

Potentiale und Herausforderungen der Brennstoffzellentechnologie in leichten Nutzfahrzeugen

Masterarbeit

Zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Science (M. Sc.)“ im Studiengang
Wirtschaftsingenieur der Fakultät für Elektrotechnik und Information, Fakultät für
Maschinenbau und der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität
Hannover

vorgelegt von

Name: Grossmann

Vorname: Johanna Rita Irma



Prüfer: Prof. Dr. Michael H. Breitner

Betreuer: M. Sc. Jan-Hendrik Piel

Ort, den* Hannover, 30.05.2016

*(Datum der Beendigung der Arbeit)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	ii
Abkürzungsverzeichnis	iv
Abbildungsverzeichnis	vi
Tabellenverzeichnis	vii
1 Einleitung	1
1.1 <i>Motivation und Problemstellung</i>	1
1.2 <i>Forschungshintergrund und Zielsetzung</i>	2
1.3 <i>Aufbau der Arbeit</i>	6
2 Alternative Antriebsstrategien	8
2.1 <i>Brennstoffzellenfahrzeug</i>	8
2.1.1 <i>Die Brennstoffzelle - Technischer Überblick</i>	8
2.1.2 <i>Aufbau eines Bennisstoffzellensystems</i>	12
2.1.3 <i>Kosten eines Brennstoffzellensystems</i>	16
2.1.4 <i>Die Polymer-Electrolyt-Membran Brennstoffzelle</i>	17
2.1.5 <i>Energieträger Wasserstoff</i>	20
2.2 <i>Batterieelektrisches Fahrzeug</i>	29
2.3 <i>Hybridfahrzeuge</i>	34
2.4 <i>Erdgasfahrzeug</i>	38
3 Potentialanalyse der Brennstoffzellentechnologie als Antrieb	42
3.1 <i>Untersuchungskontext</i>	42
3.2 <i>Nutzwertanalyse alternativer Antriebsstrategien</i>	43
3.2.1 <i>Benennung des Entscheidungsproblems</i>	45
3.2.2 <i>Festlegung der Entscheidungsalternativen</i>	46
3.2.3 <i>Definition der Entscheidungskriterien</i>	50
3.2.4 <i>Gewichtung der Entscheidungskriterien</i>	53
3.2.5 <i>Bewertung der Entscheidungskriterien</i>	56
3.2.6 <i>Berechnung der Nutzwerte</i>	61
3.3 <i>Systemkostenanalyse</i>	63
3.3.1 <i>Die Systemkosten</i>	66
3.3.2 <i>Berechnung der Systemkosten des Brennstoffzellenfahrzeugs</i>	67
3.3.3 <i>Berechnung der Systemkosten des batterieelektrisches Fahrzeugs</i>	76
3.3.4 <i>Vergleich Systemkosten T7 FCEV und T7 BEV</i>	83
4 Diskussion, Limitation und Handlungsempfehlung	86
4.1 <i>Interpretation, Limitation und Diskussion der Ergebnisse</i>	86

<i>4.2 Handlungsempfehlung</i>	99
5 Fazit	101
Literaturverzeichnis	103
Anhang	116
Ehrenwörtliche Erklärung	120
Sperrvermerk	121

1 Einleitung

1.1 Motivation und Problemstellung

Der Wunsch nach Mobilität und der damit verbundenen Unabhängigkeit und Flexibilität nimmt in der Gesellschaft seit einigen Jahren stark zu.¹ Dabei spielt Mobilität schon seit jeher eine bedeutende Rolle. Bereits vor mehr als 130 Jahren gab es erste Erfindungen im Bereich der Elektromobilität. Gustav Trouvé stellte im Jahr 1881 das erste offiziell anerkannte batteriebetriebene Fahrzeug vor: ein E-Dreirad.² Günstiges Öl und entscheidende Fortschritte in der Technik der Verbrennungsmotoren führten dazu, dass die sich auf dem Höhepunkt befindende Elektromobilität um die Jahrhundertwende herum erheblich an Bedeutung verlor.³

