

Integration von Elektrofahrzeugen in Carsharing-Flotten – Eine toolbasierte Wirtschaftlichkeitsanalyse

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades „Bachelor of Science (B.Sc.)“ im Studiengang
Wirtschaftswissenschaft der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Leibniz
Universität Hannover

vorgelegt von

Name: Tsoutis

■■■■■■ ■■■■■■

Vorname: Stefanos

■ ■■■■■■

Prüfer: Prof. Dr. M. H. Breitner

Hannover, den 21.07.2015

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	I
Tabellenverzeichnis.....	II
Abkürzungsverzeichnis.....	III
1. Einleitung	1
1.1. Relevanz und Vorgehen.....	1
1.2. Literaturüberblick und Einordnung der Arbeit	2
2. Carsharing.....	3
2.1. Carsharing-Formen.....	3
2.2. Carsharing-Markt	4
2.3. Elektromobilität im Carsharing	6
3. Konzeption und Modellierung des Tools.....	8
3.1. Buchungsdaten Generierung	8
3.2. Anforderungen und Restriktionen.....	12
3.3. Implementierung	14
3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse	16
4. Ergebnisse	21
4.1. Referenzszenario.....	21
4.2. Implementierung von einem BEV.....	22
4.3. Implementierung von zwei BEVs.....	23
4.4. Variationen der Batteriekapazitäten	24
4.5. Szenarien der Nachfragevariationen	25
4.6. Zukunftsszenarien für das Jahr 2020	27
5. Limitationen und Handlungsempfehlungen.....	29
6. Zusammenfassung.....	31
Anhang.....	IV

Literaturverzeichnis XI

Ehrenwörtliche Erklärung XIV

1. Einleitung

„Wir erleben eine Klimamanipulation. Das Wort „Klimawandel“ legt fälschlich nahe, dass es sich um eine Veränderung des Klimas ohne Eingriffe des Menschen handelt!“¹ Dieses Zitat rückt den Menschen in den Fokus, den Klimawandel verursacht zu haben. Demnach kann auch nur der Mensch die schädlichen Folgen abmildern und letztlich stoppen. Die Bundesregierung hat auf diesen Umstand mit der Energiewende reagiert. Der Anteil der konventionellen und nuklearen Energien am Gesamtstrommix soll schrittweise bis zum Jahr 2050 auf 20% zurückgehen und durch erneuerbare Energien ersetzt werden.² Ein Teil dieses Vorhabens ist die Elektrifizierung des Kraftfahrzeugverkehrs mit Energie aus erneuerbaren, umweltfreundlichen Quellen. Das vorgegebene Ziel ist bis 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf dem deutschen Markt vorzuweisen. Deutschland soll damit zum Leitmarkt und Leitanbieter der Elektromobilität werden und eine Vorreiterrolle einnehmen.³ Dieses ambitionierte Ziel lässt sich nur durch Anstrengungen in vielen verschiedenen Bereichen erreichen. Ein Bereich ist die Elektromobilität im Carsharing, die in dieser Arbeit thematisiert wurde.

1.1. Relevanz und Vorgehen

Carsharing ist ein essenzieller Bestandteil zukünftiger Mobilitätskonzepte. Es reduziert die Gesamtanzahl an Kraftfahrzeugen und Verkehr in vornehmlich städtischen Regionen. Infolge eines geringeren Verkehrsaufkommens werden somit weniger schädliche Abgase und das erderwärmende Kohlenstoffdioxid (CO₂) ausgestoßen.⁴ Besagte Abgase werden durch konventionelle Fahrzeuge emittiert. Eine vollständige Vermeidung des Ausstoßes umweltschädlicher Emissionen ist nur mit alternativen Antrieben möglich. Rein elektrisch betriebene Fahrzeuge stellen eine Alternative dar, die bei Beziehung von Strom aus erneuerbaren Energien keine Emissionen vorweist. Ein Umstieg von konventionellen auf elektrische Fahrzeuge kann indessen nur erfolgen, wenn nicht nur die technischen Voraussetzungen gegeben sind, sondern auch die Wirtschaftlichkeit der elektrischen Antriebe.

Hieraus lässt sich die **Forschungsfrage** dieser Arbeit ableiten:

Ist die Integration von Elektrofahrzeugen in Carsharing-Flotten wirtschaftlich sinnvoll?

¹ S. Ekkehart Mittelberg (1938)

² Vgl. Die Bundesregierung (2015), S.2

³ Vgl. NPE(2015); Vgl. Die Bundesregierung (2015),S.12

⁴ Vgl. Baum et al. (2012), S. 69f

Das Vorgehen zu der Beantwortung der Frage stellt sich wie folgt dar. Zuerst findet eine Analyse der derzeitigen Situation des Carsharing in Deutschland statt. Dies umfasst die verschiedenen Angebotsformen, die Entwicklung des Marktes und des Stands der Elektromobilität im Carsharing.

