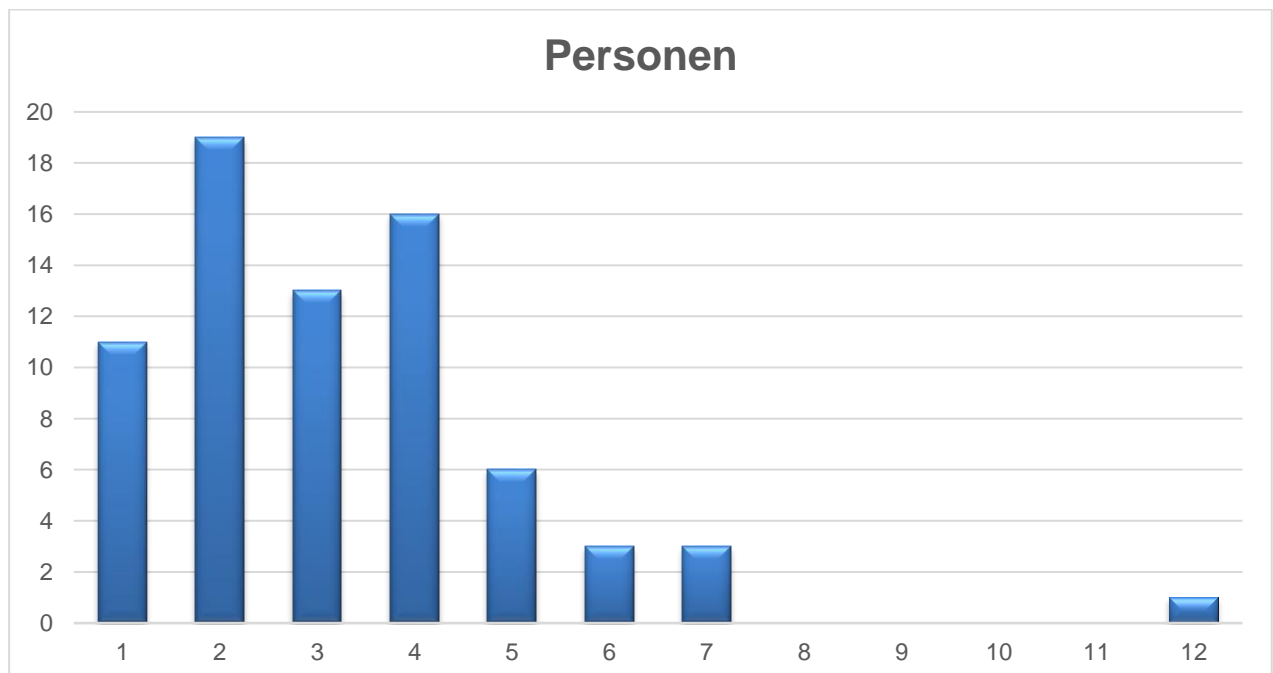


Abbildung 21: Umfrage - Alter der Befragten

### Frage: Wie wichtig sind Technik und Ressourcenschonung?

Aus der Umfrage hat sich ergeben, dass es für Frauen weniger wichtig ist, ständig am Stand der Technik zu sein, als es für Männer der Fall ist. Bei dem Umgang mit der Ressourcenschonung sind hingegen Frauen mehr auf der Befürworterseite der Nachhaltigkeit.

In der Summe von Männern und Frauen, ist die Lebensdauer und die Ausgereiftheit der technischen Produkte wichtiger, als dem Stand der Technik zu folgen. Akkumulatoren für E-Fahrzeuge müssen nach einer bestimmten Zeit getauscht werden, da die Ladekapazität mit der Lebensdauer der Akkus abnimmt. Durch eine Verbesserung der Technologie und Steigerung der Lebensdauer kann die Akzeptanz für den Endbenutzer erhöht werden.

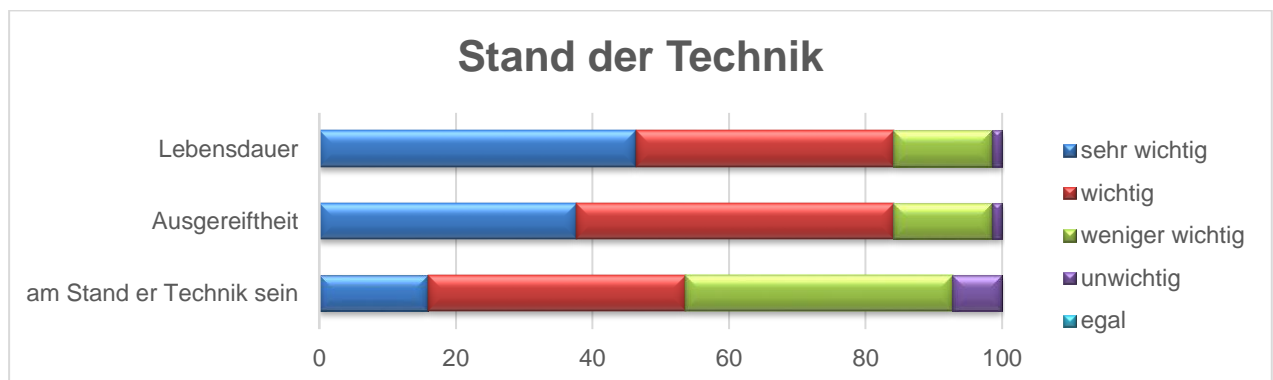


Abbildung 22: Umfrage – Stand der Technik

Aus der Umfrage ergibt sich, dass ein schonender Umgang mit Ressourcen und der Wandel zu erneuerbarer Energiegewinnung ein wichtiger Punkt ist, der mehr und mehr in den Vordergrund rücken wird.

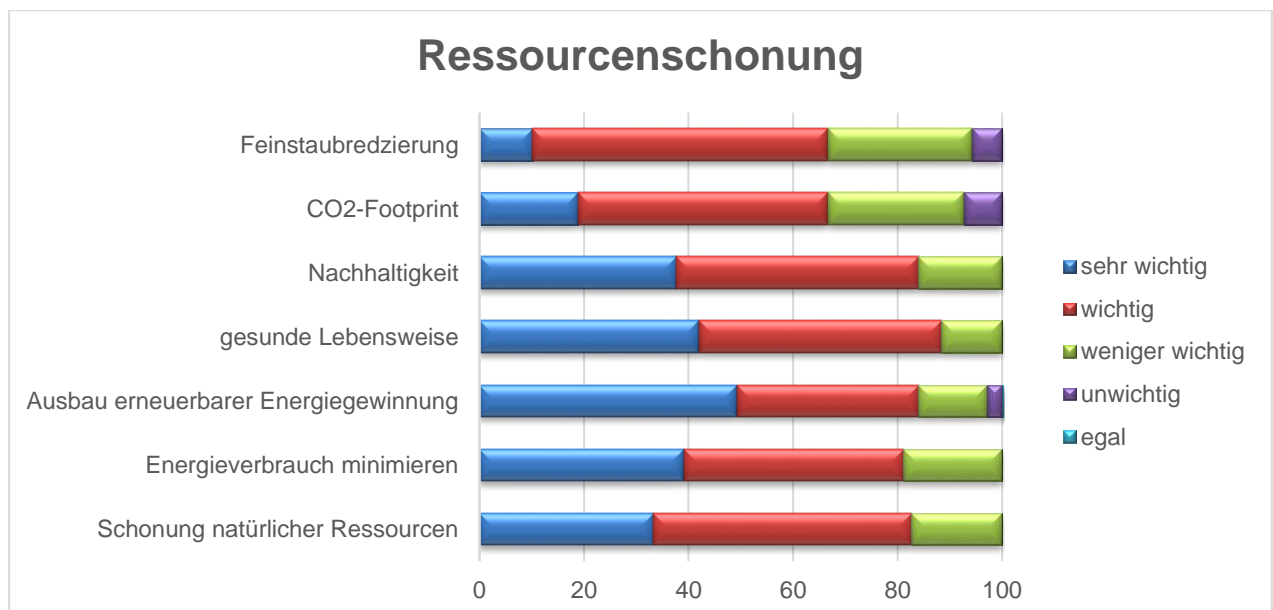


Abbildung 23: Umfrage – Ressourcenschonung

Der Ausbau erneuerbarer Energiegewinnung und der mögliche Einhergang mit E-Fahrzeugen kann einen hohen Beitrag zur Reduktion des Feinstaubes, Reduktion des CO<sub>2</sub>-Footprints und der Schonung von natürlichen Ressourcen liefern.

**Frage: Wie viele Fahrzeuge gibt es im Haushalt?**

In den Haushalten gibt es in der Mehrheit weniger als 5 Fahrzeuge. Dies spiegelt die Anzahl an Personen in einem Haushalt wieder, die in der Mehrheit mit 1 bis 3 Personen in einem Haushalt zusammenleben und die Nutzung der Fahrzeuge in der Regel abgestimmt und geteilt wird.

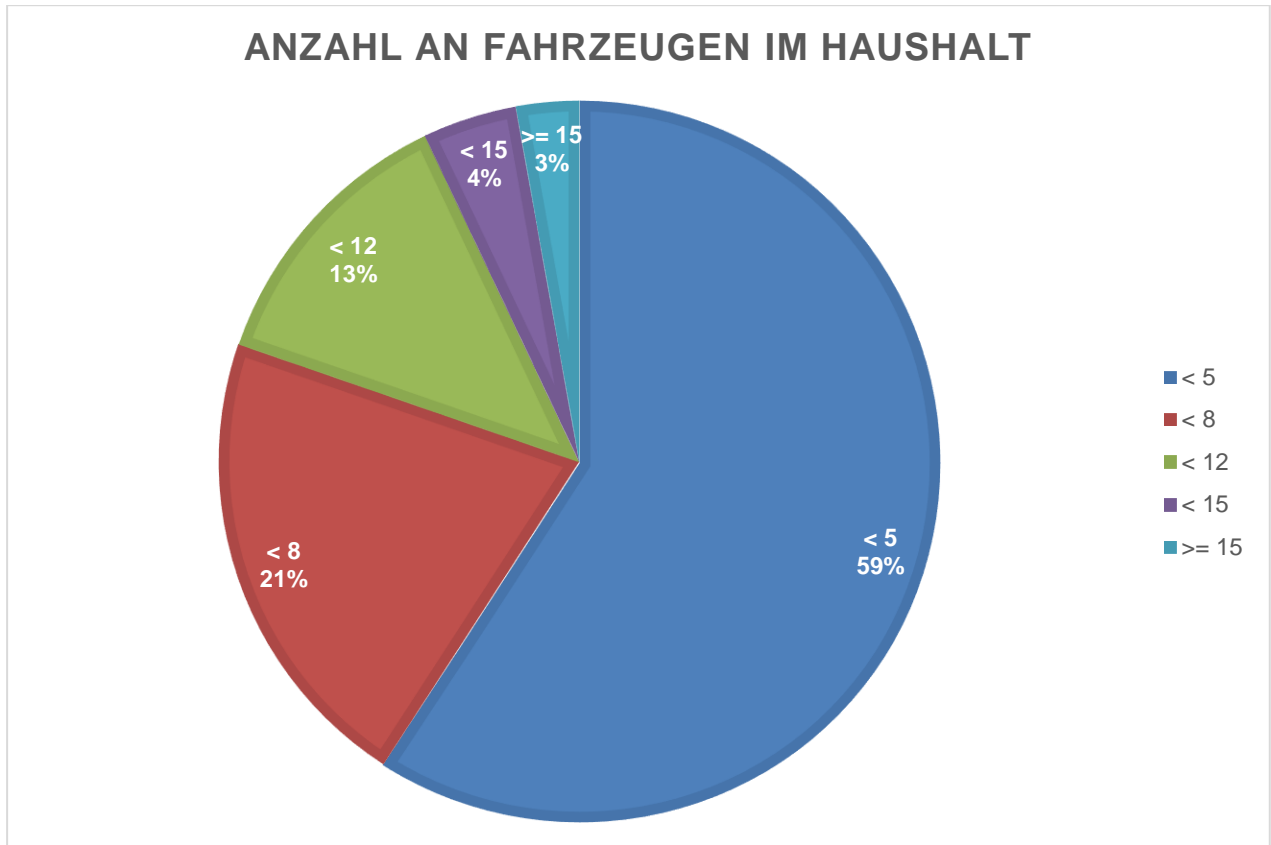


Abbildung 24: Umfrage - Anzahl an Fahrzeugen im Haushalt

### Frage: Welche Klassen an Fahrzeugen gibt es im Haushalt?

Es ist erkennbar, dass die Klassen Fahrrad und Auto mit Abstand am häufigsten vorkommen.

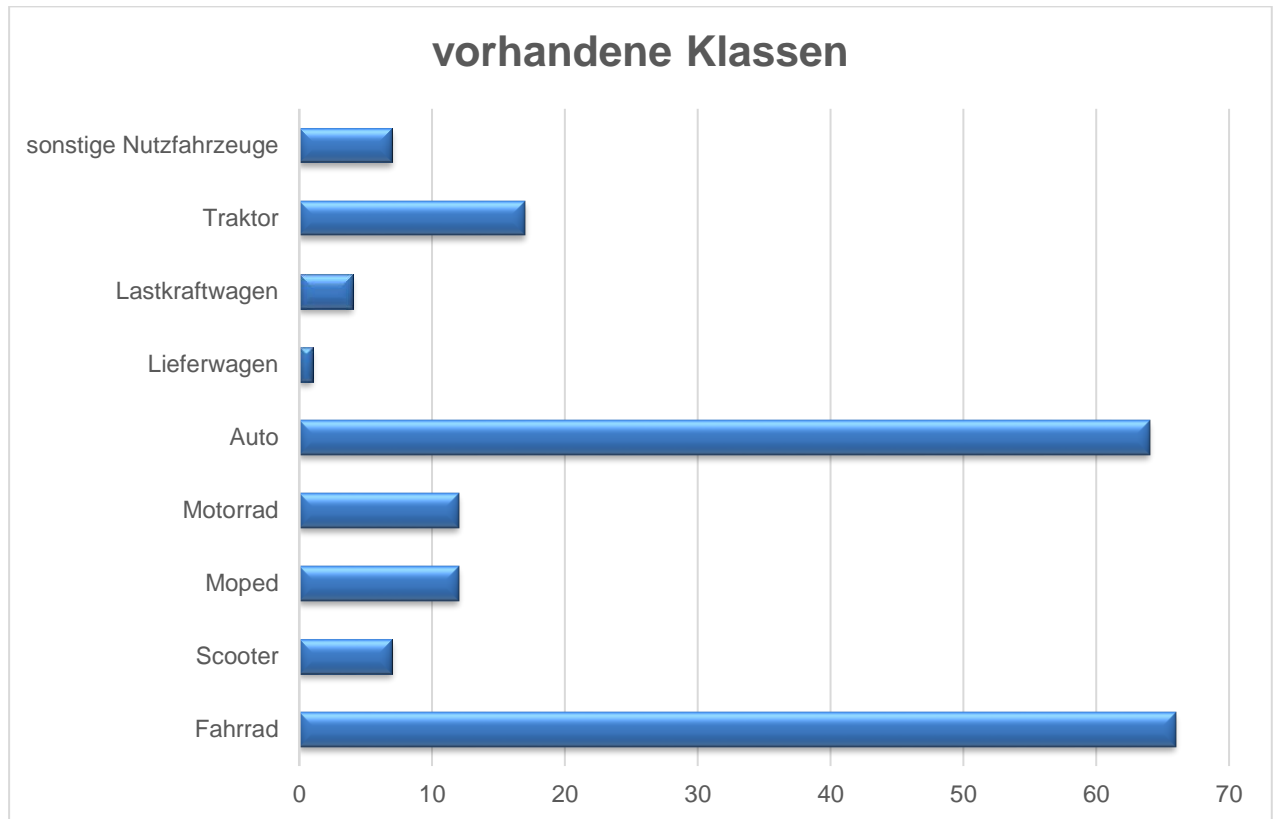


Abbildung 25: Umfrage - vorhandene Klassen

Das Fahrrad ist das verbreitetste Fahrzeug bei den befragten Personen. An zweiter Stelle kommt das Auto, welches am häufigsten bei den genutzten Fahrzeugen ausgewählt wurde. Die hohe Anzahl an genutzten Fahrrädern und Autos begründet sich damit, dass in ländlichen Gegenden ein Auto für das Pendeln zur Arbeitsstätte in den Ballungszentren genutzt wird. Das Fahrrad wird häufig für Freizeitaktivitäten und für Einkäufe des täglichen Bedarfs verwendet.

#### 6.1.3.2. Block: Anschaffung eines Kfz und dessen Nutzung

##### Frage: Was ist bei der Anschaffung eines Kfz besonders wichtig?

Bei der Anschaffung eines Kfz, kommt der Sicherheit eine große Bedeutung zu. Dies inkludiert nicht nur die Sicherheit während der Fahrt, sondern auch die Sicherheit gegen Diebstahl und Beschädigung durch Dritte.

Die Sparsamkeit im Betrieb und die Umweltfreundlichkeit üben zusätzlich einen großen Einfluss auf die Kaufentscheidung aus. Die hohen Treibstoffkosten rücken die Nachfrage nach alternativen Antriebstechnologien immer mehr in den Vordergrund. Der Trend der Umweltschonung und Nachhaltigkeit erlangt zu dem bei der Kfz-Anschaffung auch an Bedeutung.