Veranlasst durch politische sowie umweltbewusste Ziele, tritt die Elektromobilität nach gut 100 Jahren wieder in den Mittelpunkt öffentlicher Diskussionen. Das Bevölkerungswachstum und die progressive Motorisierung in den Schwellenländern wird in den nächsten Jahren zu einem weltweit zunehmenden Erdöl- und Energiebedarf führen. Selbst in optimistischen Prognosen wird in der Zukunft von einer bedeutenden und wahrscheinlich wachsenden Versorgungslücke ausgegangen. Geopolitische Konflikte und steigende Förderkosten werden künftig außerdem zu steigenden Ölpreisen führen. Der Energieträger Strom wird daher als eine wichtige Alternative zu konventionellen Kraftstoffen im motorisierten Individualverkehr gesehen. Er unterstützt dabei die Bemühungen, die Erdölabhängigkeit Deutschlands zu reduzieren, die Dekarbonisierung des Verkehrssektors voranzutreiben und die Weichen für eine zukunftsfähige Mobilität zu stellen.⁴

Neben der Etablierung einer zukunftsfähigen Energiepolitik zählt der internationale Klimaschutz zu den größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Die Europäische Union (EU) verabschiedete im Jahr 2009 eine Verordnung um die CO₂-Emissionen von neuen Fahrzeugen zu senken und so die Senkung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) zu forcieren. Durch diese Verordnung sind die Fahrzeughersteller gezwungen die durchschnittlichen spezifischen CO₂-Flottenemissionswerte schrittweise drastisch zu senken. Für die Fahrzeughersteller wird es in den nächsten Jahren immer schwieriger, die Grenzwerte der EU ausschließlich durch Verbrauchsoptimierung von Fahrzeugen mit konventionellem Antrieb zu erreichen. Der Einsatz von alternativen und elektrifizierten Antriebskonzepten kann daher eine wichtige Option für die Automobilindustrie darstellen, um die

¹ Vgl. (Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, 2014)

² Vgl. (Kunze, 2011)

³ Vgl. (Bertram & Bongard, 2014) S.1

⁴ Vgl. (Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, 2009) S. 8

klimapolitischen Ziele der EU zu erreichen. Unter der Voraussetzung, dass das batterieelektrische Fahrzeug (BEV) mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen aufgeladen wird, kann das Antriebskonzept einen entscheidenden Beitrag zur Reduzierung der CO₂-Emissionen im Verkehrssektor beitragen.⁵

Noch sind BEVs aufgrund des erheblichen Kostennachteils für nur wenige Kunden attraktiv. Die begrenzte und im Vergleich zu konventionell angetriebenen Fahrzeugen sehr geringe Reichweite ist einer der entscheidenden Gründe, die gegen den Kauf eines BEV sprechen.⁶ Das Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV) könnte die Lösung des Reichweitenproblems des BEV darstellen, da es durch die Brennstoffzellentechnologie die Vorteile des BEV mit denen eines konventionell angetriebenen Fahrzeugs vereint: das FCEV fährt lokal emissionsfrei und weist dabei, je nach Tankgröße, Reichweiten von 500 km und mehr auf.

1.2 Forschungshintergrund und Zielsetzung

Nachfolgend wird eine strukturierte Literaturanalyse nach Webster und Watson⁷ durchgeführt um einen Überblick über in der Literatur bereits behandelte Themenschwerpunkte zu erlangen und diese zusammenzufassen. Basierend auf der Literaturanalyse wird die Forschungslücke identifiziert und die Zielsetzung formuliert.

