

1 Einleitung

HENRY FORD hat 1913 mit der Erfindung der Fließbandfertigung und der geringen Varianz des Model-T in Form einer Karosserie- und Lackierungsvariante¹ den Erfolg der automobilen Serienfertigung eingeläutet.

„Any customer can have a car painted any colour that he wants so long as it is black.“²

In der über 100-jährigen Automobilgeschichte hat der stetige Wandel zu einer Steigerung der Variantenvielfalt geführt³, die sich am Beispiel der BAYERISCHEN MOTOREN WERKE AG (BMW) von sechs Modellen in den 1970er-Jahren auf aktuell über 40 Modelle gesteigert hat⁴. Mitunter haben der Kundenwunsch nach Individualisierung⁵ und die durch Politik und aus Nachhaltigkeitsgründen geförderten alternativen Antriebskonzepte ebendiese Vielfalt hervorgerufen⁶. Alternative Antriebskonzepte im Zuge der Elektromobilität machten 2021 in Deutschland bereits 42,90 % der Pkw-Neuzulassungen aus^{7,8}. Zusätzlich wird die Markteintrittsbarriere gesenkt⁹, sodass neue Marktbegleiter wie bspw. Tesla den Wettbewerb weiter verschärfen¹⁰. Hinzukommt eine Verkürzung des Produktentstehungsprozesses (PEP)¹¹ bei ohnehin volatilen Absatzzahlen^{12,13}. Die OPEL Corsa-Produktion hat sich bspw. um 55 % auf 5 Jahre verkürzt bei gleichzeitigem Rückgang der Absatzzahlen um 61 % auf 1,2 Millionen Stück¹⁴, wodurch die Stückzahl pro Fahrzeug sinkt. Globale Krisen wirken sich besonders auf

¹ FORD ET AL., „My life and work“, 1923, S. 80 – 81.

² FORD ET AL., „My life and work“, 1923, S. 72.

³ BAUERNHANSL ET AL., „Entwicklung, Aufbau und Demonstration einer wandlungsfähigen ...“, 2020, S. 8.

⁴ LOHSE, „Numerische Schwingfestigkeitsanalyse von Widerstandspunktschweißungen“, 2018, S. 1.

⁵ BAUERNHANSL ET AL., „Entwicklung, Aufbau und Demonstration einer wandlungsfähigen ...“, 2020, S. 8.

⁶ KAMPKER ET AL., „Elektromobilität“, 2018, S. 15; 45.

⁷ STATISTA, „Elektromobilität in Deutschland – Fokus Pkw“, 2022, S. 19.

⁸ KRAFTFAHRT-BUNDESAMT PRESSESTELLE, „Neuzulassungen von Personenkraftwagen (Pkw) ...“, 2021, S. 1.

⁹ LESCHUS ET AL., „Berenberg Bank HWWI: Strategie 2030 – Vermögen und Leben ...“, 2009, S. 59.

¹⁰ GÄRTNER ET AL., „Fallstudien zur Digitalen Transformation“, 2018, S. 19.

¹¹ SPIECKERMANN ET AL., „Simulation-based Optimization in the Automotive Industry – A ...“, 2000, S. 276.

¹² KAAS ET AL., „Automotive revolution – perspective towards 2030“, 2016, S. 15 – 16.

¹³ CLAUSEN ET AL., „Die erfolgreiche Transformation der Automobilbranche“, 2022, S. 5 – 7.

¹⁴ HASSELBERG, „Neuer Opel Corsa: Die Erfolgsstory geht in den sechsten Akt“, 2019, S. 1.

die für Deutschland wichtige Automobilindustrie aus (23,0 % des Umsatz- und 14,5 % des Beschäftigtenanteils der Industriebetriebe (> 50 Mitarbeitenden) im Jahr 2020)¹⁵.

Der automobile Karosseriebau ist Kernkompetenz eines Original Equipment Manufacturers (OEM)¹⁶ und wird als unflexibelstes Gewerk¹⁷ besonders stark herausgefordert. Vorrichtungen, die u. a. Bauteile bis zum Abschluss der Fügeoperation in der gewünschten Lage halten, sind aufgrund ihrer bauteilspezifischen Bauweise typgebunden¹⁸ und tragen als variantenspezifische Investition mit ca. 29 % zu den Fertigungs-zellenkosten bei¹⁹. Eine Möglichkeit, die flexibilitätshemmenden Vorrichtungen zu reduzieren, dadurch Kosten zu senken und die Flexibilität zu steigern, ist die Integration von deren Funktionen in die zu fügenden Bauteile, indem bei der Bauteilherstellung bestimmte Geometriemerkmale eingebracht werden^{20,21}. Im Rahmen dieser Arbeit wird dieses alternative Vorrichtungskonzept als „bauteilintegrierte Vorrichtungsfunktion“ (biV) bezeichnet²². Aktuelle Forschungsarbeiten in diesem Themenfeld – mit teilweise anderen Bezeichnungen – zeigen zum einen, dass noch keine Serienanwendung umgesetzt wurde²³ und zum anderen, dass noch Forschungsbedarf in der produkt- und prozessseitigen Auslegung von biV ist²⁴.

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, ein Systemwissen für die produkt- und produktionsseitige Auslegung einer flexiblen Prozesskette für biV zu schaffen und daraus Methodiken wie auch Hilfsmittel für die Umsetzung im Karosseriebau abzuleiten. Die Untersuchungen erfolgen unter ganzheitlicher Berücksichtigung der in dieser Arbeit betrachteten Prozesskette zur Integration von Vorrichtungsfunktionen, des Laserstrahlschneidens zur Bauteilherstellung, dem Zusammensetzen einzelner Bauteile sowie dem Remote-Laserstrahlschweißen für das Fügen der Bauteile mit anschließender Synthese in einen Konstruktionskatalog und Konstruktionsmethodik. Die produktionsseitige Gestaltung erfolgt unter Berücksichtigung des geschaffenen Systemwissens von biV, einer Systematisierung in einem Produktionskatalog und der Einbettung in eine Methodik. Durch den seitherigen intuitiven Einsatz von biV könnten zukünftig bauteilspezifische Vorrichtungen reduziert werden, wodurch Potenziale zur Flexibilitätssteigerung und zur Kostenreduzierung gehoben werden können.

¹⁵ STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS), „Industrieproduktion im Jahr 2020 um mehr als 10 % ...“, 2022, S. 1.

¹⁶ KELLER ET AL., „Force-controlled Adjustment of Car Body Fixtures – Verification and ...“, 2016, S. 359.

¹⁷ MCKINSEY & COMPANY, „Tomorrow's Automotive Production“, 2006, S. 6.

¹⁸ MEICHNER, „Migrationskonzept für einen modell- und variantenflexiblen Automobil...“, 2007, S. 41.

¹⁹ HANSEN ET AL., „Approaches for flexibility in the future automobile body ...“, 2018, S. 998.

²⁰ KAMPER ET AL., „Vorrichtungloses Laserschweißen im Karosseriebau“, 2017, S. 77.

²¹ HANSEN ET AL., „Approaches for flexibility in the future automobile body ...“, 2018, S. 1000.

²² BERGWEILER, „Verfahren zum Verbinden von Blechteilen und Blechanordnung“, 2016, S. 1 – 2.

²³ SCHLATHER, „Methodische Auslegung bauteilintegrierter Spanntechnik ...“, 2020, S. 1 – 2.

²⁴ FIEDLER ET AL., „Towards a Method to Design Production Systems for ...“, 2021, S. 723 – 25.