

Bastian Schuler

Elektromobilität und Elektrofahrzeuge

Ökonomische Bewertung des Marktpotenzials
im Jahr 2020

Reihe Nachhaltigkeit

Band 41



Schuler, Bastian: Elektromobilität und Elektrofahrzeuge: Ökonomische Bewertung des Marktpotenzials im Jahr 2020, Hamburg, Diplomica Verlag GmbH

ISBN: 978-3-8428-0769-3

© Diplomica Verlag GmbH, Hamburg 2011

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden und die Diplomica GmbH, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	7
Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis	9
1 Einleitung.....	11
2 Einführung in die Elektromobilität.....	13
2.1 Die Stakeholder und ihre Ziele.....	13
2.1.1 Elektromobilität aus Sicht der Politik.....	13
2.1.2 Elektromobilität aus Sicht der Automobilindustrie	17
2.1.3 Elektromobilität aus Sicht der Energiewirtschaft	19
2.1.4 Elektromobilität aus Sicht der Nutzer.....	22
2.2 Technologische Grundlagen.....	23
2.2.1 Elektromobile Fahrzeugkonzepte	23
2.2.2 Elektrische Energiespeicher.....	26
2.3 Zusammenfassung	29
3 Analyse der Wirtschaftlichkeit von reinen Batteriefahrzeugen	
im Jahr 2020	33
3.1 Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit von reinen Batteriefahrzeugen	33
3.1.1 Die Entwicklung des zukünftigen Verbrauchs konventioneller Antriebe	34
3.1.2 Die Entwicklung der zukünftigen Rohöl- und Benzinpreise	36
3.1.3 Die Entwicklung der zukünftigen Strompreise.....	37
3.1.4 Die Entwicklung der zukünftigen Batteriekosten	38
3.2 Nutzen-Kosten Analyse auf gesamtwirtschaftlicher Ebene	39
3.2.1 Die Nutzen von reinen Batteriefahrzeugen.....	41
3.2.2 Die Kosten von reinen Batteriefahrzeugen.....	43
3.2.3 Ergebnisse der Nutzen-Kosten-Analyse	45
3.3 Einzelwirtschaftliche Analyse	47
3.3.1 Die Betrachteten Nutzen und Kosten im Jahr 2020.....	47
3.3.2 Die fairen Marktpreise von reinen Batteriefahrzeugen.....	50
3.3.3 Die kritische Fahrleistung von Elektrofahrzeugen	52

3.4	Analyse des Marktpotenzials von reinen Batteriefahrzeugen im Jahr 2020.....	53
3.4.1	Mobilitätsrestriktionen von reinen Batteriefahrzeugen im Jahre 2020	54
3.4.2	Bestimmung des Marktpotenzials reiner Batteriefahrzeugen im Jahr 2020	56
3.4.2.1	Marktpotenzial im Jahr 2020 ohne staatliche Förderung	57
3.4.2.2	Marktpotenzial im Jahr 2020 mit staatlicher Förderung.....	59
3.4.3	Sensitivitätsanalyse	62
3.4.3.1	Bestimmung der kritischen Batteriekosten.....	62
3.4.3.2	Bestimmung der kritischen Benzinpreise	64
3.5	Bestimmung der neuen Nutzen-Kosten Verhältnisse	65
3.6	Zusammenfassung.....	67
4	Fazit und Ausblick.....	71
	Anhang	73
	Quellenverzeichnis	93

Abkürzungsverzeichnis

ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil Club
BEV	Battery Electric Vehicle
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium Für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMVIT	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
BMWI	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EU	Europäische Union
FAZ	Frankfurter Allgemeine Zeitung
F&E	Forschung und Entwicklung
GWh	Gigawattstunden
HEV	Hybrid Electric Vehicle
ICE	Internal Combustion Engine
IEA	International Energy Agency
KBA	Kraftfahrzeugbundesamt
Kfz	Kraftfahrzeug
km	Kilometer
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
Li	Lithium
MiD	Mobilität in Deutschland
MIV	motorisierter Individualverkehr
MW	Megawatt
NiMH	Nickel-Metallhydrid
NKA	Nutzen-Kosten-Analyse
PHEV	Plug-In Hybrid Electric Vehicle
Pkw	Personenkraftwagen
REEV	Range Extended Electric Vehicle
TWh	Terawattstunde
UBA	Umweltbundesamt
V2G	Vehicle to Grid
Wh/kg	Wattstunde pro Kilogramm

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Phasen des Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität	13
Abbildung 2 : Verkehrsverhalten des durchschnittlichen PKW-Nutzers.....	23
Abbildung 3: Fahrzeugkonzepte nach Grad der Elektrifizierung	24
Abbildung 4: Elektromobile Antriebskonzepte.....	26

