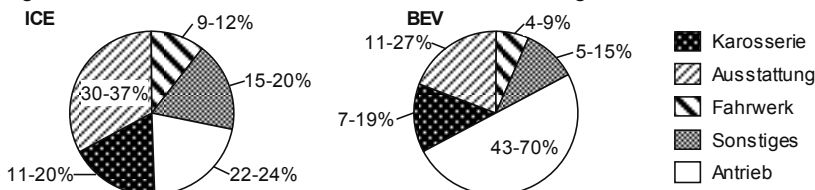


# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Bis zum Jahr 2030 ist mit einem Zuwachs des Anteils elektrifizierter Fahrzeuge am Gesamtfahrzeugmarkt zu rechnen. Der Anteil hybrider und elektrischer Fahrzeuge am Neufahrzeugmarkt wird auf 10 % bis 50 % geschätzt.<sup>1</sup> Diese Bandbreite resultiert aus einer Vielzahl an Einflussfaktoren. Einer der bedeutendsten sind die Kosten<sup>2</sup>. GREINER ET AL. zufolge beträgt der durchschnittliche Aufpreis, den der Kunde bereit ist, für ein Elektrofahrzeug zu tragen, ca. 10 %. Im Verlauf der letzten Jahre ist der durchschnittliche Aufpreis von 100 % im Jahr 2010 auf 45 % im Jahr 2016 gesunken.<sup>3</sup> Die vorliegende Arbeit fokussiert den elektrischen Antrieb, da dieser bei batterieelektrischen Fahrzeugen (Battery Electric Vehicle, BEV) mit 43 % bis 70 % den größten Kostenanteil darstellt. Im Vergleich zu konventionell angetriebenen Fahrzeugen (Internal Combustion Engine, ICE) ist dieser Anteil mehr als doppelt so hoch (siehe Abbildung 1-1). Mit ca. 85 % entfällt der größte Anteil an den Antriebskosten auf die Komponenten<sup>4</sup> Elektromotor und Hochvolt-speicher.<sup>5</sup> Es gilt Mehrkosten dieser Komponenten gegenüber einem Verbrennungsmotor in Höhe von 5.000 € für Mittelklassefahrzeuge zu reduzieren<sup>6</sup>.



**Abbildung 1-1: Vergleich der Kostenstrukturen zwischen ICE und BEV<sup>7</sup>**

<sup>1</sup> Vgl. Mohr, D./Kaas, H.-W. et al. (Automobilwirtschaft 2030), 2016, S. 12.

<sup>2</sup> Vgl. Weigelt, M./Mayr, A. et al. (Mobilitätswende in Deutschland), 2018, S. 59.

<sup>3</sup> Vgl. Greiner, O./Kostron, A. et al. (Elektromobilität in Deutschland), 2017, S. 14.

<sup>4</sup> Weitere Komponenten: Inverter, Vehicle Control Unit, Getriebe, Ladegerät, Kühlung.

<sup>5</sup> Vgl. Thomes, P./Kampker, A. et al. (Elektromobilität), 2013, S. 47.

<sup>6</sup> Vgl. Lienkamp, M. (Status Elektromobilität 2016), 2016, S. 27.

<sup>7</sup> Darstellung in Anlehnung an Thomes, P./Kampker, A. et al. (Elektromobilität), 2013, S. 47.

Dem Erfordernis der Kostenreduktion wird in der industriellen Praxis durch den Einsatz der Integrierten Produkt- und Prozessentwicklung begegnet. Diese ermöglicht eine Reduktion von Entwicklungszeit und -kosten<sup>8</sup>. Allerdings können die entwickelten Konzepte den gestellten Erwartungen hinsichtlich einer effektiven Kostenbeeinflussung in der frühen Phase nur zum Teil gerecht werden<sup>9</sup>. Ein Grund hierfür ist in der Definition von Anforderungen an das Produkt und das Produktionssystem aus den Anforderungen des Kunden zu finden<sup>10</sup>.

In Entwicklungsprojekten für neue Produkte werden Anforderungen zu Beginn des Entwicklungsprozesses festgelegt und während des weiteren Verlaufs erweitert. Häufig werden dazu Anforderungen aus einem Vorgängerprodukt übernommen, da in dieser Phase oftmals noch kein Kundenfeedback in Form von Hardware möglich ist.<sup>11</sup> So werden für den elektrischen Antrieb zahlreiche Anforderungen aus dem Bereich der konventionellen Antriebe übernommen. Diese Anforderungen wurden dabei über Produktgenerationen hinweg hinsichtlich der Auswirkungen im Produktionssystem angepasst. Anforderungen hoher Kundenrelevanz konnten effizient umgesetzt und jene mit geringer Kundenrelevanz und hohem Aufwand minimiert werden. Da der elektrische Antrieb sowohl in Bezug auf das Produkt- als auch das Prozesskonzept vom konventionellen Antrieb abweicht, ist diese erfolgte Abstimmung von Produkt und Prozess nicht übertragbar.<sup>12</sup>