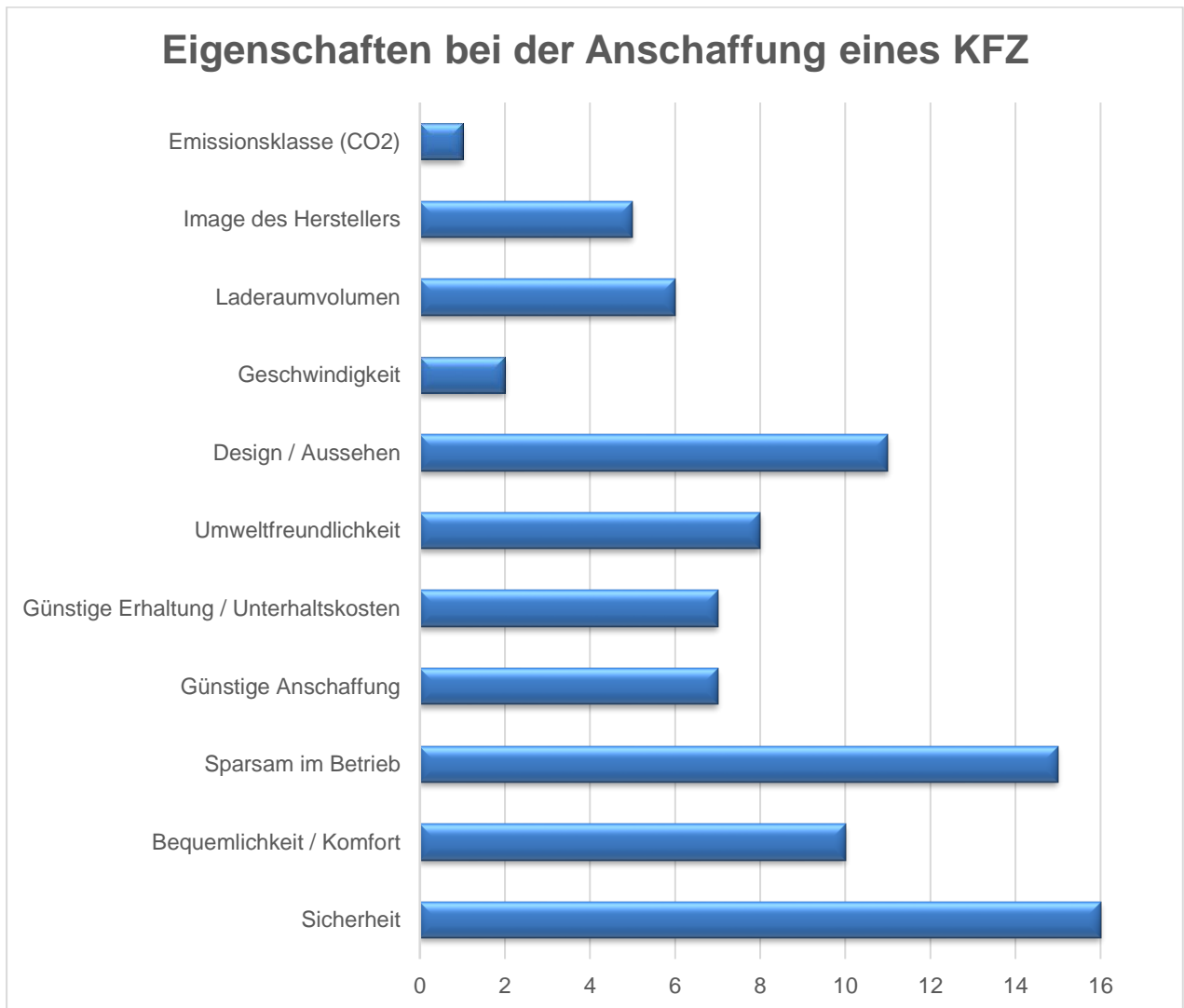


Abbildung 26: Umfrage – Wichtige Eigenschaften bei der Anschaffung eines Kfz

**Frage: Wie werden die zur Verfügung stehenden Fahrzeuge genutzt?**

Das Auto wird zu einem sehr hohen Prozentsatz für den Urlaub verwendet. Betrachtet man den Prozentsatz für die Nutzung des Fahrrades bei Freizeitaktivitäten, kann darauf geschlossen werden, dass auch das Fahrrad im Urlaub durchweg genutzt werden würde, wenn am Urlaubsziel eines zur Verfügung stehen würde, da der Transport eines Fahrrades mit Aufwand verbunden ist und das nötige Equipment zur Verfügung stehen muss.

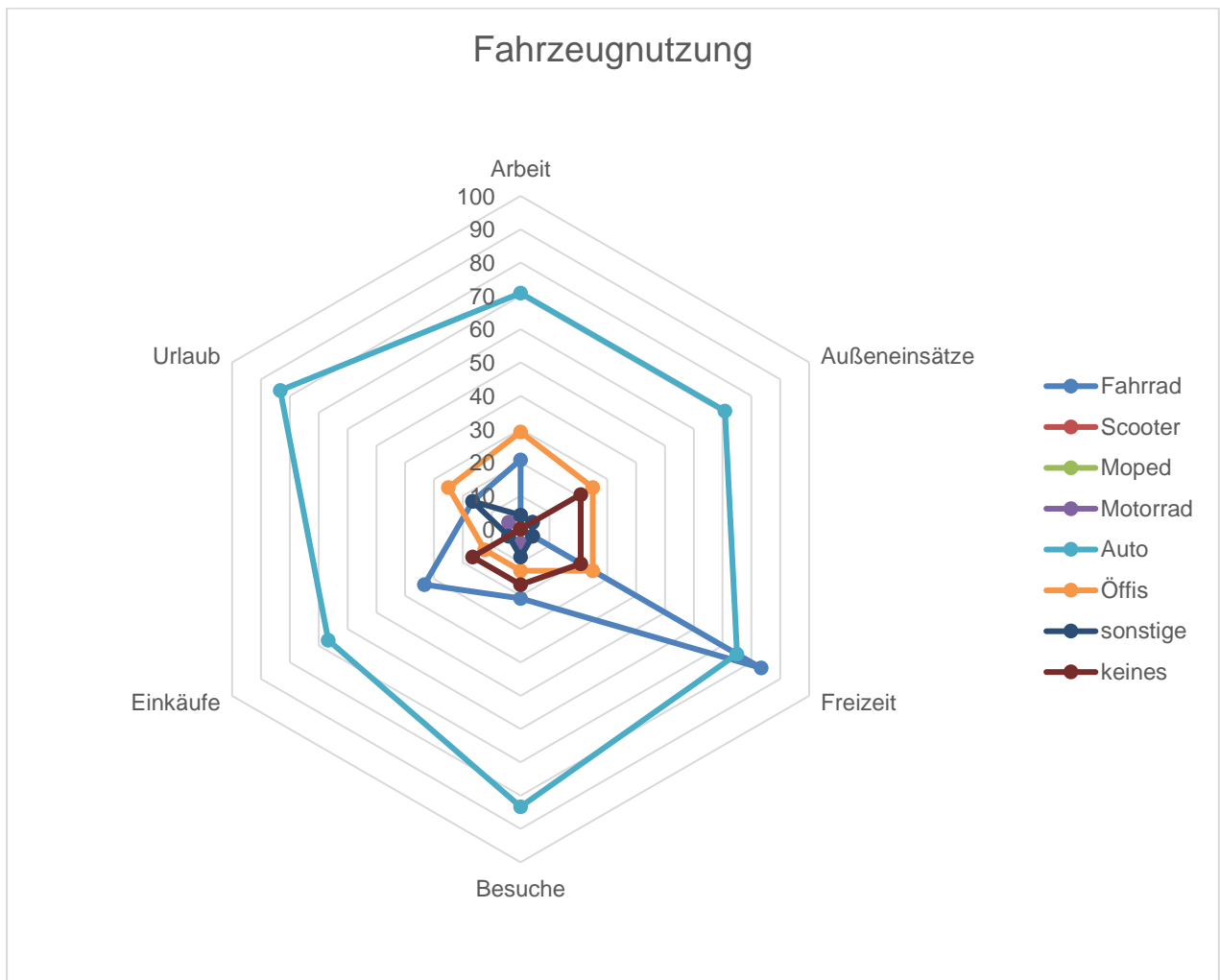


Abbildung 27: Umfrage – Fahrzeugnutzung

### 6.1.3.3. Block: E-Fahrzeug

#### Frage: Wird ein E-Fahrzeug zurzeit genutzt?

Aus der Umfrage ist erkennbar, dass die Nutzung eines E-Fahrzeuges zum Zeitpunkt der Umfrage mit 14 Prozent eher gering ausfällt.

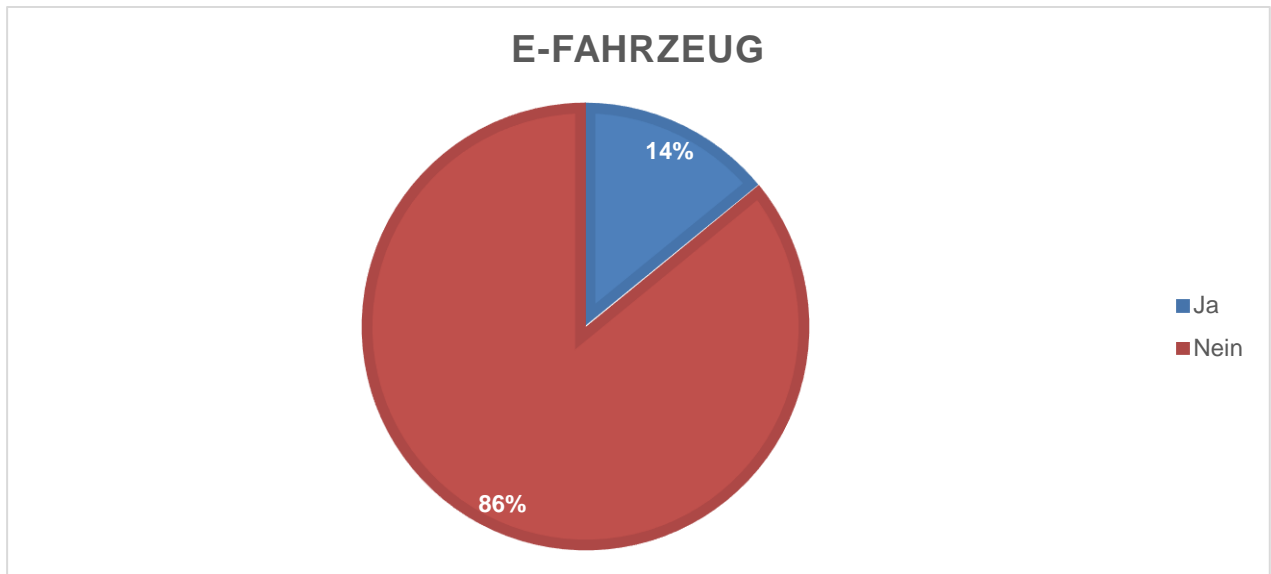


Abbildung 28: Umfrage - Nutzung E-Fahrzeug

#### Frage: Welches E-Fahrzeug steht zur Verfügung?

Die Anzahl der genutzten E-Fahrzeuge fällt mit 12 Stück gering aus. Betrachtet man die Anzahl der Teilnehmer von 72 Personen an der Umfrage, sind die 12 Stück an E-Fahrzeugen eine hohe Anzahl. Das bedeutet, dass jede 6 Person ein E-Fahrzeug nutzt.

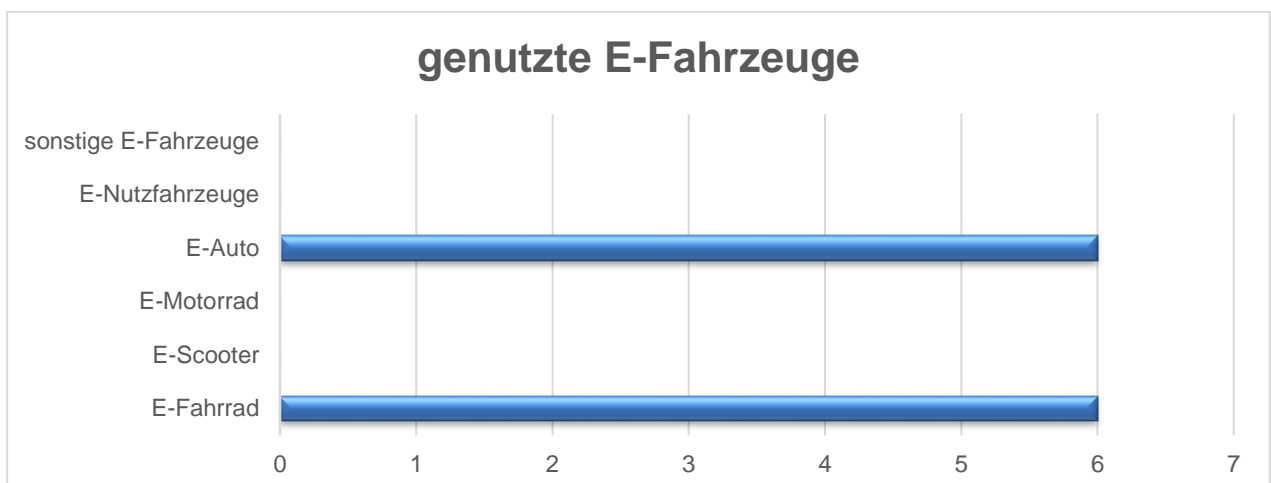


Abbildung 29: Umfrage – genutzte E-Fahrzeuge

Das durchschnittliche Alter der E-Fahrzeugnutzer liegt bei 42,6 Jahren. Dieses Ergebnis widerspricht dem aus der Literatur ermittelten Durchschnittsalter eines E-Fahrzeugnutzers von 51 Jahren (siehe 2.1.6).

**Frage: Welches E-Fahrzeug würde gerne gekauft werden?**

Aus der Umfrage geht hervor, dass wenn ein E-Fahrzeug gekauft werden würde, es ein E-Bike oder ein E-Car sein würde.

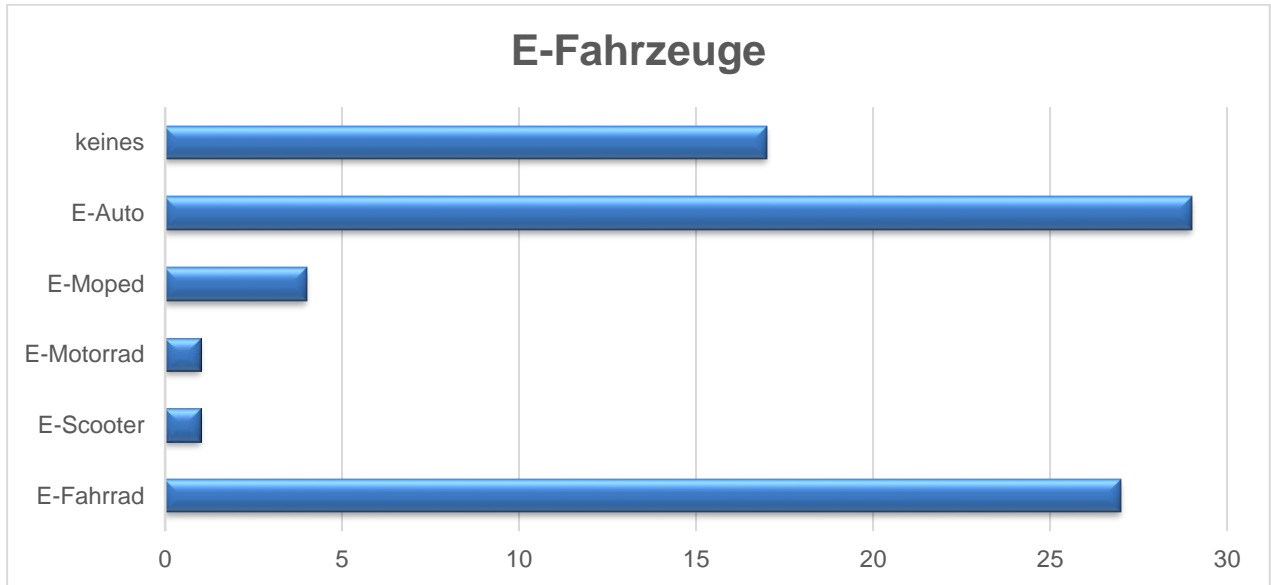


Abbildung 30: Umfrage – Kauf eines E-Fahrzeuges

Ein Grund für diese Antworten liegt in der aktuellen Hype um E-Fahrzeuge und den bekannten Premiumherstellern.

**Frage: Wird ein E-Fahrzeug in naher Zukunft gekauft werden?**

Knapp die Hälfte der befragten Personen gibt an, dass sie sich ein E-Fahrzeug kaufen werden, oder sich Gedanken über den Kauf machen. Zu beachten ist aber auch, dass ca. 25 % angegeben haben, dass der Kauf eines E-Fahrzeuges zu teuer ist.