Der Hauptteil besteht aus der Erstellung, Durchführung und Auswertung eines geeigneten Tools zur Messung der Gesamtkosten einer Carsharing-Station. Hierfür wurden mangels realer Datensätze synthetische Buchungsdaten auf Basis empirischer Verteilungsfunktionen generiert. Anschließend wurden die Anforderungen und Restriktionen an das Tool definiert, die sich aufgrund der Integrierung von Elektrofahrzeugen (BEVs) ergeben. Weitergehend wurden die erstellten Buchungsdaten den Fahrzeugen einer Station zugeordnet, die Bestandteile der Wirtschaftlichkeitsanalyse erläutert und die verwendeten ökonomischen Daten beschrieben.

Als Output ergeben sich die Fahrstrecken der Fahrzeuge einer Station, die in verschiedenen Szenarien in Kombination mit den Kostendaten die Wirtschaftlichkeit einer Carsharing-Station bestimmen. Abschließend werden die Limitationen des Modells beschrieben, Ergebnisse zusammengefasst und ein Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf vorgenommen.

1.2. Literaturüberblick und Einordnung der Arbeit

Rabbit und Ghosh (2013) betrachten die Potentiale des weitflächigen Ausbaus vom Carsharing in Irland. Es lassen sich sowohl Kosten als auch CO₂ einsparen. Der Fokus lag auf den Ersparnissen der Nutzer von Irland als Ganzes und nicht auf der Mikroebene einer spezifischen Station von Carsharing-Organisationen. Zudem wurde zwar eine höhere CO₂ Reduktion bei Einsatz von BEVs im Vergleich zu Verbrennungsantrieben (ICEs) festgestellt, jedoch ohne die Kosten der verschiedenen Antriebsarten getrennt voneinander zu betrachten.

Baum et al. (2011) haben die Break-Even Fahrleistungen für verschiedene Fahrzeuggrößen bestimmt, die nötig sind, damit BEVs wirtschaftlicher sind als herkömmliche ICEs. Mit Hilfe dieser Berechnungen wurden Markthochlaufszszenarien bestimmt, die einen Mittelwert von 600.000 BEVs bis 2020 prognostizieren. Aufbauend auf dieser Arbeit untersuchten Baum et al. (2012) die Wirtschaftlichkeit der Integrierung von BEVs in Carsharing-Flotten in verschiedenen Szenarien. Die Autoren stellten fest, dass bis 2015 keine wirtschaftliche Integration in Carsharing-Flotten ökonomisch ist und erst im Jahre 2020 die notwendigen Fahrleistungen auf ein Maß abgesunken sind, die die Integrierung aus wirtschaftlicher Perspektive ermöglichen. Problematisch ist, dass die spezifischen Anforderungen der BEVs, z.B. begrenzte Reichweiten und zusätzliche Ladezeiten, bei der Berechnung der Break-Even Werte nicht berücksichtigt wurden.

Weiterhin analysierten Doll et al. (2011) die Integration von Elektrofahrzeugen in Carsharing-Flotten. Auf Basis realer Buchungsdaten von Carsharing-Organisationen erfolgt eine Neuzuweisung der Fahrten für jede Station oder sogar jedem Stadtteil mittels einer Datenbankanwendung. Zunächst wird geprüft, wie viele Flottenwagen durch BEVs ersetzt werden können, ohne dass mehr als eine gewisse Anzahl an gebuchten Fahrten entfallen. Erst wenn diese Voraussetzung erfüllt ist, findet eine ökonomische Bewertung statt.

Diese Arbeit bedient sich einer ähnlichen Systematik, allerdings wurde kein Grenzwert an entfallenden Buchungen gewählt, der höchstens vertretbar ist, um die BEVs auf ihre Wirtschaftlichkeit hin zu prüfen. Stattdessen stellen die entgangenen Fahrten, als Erweiterung des ökonomischen Modells, die Opportunitätskosten dar, die sich aus der Implementierung von BEVs in bisher aus ICEs bestehenden Flotten ergeben. Damit spiegeln sich entgangene Einnahmen in höheren Gesamtkosten wieder. Opportunitätskosten begünstigen demnach im Gegensatz zu festgesetzten Grenzen die Vorteilhaftigkeit der BEVs in Carsharing-Organisationen (CSOs), denn die fixierten Grenzen stellen die BEVs zu einem Großteil von vornherein als nicht ersetzungsfähig dar.

Das Ziel der Arbeit ist, wissenschaftlich zu untersuchen, ob es Szenarien gibt, in denen die Integration von Elektrofahrzeugen in Carsharing-Flotten wirtschaftlich sinnvoll ist.