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aktuelle Fördermaßnahmen in Deutschland	16
Tabelle 2: Internationale Fördermaßnahmen	17
Tabelle 3: Unterschiedliche Lademöglichkeiten	20
Tabelle 4: Durchschnittlicher Verbrauch konventioneller Antriebe im Jahr 2020.....	35
Tabelle 5: Entwicklung der Rohöl- und Benzinpreise im Jahr 2020	36
Tabelle 6: Entwicklung der Strompreise im Jahr 2020.....	37
Tabelle 7: Entwicklung der Batteriekosten im Jahr 2020	38
Tabelle 8: Umweltkosten der Referenzfahrzeuge im Jahr 2020.....	42
Tabelle 9: Netto-Betriebskosten der Referenzfahrzeuge im Jahr 2020	43
Tabelle 10: Netto-Mehrkosten der Referenzfahrzeuge im Jahr 2020	45
Tabelle 11: Nutzen-Kosten-Verhältnisse von Elektrofahrzeugen im Jahr 2020	45
Tabelle 12: Bruttobetriebskosten der Referenzfahrzeuge im Jahr 2020	49
Tabelle 13: Bruttomehrkosten der Referenzfahrzeuge im Jahr 2020	50
Tabelle 14: Die fairen Mehrkosten von reinen Batteriefahrzeugen im Jahr 2020	51
Tabelle 15: Kritische Fahrleistung von reinen Batteriefahrzeugen im Jahr 2020	53
Tabelle 16: Fahrprofile nach jährlicher Fahrleistung	56
Tabelle 17: Marktpotenzial von reinen Batteriefahrzeugen im Jahr 2020 ohne staatliche Förderung.....	58
Tabelle 18: Marktanteile von reinen Batteriefahrzeugen im Jahr 2020 mit staatlichen Subvention	59
Tabelle 19: Marktanteile von reinen Batteriefahrzeugen im Jahr 2020 mit Netto- Strompreisen	61
Tabelle 20: Kritische Batteriekosten im Jahr 2020.....	63
Tabelle 21: Kritischer Benzinpreis im Jahr 2020	65
Tabelle 22: Nutzen-Kosten-Verhältnisse mit kritischen Batteriekosten.....	66
Tabelle 23: Nutzen-Kosten-Verhältnisse mit kritischem Benzinpreis	66
Tabelle 24: Marktphasen der Elektromobilität	73
Tabelle 25: Ausprägungen der unterschiedlichen Szenarien	74
Tabelle 26: Referenzfahrzeuge	75
Tabelle 27: Berechnung NKV Szenario 1	75
Tabelle 28: Berechnung NKV Szenario 2	76
Tabelle 29: Berechnung NKV Szenario 3	76
Tabelle 30: Berechnung NKV Szenario 4	77

Tabelle 31: Berechnung NKV Szenario 5	77
Tabelle 32: Berechnung NKV Szenario 6	78
Tabelle 33: Berechnung NKV Szenario 7	78
Tabelle 34: Berechnung NKV Szenario 8	79
Tabelle 35: Berechnung NKV Szenario 9	79
Tabelle 36: Berechnung NKV Szenario 10	80
Tabelle 37: Berechnung NKV Szenario 11	80
Tabelle 38: Berechnung NKV Szenario 12	81
Tabelle 39: Berechnung NKV Szenario 13	81
Tabelle 40: Berechnung NKV Szenario 14	82
Tabelle 41: Berechnung NKV Szenario 15	82
Tabelle 42: Berechnung NKV Szenario 16	83
Tabelle 43: Berechnung kritische Fahrleistungen Szenario 1	83
Tabelle 44: Berechnung kritische Fahrleistungen Szenario 2	84
Tabelle 45: Berechnung kritische Fahrleistungen Szenario 3	84
Tabelle 46: Berechnung kritische Fahrleistungen Szenario 4	85
Tabelle 47: Berechnung kritische Fahrleistungen Szenario 5	85
Tabelle 48: Berechnung kritische Fahrleistungen Szenario 6	86
Tabelle 49: Berechnung kritische Fahrleistungen Szenario 7	86
Tabelle 50: Berechnung kritische Fahrleistungen Szenario 8	87
Tabelle 51: Berechnung kritische Fahrleistungen Szenario 9	87
Tabelle 52: Berechnung kritische Fahrleistungen 10	88
Tabelle 53: Berechnung kritische Fahrleistungen Szenario 11	88
Tabelle 54: Berechnung kritische Fahrleistungen Szenario 12	89
Tabelle 55: Berechnung kritische Fahrleistungen Szenario 13	89
Tabelle 56: Berechnung kritische Fahrleistungen Szenario 14	90
Tabelle 57: Berechnung kritische Fahrleistungen Szenario 15	90
Tabelle 58: Berechnung kritische Fahrleistungen Szenario 16	91

1 Einleitung

Aktuell vergeht kein Tag, an dem die Medien nicht über das Thema Elektromobilität berichtet. Renommiertere Hersteller überschlagen sich heute bei der Ankündigung (teil-)elektrifizierte Antriebsvarianten einzuführen. Die internationale Politik überbietet sich mit Fördermaßnahmen. Auch die deutsche Politik hat sich dieser Entwicklung angenommen und mit den Beschlüssen zu Meseberg, den „Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“ verabschiedet.¹ Bis im Jahr 2020 sollen 1 Millionen Elektrofahrzeuge in Deutschland zugelassen sein. Medienwirksam haben sich namenhafte Politiker bereits klar positioniert. Bundesumweltminister Norbert Röttgen betont, dass es derzeit keine Alternative zu einem Ausbau der Elektromobilität gibt.² Der ehemalige Verkehrsminister Tiefensee äußerte sich wie folgt: „Autos, die ausschließlich mit fossilen Energiequellen fahren, sind langfristig Auslaufmodelle. Elektrofahrzeugen mit Batterie und Brennstoffzelle gehört die Zukunft.“³ Dadurch wird teilweise der Eindruck vermittelt, dass die Entscheidung bereits gefallen ist und die zukünftige Mobilität rein elektrisch sein wird.