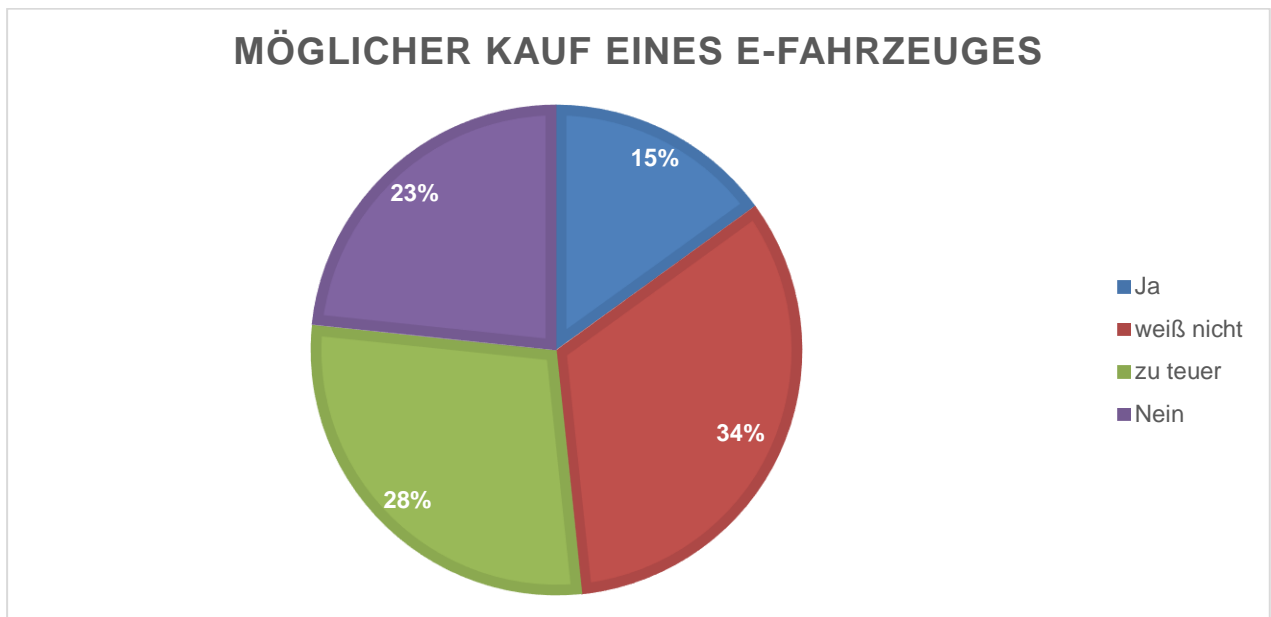


Abbildung 31: Umfrage – möglicher Kauf eines E-Fahrzeuges

**Frage: Unter welchen Voraussetzungen würde ein E-Fahrzeug gekauft werden?**

Der Grund, warum ein E-Fahrzeug nicht gekauft wird, bzw. Voraussetzungen für eine Anschaffung liegen in der aktuell noch geringen Reichweite, den hohen Anschaffungskosten und dem nicht ausreichend ausgebauten E-Ladenetz.

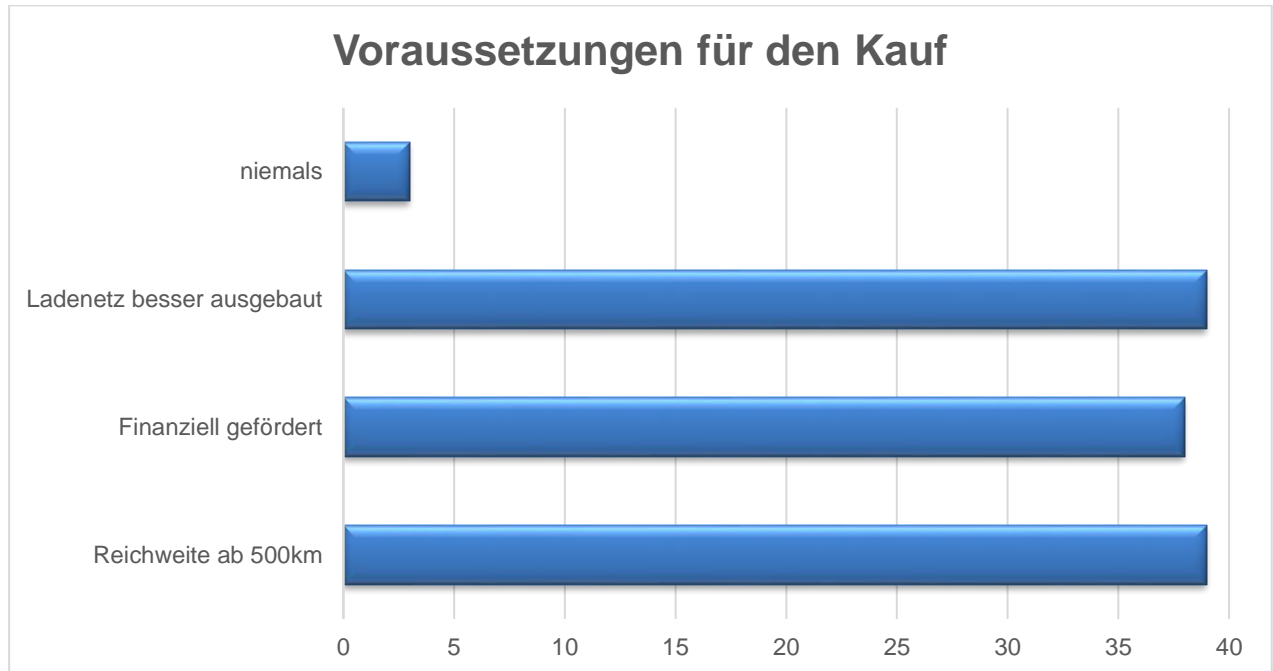


Abbildung 32: Umfrage – Voraussetzungen für den Kauf eines E-Fahrzeuges

Nach einer Umfrage des Fraunhofer-Institutes geben die Befragten an, dass die aktuell hohen Anschaffungskosten und die niedrige Subventionierung gegen den Kauf eines Elektrofahrzeuges sprechen. Bei einem sinkenden Preis ist die Chance für den Kauf eines E-Fahrzeuges deutlich erhöht. Durch zusätzliche Reduktion der Kosten für Parkplätze oder exklusive Fahrspuren im Straßenverkehr, könnte das Kaufinteresse gesteigert werden (Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, 11,12).

Eine Herausforderung ist es, die Gewohnheiten der Verkehrsteilnehmer mit den Leistungsgrenzen der Elektromobilitätstechnologie in Einklang zu bringen. Eine vollgeladene Batterie eines gewöhnlichen Elektrofahrzeuges entspricht etwa der Restreichweite (80 bis 150 km), bei der sich ein PKW-Lenker entschließt, die nächstgelegene Tankstelle zu besuchen (Spath, 2010, p. 12).

### 6.1.3.4. Block: E-Bike

**Frage: Welche Attribute sind beim Kauf eines E-Bikes besonders wichtig?**

Die wesentlichen Faktoren bei der Anschaffung eines E-Bikes liegen in der Lebensdauer des Akkumulators, der Reichweite und der Sicherheit beim Fahren. Das Image des Herstellers und die Geschwindigkeit beim Fahren spielen eine nachrangige Rolle.

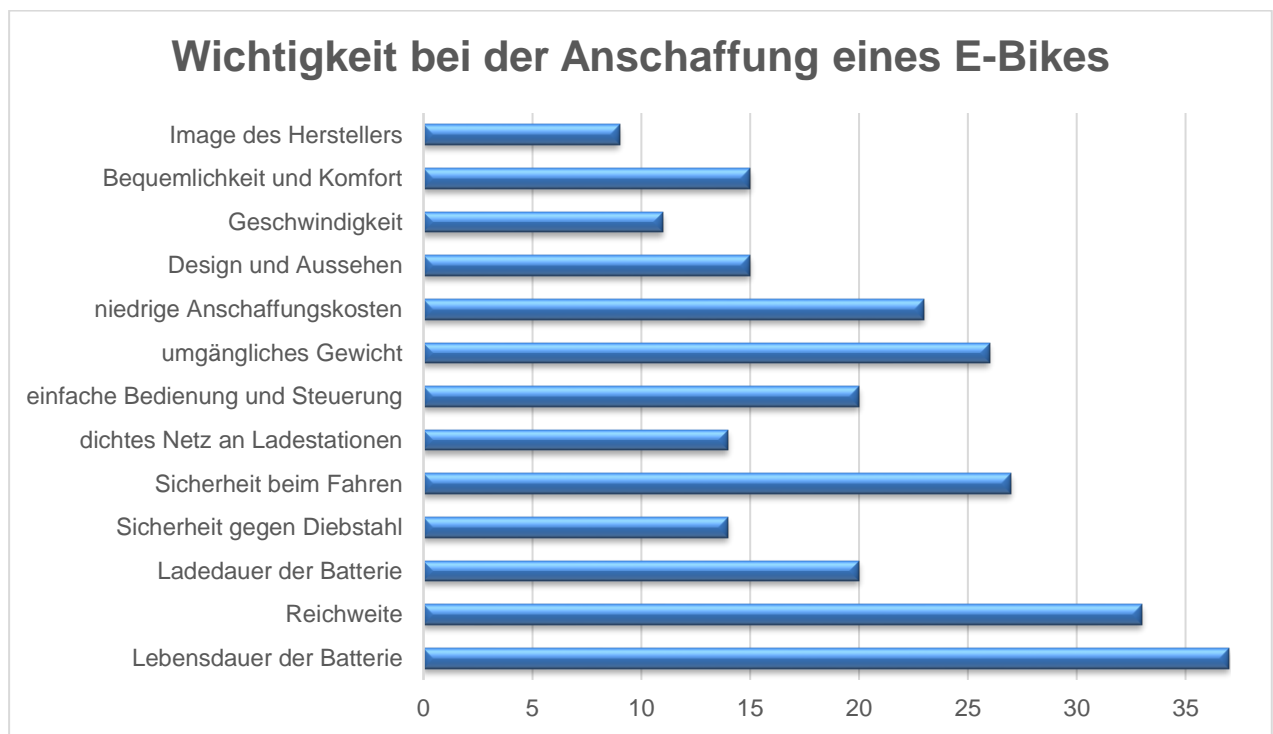


Abbildung 33: Umfrage – Wichtigkeit bei der Anschaffung eines E-Bikes

**Frage: Wie hoch dürfen die Anschaffungskosten eines E-Bikes sein**

Eine deutliche Mehrheit gibt für den Kaufpreis eines E-Bikes an, dass es weniger als 1.300 € kosten darf. Nur 6 Prozent der Befragten würden mehr als 1.500 € für ein elektronisch unterstütztes Fahrrad ausgeben.

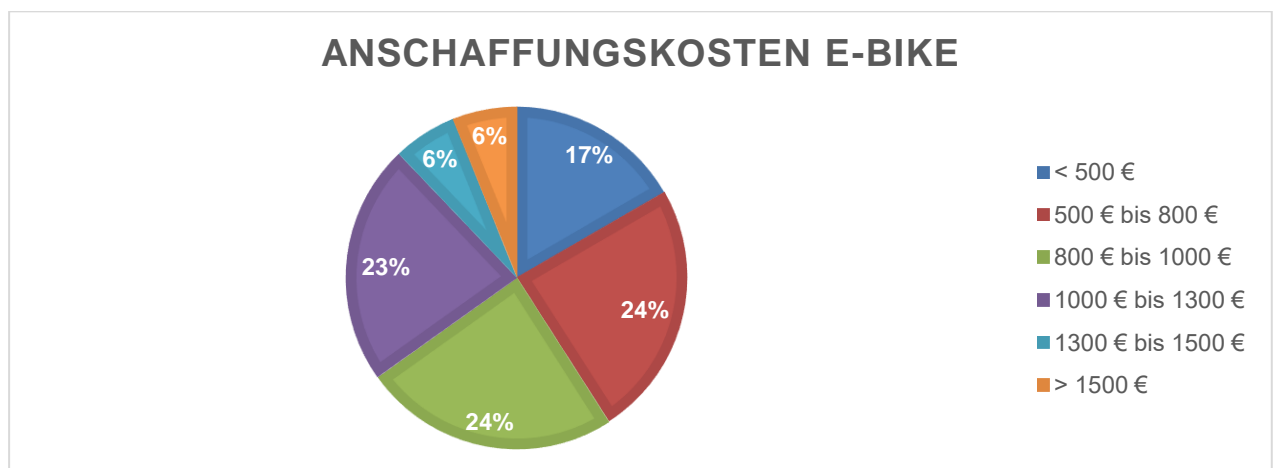


Abbildung 34: Umfrage – Anschaffungskosten eines E-Bikes

Eine Alternative zu den hohen Anschaffungskosten sind Umbau-Kits, mit denen ein herkömmliches Fahrrad mit einem E-Motor ausgestattet wird, welcher als Unterstützer beim Treten fungiert.

### 6.1.3.5. Block: Navigationssystem

#### Frage: Welche lokalen Gegebenheiten sind im Urlaub von Relevanz?

In einem Urlaub wird am häufigsten auf Möglichkeiten für die erlebnisbezogene Nahrungsaufnahme und Freizeitaktivitäten geachtet, diese werden auch angesteuert. Die regionalen Veranstaltungen in sportlicher und kultureller Natur sind auch Punkte, die gesucht und angesteuert werden, um die Kultur des bereisten Landes näher kennenzulernen.

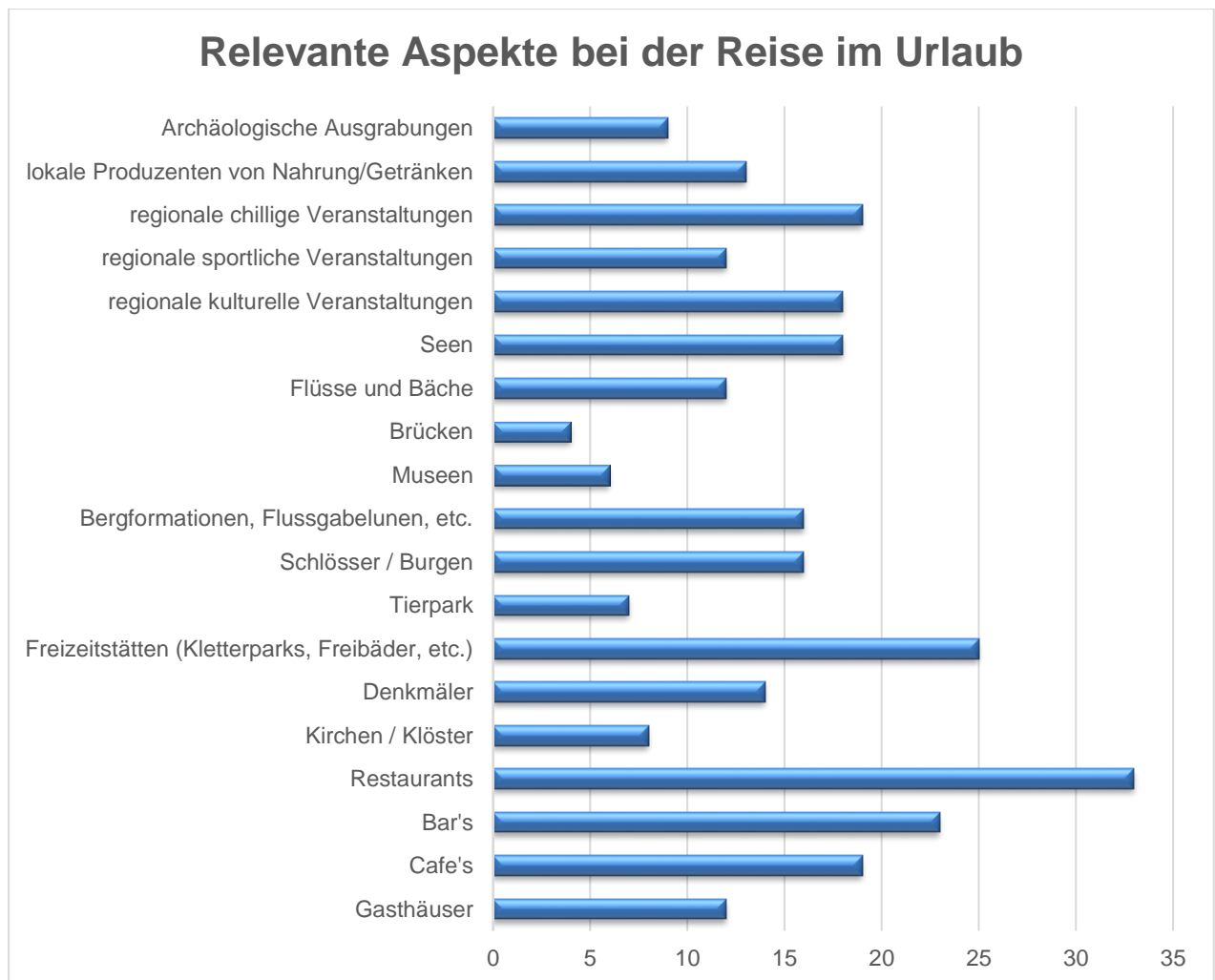


Abbildung 35: Umfrage – Relevante Aspekte bei der Reise im Urlaub

Veranstaltungen in regionalen Stätten werden in der Regel nicht jeden Tag durchgeführt und sind somit nicht ständig in den Medien publik und werden vom Navigationssystem auch nicht angezeigt.

**Frage: Wie oft wird ein Navigationssystem verwendet?**

Aus der Umfrage geht hervor, dass das Navigationssystem nur in einem verschwindet kleinen Anteil, täglich genutzt wird. Die große Mehrheit der Anwender nutzt das Routenführungssystem zu unterschiedlichen Zeiten und Anlässen.

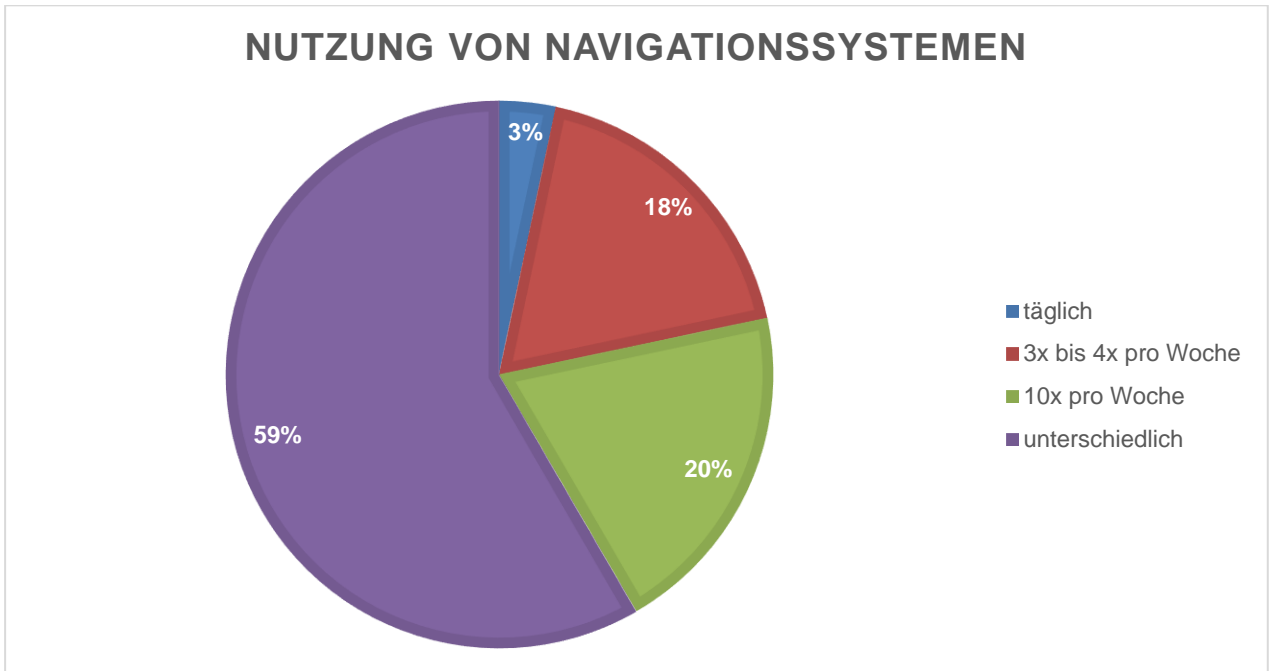


Abbildung 36: Umfrage – Nutzung von Navigationssystemen

Die Ergebnisse der Umfrage decken sich nicht mit den Ergebnissen der Statista-Umfrage über die Nutzung von Navigationssystemen. Der Prozentsatz für die tägliche Nutzung ist laut einer Statista-Umfrage um das Doppelte größer.

