

# 1 Einleitung

In dem vorliegenden einleitenden Kapitel wird zunächst die Motivation für die gewählte Thematik erläutert (vgl. Kapitel 1.1) und ausgehend hiervon die Zielsetzung der Arbeit dargestellt (vgl. Kapitel 1.2). In der Forschungskonzeption wird das hierzu gewählte forschungsmethodologische Vorgehen begründet (vgl. Kapitel 1.3). Nach Formulierung der dieser Arbeit zugrunde liegenden Forschungsfragen (vgl. Kapitel 1.4) wird schließlich der Aufbau der Arbeit beschrieben (vgl. Kapitel 1.5).

## 1.1 Motivation

Die Elektrifizierung des Antriebsstrangs stellt eine bedeutende aktuelle Entwicklung in der Automobilindustrie dar. Dieser Entwicklung liegen Ursachen wie bspw. der Klimawandel, die Ressourcenknappheit, Regulierungen und ein zunehmendes Umweltbewusstsein in der Bevölkerung zugrunde. Hierdurch wird es zu grundlegenden Veränderungen der Fahrzeugstruktur, der eingesetzten Komponenten und der entsprechenden Produktionstechnik kommen.<sup>1</sup> Die Lithium-Ionen-Batterie ist eine zentrale Komponente des elektrischen Antriebsstrangs, da sie die Akzeptanzhürden der Reichweite, Lade- und Lebensdauer beeinflusst und maßgeblich für die Kosten eines Elektrofahrzeugs verantwortlich ist.<sup>2</sup> Das Batteriepack, das im Fahrzeug verbaut wird, setzt sich i.d.R. aus mehreren Batteriemodulen zusammen, die wiederum eine Integration mehrerer Batteriezellen darstellen.<sup>3</sup> Batteriezellen dienen als Energiespeicher für Produkte der Unterhaltungselektronik, wie bspw. Mobiltelefone und Notebooks, und werden in Stückzahlen von mehreren Milliarden überwiegend in Asien produziert.<sup>4</sup> Aufgrund der in Asien bestehenden Produktionskapazitäten und der entsprechenden Kompetenzen, die über mehrere Jahre aufgebaut wurden, werden zurzeit auch Batteriezellen für die Anwendung in Elektrofahrzeugen aus Asien bezogen, um von lokalen Automobilherstellern oder Automobilzulieferern weiter zu Batteriemodulen verarbeitet zu werden.<sup>5</sup> Für Batteriemodule liegt aktuell eine „Low Mix/Low Volume“-Ausgangssituation vor, welche in naher Zukunft in eine „High Mix/Low Volume“-Situation übergehen wird. Zum einen wird es eine Vielzahl an verschiedenen Fahrzeugmodellen mit vollelektrischen bzw. hybriden Antriebssträngen geben. Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen bspw. hinsichtlich Reichweite und Leistung sowie vorgegebenen Rahmenbedingungen, wie bspw. den Bauraumgegebenheiten, ergibt sich hierdurch auch eine hohe Variantenvielfalt an Batteriemodulen.<sup>6</sup> Zum anderen sind die Verkaufszahlen dieser Fahrzeugmodelle als gering zu charakterisieren. Sie stellen lediglich einen geringen Anteil an den insgesamt weltweit jährlich verkauften Fahrzeugen dar.<sup>7</sup> Die hohe Variantenvielfalt bei gleichzeitig geringen Stückzahlen trägt zu höheren Kosten in Produkt und Produktion bei.<sup>8</sup> Um die Marktfähigkeit der Elektromobilität zu gewährleisten, müssen die Kosten der Batterie als Hauptkostenfaktor

---

<sup>1</sup> Vgl. Herrmann, Rothfuss (2015) – Introduction, S. 3 und Kampker et al. (2013) – Elektromobilität, S. 1

