

Untersuchung zum dynamischen Verhalten von Batteriesystemen

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: Müller

Vorname: Inga Maria



Prüfer: Prof. Dr. Michael H. Breitner

Ort, den* München, 24. Juni 2014

*(Datum der Beendigung der Arbeit)

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
Symbolverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Stand der Technik	2
1.3 Aufgabenstellung und Zielsetzung	2
1.4 Aufbau der Arbeit	3
2 Grundlagen	4
2.1 Technische und fahrzeugspezifische Grundlagen	4
2.1.1 Verbraucher im Fahrzeug	4
2.1.1.1 Einteilung und Funktionszustände der Verbraucher	4
2.1.1.2 Fahrdynamische Verbraucher	6
2.1.1.3 Fahrmanöver und Überlagerungsströme von fahrdynamischen Verbrauchern	6
2.1.2 Generator im Fahrzeug	7
2.1.3 Akkumulatoren und Batterien	8
2.1.3.1 Aufbau und Funktionsweise von Batterien	8
2.1.3.2 Kenn- und Zustandsgrößen von Batterien	9
2.1.3.3 Batterieausführungen	11
2.1.4 Energiebordnetz des Fahrzeuges	12
2.1.4.1 Bedeutung der Batterie für die Energiebordnetzstabilität im Fahrzeug	12
2.1.4.2 Ausführungsvarianten von Energiebordnetzen	13

2.2	Grundlagen der Versuchsmethodik	14
2.2.1	Grundbegriffe	14
2.2.2	Schritte der Versuchsplanung	16
2.2.3	Vergleich unterschiedlicher Versuchspläne	18
2.2.4	Auswertung und Beurteilung	20
2.2.4.1	Bewertungsgrößen der Koeffizienten	21
2.2.4.2	Bewertungsgrößen für das Modell	22
3	Versuchsplanung zur Untersuchung des Zwei-Batteriesystems	26
3.1	Statistische Versuchsplanung	26
3.2	Versuchsaufbau	28
3.3	Versuchsdurchführung	29
4	Auswertung und Diskussion	30
4.1	Modellierung der Batteriesysteme	30
4.1.1	Modell des Ein-Batteriesystems	31
4.1.2	Modell des Zwei-Batteriesystems	32
4.1.3	Auswertung des zeitlichen Einflusses	33
4.2	Modelleinschränkungen	33
4.3	Vergleich der Batteriesysteme	33
4.4	Auslegung des Zwei-Batteriesystems	33
5	Zusammenfassung und Ausblick	34
	Literaturverzeichnis	35
	Anhang	38
A.1	Beispielhafte Versuchspläne	38
	Ehrenwörtliche Erklärung	40

1 Einleitung

Der erste Abschnitt der Einleitung 1.1 beschreibt den Hintergrund dieser Arbeit. Daran anschließend erfolgt im Kapitel 1.2 ein kurzer Überblick über den Stand der Technik. In Kapitel 1.3 werden die Aufgabenstellung und die Ziele dieser Arbeit dargestellt. Der abschließende Teil der Einleitung 1.4 beschreibt den Aufbau der Arbeit.

1.1 Motivation

In den vergangenen Jahren hat der Anteil an elektronischen Funktionen in Fahrzeugen und somit die Bordelektronik stark zugenommen. Hohe Komfortansprüche führen z. B. zu einer elektronischen Ansteuerung von Komponenten, wie den Sitzen, der Außenspiegel und der Klimatisierungsanlage. Andere Systeme, wie die elektrisch unterstützte Lenkung oder das elektronische Stabilitätsprogramm, werden komplexer und führen zu höheren Stromanforderungen. [10] [19]

Die Leistungsfähigkeit des Generators reicht in vielen Betriebszuständen nicht aus, um den gestiegenen Strombedarf der Grundverbraucher zu decken. Die Batterie dient in diesen Fällen als zusätzlicher Stromversorger. Von größerer Bedeutung ist der Energiespeicher für die dynamischen Verbraucher. Aufgrund der Load-Response des Generators erhalten diese ihren Strom aus der Batterie. In Summe führt dies zu einer hohen Belastung des Energiespeichers. Die Folgen sind bei besonders hohen Batterielastströmen Spannungseinbrüche und somit Funktionseinschränkungen der Verbraucher im Fahrzeug. Die starke Zyklisierung verkürzt außerdem die Lebensdauer der Batterie. [8] [18] Da aus Kundensicht Funktionsstörungen nicht erwünscht sind und der Energiespeicher nicht als Verschleißteil wahrgenommen werden soll, muss die Batterie stetig an die wachsenden Ansprüche angepasst werden.

Mittlerweile sind die heute eingesetzten Speicher an ihrer Leistungsgrenze angekommen. Eine Möglichkeit, die Funktionsperformance der Verbraucher zu garantieren und die Lebensdauer der Batterie zu verlängern, stellt ein Zwei-Batteriesystem dar. [8]

1.2 Stand der Technik

In Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor werden zurzeit Bleiakkumulatoren verwendet. Je nach Automobilhersteller handelt es sich bei diesen um Nass-, Gel- oder Vlies-Batterien. [19] Die Lithium-Ionen-Batterien weisen aufgrund ihrer vielseitigen Zusammensetzungsmöglichkeiten ein hohes Forschungspotential auf. Die ersten Lithiumspeicher werden bereits in Elektrofahrzeugen, wie dem BMW i3 oder dem VW e-up, als Hochvoltspeicher verbaut. [2] [24] In Hybridfahrzeugen, wie z. B. dem Prius von Toyota, werden serienmäßig Nickel-Metallhydrid-Batterien verwendet. [19] [23]

Neben Ein-Batterie-Bordnetzen existieren Bordnetzstrukturen mit mehreren, in Reihe geschalteten Batterien. [8] In der Fachliteratur werden Bordnetze mit zwei parallel geschalteten Batterien, die durch ein Steuergerät getrennt bzw. zusammengeschaltet werden, theoretisch beschrieben. [19] Eine technische Umsetzung von Zwei-Batteriesystemen in Fahrzeugen ohne Steuergerät ist bisher noch nicht bekannt.