Das Thema „Einsatz der Brennstoffzellentechnologie in Fahrzeugen“ wird in der Literatur unter unterschiedlichen Gesichtspunkten und Schwerpunkten betrachtet. Ein Großteil der Literatur legt den Fokus auf das Energy Management System (EMS) oder die Antriebssteuerung des Brennstoffzellenfahrzeugs. Diese Forschungsgebiete werden in der Literaturanalyse zwar berücksichtigt, aufgrund des technischen Schwerpunktes wird auf diese Forschungsgebiete jedoch nur exemplarisch eingegangen. Tabelle 1 stellt die Ergebnisse der Literaturanalyse dar.

⁵ Vgl. (Bertram und Bongard 2014) S.1f

⁶ Vgl. (Statista, 2016a)

⁷ Vgl. (Webster & Watson, 2002)

Autor	Fokus auf:						Inhalt
	Jahr	Vergleich alternativer Antriebskonzepte	Kostenanalyse FCEV	Energy Management System und Antriebssteuerung	Analyse unterschiedlicher BZ-Systeme	Markteintrittsstrategie für FCEV und Untersuchung Kaufbereitschaft	
Dr. Bernhart, et al	2014		X				Analyse anhand einer Kostenanalyse die Potentiale des FCEV
B.G. Pollet et al.	2013	X		X		X	Beschreibung des aktuellen Status und Vergleich von Antriebsalternativen
Ammermann et al.	2015		X				Analyse der Potentiale von FCEV-Bussen durch Kostenbetrachtung
Ito und Managi	2015	X					Kosten-Nutzen Analyse alternativer Antriebe
Hardmann et al.	2014					X	Markteintrittsstrategie für FCEV
Maalej et al.	2013			X			Entwicklung eines EMS
Thomas	2009	X					Berechnung gesellschaftlicher Nutzen
Burke und Zhu	2015	X					Berechnung gesellschaftlicher Nutzen
Al-Amin et al.	2015					X	Analyse der Kaufbereitschaft
McKinsey & Company	2010	X	X				Vergleich der Kosten von alternativen Antrieben
Li et al.	2015	X					Well-to-Wheel Analyse FCEV und BEV
Mayer et al.	2015		X				Analyse der kostenintensiven Teile des FCEV
Sörensen	2004	X					Life Cycle Assessment FCEV, Diesel, Benzin
Shukla et al.	2002				X		Analyse BZ-Systeme
Guirong et al.	2011			X			Entwicklung EMS und Analyse Antriebssteuerung
Sörensen	2006	X					Life Cycle Assessment FCEV, Diesel
Pötscher et al.	2014	X					Life Cycle Assessment unterschiedlicher Antriebe

Tabelle 1: Literaturübersicht⁸

Maalej, et al. und Guirong, et al.⁹ setzen in ihrer Arbeit zum Thema FCEV den Forschungsschwerpunkt auf die Entwicklung eines adaptiven Energie Management und

⁸ Eigene Darstellung

Power Splitting System für Brennstoffzellenfahrzeuge. Die eingehende Analyse und der anschließende Vergleich unterschiedlicher Brennstoffzellen-Systeme (BZ-Systeme) mit Berücksichtigung unterschiedlicher Brennstoffe ist der Schwerpunkt von Shukla et al.¹⁰. Der Fokus von Pollet et al., Hardman et al. und Al-Amin et al.¹¹ liegt auf dem Thema Kundenverhalten im Bezug auf FCEVs. Die genannte Literatur untersucht die Kaufbereitschaft möglicher Kunden, arbeitet heraus wie der Markt zu der alternativen Antriebstechnologie steht und entwickelt eine Markteintrittsstrategie für FCEVs, die Kundenpräferenzen berücksichtigt.