<sup>2</sup> Vgl. Heimes (2014) – Auswahl von Fertigungsressourcen in der Batterieproduktion, S. 2 und Link et al. (2015) – Battery Technology for Electric Vehicles, S. 37

<sup>3</sup> Vgl. Ausführungen in Kapitel 2.1.2

<sup>4</sup> Vgl. Sun et al. (2015) – Recycling lithium batteries, S. 503

<sup>5</sup> Vgl. Roland Berger (2011) – The Li-Ion Battery Value Chain, S. 6 ff. und ATKearney (2012) – Batteriemarkt für Elektrofahrzeuge, S. 4

<sup>6</sup> Vgl. Ergebnisse der durchgeführten Studie in Kapitel 2.3.3

<sup>7</sup> Vgl. Bernhard et al. (2017) – Index Elektromobilität, S. 13

<sup>8</sup> Vgl. Kampker et al. (2013) – Assessment and configuration of a product production system, S. 1 ff.

gesenkt werden. Die variantenrobuste Gestaltung des Systems bestehend aus der Produktarchitektur und dem Produktionsprozess (ferner als Produkt-Produktionssystem<sup>9</sup> bezeichnet) des Batteriemoduls würde hierzu einen wertvollen Beitrag leisten.

## 1.2 Zielsetzung der Arbeit

Ausgehend von der im vorherigen Unterkapitel erläuterten Motivation ergibt sich die übergeordnete Zielsetzung der vorliegenden Arbeit, einen Beitrag zur Gestaltung variantenrobuster Produkt-Produktionssysteme für Batteriemodule zu leisten, indem eine entsprechende unterstützende methodische Vorgehensweise entwickelt wird. Vor dem Hintergrund der oben beschriebenen „High Mix/Low Volume“-Situation von Batteriemodulen sollen dadurch die Kosten von Batteriemodulen gesenkt werden.

Die Vielfalt an funktionalen Anforderungen wird über die Ausprägungen gewisser physischer Produktmerkmale adressiert.<sup>10</sup> Die genaue Wirkung der hierzu zur Verfügung stehenden physischen Produktmerkmale auf die Erfüllung dieser Vorgaben wird im Detail untersucht. Des Weiteren werden die mit der Variation dieser physischen Produktmerkmalsausprägungen verbundenen Kostenwirkungen im Produkt und Produktionsprozess bestimmt.<sup>11</sup> Sowohl bei der funktionalen als auch bei der kostenseitigen Analyse werden die Wirkungen innerhalb eines Produktmoduls fokussiert (intramodulare Wirkungen). Um die variantenbedingten Kosten zu senken, sind generische produkt- und produktionsprozessbezogene Gestaltungsansätze aufzuzeigen, deren Anwendung auf den spezifischen Fall des Batteriemoduls zu spezifischen Gestaltungsmaßnahmen führt. Die Entscheidung über die Nutzung zur Verfügung stehender physischer Produktmerkmale zur Adressierung der funktionalen Anforderungen bzw. über die Standardisierung dieser zu Plattformerkmalen<sup>12</sup> und die Entscheidung über die Umsetzung der identifizierten Gestaltungsmaßnahmen zur Reduzierung der variantenbedingten Kosten stellen Handlungsoptionen im Rahmen der Gestaltung des Produkt-Produktionssystems dar. Unter Berücksichtigung der technischen Kompatibilitäten der Handlungsoptionen werden sodann die vorteilhaften Handlungsoptionen zu dem angestrebten variantenrobusten Produkt-Produktionssystem konfiguriert. Die übergeordnete Zielsetzung der vorliegenden Arbeit lässt sich somit folgendermaßen formulieren:

*Die Zielsetzung dieser Arbeit liegt in der Gestaltung variantenrobuster Produkt-Produktionssysteme für Lithium-Ionen-Batteriemodule durch die gezielte Beeinflussung der intramodularen Wirkungen, die sich durch die Variation von Produktmerkmalsausprägungen auf die Funktionserfüllung und die Kosten ergeben.*

