

Alltagstaugliche, batterieelektrische Kraftfahrzeuge: eine SWOT-Analyse

## Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades „Bachelor of Science (B.Sc.)“ im Studiengang Wirtschaftsingenieur der Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, Fakultät für Maschinenbau und der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität Hannover

vorgelegt von

Name: Weißmann

Vorname: Malte



Prüfer: Prof. Dr. M. H. Breitner

Hannover, den 01. September 2016

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	IV
Tabellenverzeichnis .....	V
Abkürzungsverzeichnis .....	VI
1 Einleitung .....	1
2 Relevanz des Themas und Untersuchungsrahmen .....	3
2.1 Relevanz des Themas .....	3
2.2 Untersuchungsrahmen .....	6
2.3 Schlüsseltechnologien .....	6
2.3.1 Batterie .....	6
2.3.2 Elektrische Maschine .....	9
2.3.3 Rekuperation .....	10
2.3.4 Leistungselektronik .....	11
2.3.5 Brennstoffzelle und Wasserstoff .....	12
2.4 Fahrzeugantrieb .....	14
2.4.1 Batterieelektrische Kraftfahrzeuge .....	14
2.4.2 Range Extender .....	17
2.4.3 Brennstoffzellenfahrzeug .....	18
3 Chancen und Risiken .....	19
3.1 Politische Einflussfaktoren .....	20
3.2 Wirtschaftliche Einflussfaktoren .....	24
3.3 Soziokulturelle Einflussfaktoren .....	26

3.4	Technologische Einflussfaktoren .....	32
3.5	Ökologische Einflussfaktoren .....	36
3.6	Rechtliche Einflussfaktoren .....	39
4	Stärken- Schwächen Analyse der Möglichkeiten zur Reichweitenerhöhung .....	40
4.1	Allgemeine Vorteile von batterieelektrischen Fahrzeugen .....	40
4.2	Batterieelektrische Fahrzeuge mit Supercharger und großer Batterie .....	40
4.3	Batterieelektrische Fahrzeuge mit Range Extender .....	43
4.4	Brennstoffzellenfahrzeuge .....	45
5	SWOT- Analyse .....	48
5.1	Supercharger .....	49
5.2	Range Extender .....	52
5.3	Brennstoffzellenfahrzeug .....	54
6	Fazit und Ausblick .....	57
	Literaturverzeichnis .....	VI
	Ehrenwörtliche Erklärung .....	XIX

# 1 Einleitung

In den letzten Jahren gewannen die batterieelektrischen Kraftfahrzeuge aufgrund der steigenden Bedeutung von Nachhaltigkeit in Bezug auf den Klimawandel und die Knappheit fossiler Brennstoffe stetig an Relevanz und Beachtung. Denn der Verkehr gilt mit einem Anteil von 22 % am weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoß als zweitgrößter Verursacher nach der Strom- und Wärmeproduktion.<sup>1</sup> Die Elektromobilität wird dabei als ein Schlüssel zur klimafreundlichen und nachhaltigen Umgestaltung der Mobilität verstanden.<sup>2</sup> Besonders unter Anwendung erneuerbarer Energien können die batterieelektrischen Fahrzeuge einen bedeutenden Beitrag zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes leisten. Außer den ökologischen Aspekten welche die Elektromobilität voranzutreiben, ist auch die Positionierung der Automobilindustrie im internationalen Wettbewerb von entscheidender Bedeutung. Die Bundesregierung verfolgt dazu das ambitionierte Ziel, Deutschland bis zum Jahr 2020 zum Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität werden zu lassen. Dafür sollen bis zum Jahr 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf den deutschen Straßen im Einsatz sein.<sup>3</sup> Deutschland liegt jedoch momentan bei den Verkaufs- und Bestandszahlen weit hinter den weltmarktführenden Ländern, wie den USA und China.<sup>4</sup> Die hohen Anschaffungskosten sowie die begrenzten Reichweiten gestalten das Produkt für viele Kunden unattraktiv, auch gilt es eine flächendeckende Infrastruktur zur lückenlosen Versorgung zu schaffen. Um die Akzeptanzprobleme der Kunden zu verringern beziehungsweise zu beseitigen und somit den Markteintritt der batterieelektrischen Fahrzeuge zu erleichtern, werden derzeit verschiedene Strategien der Automobilindustrie verfolgt.