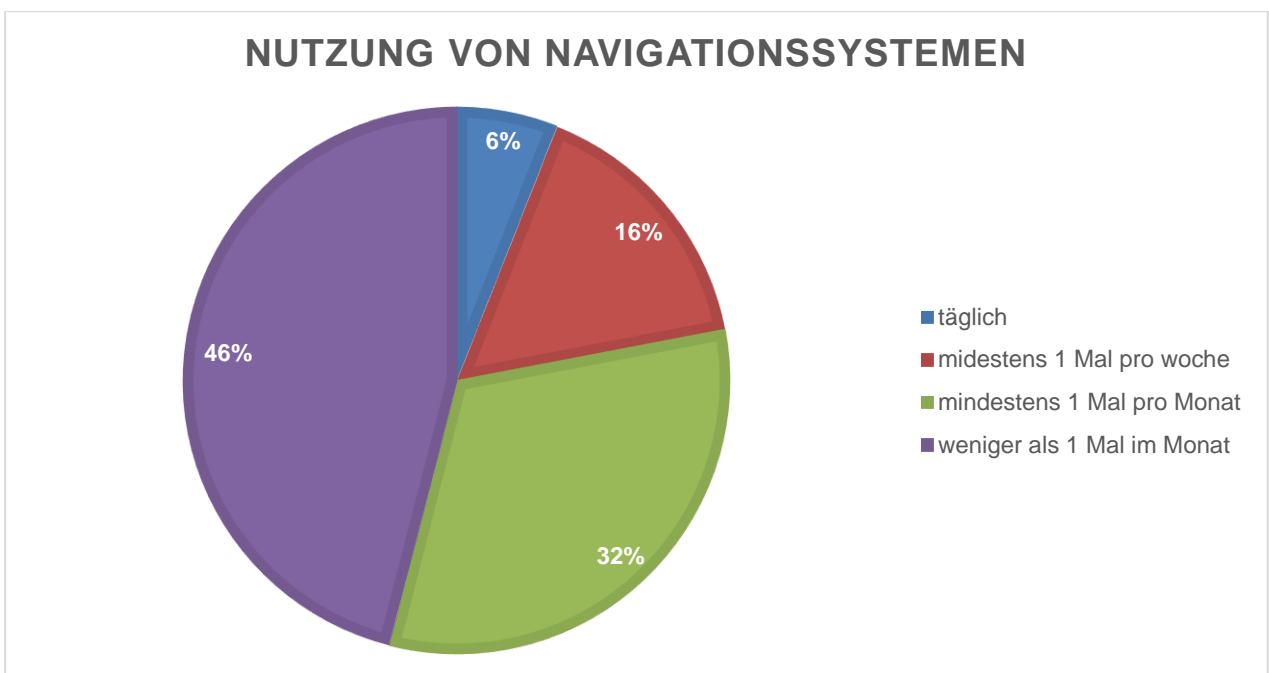


Abbildung 37: Nutzung von Navigationssystemen (Quelle: Statista)



**Frage: In welchen Situationen wird das Navigationssystem genutzt?**

Das Navigationssystem wird am häufigsten bei Autofahrten verwendet, um das Ziel schneller und leichter erreichen zu können.

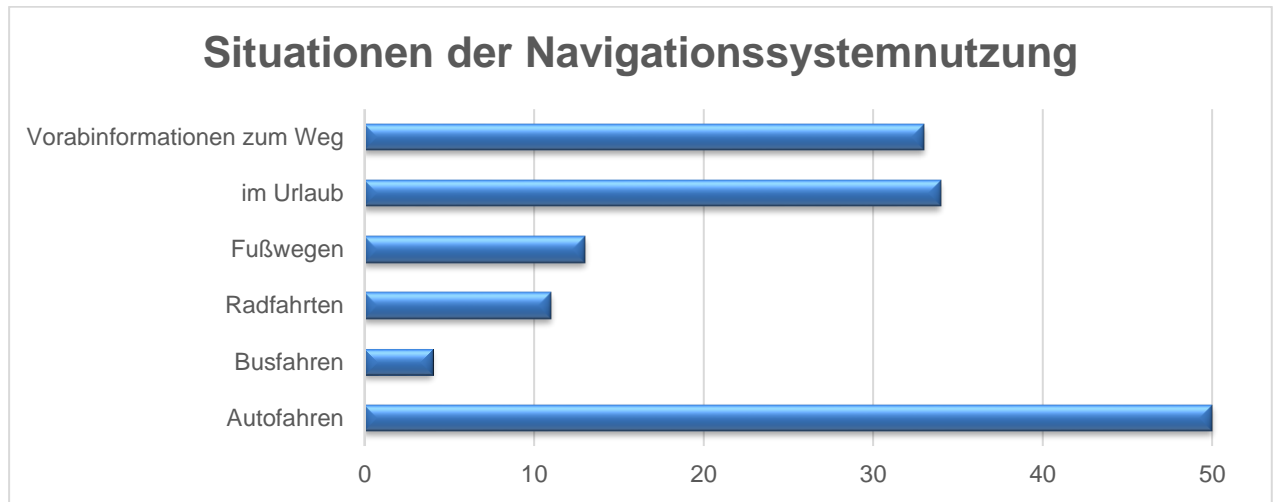


Abbildung 38: Umfrage – Situationen der Navigationssystemnutzung

Navigationssysteme werden zusätzlich zu den Autofahrten genutzt, um sich vorab über den Weg zu informieren. Einen hohen Stellenwert nimmt es im Urlaub ein, da die Informationssuche über z. B. Restaurants wesentlich erleichtert wird.

**Frage: Welche Attribute sind beim Kauf eines Navigationssystems von Wichtigkeit?**

Die Gewichtung der Attribute eines Navigationssystems sind nach dem Schulnotensystem verteilt (1 sehr wichtig, 2 wichtig, 3 mir egal, 4 unwichtig).

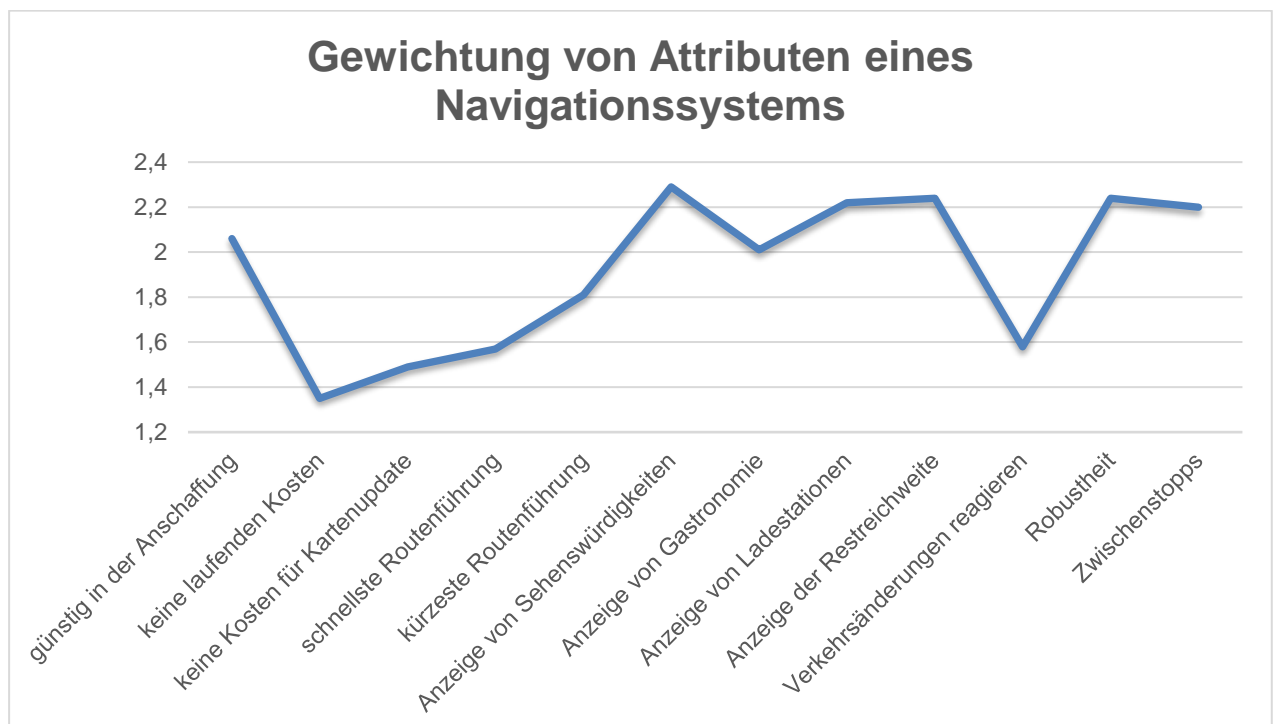


Abbildung 39: Umfrage – Gewichtung von Attributen eines Navigationssystems

Auf Basis der Umfrage ergibt sich, dass die laufenden und zusätzlichen Kosten eines Navigationssystems ein wichtiger Entscheidungspunkt für den Kauf sind. Zusätzliche Kosten sind unangenehm und es wird versucht, diese zu vermeiden.

Die Anzeige von Zwischenstopps mit der Note 2,2 zeigt an, dass es wichtig ist, aber im täglichen Leben nicht allzu oft benötigt wird. Dies gilt auch für die Anzeige der Restreichweite und von Ladestationen, welche durch den geringen Anteil von E-Fahrzeugen, nicht in größerer Anzahl benötigt wird.

#### **6.1.4 Ergebnisanalyse**

Wegweiser und Beschilderung sind nach einer Statista-Umfrage für Fahrradurlaube (Welche Informationsquellen und Medien nutzen Sie während ihrer Fahrradurlaube / Radreisen zur Orientierung) die am häufigsten genutzten Markierungspunkte. Erst an dritter und vierter Stelle tritt das Smartphone und das Internet. Dies begründet sich damit, dass die ständig vorhandenen Urlaubsziele über Beschilderungen gut erkennbar und leicht zu erreichen sind.

Für lokale Veranstaltungen gibt es die ständige Beschilderung nicht. Hierfür wird auf das Smartphone mit Internetzugriff zurückgegriffen, um sich zu informieren, wo und wann eine passende Veranstaltung stattfindet.

Bei der Integration der zeitlich begrenzten Veranstaltungen in ein Navigationssystem, welches sich ständig aktualisiert, kann die Besucheranzahl der Örtlichkeiten erhöht werden, da nicht zuerst im Internet gesucht werden muss, um etwas Passendes zu finden.

Nachhaltigkeit, Ressourcenschonung und Umweltbewusstsein sind Attribute, welche immer mehr in den Vordergrund rücken. Sie sind alters- und geschlechtsneutral. Wobei die Technologie hinter den E-Fahrzeugen für männliche Personen einen höheren Stellenwert aufweist, als der tatsächlich damit verbundene Schutz der Umwelt.

Durch die Einführung von E-Fahrzeugen können diese Werte mehr gefördert werden. Die hohen Anschaffungskosten, die noch nicht ausgebaute Infrastruktur und die geringe Reichweite sind aktuell noch Hemmnisse bei der Anschaffung eines E-Fahrzeuges. Durch die Anschaffung von E-Fahrzeugen und durch den Ausbau der benötigten Infrastruktur in Urlaubsregionen in urbanen und ländlichen Gebieten, kann die Akzeptanz weiter gefördert werden und der Gast kann die neuen Technologien ausprobieren und testen.

## **6.2 Feldversuch mit Beobachtung**

Auf Basis der ermittelten Daten und Ergebnisse der Onlineumfrage, wird ein Feldversuch mit einer Fahrradtour in einem Tourismusgebiet durchgeführt. Die Verhaltensweise der Probanden (Ausdauer beim Fahren, Verhalten bei Wartezeiten, etc.) werden interpretiert und mit der Literatur und den Ergebnissen der Onlineumfrage abgeglichen.

### **6.2.1 Situationsdarstellung**

Bei dieser Fahrradtour durch die Südsteiermark nahmen 14 Personen teil. Davon waren 12 normale Fahrräder und 2 Elektrofahrräder mit Unterstützungsfunktion. Es wurde im Vorfeld nicht bekanntgegeben, dass die Fahrradtour zusätzlich als Feldversuch verwendet wird. Dadurch waren die beteiligten Personen unvoreingenommen.

Bei dem Feldversuch handelt es sich um eine Simulation. Da die durchschnittliche Reichweite von E-Bikes deutlich über die 40 km Reichweite hinausgeht, wurde die Fahrstrecke in Abschnitte unterteilt, die eine nahezu vollständige Entladung des Akkumulators der E-Bikes entsprechen sollen.

Die Route wurde in 6 Abschnitte aufgeteilt. Nach jedem Abschnitt erfolgt eine Pause in unterschiedlichsten Situationen, um das Laden eines E-Bikes zu simulieren. Die Unterbrechungen weisen eine Mindestdauer von 40 Minuten auf.

Die geplante Strecke hat eine Länge von 38 km und führt entlang des österreichischen Murauengebietes in der Südsteiermark über einen Grenzübergang nach Slowenien. Nach dem Grenzübergang werden Feld- und Waldwege benutzt, um zum nächsten Grenzübergang zu gelangen, der wieder zurück nach Österreich führt.

Der Feldversuch wurde an einem sonnigen Samstag Ende September durchgeführt.

#### **6.2.1.1. Abschnitt 1**

Der erste Abschnitt ist flach ausgelegt und weist leichte Gefälle auf.

##### **Fahrstrecke**

Die Fahrstrecke des ersten Abschnittes führt vom Ausgangspunkt Deutsch Goritz nach Ratschendorf und von hier aus über Radwege zu einer Radbrücke zwischen Österreich und Slowenien.

Dieser Abschnitt hat eine Länge von ca. 11 Kilometer und es wurden 65 Minuten benötigt, um diese Strecke zu absolvieren. Diese ergibt eine Durchschnittsgeschwindigkeit von ca. 11 km / h, was einem gemütlichen Radfahren ohne Anstrengung entspricht.

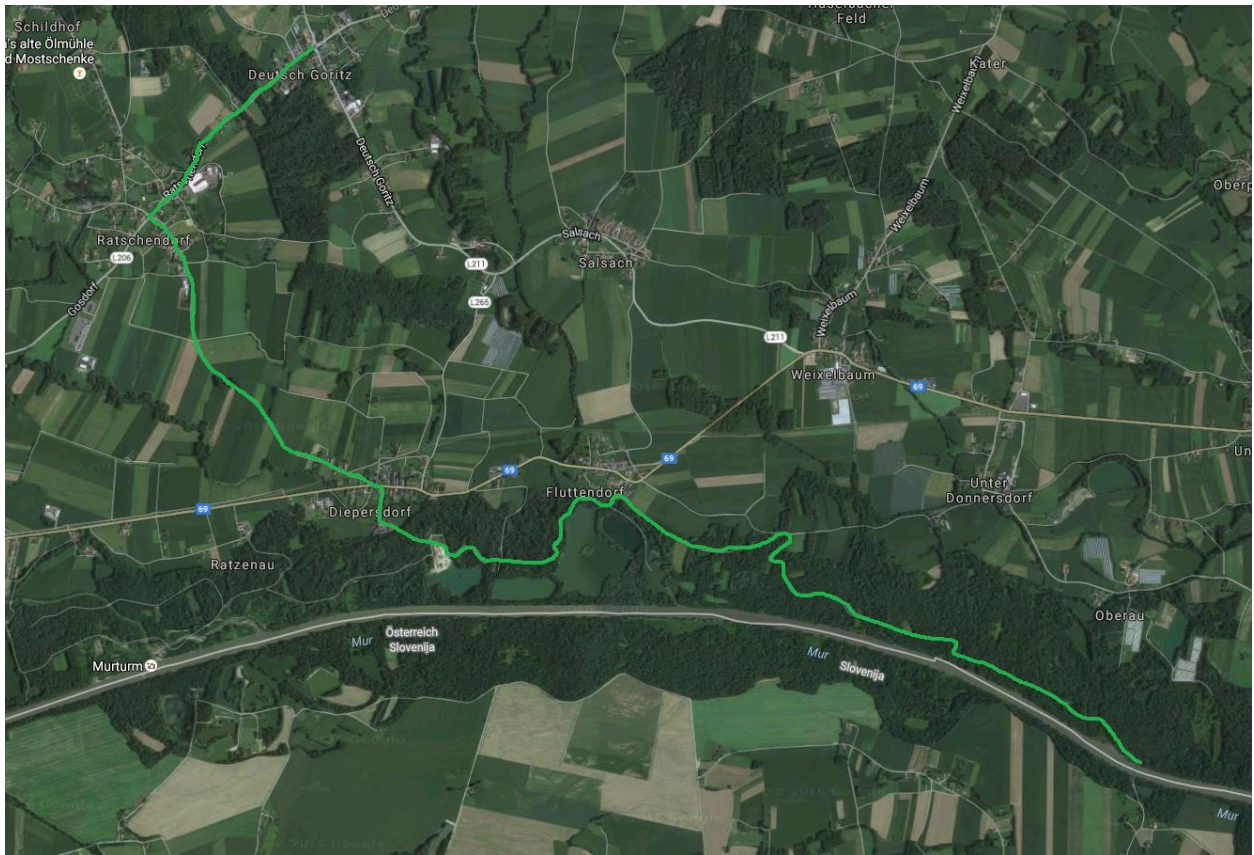


Abbildung 40: Fahrstrecke, Abschnitt 1

### Unterbrechung

Vor der Grenzüberquerung wurde eine 40-minütige Pause eingelegt. Bei dieser Örtlichkeit gibt es keine Sehenswürdigkeiten oder Konsumlokalitäten. Vor dem Grenzübergang bei der Mur, gibt es einen Zugang zum Fluss.