Vergleichsweise häufig wird in der betrachteten Literatur ein Vergleich zwischen unterschiedlichen Antriebskonzepten durchgeführt. Die Vergleiche unterscheiden sich jedoch sowohl in den einander gegenübergestellten Antriebskonzepten als auch in den Kriterien und Methoden, anhand denen die Konzepte miteinander verglichen werden. Pollet et al., Ito und Managi und McKinsey & Company¹² führen einen Vergleich aus wirtschaftlicher Sicht durch. Dafür werden die Fahrzeugkosten, Betriebskosten, Kraftstoff- und Infrastrukturkosten miteinander verglichen. Ito und Managi berücksichtigen außerdem die CO₂- und NO_x-Emissionen. Pollet et al. und Ito und Managi wählen BEV und FCEV als Vergleichsoptionen, McKinsey & Company berücksichtigt zusätzlich das Antriebskonzept Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV). Thomas¹³ wählt als Forschungsschwerpunkt ebenfalls einen Vergleich zwischen FCEV, BEV und PHEV, jedoch stellt er in der Literatur ein Computersimulationsmodell vor, welches genutzt werden kann um den gesellschaftlichen Nutzen der Antriebskonzepte bis zum Jahr 2110 zu berechnen. Burke und Zhu¹⁴ stellen ebenfalls ein Computersimulationsmodell zur Berechnung des gesellschaftlichen Nutzens von FCEV und Erdgasfahrzeug vor, jedoch nicht für die nächsten 100 Jahre sondern lediglich bis 2030. Li et al., Sörensen und Pötscher et al.¹⁵ vergleichen das Potential mehrerer Antriebskonzepte im Bezug auf ihre Treibhausgas- und Luftschadstoffbilanzen, indem ein Life Cycle Assessment (Ökobilanz) durchgeführt wird. Sörensen wählt FCEV und Dieselfahrzeug bzw. FCEV, Diesel- und Benzinfahrzeug als Vergleichsobjekte, Pötscher et al.

⁹ Vgl. (Guirong, et al., 2011); vgl. (Maalej, et al., 2014)

¹⁰ Vgl. (Shukla, et al., 2003)

¹¹ Vgl. (Al-Amin, et al., 2015); vgl. (Hardman, et al., 2015); vgl. (Pollet, et al., 2014)

¹² Vgl. (Ito & Managi, 2015); vgl. (Pollet, et al., 2014); vgl. (McKinsey & Company, 2010)

¹³ Vgl. (Thomas, 2009)

¹⁴ Vgl. (Burke & Zhu, 2015)

¹⁵ Vgl. (Li, et al., 2016); vgl. (Pötscher, et al., 2014); vgl. (Sörensen, 2004); vgl. (Sörensen, 2006)

FCEV, BEV, PHEV, Erdgas- Diesel- und Benzinfahrzeug. Li et al. vergleicht lediglich BEV und FCEV miteinander und konzentriert sich besonders auf die Well-to-Wheel Analyse.

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt liegt auf der Analyse der Kosten des BZ-Systems. Dr. Bernhart, et al., Ammermann, et al., McKinsey & Company und Mayer, et al.¹⁶ untersuchen die Kosten des Brennstoffzellen-Systems (BZ-System), besonders detailliert wird dabei auf die Kostenstruktur der Membran Electrode Assembly (MEA) und Kosteneinsparungspotentiale aufgrund von Platinreduzierung eingegangen.

Neben dem Schwerpunkt auf technischen Forschungsthemen, liegt der Fokus besonders auf dem Vergleich alternativer Antriebskonzepte. Die Vergleiche werden hauptsächlich im Hinblick auf die Ökobilanz der Antriebe und deren gesellschaftlichen Nutzen vorgenommen. Es wird in den Gegenüberstellungen jedoch keine Rücksicht auf die Anforderungen der Kunden gelegt. Die Kundenanforderungen an ein FCEV finden lediglich bei Pollet et al., Hardman et al. und Al-Amin et al. gesondert Berücksichtigung und nicht in Verbindung mit dem Vergleich der Antriebskonzepte. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit das Brennstoffzellenfahrzeug mit anderen alternativen Antriebskonzepten im Hinblick auf das Potential der Antriebskonzepte aus Sicht der Kunden verglichen. Es bietet sich an hierfür als Methode die Nutzwertanalyse zu wählen, da diese einen Vergleich anhand mehrerer Entscheidungskriterien unter Berücksichtigung besonderer Kundenanforderungen ermöglicht.

