

Neue Batterietechnologien für batterieelektrische Fahrzeuge

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: Dräger

■■■■■■■■■■

■■■■■■■■■■

Vorname: Maurice

■

■■■■■■■■■■

Prüfer: Prof. Dr. M. H. Breitner

Hannover, den 01.09.2016

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung und Motivation	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit	2
2 Grundlagen Batterietechnologie	3
2.1 Aufbau und Funktion	3
2.2 Batteriesystem.....	3
2.3 Batterietypen	6
2.3.1 Blei-Säure	7
2.3.2 Nickel-Cadmium.....	8
2.3.3 Nickel-Metallhydrid.....	9
2.3.4 Natrium-Nickel-Chlorid	10
2.3.5 Lithium-Ionen	10
2.3.6 Zusammenfassung.....	15
2.4 Entwicklungsrichtung bei Lithium-Systemen	16
2.4.1 5-V-Zellen	18
2.4.2 Lithium-Metall.....	19
2.4.3 Lithium-Schwefel.....	21
2.4.4 Lithium-Luft	24
3 Batterieanforderungen	26
3.1 Kapazität	26
3.2 Energiedichte und Leistungsdichte.....	27
3.3 Lebensdauer	28
3.4 Sicherheit	29
3.5 Kosten	30
3.6 Laden	33

3.7 Ausprägungsformen der Kriterien.....	37
4 Datenerhebung und Vergleich.....	39
4.1 Lithiumbasierte Batterien.....	42
4.2 Zukünftige Batterietechnologien	48
5 Diskussion	51
6 Limitation der Arbeit.....	54
7 Fazit	56
Literaturverzeichnis	57

1 Einleitung

1.1 Problemstellung und Motivation

Die Elektromobilität hat in den letzten Jahren wieder deutlich an Bedeutung gewonnen und ist häufiger in den Mittelpunkt öffentlicher Diskussionen getreten. Durch die stete Zunahme von CO₂ in der Atmosphäre wird der globale Klimawandel weiter vorangetrieben, weshalb die nationale und weltweite umweltpolitische Diskussion verstärkt um das Thema Energiewende kreist. Erweiterte Abgasvorschriften, der endliche Erdölverbrauch und der stetig steigende Verbrauch von Mineralöl forcieren eine umweltfreundliche und praktikable Antwort auf die Frage nach alternativen Antriebsmöglichkeiten. (Ihme et al. 2013, S. 406) Erdgas stellt keine angemessene Alternative dar, da mit keinem Reduktions-potenzial der CO₂-Bilanz zu rechnen ist. Vielversprechend erweisen sich in dieser Hinsicht Brennstoffzellenfahrzeuge oder Elektrofahrzeuge. Die Idee von Elektrofahrzeugen existierte schon zu Pionierzeiten des Automobil- und Fahrzeugbaus, konnte sich jedoch nicht gegen den Verbrennungsmotor durchsetzen. (Hanselka und Jöckel 2010, S. 23) Heute sind sie zurück in den Mittelpunkt des Interesses gerückt, weil sie großes Potential zur energieeffizienteren und umweltschonenderen Mobilität bergen. Beispielsweise emittieren rein batterieelektrische Fahrzeuge bei der Fortbewegung keinerlei CO₂. Konstruktion und Betrieb dieser Elektrofahrzeuge stellen die Automobilindustrie jedoch noch vor technische und ökonomisch-wirtschaftliche Herausforderungen, die es zu überwinden gilt. (Thomes et al. 2013, S. 15–16) Die Produktion von Elektroautos in Deutschland hat in den letzten Jahren eine enorme Entwicklung gemacht. Allein in den letzten 5 Jahren ist der Bestand von 2.307 Elektroautos um mehr als das Zehnfache auf 25.502 angestiegen¹. (KBA) Als Ziel für 2020 hat die Bundesregierung eine Anzahl von einer Millionen Fahrzeugen, 2030 sogar über fünf Millionen Fahrzeugen, ausgegeben. 2050 soll der Verkehr in den Städten ohne fossilen Brennstoff auskommen. Bis dahin besteht noch viel Forschungs- und Handlungsbedarf, jedoch verdeutlicht diese Faktenlage die zunehmende Bedeutung der Elektromobilität. (Ihme et al. 2013, S. 406) Im Versuch diesen Ansprüchen gerecht zu werden, wird der Batterietechnologie eine Schlüsselfunktion zugesprochen. Sie speichert die Energie und definiert maßgeblich die Parameter Reichweite und Kosten, sowie Sicherheit und Zuverlässigkeit. Im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor entstehen durch die Batterie in Kleinfahrzeugen Mehrkosten von 7.500€. Zudem ist ihre Reichweite unzureichend, die Länge der Lebensdauer ist ausbaufähig und die nötige Ladeinfrastruktur ist noch nicht vorhanden. Der Durchbruch von batterieelektrischen