In den ersten 20 Minuten waren die beteiligten Personen mit dem Gewässer und kleinen Wasserspielen beschäftigt, wodurch keine Langeweile oder unruhige Stimmung aufkam. Die nächsten 10 Minuten wurden für Fotos verwendet.

In den letzten 10 Minuten kam Unruhe und Langeweile auf, da die Personen weiterfahren wollten, dies aber unterbunden wurde, um die Simulation der 40 Minuten aufrecht zu erhalten.

### Erkenntnis

Durch einen längeren Aufenthalt an Gewässern, ohne sonstige Möglichkeiten der Betätigung, kann nur über einen kürzeren Zeitraum die Langeweile unterdrückt werden. Eine Ladestelle von E-Fahrzeugen an diesen Örtlichkeiten ist aus den gewonnenen Erkenntnissen nur bedingt lohnenswert, da hier nicht die volle Ladezeit in Anspruch genommen werden wird.

### 6.2.1.2. Abschnitt 2

#### Fahrstrecke

Der zweite Abschnitt führt über Slowenien an einem unbefahrenen Feldweg entlang. Die zurückgelegte Strecke beträgt 7,7 km und wurde in 23 Minuten zurückgelegt. Dies bedeutet eine Durchschnittsgeschwindigkeit von ca. 20 km / h. Zusätzlich gab es noch abschnittsweise leichten Gegenwind, der die Bedingungen zusätzlich erschwerte.

Die Erhöhung der Geschwindigkeit diente dazu, um festzustellen, ob die E-Bike-Fahrer leichter mit der Tempoerhöhung zurechtkommen, als die nicht E-Bike-Fahrer.



Abbildung 41: Fahrstrecke, Abschnitt 2

#### Unterbrechung

Die zweite Unterbrechung der Fahrradtour fand an einem Fischteich mit Restaurant in Zgornje statt. Beim Eintreffen am Fischteich wiesen die nicht E-Bike-Fahrer einen deutlich höheren Erschöpfungsgrad auf, als die E-Bike-Fahrer mit Tretunterstützung.

Das Restaurant wurde genutzt, um Getränke zu konsumieren, was den Aufenthalt bei den Radfahrern gefühlsmäßig deutlich verkürzte. Die Unterbrechung der Radtour dauerte 45 Minuten. Von den Teilnehmern gab es keine Beklagungen über die vollzogene Ruhezeit.

#### Erkenntnis

Eine Unterbrechung an einem Gewässer und einer zusätzlichen Möglichkeit etwas zu konsumieren, beeinflusst das Verhalten der Personen enorm. Die Langeweile nimmt ab bzw. kommt gar nicht auf, da durch den Konsum etwas zu tun ist und die Gelegenheit besteht, mit anderen Personen in Kontakt zu treten und Erfahrungen auszutauschen.

Eine Lademöglichkeit an diesen Stellen ist empfehlenswert, da die volle Ladedauer genutzt werden kann, um das E-Bike wieder aufzuladen.

### 6.2.1.3. Abschnitt 3

#### Fahrstrecke

Der dritte Fahrabschnitt führte weiter durch Slowenien und beim Grenzübergang in Mureck wieder nach Österreich.

Erschwerend an diesem Abschnitt ist die Bergfahrt in Slowenien vor dem Grenzübergang. Dieser Abschnitt hat eine Länge von 6 km und wurde in 51 Minuten absolviert. Dies bedeutet, dass eine Durchschnittsgeschwindigkeit von ca. 5,2 km / h erreicht wurde.



Abbildung 42: Fahrstrecke, Abschnitt 3

Am höchsten Punkt der Radtour wiesen die nicht E-Bike-Fahrer deutliche Erschöpfungserscheinungen auf. 2 Personen vermieden es, den Berg hinauf zu fahren und schoben ihr Fahrrad den Berg hinauf.

Die E-Bike-Fahrer kamen am höchsten Punkt ohne erkennbare Erschöpfungserscheinungen an.

#### Unterbrechung

Für die Unterbrechung des dritten Abschnittes wurde ein Minigolfplatz ausgewählt, welcher aber geschlossen hatte, sodass keine Aktivitäten durchgeführt werden konnten.

Die 40 Minuten Wartezeit führte zu einem deutlichen Anstieg an Langeweile und Gereiztheit.

#### Erkenntnis

Durch die Funktion des unterstützten Tretens bei den E-Bikes, ist die Bewältigung einer Geländeerhöhung einfacher und schneller. Die Ausdauer beim Fahrradfahren steht in diesem

Fall nicht mehr im Vordergrund und die Steigung kann entspannter gemeistert werden. Nicht E-Bike-Fahrer sind hingegen deutlich erschöpfter bei der Erreichung der Geländeerhöhung.

Eine Pausierung an einer Stelle, wo eine sportliche Aktivität möglich ist, diese aber nicht geöffnet hat bzw. nicht zur Verfügung steht, kann zum Missfallen der beteiligten Personen führen. Durch die Wartezeit von 40 Minuten werden die Gemüter deutlich erhitzt. Eine Verfügbarkeitsdarstellung der sportlichen Aktivität in einer Applikation ist daher empfehlenswert.

#### 6.2.1.4. Abschnitt 4

##### Fahrstrecke

Der vierte Abschnitt führt über Feld- und Waldwege zu einem See, bei dem eine längere Ruhephase geplant war.

Der hierfür zurückgelegte Weg beträgt 3,2 km und wurde in ca. 22 Minuten absolviert. Durch Rückenwind wurde die Bewältigung des Streckenabschnittes erleichtert.

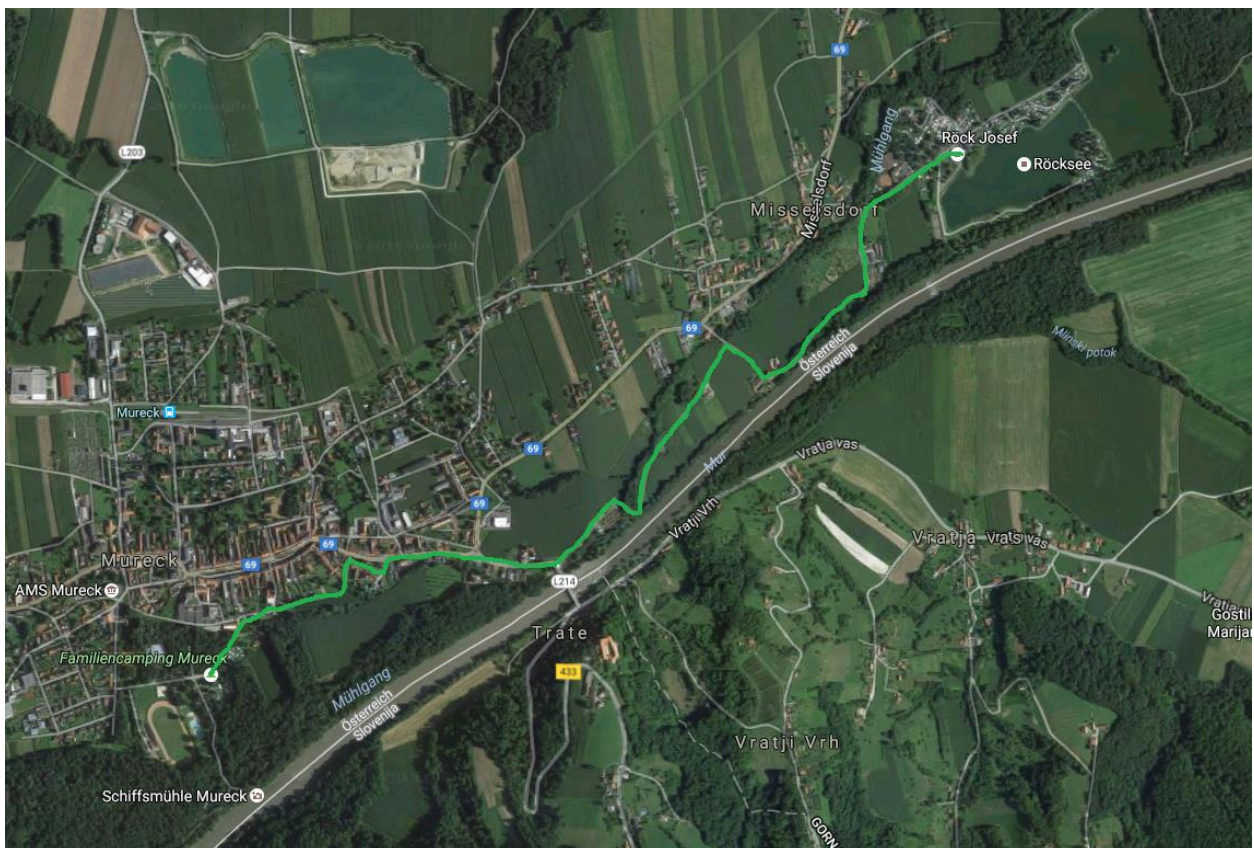


Abbildung 43: Fahrstrecke, Abschnitt 4

##### Unterbrechung

Durch den Rückenwind und der kurzen Strecke, kamen alle Teilnehmer der Tour in einem nicht erschöpften Zustand am See an, bei dem eine 1,5 Stunden lange Pause eingehalten wurde.

Die Pause wurde für das Mittagessen und Spaziergänge am See genutzt, wodurch wiederum keine Langeweile aufgrund der erforderlichen Wartezeit aufkam.

### Erkenntnis

Durch den längeren Aufenthalt an einer Stelle und der Möglichkeit, Nahrung zu konsumieren und einer Aktivität nachzugehen, ist der Zeitfaktor nicht mehr von Bedeutung. Ladestellen an diesen Stellen sind in jedem Fall empfehlenswert. Die Information über die Verfügbarkeit des Restaurants ist dennoch wünschenswert.

## 6.2.1.5. Abschnitt 5

### Fahrstrecke

Im fünften Abschnitt wurde eine Sehenswürdigkeit der Region besucht. Hierbei handelt es sich um den Murturm. Die zurückgelegte Strecke war 1,9 km lang und wurde in 12 Minuten absolviert. Dies entspricht einer Durchschnittsgeschwindigkeit von ca. 10 km / h.

Der Weg führt durch bewaldetes Gebiet mit angrenzenden Teichen.

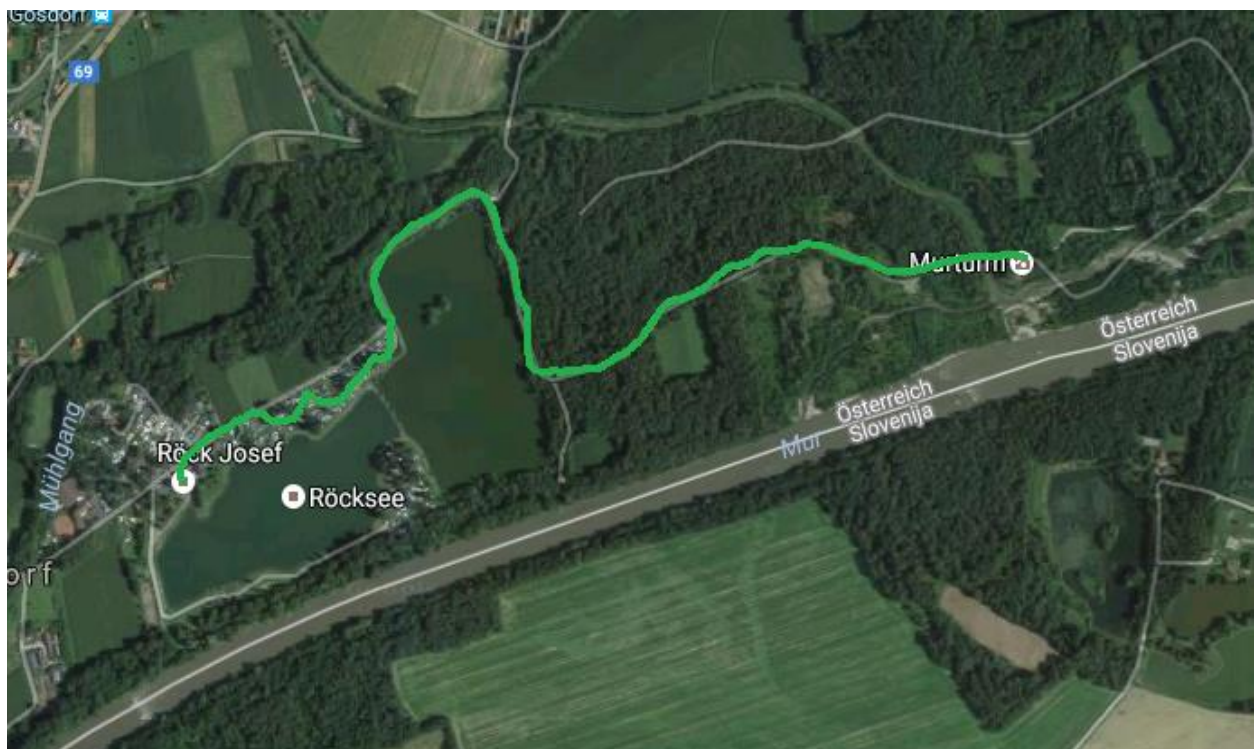


Abbildung 44: Fahrstrecke, Abschnitt 5

### Unterbrechung

Die vierzigminütige Pause wurde hier genutzt, um einen Blick vom Murtturm in das benachbarte Slowenien zu werfen. Durch das Treppensteigen waren die beteiligten Radfahrer nach dem Besteigen des Murturms erschöpft und der geplante Aufenthalt wurde genutzt, um sich zu erholen.



## Erkenntnis

Ein Aufenthalt bei einer lokalen Attraktion oder kulturellen Örtlichkeit, verkürzt das empfundene Zeitgefühl. Durch die Betätigung des Stufensteigens stellt sich eine zusätzliche Erschöpfung ein, wodurch die geplanten 40 Minuten Aufenthalt, gerne in Anspruch genommen wurden.

Eine Ladeeinheit für E-Fahrzeuge an kulturellen Attraktionen ist daher lohnenswert und empfehlenswert.

### 6.2.1.1. Abschnitt 6

#### Fahrstrecke

Der letzte Abschnitt führte wieder zurück zum Ausgangspunkt der Fahrradtour. Die Strecke beträgt 8 km und wurde in 25 Minuten zurückgelegt. Dies entspricht einer Durchschnittsgeschwindigkeit von ca. 20 km / h.

Erschwerend kommt bei diesem Abschnitt hinzu, dass eine Steigung zu bewältigen und ein stärkerer Gegenwind aufgekommen war.

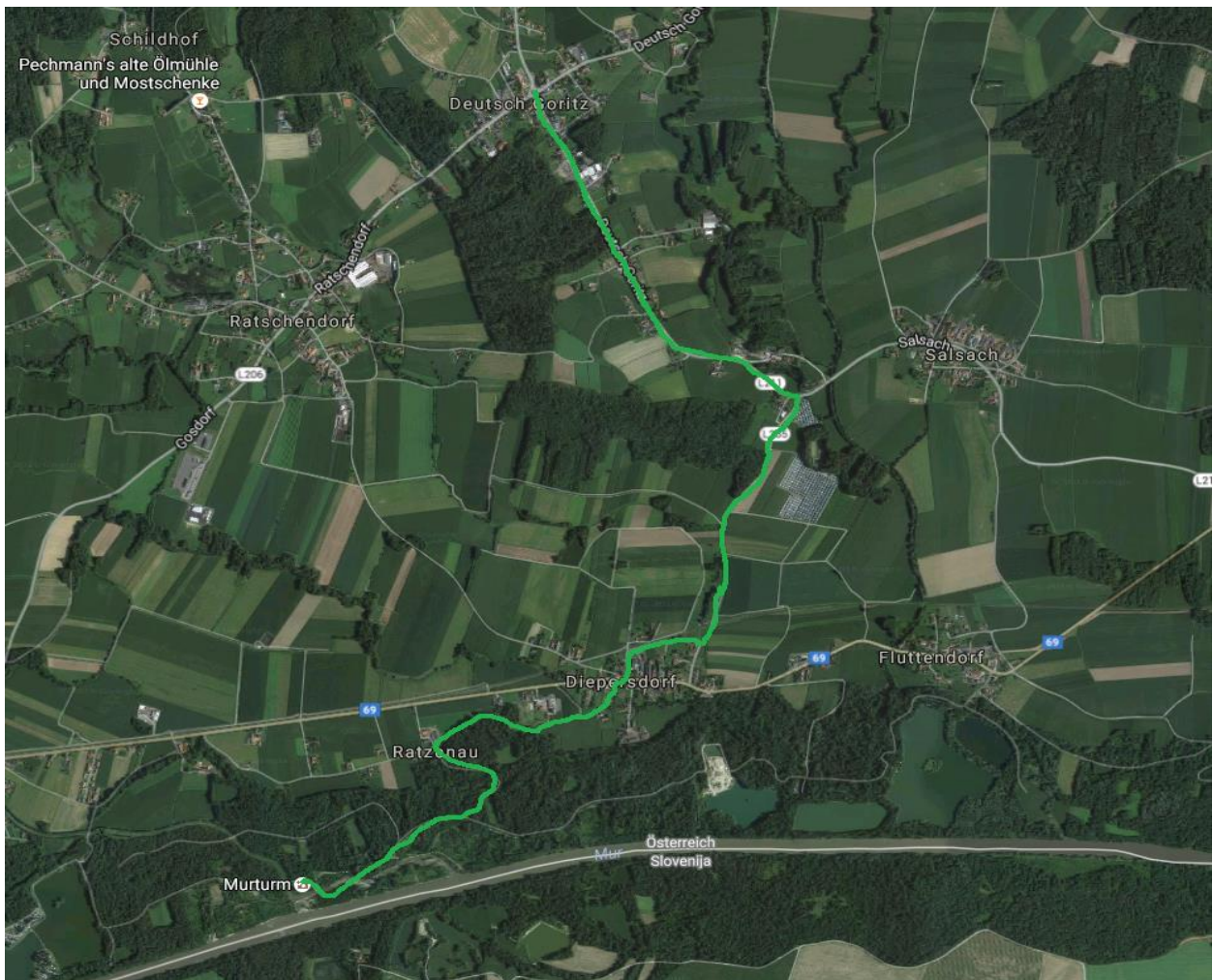


Abbildung 45: Fahrstrecke, Abschnitt 6

## **Abschluss**

Am Ende der Fahrradtour wiesen die nicht E-Bike-Fahrer deutliche Ermüdungserscheinungen auf. Die zwei E-Bike-Fahrer mit Tretunterstützung hatten hingegen keine Beschwerden vorzubringen.