Die Kostenbetrachtung des BZ-Systems findet in der genannten Literatur nur für Pkw und Busse statt, nicht jedoch für leichte Nutzfahrzeuge (LNF). Außerdem werden die Kosten nicht in Abhängigkeit zur Reichweite betrachtet. Daher wird in der vorliegenden Masterarbeit eine Systemkostenanalyse für LNF durchgeführt, welche die Abhängigkeit zur Reichweite berücksichtigt. Durch eine Gegenüberstellung der Systemkosten von FCEV und BEV, jeweils in Abhängigkeit zur Reichweite, kann herausgefunden werden, ab welcher kritischen Reichweite sich welches alternative Antriebskonzept rechnet. Es gilt folgende Forschungsfragen zu beantworten:

1. Hat das Brennstoffzellenfahrzeug heute und in den nächsten Jahren aus Sicht der Kunden Potential als alternatives Antriebskonzept?
2. Kann das Brennstoffzellenfahrzeug die „Reichweitenproblematik“ des batterieelektrischen Fahrzeugs lösen?

Das Ziel der Arbeit ist eine Potentialanalyse zu dem möglichen Einsatz der Brennstoffzellentechnologie in leichten Nutzfahrzeugen unter Berücksichtigung bestehender Herausforderungen. Anhand der Ergebnisse wird eine Handlungsempfehlung bezüglich der

¹⁶ Vgl. (Ammermann, et al., 2015); vgl. (Bernhart, et al., 2013); vgl. (Mayer, et al., 2012); vgl. (McKinsey & Company, 2010)

Einsatzmöglichkeiten der Brennstoffzellentechnologie für einen Hersteller leichter Nutzfahrzeuge gegeben.

1.3 Aufbau der Arbeit

In Kapitel 2 wird zunächst ein Überblick über die alternativen Antriebskonzepte gegeben, um diese in das Thema einordnen zu können. Dafür wird besonders das Prinzip der Brennstoffzelle erklärt und der Energieträger Wasserstoff eingehend betrachtet. Danach folgt eine kurze Übersicht zu den alternativen Antriebskonzepten BEV, PHEV und Erdgasfahrzeug. In dem Kapitel wird zu den Antriebskonzepten jeweils der aktuelle Stand der Technik dargestellt und herausgearbeitet bei welchen Themen noch Forschungsbedarf besteht.

Um die Forschungsfragen zu beantworten, wird in Kapitel 3 eine Potentialanalyse der vier in Kapitel 2 dargestellten Antriebskonzepte durchgeführt. Diese Potentialanalyse gliedert sich in zwei Schritte. Um herauszufinden, welches Antriebskonzept heute das größte Potential aus Sicht der Kunden aufweist, wird zuerst eine Nutzwertanalyse (NWA) durchgeführt. Dafür werden zunächst die Entscheidungsalternativen festgelegt und anschließend die Entscheidungskriterien definiert. Anhand der Entscheidungskriterien werden die gewählten Alternativen später bewertet. Im Vorfeld zu der eigentlichen Bewertung ist es jedoch notwendig die Kriterien zu gewichten. Erst im Anschluss daran werden die Alternativen anhand der Entscheidungskriterien bewertet. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, müssen die Ergebnisse der Bewertung vor der Nutzwertberechnung in eine einheitliche Skala transformiert werden. Darauf folgend werden die Nutzwerte berechnet und die Reihenfolge der Entscheidungsalternativen abgeleitet.