¹ Die Zahlen umfassen keine Spezifizierung zwischen Hybrid- oder batterieelektrischen Fahrzeugen

Fahrzeugen ist damit stark abhängig von den zukünftigen Entwicklungen der Batterietechnologien. (Thomes et al. 2013, S. 20–21)

1.2 Zielsetzung der Arbeit

In dieser Arbeit werden ausschließlich Batterietechnologien für batterieelektrische Fahrzeuge untersucht. Dabei soll der Status Quo aufgezeigt werden, und die Probleme spezifizieren. Ein Vergleich zu anderen alternativen Antriebsarten wird nicht vorgenommen. Der Fokus liegt anschließend darauf zu prüfen, ob die zukünftigen Technologien den Anforderungen gerecht werden und welches System das größte Potenzial in Aussicht stellt. Dazu werden ausgewählte Kriterien zur Bewertung der Batterieanforderungen herangezogen.

7 Fazit

In dieser Arbeit wurden die Potenziale verschiedener Batterietechnologien anhand von ausgewählten Batterieanforderungen ermittelt. Der Vergleich der Technologien umfasst heutige Lithium-Ionen-Systeme, sowie zukünftige Entwicklungen auf Lithiumbasis.

Am Anfang wurden die unterschiedlichen elektrochemischen Energiespeicher vorgestellt. Das Hauptaugenmerk lag dabei auf der Beschreibung der verschiedenen Arten der Energieeinspeicherung und den resultierenden Zelleigenschaften. Dabei hat sich die Lithium-Ionen-Technologie als vielversprechendes und das potenzialreichste System erwiesen. Im weiteren Verlauf der Arbeit wurden zukünftige Technologien präsentiert, um die Entwicklungsrichtung aufzuzeigen. Diese geht von den Lithium-Ionen- über zu Lithium-Metall-Batterien. Schwerwiegende Probleme, wie die Dendritenbildung, verhindern aber einen vorzeitigen Durchbruch für batterieelektrische Fahrzeuge in der Elektromobilität. Daraufhin wurden die wichtigsten Anforderungen an die Batterie herausgearbeitet um eine Bewertung möglicher Potenziale zu ermöglichen. Grundlegend entscheidend für hohe Reichweiten sind hohe Speicherkapazitäten, respektive hohe Energiedichten der Batterie. Zudem nehmen Stabilität und Sicherheit in der Bewertung ein immer größeres Gewicht ein. Aus diesem Grund steigt die Relevanz der sicheren konventionellen Technologien LFP und LTO. Die erzielbaren Reichweiten schaffen dabei aber keine Voraussetzung für lange Strecken. Denkbar gestaltet sich eine langfristige Etablierung für Elektroautos im Stadtverkehr. Für die Zukunft bieten Lithium-Schwefel und Lithium-Luft das größte Potenzial. Die praktisch erreichbaren Energiedichten liegen im Rahmen der Erwartungen und können ebend für einen Durchbruch sein. Die mangelnde Sicherheit und Zyklisierbarkeit stellt diese Systeme aber noch vor große Herausforderungen. Neue Elektrolyten in fester Form können die Ausbildung von Dendriten verringern und auch den Shuttle-Mechanismus in der Lithium-Schwefel-Zelle unterbinden. Wenn dabei der Verlust an Energiedichte minimiert werden kann, kann dieser Schritt ein großer in Richtung bessere Sicherheiten und stabileren Zyklusfestigkeit sein. Die zukünftig höheren Energiedichten implizieren gleichermaßen eine Kostenreduktion, doch fraglich bleibt es weiterhin, ob die Ladezeiten der zukünftigen Technologien eine Zeit von zehn Minuten unterschreiten können.

Aktuell erfüllt keine Batterietechnologie die Anforderungen, um batterieelektrischen Fahrzeugen den Durchbruch in der Elektromobilität zu verschaffen. Die weiteren Forschungen werden erst zeigen, ob sich das Potenzial der Li-S und Li-Luft Technologien in der Zukunft bestätigt.