## **Erkenntnis**

Durch die erhöhte Durchschnittsgeschwindigkeit, der Steigung und dem aufkommenden Gegenwind, gab es eine zusätzliche Belastung, die sich in der Erschöpfung der Teilnehmer niederschlug. Die E-Bike-Fahrer mit Tretunterstützung wiesen eine kaum merkbare Erschöpfung auf, wo hingegen die Nicht-E-Bike-Fahrer mit der Erschöpfung durch das Abschlussstück zu kämpfen hatten.

### **6.2.2 Interpretation der Ergebnisse**

Die Bewältigung der einzelnen Abschnitte im Feldversuch zeigen auf, dass durch den Einsatz von E-Bikes, ein deutlicher Unterschied beim Erschöpfungsgrad erkennbar wird. Nicht E-Bike-Fahrer wiesen in den Abschnitten 2, 3 und 6 einen deutlich erhöhten Erschöpfungsgrad auf, als E-Bike-Fahrer.

Zusätzlich hat sich gezeigt, dass Ladestellen an Örtlichkeiten, wo keine zusätzliche Aktivität möglich ist, nicht akzeptiert werden. Durch das Aufstellen von Ladestationen an diesen Stellen kann zu einer negativen Bewertung der Region führen, denn wenn an diesen Lokalitäten keine Ladestelle zur Verfügung gestanden hätte, eine Route anders geplant werden würde.

E-Bikes schaffen ein deutlich entspanntes Fahrerlebnis. Durch die Unterstützung des Motors beim Treten der Pedale wird weniger Kraft benötigt und ein zusätzliches Erfolgserlebnis stellt sich ein, weil eine weitere Strecke zurückgelegt werden kann, ohne große Investitionen in Training vorweisen zu müssen.

## 7 ERGEBNIS

*„Wer in der Automobilindustrie jetzt nicht energisch auf Elektromobilität setzt, der wird bald nicht mehr wettbewerbsfähig sein.“ (Röttgen, 2010)*

Im folgenden Abschnitt wird aufgezeigt, ob die im Punkt 5 aufgestellten Hypothesen durch die Umfrage und den Feldversuch bestätigt oder widerlegt wurden. Des Weiterem wird die in der Einleitung dargestellte Forschungsfrage beantwortet.

### 7.1 Hypothesenüberprüfung

Die aufgestellten Hypothesen dienten als Grundlage für die Online-Umfrage und den Feldversuch.

#### 7.1.1 Hypothese 1

*„E-Bike-FahrerInnen / RadfahrerInnen lassen sich durch geografische Gegebenheiten wie Geländesteigungen in ihrer Routenwahl nicht beeinflussen.“*

Wie sich in Abschnitt 3 des Feldversuches gezeigt hat, sind zusätzliche Geländesteigungen kein Problem für E-Bike-Fahrer. Der Grund dafür liegt in der elektromotorischen Unterstützungsmöglichkeit beim Befahren einer Bergsteigung. Durch diese Möglichkeit sind keine großen Anstrengungen notwendig, um die Anhöhen fahrerisch zu bewältigen.

#### 7.1.2 Hypothese 2

*„E-Bike-FahrerInnen / RadfahrerInnen in Touristenregionen lassen sich durch kulturelle Konstellationen in ihrer Routenwahl beeinflussen.“*

Eine Aussage für die Beeinflussung der Routenwahl durch kulturelle Konstellationen kann auf Grund der geringen Anzahl an E-Bike-NutzerInnen, nicht getroffen werden. Allgemeine Ergebnisse lassen sich auf Grund der Fragestellung „Welche lokalen Gegebenheiten sind im Urlaub von Relevanz?“ im Block: Navigationssystem treffen.

E-Bike-Fahrer in Touristenregionen lassen sich, auch wie nicht E-Bike-Fahrer, von kulturellen Veranstaltungen, wie z. B. auch der Gastronomie lenken. Eine allgemeine Aussage, dass eine Route mit E-Bike anders gestaltet wird, als eine Route ohne E-Bike, nur aufgrund von kulturellem Angebot lässt sich nicht erkennen.

Jedoch kann aufgrund der Ergebnisse darauf geschlossen werden, dass auf Basis der Reichweitenerhöhung ohne zusätzliche Anstrengung, Ziele in weiterer Entfernung angesteuert werden können, welche mit einem herkömmlichen Fahrrad nicht erreichbar oder nur unter Anstrengungen erreichbar wären.

### 7.1.3 Hypothese 3

*„Je geringer die CO<sub>2</sub>-Produktion bei E-Fahrzeugen ist, desto höhere Anschaffungskosten werden geduldet.“*

Eine Aussage, dass durch die CO<sub>2</sub>-Reduktion höhere Anschaffungskosten geduldet werden, lässt sich auf Basis der erlangten Daten nicht bestätigen. Erkennbar ist auf Grund der erlangten Daten im „Block: Allgemeiner Teil“, dass das Umweltbewusstsein mehr und mehr in den Vordergrund rückt. Aktuell sind die Kosten für ein E-Fahrzeug deutlich höher, als für ein Fahrzeug mit Verbrennungstechnologie. Elektrofahrzeuge zählen zurzeit noch zu den Life-Style-Produkten.

E-Bikes hingegen verfügen, wie herkömmliche Fahrräder, über keine direkte CO<sub>2</sub>-Produktion. Die Anschaffung eines E-Bikes lässt daher auch keinen Schluss zu, dass dadurch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß, Einfluss auf den Kaufpreis haben kann.

Durch die Gegenüberstellung von CO<sub>2</sub>-Footprintreduktion mit den Anschaffungskosten eines E-Bikes wird ersichtlich, dass der Preis durch die CO<sub>2</sub>-Reduktion im mittleren Bereich (500 € bis 1000 €) akzeptiert wird.

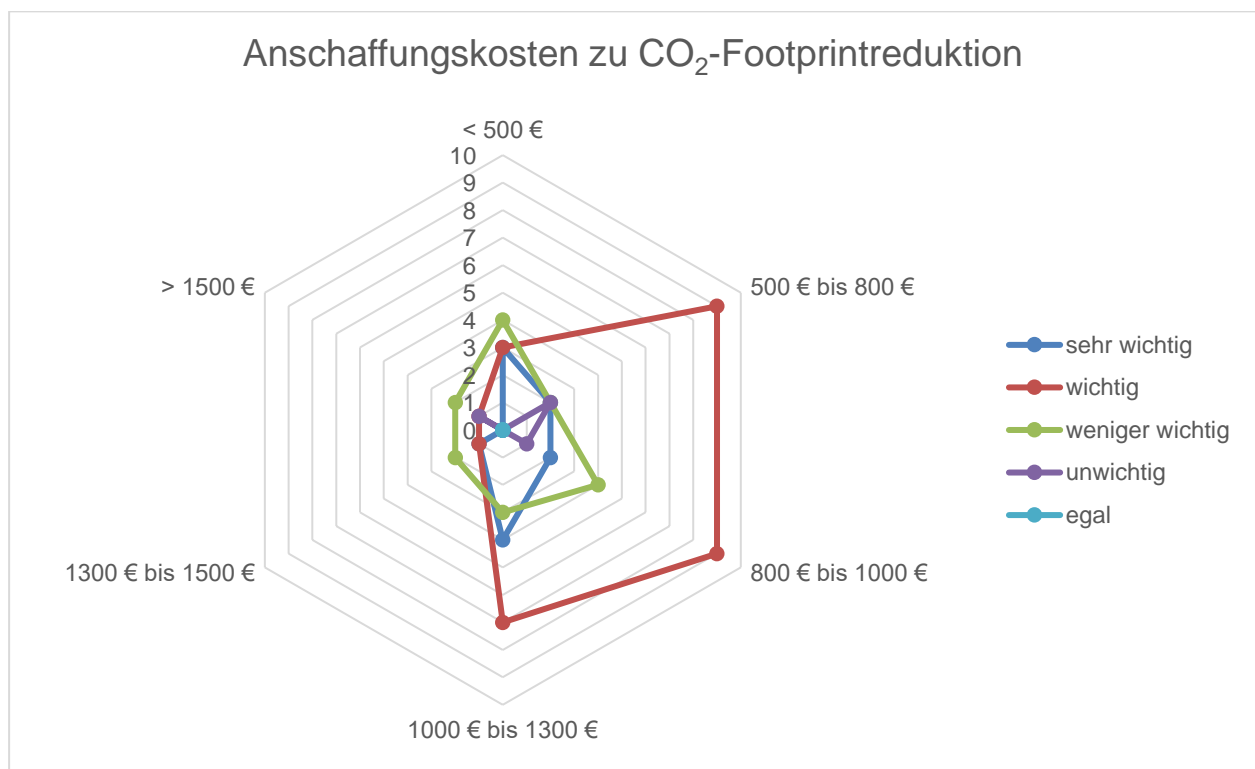


Abbildung 46: Anschaffungskosten zu CO<sub>2</sub>-Footprint

### 7.1.4 Hypothese 4

„Wenn die Anzahl der Ladeinfrastrukturen und eine höhere Reichweite möglich ist, dann wird die Attraktivität von Elektrofahrzeugen gesteigert.“

Durch den Ausbau der Ladeinfrastruktur von E-Fahrzeugen wird die Attraktivität deutlich gesteigert. Durch den Zugang zu Ladestationen in öffentlichen bzw. halböffentlichen Bereichen und durch eine Erhöhung der Anzahl an Lademöglichkeiten, besteht nicht mehr das Risiko, dass das Fahrzeug liegen bleibt und der Pannendienst zur Hilfe eilen muss.

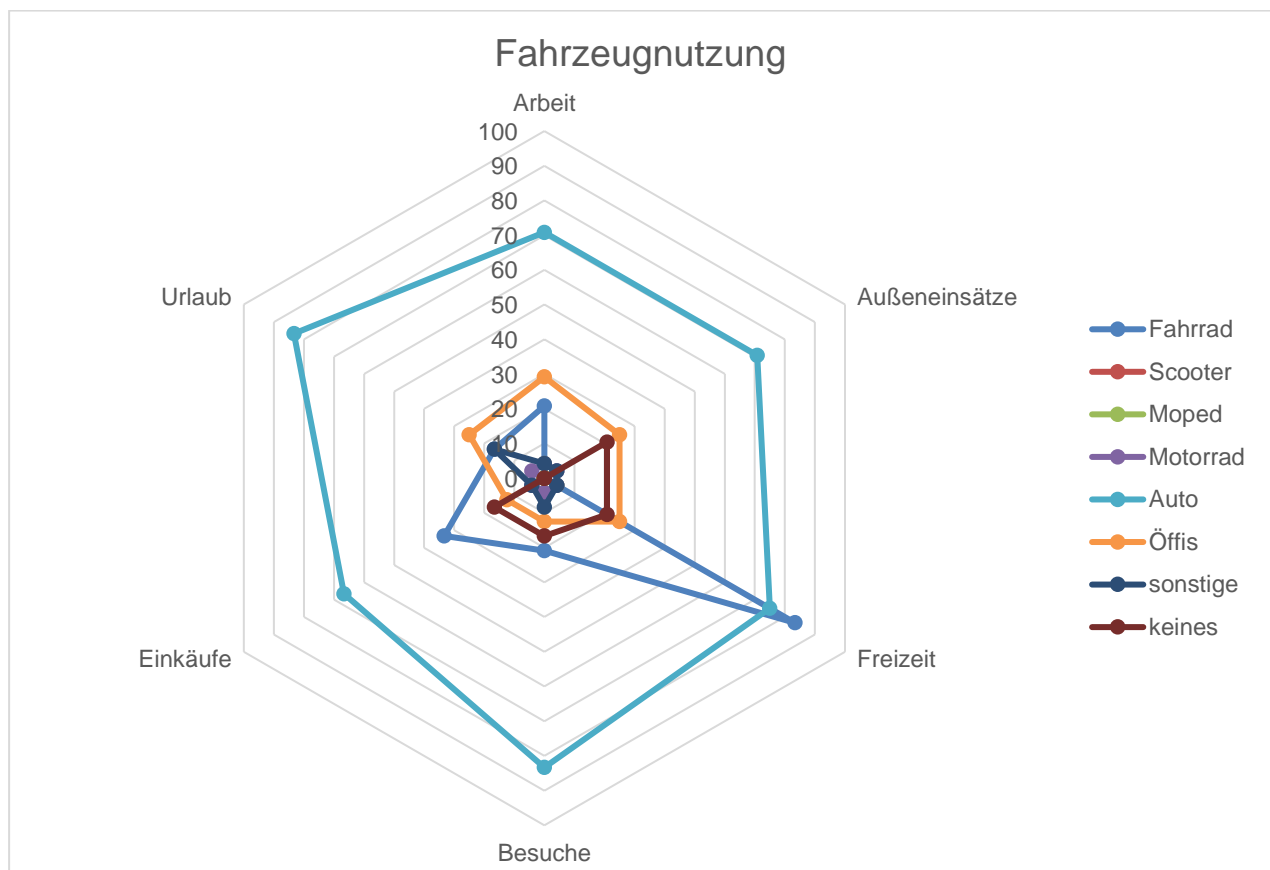


Abbildung 27: Umfrage – Fahrzeugnutzung

Wie aus der Umfrage im „Block: E-Fahrzeug“ hervorgeht, spielt die Reichweite eine erhebliche Rolle für die Kaufentscheidung. Ein Pendler, der täglich eine Strecke von 120 Kilometer zurücklegt, möchte nicht zwischendurch noch stehen bleiben und sein Fahrzeug aufladen. Ein Vertriebsmitarbeiter der zwischen Terminen und unterschiedlichen Städten hereilt, hat nicht die Zeit, zwischendurch mehrere Stunden zu warten, bis das Fahrzeug wieder aufgeladen und verfügbar ist.

Reichweite und Ladeinfrastruktur sind zwei Punkte, die miteinander einhergehen. Durch den Ausbau der beiden Punkte wird nicht nur die Attraktivität der Elektrofahrzeuge steigen, sondern auch die Anzahl von Fahrzeugen, die Anzahl an Anbietern von Ladestationen und die Anzahl an neuen Geschäftsmodellen.

## **7.2 Forschungsfrage**

*„Durch welche geografischen und kulturellen Konstellationen kann die Routenwahl für E-Mobility-Fahrzeugnutzer (im speziellen E-Bike-Nutzer) gesteuert / beeinflusst werden und welche Bedeutung haben diese Assets für einen Navigationsalgorithmus.“*

### **7.2.1 Geografische Konstellationen**

E-Bike-FahrerInnen lassen sich weniger von geografischen Anordnungen beeinflussen, als nicht E-Bike-FahrerInnen. Der Grund hierfür liegt in der Unterstützung beim Treten, welches dadurch einfacher und mit weniger Anstrengung durchgeführt werden kann.

Die Routenwahl kann bei elektrischer Unterstützung anders geplant werden, da Hügel und längere Fahrstrecken müheloser überwunden werden können.

### **7.2.2 Kulturelle Konstellationen**

Die Routenwahl von E-Mobility-FahrzeugnutzerInnen lässt sich wie auch bei nicht E-Mobility-FahrzeugnutzerInnen durch kulturelle Veranstaltungen / Eigenheiten beeinflussen. Dies ist aber von der jeweiligen Person abhängig, ob ein Interesse für die jeweilige Veranstaltung besteht.

Die Fahrstrecke lässt sich aber insofern beeinflussen, dass wenn bei einer kulturellen Stätte, eine Ladestation zur Verfügung steht und bei einer anderen nicht, die Route so gestaltet wird, dass die Ladestation genutzt werden kann, um für die volle Strecke eine elektrische Unterstützung zu gewährleisten.

### **7.2.3 Assets für Navigationsalgorithmus**

Für den Navigationsalgorithmus für E-Fahrzeuge ist es wichtig, dass die Kapazität des Fahrzeug-Akkus, die verbrauchte Energie und die damit einhergehende Restreichweite berücksichtigt wird. Dadurch kann die Route vom Navigationssystem so berechnet werden, dass eine ideale Nutzung von Akku, Ladestationen und zu besuchende Veranstaltungen entsteht.