Mit Hilfe der folgenden Systemkostenanalyse wird untersucht, ob das FCEV die Reichweitenproblematik des BEV lösen kann. Dafür werden die Systemkosten der Antriebsalternativen analysiert und in Relation zur Reichweite gesetzt. Nach der Definition der Systemkosten werden die Systemkosten des FCEV und BEV berechnet. Es wird untersucht wie hoch die Kosten heute sind und wie sie sich bis zum Jahr 2021 voraussichtlich entwickeln werden. Dafür werden sowohl Platineinsparungsmaßnahmen für das BZ-System berücksichtigt, als auch Kosteneinsparungen durch Forschungsfortschritte in der Batterietechnologie. Anschließend werden die errechneten Systemkosten von FCEV und BEV in einem Diagramm miteinander verglichen und der Schnittpunkt ermittelt. Dieser verdeutlicht, ab welcher Reichweite sich welches Antriebskonzept rechnet.

In Kapitel 4 werden die Ergebnisse der NWA und Systemkostenanalyse diskutiert, Limitationen werden aufgezeigt und es wird eine Handlungsempfehlung ausgesprochen. Ein zusammenfassendes Fazit mit einem Ausblick auf mögliche Entwicklungen in Kapitel 5 schließt die Arbeit ab. Unterstützend wird der Aufbau dieser Arbeit in Abbildung 1 graphisch dargestellt.