2. Carsharing

Zunächst findet eine Einführung des Carsharing statt, indem die verschiedenen Carsharing Angebotsformen und das Marktwachstum beschrieben sowie der Entwicklungsstand der Elektromobilität im Carsharing erläutert werden. Als Betrachtungsgegenstand wurde ausschließlich Deutschland gewählt.

2.1. Carsharing-Formen

Es wird grundsätzlich zwischen stationsbasierten und stationsunabhängigen Anbietern („free-floating“) unterschieden. Das stationsbasierte Carsharing lässt sich weiterhin in Hin- und Rückfahrtsysteme und Einwegfahrtsysteme unterteilen. Bei CSOs, die Rundfahrten anbieten, muss das Fahrzeug immer zu der Abholstation zurückgefahren werden, wohingegen Anbieter von Einwegfahrten auch Rückgaben bei anderen Stationen zulassen. Die Ausleihdauer wird vor Fahrtantritt vereinbart. „Free-floating“ ist eine neuere Form des Carsharing. Diese ermöglicht es Fahrzeuge stationsunabhängig im Geschäftsgebiet des Anbieters zu mieten und an einer beliebigen Stelle im selben Gebiet abzustellen. Oftmals dürfen bei dieser Variante die

Demnach könnten Subventionen der Anschaffungskosten von BEVs in Höhe von 2400€ in benzinbetriebenen Flotten vorgenommen werden, um die Anzahl an BEVs in Flotten der benzinbetriebenen CSOs zu erhöhen.

Weiterhin wäre der Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur zu empfehlen. BEVs könnten während einer Buchung geladen werden und die zusätzlichen Ladezeiten nach Fahrtende verringern und die Reichweiten der BEVs erhöhen. Hierfür sollten Ladestationen vorrangig an den Orten errichten werden, bei denen Carsharing-Kunden vermehrt längere Fahrtenpausen einlegen. Spezifische Subventionsszenarien wurden nicht thematisiert, denn die Arbeit folgte primär dem Ziel die generelle Wirtschaftlichkeit von BEVs in Carsharing-Flotten festzustellen.

6. Zusammenfassung

Diese Arbeit hat mithilfe eines Tools die Frage beleuchtet, ob die Integration von BEVs in Carsharing-Flotten wirtschaftlich ist. Bereits 2015 ist die Implementierung von zwei BEVs in eine vier Fahrzeuge umfassende Station wirtschaftlich vorteilhaft. Hierfür müssen in den vormals dieselbetriebenen Stationen die Batteriekapazität der BEVs allerdings genau 15kWh betragen. 24kWh BEVs, die der derzeitige Standard der Kompaktklasse sind, haben einen zu hohen Wertverlust, aufgrund der höheren Batteriekosten. Größere Batteriekapazitäten führen nicht zu weniger Mindereinnahmen, problematischer ist die zusätzliche Ladezeit von BEVs. Zudem ermöglichen gleichmäßiger verteilte Fahrten einer benzinbetriebenen Station ein drittes BEV zu implementieren. Im Jahre 2020 sind in dieselbetriebenen Stationen je nach Entwicklung der Kraftstoffpreise zwischen zwei und drei BEVs und in benzinbetriebenen Stationen zwischen drei und vier BEVs kostengünstiger als die zugehörigen Referenzszenarien. Demnach könnten in naher Zukunft die Carsharing-Organisationen im besten Fall in Stationen mit genau vier Fahrzeugen alle ihre Fahrzeuge durch BEVs ersetzen, wenn sie ansonsten ausschließlich Benzinfahrzeuge der Kompaktklasse verwendeten.

Das aufgestellte Modell hat jedoch einige Limitationen die weitere Forschung notwendig werden lässt. Einerseits ist eine Erweiterung des Modells auf verschiedene Stationsgrößen von Bedeutung, um eine ganzheitliche Betrachtung der Carsharing-Flotten zu ermöglichen. Andererseits ist eine Optimierung der Zuordnung der Buchungen in Verbindung mit minutengenauen Buchungsdaten von besonderem Interesse zur Validierung der Ergebnisse dieser Arbeit. Zudem könnte die Entwicklung der öffentlichen Ladeinfrastruktur einen signifikanten Einfluss auf die Integration von BEVs aufweisen. Wenn Ladestellen ubiquitär verfügbar sind, könnten die Nutzer diese während ihrer Fahrtpausen zwischenladen. Gepaart mit

minutengenauen Fahrtdaten wären höhere Auslastungen der Buchungen auch bei dem Vorausbuchungssystem der stationsbasierten CSOs zu realisieren. Wenn genannte Punkte einbezogen und untersucht würden, ließen sich Aussagen hinsichtlich Markthochlaufszenerarien treffen und somit die genaue Anzahl an BEVs bemessen, die deutschlandweit in Carsharing-Flotten integrierbar ist.