Die Segmente der Navigationssystemdatenbank müssen um den elektrischen Energieverbrauch erweitert werden, damit diese in der Routenberechnung und Zielführung berücksichtigt werden können.

## 8 MOBILITY AS A SERVICE

*„Wissen Sie, das Auto wird bleiben. Aber es braucht Konkurrenz. Wir müssen nicht nur entschlossen umweltfreundliche Autos entwickeln. Wir müssen auch rechtzeitig über neue Mobilitätskonzepte nachdenken.“ (Bundespräsident Horst Köhler, 2010)*

Durch die Urbanisierung und den Ausbau von Städten über den gesamten Planeten Erde, kommen auch neue Herausforderungen auf das Verkehrsmanagement zu. Ein eigenes Fahrzeug bringt Freiheit und Unabhängigkeit. Damit verbunden ist aber auch ein Platzbedarf für das Abstellen des Fahrzeuges, zusätzliche Emissionen während des Betriebes und Erhöhung des Lärmaufkommens.

Um diese Herausforderungen bewältigen zu können, sind neue Dienstleistungen gefragt, welche das Bedürfnis nach Unabhängigkeit und Mobilität zu jedem Zeitpunkt an jedem Ort abdecken. Die Bedeutung des eigenen Autos gerät dabei in den Hintergrund.

### 8.1 Begriffserklärung

"Mobility as a Service" steht für die Nutzung eines Transferdienstes, wenn dieser vom Konsumenten benötigt wird. Dabei ist kein eigenes Fahrzeug notwendig. Es wird das Fahrzeug zur Verfügung gestellt, welches in der jeweiligen Situation benötigt wird und das zum geforderten Zeitpunkt (Kamargianni, Matyas, Li, & Schäfer, Mai, 2015, 11,12).

Die Mobilität als Dienstleistung steht im Vordergrund. Durch multimodale Verkehrskonzepte entsteht ein neues Verkehrskonzept, welches private und öffentliche Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen verbindet. Um die einzelnen Dienstleistungen im Mobilitätsbereich zu kombinieren, sind neue Applikationen notwendig, welche die Fahrpläne der öffentlichen Verkehrsmittel mit den Standorten von z. B. E-Car-Sharing-Standplätzen verbindet.

### 8.2 Vehicle to Grid

Der Mobilitätsmarkt wird durch neue Technologien durcheinandergewirbelt und schafft dadurch Zugang zu angrenzenden Branchen und neuen Geschäftsmodellen. Fahrzeuge mit Elektroantrieb sind der Beginn eines neuen Abschnittes, in dem die Energie regenerativ gespeist wird und zu einem zentralen, smarten und ressourcenschonenden Lebensstil führt. Elektroautos werden durch ein intelligentes Energiemanagement zum Energiespeicher und überwinden dadurch eingesessene Branchengrenzen (Genzel et al., 2012).

Großes Potenzial für dieses Konzept bieten die urbanen Regionen, da hier die Anzahl an elektrisch betriebenen Fahrzeugen eine größere Wachstumsrate aufgrund des Ladenetzes aufweist.

Das Energienetz von heute steht vor großen Herausforderungen, um den steigenden Bedarf an Energie zu decken, der durch den Einsatz von E-Fahrzeugen verursacht wird. Durch die dezentralen und fluktuierenden Stromerzeuger (Photovoltaik, Windkraft, etc.) werden die konventionell energieerzeugenden Kraftwerke nach und nach ersetzt. Um die Fluktuationen auszugleichen, kann man sich der Speicherkapazität von parkenden elektrischen Fahrzeugen bedienen, welche als Stromspeichermedien verwendet werden können. Dabei werden die Fahrzeuge bei schwacher Netzbelastung geladen und in Zeiten von Netzüberlast, speist das Fahrzeug die Energie zurück in das Energienetz (Knoll & Oertel, 2012, 200,201).

### **8.3 Ausblick**

Durch das stetige Wachstum der urbanen Räume und Metropolregionen und durch die steigende Bevölkerungszahl, steigt auch der Bedarf an Mobilität. Bis zum Jahr 2030 wird sich nach Prognosen der Internationalen Energie-Agentur, die globale Personenkraftwagenflotte verdoppeln. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf den aufstrebenden Wirtschaftsregionen im asiatischen Raum. Doch welche Technologie soll im Zeitalter der postfossilen Mobilität die Beförderung der Personen aufrechterhalten? Eine Technologie ist die Elektromobilität mit der CO<sub>2</sub> neutralen Energiegewinnung (Genzel et al., 2012, 1,12-13).

Die Mobilität der Zukunft gliedert sich in Produktinnovation (Effizienzsteigerung, neue Antriebe), Nutzungsinnovation (Carsharing, Carpooling) und Systeminnovation (Produkt plus Nutzung, Infrastruktur). Diese Komponenten bieten nicht nur Chancen für Big-Player. Es liefert zu dem großes Potenzial für innovative Start-Ups (Genzel et al., 2012, p. 49).

Die Einführung der Elektromobilität konfrontiert die Nutzer mit neuen Geschäftsmodellen und neuen Technologien. Diese erfordern eine Verhaltensänderung der Nutzer. Daher ist es wichtig, die Elektromobilität nicht nur in technischer und wirtschaftlicher Sicht voranzutreiben. Es müssen die Wünsche und Bedürfnisse der Konsumenten systematisch erforscht werden und die Ergebnisse müssen in die Weiterentwicklung der Elektromobilität mit einfließen. Denn ohne die Akzeptanz der User ist eine erfolgreiche Umsetzung des Elektromobilitätskonzeptes nicht möglich (Dallinger et al., 2011).

Politik und Wirtschaft reagieren zunehmend auf die Veränderungen in der Mobilität und Preissteigerungen der fossilen Brennstoffe. Ein schrittweises Umdenken und Umstellen auf eine erneuerbare Energiegewinnung hat bereits begonnen. Durch diese neue Ausrichtung sollen nicht



nur die Wirtschaft und der Tourismus gefördert werden, sondern auch der Umwelt / Mitwelt die Chance gegeben werden, sich langfristig zu erholen.

*„Wer in der Automobilindustrie jetzt nicht energisch auf Elektromobilität setzt, der wird bald nicht mehr wettbewerbsfähig sein.“ (Bundesminister Dr. Norbert Röttgen, 2010)*

## 9 REFLEXION UND CONCLUSIO

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde auf die Frage „*Durch welche geografischen und kulturellen Konstellationen kann die Routenwahl für E-Mobility-Fahrzeugnutzer (im speziellen E-Bike-Nutzer) gesteuert / beeinflusst werden und welche Bedeutung haben diese Assets für einen Navigationsalgorithmus.*“ eingegangen. Durch die Literaturrecherche habe ich erkannt, dass es eine große Anzahl von Faktoren gibt, welche auf die E-Mobility einwirken, die es zu berücksichtigen gilt.

Um herauszufinden, welche Parameter für ein Navigationssystem von E-Fahrzeugen notwendig sind, wurden die wichtigen Komponenten eines E-Mobility aufgezeigt und dargelegt, dass die Bereiche Raum, Mobilität und Energie eng einhergehen und miteinander verknüpft sind. Die wesentlicheren Faktoren für die Akzeptanz von E-Fahrzeugen ist die Reichweite und das noch nicht flächendeckende Netz von Ladestationen. Über ein Berechnungsbeispiel eines E-Bikes wurde aufgezeigt, dass die Ladezeit eines Akkus deutlich über der Dauer eines herkömmlichen Tankvorganges reicht.

Auch nicht zu vernachlässigen ist der umweltschonende Gedanke, der hinter der Idee von Elektrofahrzeugen steckt. Durch eine nachhaltige Produktion von Energie und den Verzicht auf die Verbrennungstechnik während des Energieerzeugungsprozesses wird die Gruppe der Umweltschoner angesprochen.

Da bei elektrisch betriebenen Fahrzeugen keine Energieverschwendung durch Abwärmeproduktion entsteht, wird nahezu 100 Prozent der eingesetzten Energie an den Antriebsstrang geleitet.

Die ökologischen und ökonomischen Effekte rücken generell immer mehr in den Vordergrund. Durch den verstärkten Einsatz von erneuerbarer Energiegewinnung erlangt die E-Mobility zusätzlich an Attraktivität und wird ein Symbol für den Life-Style.

Aufgrund der geringen Energiespeicherkapazität in den heutigen Akkumulatoren und des noch nicht flächendeckend verfügbaren Ladenetzes, haben die geografischen Eigenschaften, einen großen Einfluss auf die Kaufentscheidung für ein E-Fahrzeug. Die Überwindung von Landschaftsgebilden, wie Berge, zerrt zusätzlich am normalen Energieverbrauch des Energiespeichers, da durch die Steigung am Berg signifikant mehr elektrische Leistung benötigt wird. In Ballungszentren ist das Netz von Ladestationen besser ausgebaut als in den ländlichen Regionen. Zusätzlich sind die täglichen Wege für das Einkaufen und der Weg zur Arbeitsstätte deutlich geringer. Dies wirkt sich positiv auf die Akzeptanz von E-Fahrzeugen aus.

Die E-Bike-Infrastruktur verlangt dieselben Voraussetzungen wie jene des herkömmlichen Fahrradtourismus. Diese sind Radverleih, Reparaturmöglichkeiten und Übernachtungs- und

Gastronomiebetriebe. Die Grundvoraussetzung sind geeignete Wege und eine sinnvolle Art an Wegführung. Die E-Bike-Infrastruktur benötigt neben diesen Voraussetzungen noch ein dichtes Netz an Akkuladestationen bzw. Akkuwechselstationen. (Breuer, 2014, 58,59)

Navigationssysteme von E-Fahrzeugen bedürfen keines zusätzlichen oder anderen Algorithmus. Zusätzliche Attribute, welche beim Map-Matching und in der Routenführung berücksichtigt werden, reichen aus, um Navigationssysteme für E-Fahrzeuge zu erstellen. Die Herausforderung besteht darin, einen optimalen Weg zu finden, der die Kapazität und die Entladung der Batterie berücksichtigt und Zwischenstopps an Stellen mit Ladestation einplant.

Über eine Online-Umfrage wurden die wichtigen Faktoren von E-Mobility und Navigationsführung erhoben. Die Ergebnisse aus dieser Umfrage sind als Grundlage für den Feldversuch herangezogen worden. Dabei wurde mit einer Gruppe von Radfahrern eine Radtour in der Südsteiermark durchgeführt und an markanten Punkten, welche sich aus der Umfrage ergeben haben, simulierte Zwischenstopps von einer Dauer von 40 Minuten durchgeführt, um das Verhalten und den Gemütszustand der Beteiligten zu beobachten.

E-Mobility im Zusammenhang mit nachhaltiger Energiegewinnung rückt immer mehr in den Vordergrund. Ein Treiber dieser Entwicklung ist der steigende Rohölpreis und die damit verbundenen hohen Treibstoffkosten für Diesel und Benzin. Ein weiterer Faktor ist das Umdenken in Richtung Umweltschutz / -schonung, weil durch Einsatz von E-Fahrzeugen der CO<sub>2</sub>-Ausstoß deutlich gesenkt werden kann.

„Die Verbesserung der städtischen Lebensbedingungen durch die Einführung der Motorwagen kann man kaum überschätzen. Die Straßen bleiben sauber, sind staub- und geruchslos, befahren von Fahrzeugen, die sich auf Gummireifen sanft und geräuschlos dahin bewegen und einen großen Teil der Nervenbelastung des modernen Lebens ausschalten“ (1899).

Schon 1899 wurde eine Revolution im Bereich Mobilität erkannt. Damals war es der Abschied des Pferdes und der Pferdekutschen auf den Straßen und der Einzug der Fahrzeuge mit Verbrennungstechnologien. Ist es nun an der Zeit, ein neues Zeitalter der Mobilität einzuläuten?

## ANHANG A - Umfrage, Allgemein

### Allgemein

Ich bin ...

Mann

Frau

Ich bin ... Jahre alt.

In meinem Haushalt leben ... Personen \*

### Mir ist besonders wichtig

	sehr wichtig	wichtig	weniger wichtig	unwichtig	egal
ständig am Stand der Technik zu sein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dass die technischen Produkte, die ich mir kaufe, ausgereift sind	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dass ich meine gekauften technischen Dinge lange nutzen kann	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ein schonender Umgang mit natürlichen Ressourcen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
den Energieverbrauch zu minimieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dass erneuerbare Energiegewinnung ausgebaut wird	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
eine gesunde Lebensweise	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nachhaltigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dass meine gekauften Produkte einen geringen CO2 Footprint aufweisen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reduzierung von Feinstaubemissionen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

In meinem Haushalt befinden sich ... Fahrzeuge (Fahrrad, Scooter, Auto, Nutzfahrzeuge, etc.) \*

- < 5
- < 8
- < 12
- < 15
- >= 15

Welche Klassen an Fahrzeugen habe ich in meinem Haushalt?

- |                                  |                                      |   |
|----------------------------------|--------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Fahrrad | <input type="checkbox"/> Motorrad    | <input type="checkbox"/> Lastkraftwagen         |
| <input type="checkbox"/> Scooter | <input type="checkbox"/> Auto        | <input type="checkbox"/> Traktor                |
| <input type="checkbox"/> Moped   | <input type="checkbox"/> Lieferwagen | <input type="checkbox"/> sonstige Nutzfahrzeuge |

Bei der Anschaffung eines KFZ ist mir wichtig,  
(max. 4 Antworten)

- |   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Sicherheit               | <input type="checkbox"/> Günstige Anschaffung                  | <input type="checkbox"/> Design / Aussehen | <input type="checkbox"/> Laderaumvolumen       |
| <input type="checkbox"/> Bequemlichkeit / Komfort | <input type="checkbox"/> Günstige Erhaltung / Unterhaltskosten | <input type="checkbox"/> Geschwindigkeit   | <input type="checkbox"/> Image des Herstellers |
| <input type="checkbox"/> Sparsam im Betrieb       | <input type="checkbox"/> Umweltfreundlichkeit                  | <input type="checkbox"/> Motorisierung     | <input type="checkbox"/> Emissionsklasse (CO2) |

Wie nutze ich meine Fahrzeuge?

	Fahrrad	Scooter	Moped	Motorrad	Auto	öffentliche Verkehrsmittel	sonstige	keines
Weg zum Arbeitsplatz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
berufliche Außeneinsätze	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Freizeitaktivitäten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Besuche bei Verwandtschaft und Freunden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einkaufen für den täglichen Bedarf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Urlaub	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ich habe / nutze ein E-Fahrzeug \*

- ja
- nein

## ANHANG B - Umfrage, Fahrzeugnutzung

### Ich habe/nutze ein

- E-Fahrrad
- E-Scooter
- E-Motorrad
- E-Auto
- E-Nutzfahrzeug
- sonstige E-Fahrzeuge

### Ich würde mir gerne folgendes E-Fahrzeug kaufen

- E-Bike
- E-Scooter
- E-Moped
- E-Motorrad
- E-Car
- keines

### Ich würde mir ein E-Fahrzeug kaufen wenn

- eine Reichweite ab 500km hat
- es finanziell gefördert wird
- das Ladenetz besser ausgebaut ist
- niemals

## ANHANG C - Umfrage, E-Bike

**Bei der Anschaffung eines E-Bikes ist mir besonders wichtig  
(max. 5)**

- |   |   |   |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> Lebensdauer der Batterie   | <input type="checkbox"/> dichtes Netz an Ladestationen    | <input type="checkbox"/> Geschwindigkeit            |
| <input type="checkbox"/> Reichweite                 | <input type="checkbox"/> einfache Bedienung und Steuerung | <input type="checkbox"/> Image des Herstellers      |
| <input type="checkbox"/> Ladedauer der Batterie     | <input type="checkbox"/> umgängliches Gewicht             | <input type="checkbox"/> Bequemlichkeit und Komfort |
| <input type="checkbox"/> Sicherheit gegen Diebstahl | <input type="checkbox"/> niedrige Anschaffungskosten      |   |
| <input type="checkbox"/> Sicherheit beim Fahren     | <input type="checkbox"/> Design und Aussehen              |   |

**Für mich darf ein E-Bike maximal ... Kosten**

- < 500 €
- 500 € bis 800 €
- 800 € bis 1000 €
- 1000 € bis 1300 €
- 1300 € bis 1500 €
- > 1500 €

## ANHANG D - Umfrage, Navigation

**Wenn ich auf Urlaub bin, achte ich auf  
(max. 6)**

- |   |  |  |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Gasthäuser   | <input type="checkbox"/> Tierpark  | <input type="checkbox"/> regionale kulturelle Veranstaltungen            |
| <input type="checkbox"/> Cafe's   | <input type="checkbox"/> Schlösser / Burgen                                      | <input type="checkbox"/> regionale sportliche Veranstaltungen            |
| <input type="checkbox"/> Bar's  | <input type="checkbox"/> markante Punkte (Bergformationen, Flussgabelungen, ...) | <input type="checkbox"/> regionale chillige Veranstaltungen              |
| <input type="checkbox"/> Restaurants  | <input type="checkbox"/> Museen  | <input type="checkbox"/> lokale Produzenten von Nahrungsmittel/Getränken |
| <input type="checkbox"/> Kirchen / Klöster  | <input type="checkbox"/> Brücken   | <input type="checkbox"/> Archäologische Ausgrabungen                     |
| <input type="checkbox"/> Denkmäler  | <input type="checkbox"/> Flüsse und Bäche  |  |
| <input type="checkbox"/> Freizeitstätten (Kletterparks, Freibäder, Golfplätze, ...) | <input type="checkbox"/> Seen  |  |