Diese übergeordnete Zielsetzung lässt sich in die folgenden vier Teilziele unterteilen:

- I. *Entwicklung eines Beschreibungsmodells zur Darstellung der grundlegenden Elemente der Produktarchitektur und des Produktionsprozesses sowie der Beziehungen zwischen diesen*
- II. *Entwicklung eines Erklärungsmodells zur systematischen Bewertung der Wirkungen der Variation von physischen Produktmerkmalsausprägungen auf die Funktionserfüllung sowie auf die Kosten in Produkt und Produktion*

<sup>9</sup> Vgl. Rudolf (2013) – Produktionsgerechte Baukastengestaltung, S. 3

<sup>10</sup> Vgl. Schuh et al. (2011) – Individualisierte Produktion, S. 105

<sup>11</sup> Durch Varianten hervorgerufene Kosten im Produkt-Produktionssystem werden nachfolgend als variantenbedingte Kosten bezeichnet.

<sup>12</sup> Vgl. Gao et al. (2009) – Module-scale-based product platform planning, S. 130 f.

- III. *Entwicklung eines Erklärungsmodells zur Darstellung generischer produkt- und produktionsprozessbezogener Gestaltungsansätze mit dem Ziel der Reduzierung von variantenbedingten Kosten*
- IV. *Entwicklung eines Entscheidungsmodells zur Bestimmung von zu variierenden physischen Produktmerkmalsausprägungen zur Variantenerzeugung bzw. zu standardisierenden Plattformmerkmalen und von umzusetzenden Gestaltungsmaßnahmen*

### 1.3 Forschungskonzeption

In diesem Kapitel findet eine Beschreibung des forschungsmethodologischen Prozesses statt, der der vorliegenden Arbeit zugrunde liegt. Ausgangspunkt des Forschungsprozesses ist eine Erkenntnisperspektive, von welcher ausgehend der Forschende einer methodologischen Vorgehensweise folgt, um Erkenntnisse zu gewinnen.<sup>13</sup> Eine Erkenntnisperspektive beinhaltet grundlegende Prinzipien, welche nicht weiter begründbar sind.<sup>14</sup> Die in dieser Arbeit eingenommene Erkenntnisperspektive erfolgt im Folgenden durch ihre Einordnung in die Wissenschaftssystematik nach ULRICH UND HILL.<sup>15</sup>

Nach ULRICH UND HILL wird die Wissenschaft in die beiden Teilgebiete der Formalwissenschaften und Realwissenschaften unterteilt. Zu den Formalwissenschaften zählen bspw. die Philosophie, die Logik oder die Mathematik. Ziel der Formalwissenschaften ist es, Zeichensysteme zu konstruieren und Regeln zur Verwendung dieser zu entwickeln. Im Gegensatz zu den Formalwissenschaften, die sich nicht auf existierende Objekte beziehen, sind die empirische Beschreibung, Erklärung und Gestaltung mit den Sinnen wahrnehmbarer Wirklichkeitsausschnitte Ziele der Realwissenschaften. Die Realwissenschaften gliedern sich weiter in „reine“ Grundlagenwissenschaften, wie die Naturwissenschaften, und „angewandte“ Handlungswissenschaften, wie die Sozialwissenschaften. In den reinen Grundlagenwissenschaften werden Erklärungsmodelle für Ausschnitte der Wirklichkeit entwickelt. Ziel der angewandten Handlungswissenschaften ist die Analyse menschlicher Handlungsalternativen. Eine Übersicht findet sich in Abbildung 1-1.

---

<sup>13</sup> Vgl. Binder, Kantowsky (1996) – Technologiepotentiale, S. 3

<sup>14</sup> Vgl. Guba, Lincoln (1994) – Competing paradigms in qualitative research, S. 107

<sup>15</sup> Vgl. Ulrich, Hill (1976) – Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, S. 305