In dieser Arbeit sollen alternative Antriebskonzepte untersucht werden, bei denen hauptsächlich alltagstaugliche Reichweiten im Vordergrund stehen. Dafür wird in Kapitel 2 zunächst die Relevanz des Themas dargestellt und die untersuchten Antriebskonzepte vorgestellt. Weiterhin werden die Schlüsseltechnologien der batterieelektrischen Fahrzeuge kurz erläutert, um ein Grundverständnis der Thematik zu vermitteln. In Kapitel 3 werden die Chancen und Risiken der Umwelt für die Elektromobilität herausgearbeitet, dafür werden mittels einer PESTEL-Analyse die externen Einflüsse der Umwelt in politische, wirtschaftliche, soziokulturelle, technologische, ökologische und rechtliche Einflussfaktoren unterteilt und auf

---

<sup>1</sup> Vgl. Kreyenberg (2015), S. 9

<sup>2</sup> Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015 a), [30.08.2016]

<sup>3</sup> Vgl. Die Bundesregierung (o.D.), [31.08.2016].

<sup>4</sup> Vgl. Zentrum für Sonnenenergie. Und Wasserstoff-Forschung (2016), S.3, [30.08.2016]

Chancen und Risiken analysiert. In Kapitel 4 werden anschließend die drei untersuchten Antriebskonzepte auf Stärken und Schwächen untersucht, welche im 5. Kapitel mit den zuvor erarbeiteten Chancen und Risiken der Umwelt in einer SWOT-Analyse in Zusammenhang gebracht werden. Ziel der SWOT-Analyse ist es herauszufinden, wie externe Einflüsse sich auf die Antriebskonzepte auswirken um somit eine Abschätzung der zukünftigen Entwicklung vornehmen zu können, sowie gegebenenfalls Handlungsempfehlungen festzulegen. Im Ausblick werden die Ergebnisse der vorherigen Kapitel zusammengefasst und es wird eine Prognose zu der weiteren Entwicklung der untersuchten Antriebskonzepte erstellt.

## 6 Fazit und Ausblick

Dem batterieelektrischen Kraftfahrzeug wurde schon häufig der Durchbruch prophezeit, jedoch ist dieser auch bis heute nicht gelungen. Zwar sind batterieelektrische Kraftfahrzeuge bereits heutzutage besser für die Umwelt als konventionelle Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor, doch dieser Effekt wird durch die Energiebereitstellung aus fossilen Brennstoffen stark eingeschränkt. Besonders geringe Reichweiten, hohe Anschaffungskosten und schlechte Infrastrukturen stehen dem Marktdurchbruch zudem entgegen. Die meisten Menschen sind nicht dazu bereit Einschränkungen im gewohnten Komfort hinzunehmen oder Mehrausgaben für einen Neuwagen zu tätigen, damit dieser die Umwelt entlastet. In Anbetracht dieser Akzeptanzprobleme wird das batterieelektrische Fahrzeug erst zum Massenprodukt, wenn es im Verhältnis zu konventionellen Fahrzeugen wirtschaftlich ist und die Anforderungen an Reichweite, Ladedauer und Ladeinfrastruktur erfüllt werden, dies ist bislang jedoch nicht der Fall. Große Potentiale liegen besonders im Bereich der Entwicklung von günstigeren und leistungsstärkeren Technologien. Außerdem helfen marktvorbereitende Maßnahmen wie die hohen Investitionen von Politik und Wirtschaft in die Infrastruktur die Marktdurchdringung zu beschleunigen. Steigende Verkaufszahlen werden außerdem dafür sorgen, dass die Produktionskosten der Fahrzeuge sinken. Nach Ansicht vieler Experten ist der Durchbruch der Elektromobilität also nur eine Frage der Zeit.