1.3 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Im Rahmen der Bachelorarbeit ist experimentell zu klären, wie sich das Zwei-Batteriesystem aus einer Batterie A und einer Batterie B im Hinblick auf die hochdynamischen Stromanforderungen der fahrdynamischen Komponenten verhält.

Durch die Herleitung eines mathematischen Modells, soll das System quantitativ beschrieben werden und Aussagen über die Einsatzmöglichkeit getroffen werden können. Die Ergebnisse sind in den Bezug zu dem heute eingesetzten Ein-Batteriesystem mit der Batterie C zu setzen.

Die Untersuchung des Zwei-Batteriesystems erfolgt am Prüfstand. Die dynamischen Strompulse werden aus einer Grenzkurve von Strommittelwerten abgeleitet. Die Parametrierung dieser Stromprofile und die Umwelt- und Bordnetzbedingungen sind zu variieren und sollen den gesamten Betriebsbereich des Batteriesystems abdecken. Der Versuchsaufbau leitet sich aus den realen Fahrzeugarchitekturen ab und soll diese möglichst genau abbilden. Voraussetzung für die Untersuchung ist die Erstellung von Versuchsplänen durch Anwendung der statistischen Versuchsplanung (Design of Experiment). Die Auswertung der Versuche soll mittels multipler Regression erfolgen. Ein wichtiger Aspekt ist die Bewertung der Güte des erzeugten Modells.

Die Untersuchung beschränkt sich auf die durch fahrdynamische Komponenten hervorgerufenen Spannungseinbrüche im Bordnetz und der Überprüfung ihrer Auswirkung hinsichtlich der Energiebordnetzstabilität.

1.4 Aufbau der Arbeit

Nach der allgemeinen Einführung in die Thematik im Kapitel 1 dieser Arbeit, erfolgt in dem Kapitel 2 die Darstellung der Grundlagen. Der Grundlagenteil ist in zwei Bereiche unterteilt: In dem Abschnitt 2.1 wird auf den technischen Hintergrund eingegangen. Im nachfolgenden Unterkapitel 2.2 erfolgt die Beschreibung der statistischen Versuchsplanung. Das Kapitel 3 beinhaltet die Versuchsvorbereitung. Sie umfasst die statistische Versuchsplanung, den Versuchsaufbau und die Durchführung der Untersuchung. Die Ergebnisse werden in dem Kapitel 4 dargestellt. In diesem Zusammenhang wird auch auf die Begrenzung der Modelle eingegangen. Den Abschluss dieser Arbeit bilden die Zusammenfassung der Ergebnisse und der Ausblick in Kapitel 5.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Untersuchung zeigt, dass ein Zwei-Batteriesystem, bestehend aus einer Batterie A und einer Batterie B, einer Batterie C bei abgeschaltetem Generator um mindestens 800 mV überlegen ist. Unabhängig von den Einflussfaktoren F_1 , F_2 und F_3 kann das Energiebordnetzstabilitäts-Kriterium von 9 V an der Komponente in typischen Betriebszuständen garantiert werden. Ein signifikanter Zeiteinfluss einer konstanten Strombelastung von bis zu z ms ist in beiden Batterie-Modellen nicht vorhanden.

Die Modelle sind trotz sehr guter Güterwerte nur eingeschränkt aussagefähig. Dies hat die genaue Betrachtung der „Ausreißerversuche“ und der Vergleich der Batteriesysteme in einem bestimmten Betriebspunkt gezeigt. Die Ursache ist auf die geringe Versuchszahl, die Korrelation zwischen zwei Einflussfaktoren und ggf. auf eine nicht berücksichtigte lineare Abhängigkeit eines Faktors zurückzuführen. Um die Modelle zu verbessern, sind daher Zusatzversuche notwendig, die die fehlenden Versuchspunkte abdecken. Neben den Zusatzversuchen ist eine Verifikation des Zwei-Batteriesystems im Fahrzeug bei realen Bedingungen notwendig, um eine endgültige Aussage über einen möglichen Einsatz treffen zu können.

Der Einsatz eines Zwei-Batterie-Systems ist theoretisch in jedem Fahrzeug möglich. Besonders sinnvoll ist die Umsetzung in Derivaten mit hoher elektronischer Ausstattung, da in diesen die eingesetzten Batterien bereits an ihrer Belastungsgrenze angekommen sind. In Fahrzeugen mit einer geringen Ausstattung besteht zunächst die Möglichkeit, die Batterie durch einen größeren Energiespeicher zu ersetzen. Grundsätzlich sind bei der Umsetzung folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Es müssen die Sicherheits- und Fahrdynamikanforderungen berücksichtigt werden.
- Das Zwei-Batteriesystem ist teurer als eine heute eingesetzte Batterie. [8]
- Zusätzlich kommen Kosten aufgrund des Integrationsaufwands hinzu.