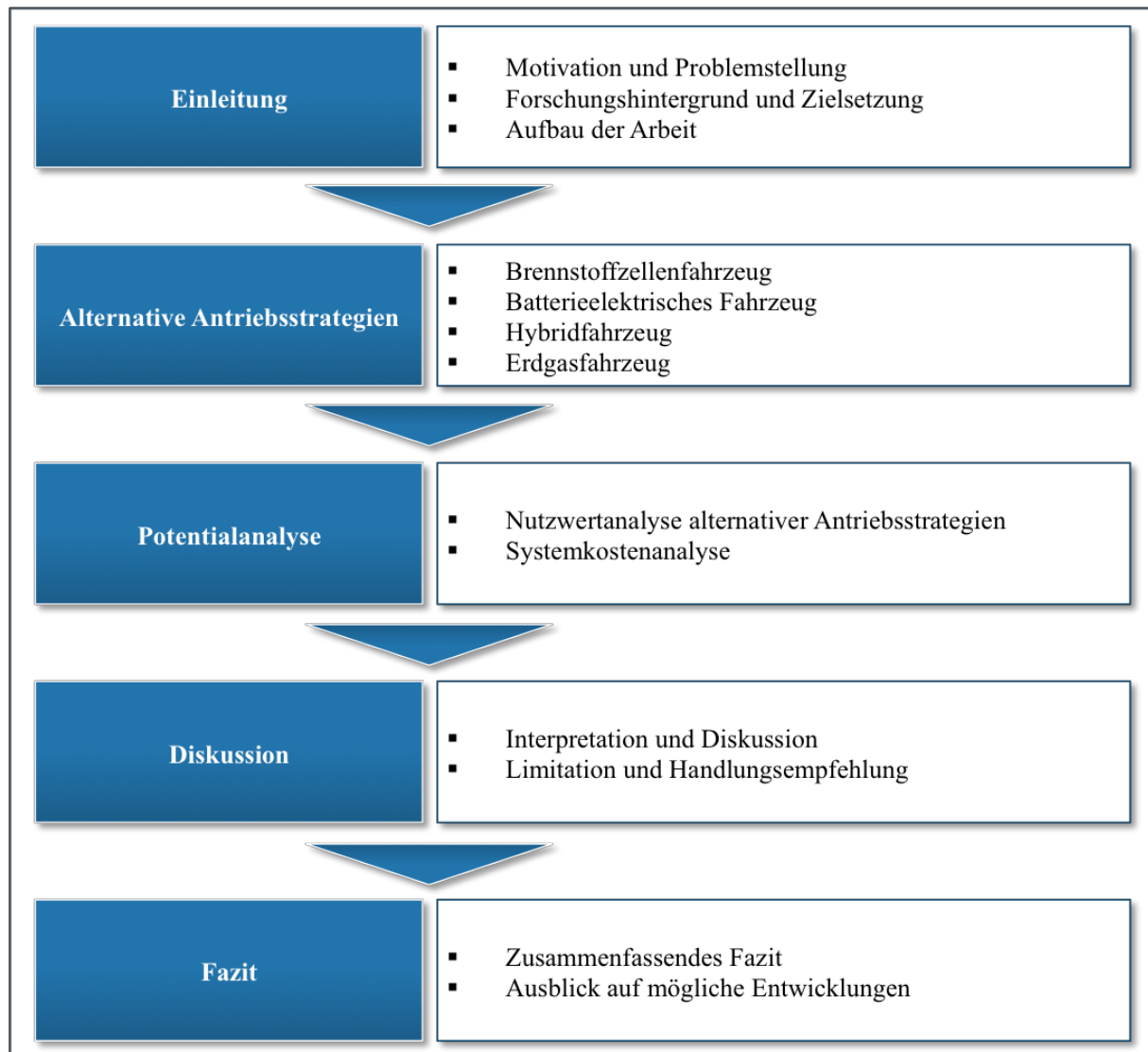


Abbildung 1: Aufbau der Arbeit

5 Fazit

Vor dem Hintergrund immer strenger werdender CO₂-Regularien und der zunehmenden Beschränkung der Treibhausgas-Emissionen um nationale und internationale Klimaschutzziele zu erreichen, treten alternative Antriebskonzepte verstärkt ins öffentliche Interesse. Brennstoffzellenfahrzeuge fahren, genau wie batterieelektrische Fahrzeuge, lokal emissionsfrei. Sie können, unter der Voraussetzung, dass der als Kraftstoff benötigte Wasserstoff durch die Elektrolyse und mit Strom aus regenerativen Energiequellen hergestellt wird, einen entscheidenden Beitrag zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen im Verkehrssektor und der Dekarbonisation leisten. Außerdem können Brennstoffzellenfahrzeuge die Etablierung einer zukunftsfähigen Mobilität unterstützen.

Das Ziel dieser Arbeit war es Potentiale für einen möglichen Einsatz der Brennstoffzellentechnologie in leichten Nutzfahrzeugen herauszuarbeiten. Dafür wurde nach einer Einführung in die thematischen Grundlagen eine Nutzwertanalyse durchgeführt. Als Entscheidungsalternativen wurden vier alternative Antriebskonzepte gewählt. Bei der Definition und anschließenden Gewichtung der Entscheidungskriterien wurden besonders die Präferenzen der Flottenkunden berücksichtigt, da diese eine wichtige Kundengruppe für Nutzfahrzeughersteller darstellen. Das Ergebnis der Nutzwertanalyse stellt sich in der Rangordnung wie folgt dar: Plug-in Hybrid, Erdgasfahrzeug, batterieelektrisches Fahrzeug und Brennstoffzellenfahrzeug. Diese aus den Gesamtnutzwerten abgeleitete Rangfolge macht deutlich, dass Brennstoffzellenfahrzeuge aus Sicht der Kunden heute das geringste Potential für eine erfolgreiche Etablierung am Markt aufweisen. Der hohe Anschaffungspreis des Brennstoffzellenfahrzeugs ist maßgeblich für dieses Ergebnis verantwortlich.

Die nachfolgende Diskussion zeigt auf, dass dieses Ergebnis jedoch nur für die gewählten Entscheidungskriterien und deren Gewichtung gilt. Wenn sich die Zielerfüllungsfaktoren der Entscheidungskriterien ändern, beispielsweise die Anschaffungskosten sinken, oder Gewichtungen verändert werden, ändern sich die Nutzwerte und möglicherweise auch die Rangfolge. Die Reduzierung der Anschaffungskosten und die Verschiebung der Gewichtungsfaktoren zugunsten des Kriteriums CO₂-Emissionen, können dazu führen, dass der Nutzwert der Zero Emission Vehicles über denen des Erdgasfahrzeugs und Plug-in Hybrids liegt. Mit dieser Entwicklung ist jedoch erst in 15 bis 20 Jahren zu rechnen.