Als Konsequenz ist zu beobachten, dass eine Vielzahl von Anforderungen an Produkt und Prozess gestellt werden, die zu Einschränkungen hinsichtlich der optimalen Lösungsalternative führen, was Auswirkungen auf die Zielgrößen Kosten, Flexibilität und Qualität hat<sup>13</sup>. Eine Adaption von Anforderungen kann somit Verbesserungspotenzial im Prozess aufweisen. Dieses Potenzial wird in der industriellen Praxis häufig nicht realisiert, da

- keine Transparenz über die Auswirkung einer Adaption von Anforderungen vorhanden ist und das Potenzial einer Adaption nicht gemessen werden kann<sup>13</sup>.
- die Entscheidungsgrundlage für die aktive Gestaltung von Anforderungen fehlt. Es ist keine Systematik vorhanden, anhand derer über eine Reduktion von Anforderungen entschieden werden kann.<sup>14</sup>

---

<sup>8</sup> Vgl. Prasad, B. (Concurrent Engineering), 1996, S. 22.

<sup>9</sup> Vgl. Gerpott, T. J./Winzer, P. (Simultaneous Engineering), 2000, S. 255ff. Für eine Zusammenfassung der Defizite der Integrierten Produkt- und Prozessentwicklung vgl. Abschnitt 2.2.3.

<sup>10</sup> Vgl. Meis, J.-F. (Produktionsseitiges Anforderungsmanagement), 2017, S. 27-49.

<sup>11</sup> Kampker, A./Gerdes, J. et al. (Erfolgsfaktoren der Elektromobilität), 2017, S. 116-127.

<sup>12</sup> Vgl. Abschnitt 2.4.

<sup>13</sup> Vgl. Abschnitt 2.5.

<sup>14</sup> Vgl. Abschnitt 3.7.

## 1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Zielsetzung dieser Arbeit ist die Gestaltung von Produkthanforderungen aus Sicht der Produktion. Dies ist anhand der Angabe von Handlungsempfehlungen auf Basis der Auswirkungen von Anforderungsänderungen sowie der Sensitivität hinsichtlich einer Priorisierung der Bewertungskriterien zu realisieren. Diese Vorgehensweise soll es produzierenden Unternehmen ermöglichen, Anforderungen mit geringem Kundennutzen und hohem Aufwand im Produktionssystem gezielt zu reduzieren sowie Anforderungen mit hohem Kundennutzen effizient zu realisieren. Auf quantitativer Basis ist die Adaption von Anforderungen zur Realisierung von Potenzial in den Dimensionen Kosten, Qualität und Flexibilität zu ermöglichen. Die Arbeit teilt sich in folgende Schritte auf:

### 1. Darlegung des Stands der Technik in der industriellen Praxis (Kapitel 2)

Es erfolgt die Beschreibung

- der frühen Phase der Produktentwicklung sowie deren Charakteristika.
- der integrierten Produkt- und Prozessentwicklung inkl. der Grundprinzipien, Gestaltungsfelder und Defizite.
- des Anforderungsmanagements sowie dessen Tätigkeiten. Des Weiteren werden Arten und Eigenschaften von Anforderungen erfasst.

Anhand einer umfassenden quantitativen Studie wird die Problemstellung detailliert und inhaltliche sowie formale Anforderungen an eine Lösung abgeleitet. Dabei werden folgende Defizite identifiziert:

- Lösungsalternativen für Produkt und Prozess sind im elektrischen Antrieb nicht etabliert.
- Bewertungen von Anforderungen erfolgen qualitativ, Entscheidungen werden Top-Down getroffen.
- Auswirkungen der Variation von Anforderungen sind nicht messbar.
- Leistungsdaten von neuen Technologien unterliegen einer Unschärfe, die in der Bewertung von Anforderungen berücksichtigt werden muss.

### 2. Auf der Basis des Praxisproblems werden bestehende Ansätze zur Technologie- und Betriebsmittelplanung (Kapitel 3) analysiert. Diese beinhalten die Einzeltechnologieplanung, Technologiekettenplanung und Technologiekettenparameterplanung. Folgende Theoriedefizite werden identifiziert:

- Die Analyse einer großen Anzahl (mehr als 100) alternativer Produkt- und Prozessalternativen bei dynamischen Zielgrößen ist nicht wirtschaftlich realisierbar.
- Die Unschärfe bei der Bewertung ist nicht vollständig in den Planungsprozess integriert. Diese erfolgt in bestehenden Methoden nur für eine geringe