Die batterieelektrischen Kraftfahrzeuge mit Supercharger und großer Batterie besitzen zwar eine alltagstaugliche Reichweite und auch akzeptable Ladezeiten, jedoch ist der Preis aufgrund der großen Batterien noch viel zu hoch. Zwar werden die Preise zukünftig sinken, jedoch wird dies kurzfristig gesehen nicht dazu führen, dass sich dieses Antriebskonzept durchsetzen kann. Sehr viel wahrscheinlicher ist, dass der Markthochlauf von den Hybridfahrzeugen wie den batterieelektrischen Fahrzeugen mit Range Extender dominiert wird. Die Kosten liegen derzeit nur vergleichsweise gering über den Kosten eines konventionellen Fahrzeugs und könnten in den nächsten Jahren auf dasselbe Niveau sinken. Zudem besitzen sie eine ausreichende Batteriekapazität um die meisten Fahrten rein elektrisch zurückzulegen. Ermöglichen durch den Range Extender aber auch weitere Strecken und wirken einer Reichweitenangst entgegen. Somit müssen im Hinblick auf den Komfort den ein konventionelles Fahrzeug bietet so gut wie keine Einschränkungen getroffen werden. Das Brennstoffzellenfahrzeug erweist sich derzeit am wenigsten alltagstauglich, was vor allem an der extrem geringen Anzahl von Wasserstofftankstellen in Deutschland liegt. Zwar soll diese Anzahl in den nächsten Jahren bis auf 400 Tankstellen bis zum Jahr 2023 aufgestockt werden damit ein flächendeckendes Netzwerk zur Verfügung steht, aber wird dieser Wert verglichen mit den über 14.000 herkömmlichen Tankstellen, lässt sich erahnen das dies nicht ausreichend ist. Dazu kommt, dass die

Brennstoffzellentechnik derzeit zu teuer ist. Mit 65.000 € ist das günstigste in Deutschland erhältliche Fahrzeug rund doppelt so teuer wie ein vergleichbares Fahrzeug mit Verbrennungsmotor. Zwar werden auch hier im Hinblick auf die Technik und den Preis große Fortschritte in der Zukunft vorhergesagt, jedoch wird dies einige Zeit in Anspruch nehmen bis dieses Antriebskonzept auch für den Nutzer wirtschaftlich ist. Eine Besonderheit von Brennstoffzellen zu anderen batterieelektrischen Fahrzeugen ist, dass diese sehr schnell betankt werden können und keine Lademöglichkeit benötigen. Unter Berücksichtigung der Urbanisierung, also der wachsenden Städte könnte diese Technologie in Zukunft eine entscheidende Rolle spielen, da ansonsten der Marktanteil von batterieelektrischen Fahrzeugen auf Personen beschränkt sein wird, welche eine Garage oder wenigstens einen festen Stellplatz besitzen.

Abschließend lässt sich festhalten, dass alltagstaugliche batterieelektrische Fahrzeuge möglich sind und der Durchbruch kommen wird, nur der Zeitpunkt lässt sich nicht genau bestimmen, da dieser in großem Maße von der technologischen Entwicklung abhängt. In näherer Zukunft wird der Markt in der Elektromobilität wahrscheinlich von rein batterieelektrischen Kraftfahrzeugen mit geringeren Reichweiten und batterieelektrischen Kraftfahrzeugen mit Range Extender dominiert werden. In fernerer Zukunft, wenn die Forschung und Entwicklung der Batterietechnik und der Brennstoffzellentechnik soweit fortgeschritten sind, dass Fahrzeuge mit großer Batterie und Supercharger und Brennstoffzellenfahrzeuge wirtschaftlicher sind als konventionelle Fahrzeuge werden auch diese eine Rolle in der Elektromobilität spielen.