Im nächsten Schritt wurde eine Systemkostenanalyse durchgeführt, in welcher die Systemkosten des Brennstoffzellenfahrzeugs und des batterieelektrischen Fahrzeugs in Relation zur Reichweite gesetzt wurden. In dieser Analyse wurden Kosteneinsparungspotentiale durch Platinreduzierung und Fortschritte in der Batterietechnologie berücksichtigt, die schon im Jahr 2020 zu einer erheblichen Reduktion der Systemkosten führen. Die Analyse ergibt, dass sich das Brennstoffzellenfahrzeug im

Vergleich zum batterieelektrischen Fahrzeug ab einer Reichweite von 230 km kostenseitig rechnet. Bei maximalen Reichweiten unter 230 km bietet sich das batterieelektrische Fahrzeug aus Kostensicht an. Der genaue Wert, ab dem sich entweder das Brennstoffzellen- oder batterieelektrische Fahrzeug rechnet, ist davon abhängig, welche Kosteneinsparungen bis 2020 tatsächlich erreicht werden.

Die Ergebnisse der Potentialanalyse lassen sich wie folgt zusammenfassen: Die Systemkostenanalyse hat gezeigt, dass das Brennstoffzellenfahrzeug die Reichweitenproblematik des batterieelektrischen Fahrzeugs lösen kann. Bei Reichweiten über 230 km kann das Brennstoffzellenfahrzeug bei geringeren Systemkosten höhere Reichweiten erzielen.

Die Nutzwertanalyse hat ergeben, dass Brennstoffzellenfahrzeuge heute und in den nächsten Jahren aus Sicht der Kunden kaum Potential für eine erfolgreiche Etablierung am Markt haben. Erst wenn die Anschaffungskosten auf das Niveau eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor sinken oder Gesetze und Richtlinien (z.B. CO₂-freie Innenstädte) genügend Anreize bieten, wird das Antriebskonzept erfolgreich sein.

Aller Wahrscheinlichkeit nach wird das Brennstoffzellenfahrzeug in den nächsten 15 Jahren ein Nischendasein fristen. Trotzdem wurde für Volkswagen Nutzfahrzeuge die Empfehlung ausgesprochen ab 2020 ein modular aufgebautes Brennstoffzellenfahrzeug, mit einer Stapelleistung von etwa 50 kW, in das Produktportfolio aufzunehmen. Aufgrund der geringeren Leistung des Brennstoffzellensystems sinken die Kosten und das Fahrzeug rechnet sich im Vergleich zum batterieelektrischen Fahrzeug schon bei einer Reichweite von unter 230 km. So wird das Brennstoffzellenfahrzeug für weitere Kundengruppen attraktiv und bietet sich beispielsweise als Zero-Emission-Stadtlieferfahrzeug an.

Unter der Voraussetzung der nachhaltigen Wasserstoffgewinnung bietet das Brennstoffzellenfahrzeug große Potentiale für das Erreichen einer klimaneutralen Mobilität. Ob und wann diese Möglichkeiten genutzt werden, hängt im hohen Maße davon ab, wie sich in den nächsten Jahren die Rahmenbedingungen (Anschaffungskosten, Kraftstoffpreise, CO₂- und THG-Regulierungen, nachhaltige Wasserstoffgewinnung) für Brennstoffzellenfahrzeuge entwickeln; sollte es zu einer positiven Entwicklung kommen, wird die Akzeptanz des alternativen Antriebskonzepts in der Öffentlichkeit die Folge sein.