**Wie oft nutze ich ein Navigationssystem**

- täglich
- 3 bis 4 pro Woche
- 10x im Monat
- unterschiedlich

**Ich nutze mein Navigationssystem bei**

- |                                      |                                     |  |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Autofahrten | <input type="checkbox"/> Radfahrten | <input type="checkbox"/> um mich Vorab über einen Weg zu informieren |
| <input type="checkbox"/> Busfahrten  | <input type="checkbox"/> Fußwegen   | <input type="checkbox"/> im Urlaub                                   |



Bei einem Navigationssystem ist mir wichtig,

	sehr wichtig	wichtig	mir egal	unwichtig
günstig in der Anschaffung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
keine laufenden Kosten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
keine Kosten für Kartenupdate	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
schnellste Routenführung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kürzeste Routenführung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anzeige von Sehenswürdigkeiten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anzeige von Gastronomie, Gewerbe, etc.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anzeige von Ladestationen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anzeige der Restreichweite	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
schnell auf Verkehrsänderungen reagiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
dass es Robust ist	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zwischenstopps berücksichtigt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## ANHANG E - Umfrage, Anregung

Ich habe noch folgende Anregung

## **ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

E-Mobility	... Elektromobilität
IKT	... Informations- und Kommunikationstechnik
MaaS	... Mobility as a Service
EU	... Europäische Union
LM	... Lademanagement
EE-Anlagen	... erneuerbare Energieerzeugungsanlagen
POI	... Point of Interest

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Anzahl der Elektrofahrzeuge von 1960 bis 2015 .....	12
Abbildung 2: Elemente der E-Mobility .....	13
Abbildung 3: Infrastruktur .....	19
Abbildung 4: Ladestrategien.....	20
Abbildung 5: Neuzulassungen von E-Mopeds und E-Leichtmotorrädern in Österreich, Quelle: (Statista, 2016).....	23
Abbildung 6: Zweck der E-Bike-Nutzung.....	24
Abbildung 7: Wegentfernung im Radverkehr (Quelle: Stadtentwicklung Wien, 2011).....	25
Abbildung 8: Morphologischer Kasten der Infrastruktur, in Anlehnung an Abbildung 2: Morphologischer Kasten zur Beladeinfrastruktur (Kley, 2011, p. 12) .....	26
Abbildung 9: Urlaubsaktivitäten (Quelle: FUR2014) .....	27
Abbildung 10: CO2 Emissionen verschiedener Stromerzeuger, (Zimmer et al., 2011) .....	30
Abbildung 11: Gegenüberstellung direkte und indirekte Emissionen, in Anlehnung an Abbildung 48 Treibhausgasbilanz 2030 (Hacker et al., 2011, p. 85) .....	31
Abbildung 12: Abstraktes Konzeptbild E-Mobility, in Anlehnung an Abbildung 12, "Abstraktes Konzeptbild des Projekts Smart Electric Mobility (Leitinger et al., 2010, p. 3).....	35
Abbildung 13: Ballungsräume in Österreich.....	37
Abbildung 14: Pendelverkehr .....	38
Abbildung 15: Besiedlungsdarstellung, in Anlehnung an Populationsraster (eurostat, 2013) .....	39
Abbildung 16: in Anlehnung an Komponenten eines Navigationssystems (Reif, 2014, p. 371).....	42
Abbildung 17: Darstellung der Grundobjekte .....	43
Abbildung 18: in Anlehnung an Komponenten eines Navigationssystems (Reif 2014, S. 371) mit Erweiterung .....	46
Abbildung 19: Umfrage – Geschlechterverteilung.....	51
Abbildung 20: Umfrage - Alter der Befragten .....	52
Abbildung 21: Umfrage - Alter der Befragten .....	52
Abbildung 22: Umfrage – Stand der Technik .....	53
Abbildung 23: Umfrage – Ressourcenschonung.....	53
Abbildung 24: Umfrage - Anzahl an Fahrzeugen im Haushalt.....	54
Abbildung 25: Umfrage - vorhandene Klassen .....	55
Abbildung 26: Umfrage – Wichtige Eigenschaften bei der Anschaffung eines Kfz.....	56
Abbildung 27: Umfrage – Fahrzeugnutzung.....	57
Abbildung 28: Umfrage - Nutzung E-Fahrzeug .....	58
Abbildung 29: Umfrage – genutzte E-Fahrzeuge .....	58
Abbildung 30: Umfrage – Kauf eines E-Fahrzeuges.....	59
Abbildung 31: Umfrage – möglicher Kauf eines E-Fahrzeuges .....	59
Abbildung 32: Umfrage – Voraussetzungen für den Kauf eines E-Fahrzeuges .....	60
Abbildung 33: Umfrage – Wichtigkeit bei der Anschaffung eines E-Bikes.....	61

Abbildung 34: Umfrage – Anschaffungskosten eines E-Bikes .....	61
Abbildung 35: Umfrage – Relevante Aspekte bei der Reise im Urlaub .....	62
Abbildung 36: Umfrage – Nutzung von Navigationssystemen .....	63
Abbildung 37: Nutzung von Navigationssystemen (Quelle: Statista) .....	63
Abbildung 38: Umfrage – Situationen der Navigationssystemnutzung .....	64
Abbildung 39: Umfrage – Gewichtung von Attributen eines Navigationssystems .....	64
Abbildung 40: Fahrstrecke, Abschnitt 1 .....	67
Abbildung 41: Fahrstrecke, Abschnitt 2 .....	68
Abbildung 42: Fahrstrecke, Abschnitt 3 .....	69
Abbildung 43: Fahrstrecke, Abschnitt 4 .....	70
Abbildung 44: Fahrstrecke, Abschnitt 5 .....	71
Abbildung 45: Fahrstrecke, Abschnitt 6 .....	72
Abbildung 46: Anschaffungskosten zu CO <sub>2</sub> -Footprint .....	75

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Berechnung Einphasenwechselstrom .....	15
Tabelle 2: Berechnung Dreiphasenwechselstrom in Sternschaltung.....	15
Tabelle 3: Berechnung Dreiphasenwechselstrom in Dreieckschaltung .....	15
Tabelle 4: Berechnung Ladezeit.....	16
Tabelle 5: Berechnung Reichweite.....	16
Tabelle 6: technologische Optionen für Ladestationen .....	16
Tabelle 7: Berechnungsbeispiel Ladeleistung.....	17
Tabelle 8: Berechnungsbeispiel Ladezeit.....	17
Tabelle 9: Gegenüberstellung CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	32

## LITERATURVERZEICHNIS

(Juli 1899). *amerikanische Zeitung*.

Breuer, M. (2014). *Revolution im Radtourismus durch E-Bikes: Ausweitung des Aktionsraumes in Mittel- und Hochgebirge*. Zugl.: @Diss. Hamburg: disserta-Verl.

auto motor sport-Kongress (2010). Stuttgart, from auto motor sport-Kongress: .

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) (Ed.) (2009). *Re-Feasibility-Studie zu "Markteinführung Elektromobilität in Österreich"*. Wien: Mobilität und Verkehrstechnologien.

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) (Ed.) (2010). *Strategie und Instrumente sowie prioritäre Anwender- und Einsatzbereiche für den Nationalen Einführungsplan Elektromobilität*. Wien.

Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (Ed.) (2014). *Nachhaltige Mobilität im Tourismus: Leitfaden*. Wien, from [http://www.bmfwf.gv.at/Tourismus/Veranstaltungen/Documents/Leitfaden\\_Mobilitaet\\_Web\\_Doppelseite.pdf](http://www.bmfwf.gv.at/Tourismus/Veranstaltungen/Documents/Leitfaden_Mobilitaet_Web_Doppelseite.pdf).

Focus (März 2010). Interview with Bundespräsident Horst Köhler.

Dallinger, D., Doll, C. Dr., Gnann, T., Held, M. Dr., Kley, F., Lerch, C., et al. (2011). *Gesellschaftspolitische Fragestellungen der Elektromobilität*. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI.

A1 Telekom Austria (2016). *Grüne Energie tanken: A1 nimmt weitere Telefonzelle mit integrierter Stromtankstelle und Photovoltaik in Melk in Betrieb*. Retrieved September 04, 2016, from A1 Telekom Austria: <https://www.a1.net/newsroom/2015/05/gruene-energie-tanken-a1-nimmt-weitere-telefonzelle-mit-integrierter-stromtankstelle-und-photovoltaik-in-melk-in-betrieb/>.

eurostat (2013). *Typologie städtischer-ländlicher Räume nach NUTS-3-Regionen*. Retrieved October 23, 2016, from Statistical Atlas, Eurostat regional yearbook 2013: <http://ec.europa.eu/eurostat/statistical-atlas/gis/viewer/?year=2013&chapter=15#>.

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO (Ed.). *Elektromobilität: Herausforderungen für Industrie und öffentliche Hand*. Automobilindustrie, Energiewirtschaft & Öffentliche Verwaltung, from <http://wiki.iao.fraunhofer.de/images/studien/elektromobilitaet-herausforderungen-fuer-industrie-und-oeffentliche-hand.pdf>.

Frenzel, I., Jarass, J., Trommer, S., & Lenz, B. (2015). *Erstnutzer von Elektrofahrzeugen in Deutschland: Nutzerprofile, Anschaffung, Fahrzeugnutzung*. Berlin: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt.

Friedrich, J. C. (2009). *Kulturtourismus - Marktanalyse einer sich wandelnden touristischen Erscheinungsform: Unter schwerpunktmäßiger Berücksichtigung des Erlebnismarktes sowie Möglichkeiten und Grenzen einer nachhaltigen Produktentwicklung am Beispiel des Events*. Univ., Diplomarbeit--Lüneburg, 2006 (2., unveränd. Aufl.). Hamburg: Diplomica.

- FUR Forschungsgemeinschaft Urlaub und Reisen e.V. (Ed.) (2014). *Abschlussbericht zu dem Forschungsvorhaben: Nachfrage für Nachhaltigen Tourismus im Rahmen der Reiseanalyse*. RA ReiseAnalyse.
- Genzel, O., Kupetz, A., & Horx, M. (2012). *design e-mobility: Tat für Formgebung German Design Council*. Trend-Dossier zum Kontext Design und Elektromobilität. Zukunftsinstitut GmbH.
- Grau, A. (2009). *Pendler: Die Mehrheit nimmt weiter das Auto: Der Weg zur Arbeit wird weiter und dauert länger*. Retrieved October 09, 2016, from Statistisches Bundesamt Wiesbaden: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/STATmagazin/Arbeitsmarkt/2009\\_10/Arbeitsmarkt2009\\_10.html](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/STATmagazin/Arbeitsmarkt/2009_10/Arbeitsmarkt2009_10.html).
- Hacker, F., Harthan, R., Hermann, H., Kasten, P., Loreck, C., Seebach, D., et al. (2011). *Betrachtung der Umweltenentlastungspotenziale durch den verstärkten Einsatz von kleinen, batterieelektrischen Fahrzeugen im Rahmen des Projekts "E-Mobility": Schlussbericht im Rahmen der Förderung der Modellregionen Elektromobilität des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen*. Berlin: Öko-Institut e.V.
- Heinze, T. (2009). *Kultursponsoring, Museumsmarketing, Kulturtourismus: Ein Leitfaden für Kulturmanager* (4. Auflage). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden.
- Kamargianni, M. Dr., Matyas, M. Ms., Li, W., & Schäfer, A. Prof. (Mai, 2015). *Feasibility Study for "Mobility as a Service" concept in London*. UCL Energy Institute.
- Kley, F. (2011). *Neue Geschäftsmodelle zur Ladeinfrastruktur* ( No. S5/2011). The Open Access Publication Server of the ZBW - Leibniz Information Centre for Economics, from <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/48664/1/664238092.pdf>.
- Knoll, M., & Oertel, B. (2012). *Dienstleistungen für die energieeffiziente Stadt*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Köberl, S. (2013, March 22). Elektromobilität krepelt Tourismus um: Durchgängige Reisekette wird zum entscheidenden Kriterium. *Presstext Nachrichtenagentur*. Retrieved July 24, 2016, from <http://www.presstext.com/news/20130322013>.
- Lang, T. (2012). *130 Jahre Elektroautos: Kurze Blüte, langer Floüü: Fünf Jahre vor Carl Benz erstem Auto mit Ottomotor fuhr bereits das erste Elektroauto*. Retrieved July 19, 2016, from Auto-Presse: <http://auto-presse.de/autonews.php?newsid=137630>.
- Leitinger, C. DI, Schuster, A. DI, & Litzlbauer, M. DI (2010). *Smart Electric Mobility: Speichereinsatz für regenerative elektrische Mobilität und Netzstabilität*. Graz: Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft.
- Mader, M. Mag., & Mader, C. Mag. Dr. (2011). *Elektromobilität in der Steiermark: Eine Studie zu Elektromobilität (Fokus E-Bikes) im ländlichen Raum*. Eine Studie des RCE Graz-Styria in Kooperation mit der Energie Steiermark.
- Interview auf RT. Interview with Pascal Najadi. 15. Oktober 2013.



- Raiber, S. Dipl.-Ing., Spindler, H. Dipl.-Ing., & Feldwieser, M. M.A. *Elektrischer Schwerlastverkehr im urabnen Raum: Potenzialanalyse am Fallbeispiel des Wirtschaftsraums Mannheim*. Arbeitswirtschaft und Organisation IAO in Stuttgart.
- Reif, K. (2014). *Automobilelektronik: Eine Einführung für Ingenieure* (5., überarb. Aufl.). ATZ-MTZ-Fachbuch. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Rothuß, R., Hochschild, V., Bachofer, F., le Bris, J., Ernst, T., & Fischer, S. (2012). *Elektromobilität als Baustein eines zukunftsfähigen Verkehrssystem: Konzepte, Strategien und Methoden für einen ganzheitlichen Ansatz*. Universität Tübingen.
- Röttgen, N. Dr. (April 2010). Stuttgart.
- Schmidt, A. Prof., Jansen, H., Wehmeyer, H., & Garde, J. (2013). *Neue Mobilität für die Stadt der Zukunft*. Interdisziplinäre Stadtforschung. Stadtplanung und Städtebau.
- Schmidt, C. M. (2015, April 28). Graz startet Pilotprojekt mit E-Bussen aus China: Chinesische Technologie soll für Europa neu sein, Ladung in nur 20 Sekunden. *der Standard*. Retrieved March 22, 2016, from <http://derstandard.at/2000015003342/Graz-startet-Pilotprojekt-mit-E-Bussen>.
- Siepermann, C., & Eley, M. (Eds.) (2011). *Logistik - gestern, heute, morgen: Festschrift für Richard Vahrenkamp zur Vollendung des 65. Lebensjahres*. Berlin: GITO-Verl.
- Spath, D. Prof. Dr.-Ing. (2010). *Wie Deutschland zum Leitanbieter für Elektromobilität werden kann*. Deutsche Akademie der Technikwissenschaften.
- Statista (2016). *Anzahl der Neuzulassungen von E-Mopeds und E-Leichtmotorrädern in Österreich von 2006 bis 2014*. Retrieved September 17, 2016, from <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/519539/umfrage/neuzulassungen-von-e-mopeds-und-e-leichtmotorraedern-in-oesterreich/>.
- Stefan, P. Dipl.-Wirt.-Ing., Nadine, P. Dipl.-Kff., David, W. M. Prof. Dr., Gerald, B. Dipl.-Wirt.-Ing (FH), & Thiemo, W. Dipl.-Ing. (2013). *Akzeptanz von Elektrofahrzeugen - Aussichtsloses Unterfangen oder große Change?*
- Stigler, H. Prof. DI Mag. Dr., Gutschi, C. DI Dr., Nischler, G. DI, Süßenbacher, W. DI, & Otzasek, S. DI (2010). *Auswirkungen zukünftiger Elektromobilität auf die österreichische Elektrizitätswirtschaft*. Graz: Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation der Technischen Universität Graz.
- Tamme, O. (2015). *Mobilität im ländlichen Raum*.
- VCÖ-Forschungsinstitut, W. (2008). *Ballungsräume - Potenziale für nachhaltige Mobilität* (Mobilität mit Zukunft No. 3/2008). Wien, from [www.vcoe.at](http://www.vcoe.at).
- VDE. *E-Mobility: Ladekonzepte: Eine sichtbare Ladeinfrastruktur wird wesentlich zur Akzeptanzbildung für Elektromobilität beitragen*. Retrieved March 22, 2016, from VDE - Verbände für Branchen und Berufe der Elektro- und Informationstechnik: <https://www.vde.com/de/e-mobility/ladeinfrastruktur/ladekonzepte/seiten/default.aspx>.
- VDE (Ed.) (2015). *Koexistenz oder Konvergenz von IKT für Automotive?: Anforderungen der vernetzten Mobilität von morgen an Fahrzeuge, Verkehrs- und Mobilfunkinfrastruktur*. VDE -

Verbände für Branchen und Berufe der Elektro- und Informationstechnik, from [http://dialoginstitut.de/wp-content/uploads/2016/01/IKT-EM-II\\_Studie-Mobilit%C3%A4t-2025.pdf](http://dialoginstitut.de/wp-content/uploads/2016/01/IKT-EM-II_Studie-Mobilit%C3%A4t-2025.pdf).

Wendt, O. (1995). *Tourenplanung durch Einsatz naturalogener Verfahren: Integration von Genetischen Algorithmen und Simulated Annealing* (Gabler Edition Wissenschaft). Gabler Edition Wissenschaft. Wiesbaden, s.l.: Deutscher Universitätsverlag.

Yay, M. (2010). *Elektromobilität: Theoretische Grundlagen, Herausforderungen sowie Chancen und Risiken der Elektromobilität, diskutiert an den Umsetzungsmöglichkeiten in die Praxis*. Frankfurt am Main[u.a.]: Lang.

Zimmer, W. Dr., Hacker, F., Kasten, P., Loreck, C., Buchert, M. Dr., & Schoßig, M. (2011). *Autos unter Strom: Ergebnisbroschüre erstellt im Rahmen des Projektes OPTUM "Umweltentlastungspotenziale von Elektrofahrzeugen - Integrierte Betrachtung von Fahrzeugnutzung und Energiewirtschaft*. Berlin.