Bemerkenswert ist jedoch, dass trotz der ambitionierten Ziele der deutschen Politik, zum aktuellen Zeitpunkt wenig über die ökonomischen und ökologischen Auswirkungen einer Einführung der Elektromobilität in Erfahrung gebracht wurden. Mit ersten Forschungsergebnissen rechnet die Bundesregierung ab 2011.⁴

Das Ziel dieser Arbeit ist es daher Elektrofahrzeuge im Jahr 2020 ökonomisch zu bewerten. Grundlage bildet dabei das Ziel des „Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“. Dabei wird die kritische Annahme getroffen, dass es sich bei der Vorgabe um ausschließlich reine Batteriefahrzeuge handelt. Mit der vorliegenden Arbeit sollen zwei Aspekte untersucht werden.

1. Ist eine Einführung von reinen Batteriefahrzeugen im Jahr 2020 gesamtwirtschaftlich sinnvoll?
2. Kann das Ziel von 1 Millionen Elektrofahrzeuge ausschließlich mit reinen Batteriefahrzeugen erreicht werden?

¹ Vgl. BMU (2009a) S. 17

² Vgl. scinexx (2010)

³ Vgl. BMWi Pressemitteilung (2008)

⁴ Vgl. BMU Pressemitteilung (2010)

Zu Beginn der Arbeit wird in Kapitel 2 eine kurze Einführung in das Thema Elektromobilität gegeben. Dabei wird die Sicht der wichtigsten Akteure, die an einer erfolgreichen Einführung beteiligt sind, dargestellt. Anschließend wird eine Übersicht über den aktuellen Stand der Technik gegeben. Dabei werden zum einen die unterschiedlichen Fahrzeugkonzepte, die sich je nach Grad der Elektrifizierung ergeben, verglichen und zum anderen die aktuelle und zukünftige Entwicklung der elektrischen Energiespeicher genauer erläutert. Im Anschluss an die Einführung in die Elektromobilität erfolgt in Kapitel 3 die ökonomische Bewertung von reinen Batteriefahrzeugen im Jahr 2020. Im ersten Teil der wirtschaftlichen Analyse sollen die Ziele der Bundesregierung aus gesamtwirtschaftlicher Sicht beurteilt werden. Im zweiten Teil wird die Wirtschaftlichkeit von reinen Batteriefahrzeugen aus Sicht des Endnutzers analysiert. Auf Grundlage der einzelwirtschaftlichen Analyse wird das theoretische Marktpotenzial bestimmt. Kapitel 4 schließt mit einer Bewertung und einem kurzem Ausblick.

2 Einführung in die Elektromobilität

2.1 Die Stakeholder und ihre Ziele

Eine erfolgreiche Entwicklung der Elektromobilität ist von unterschiedlichen Akteuren abhängig. Dabei verfolgt jeder seine eigenen Interessen und Ziele. In dem folgenden Kapitel werden die einzelnen Stakeholder, die an der Elektromobilität beteiligt sind, erläutert.

2.1.1 Elektromobilität aus Sicht der Politik

Das Thema Elektromobilität galt zwar bereits im Kontext des *Integrierten Energie- und Klimaprogramms* (IEKP), der *Kraftstoffstrategie* und der *Hightech-Strategie* der Bundesregierung (HTS) als wichtiger Bestandteil um die Abhängigkeit von Erdöl als Energieträger schneller reduzieren zu können, jedoch gab es darin keinen ganzheitlichen Ansatz für eine erfolgreiche Entwicklung und Einführung der Elektromobilität in Deutschland. Daher hat die Bundesregierung am 19. August 2009 den Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität etabliert.⁵

Ziel ist es, die Forschung und Entwicklung, die Marktvorbereitung und die Markteinführung von elektrischen Fahrzeugen in Deutschland voranzubringen. Dabei soll die Entwicklung des Marktes bis 2020 in drei Phasen erfolgen⁶:

Abbildung 1: Phasen des Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität



Quelle: BMU Pressemitteilung (2009), eigene Darstellung

Bis 2020 sollen 1 Millionen Elektrofahrzeuge auf dem deutschen Markt sein. Durch die Einführung der Elektromobilität soll eine neue Mobilitätskultur entstehen und die Strategie „weg vom Öl“ weiter fortgesetzt werden. Im Jahr 2030 sollen es über 5 Millionen Fahrzeuge sein. Bis 2050 soll der Verkehr in den Städten überwiegend ohne fossile Brennstoffe fahren.

⁵ Vgl. BMU Pressemitteilung (2009)

⁶ ebenda