

# 1 Einleitung

Zu Beginn der Dissertationsschrift wird die Motivation für das Forschungsvorhaben dargelegt (vgl. Kapitel 1.1), bevor die Beschreibung der Zielsetzung sowie die Formulierung der Haupt- und Teilforschungsfragen in Kapitel 1.2 folgen. In Kapitel 1.3 wird der forschungsmethodische Rahmen der Arbeit dargelegt. Abschließend wird der Aufbau der Arbeit in Kapitel 1.4 erläutert.

## 1.1 Motivation

Produzierende Unternehmen werden derzeit mit einer Vielzahl von Herausforderungen konfrontiert, die sich u.a. in zunehmender Volatilität der Märkte, einem erhöhten Kostendruck, verkürzten Produkt- und Technologielebenszyklen sowie in sich stark ändernden, heterogenen Kundenforderungen widerspiegeln.<sup>1</sup> Um als Hochtechnologie-land wettbewerbsfähig zu bleiben, braucht es systemische Innovationen und somit systemische Produkte.<sup>2</sup> Systemische Innovationen sind erfolgsversprechend, wenn sie kundenorientiert<sup>3</sup>, schnell<sup>4</sup> und kostenminimal<sup>5</sup> auf dem Markt platziert werden.<sup>6</sup> Schnell systemische Produkte zu entwickeln und zu industrialisieren, ist in Zeiten von Covid-19, instabilen politischen Lagen und der anhaltenden Klimakrise von immer stärker werdender Bedeutung geworden.<sup>7</sup> Gleichzeitig erfordern schnelle Innovationsprozesse ein Umdenken von der reinen Prozessverkürzung zu einer neuen Struktur der Produkt- und Produktionsprozessentwicklung (vgl. Kapitel 2.1.2) und somit für das Verständnis der Industrialisierung (vgl. Kapitel 2.2).<sup>8</sup> Bestehende Ansätze aus

---

<sup>1</sup> Vgl. Gräßler, I./Roesmann, D. et al. (2020) Traceable learning effects, S. 479; Riesener, M./Dölle, C. et al. (2020) Agile Transformation in produzierenden Unternehmen, S. 367; Nagel, K. (2021) Innovationen: Wie Sie eine Innovationskultur etablieren, S. 1.

<sup>2</sup> Vgl. Kirchhoff, J. (2022) Innovation statt Markteingriff.

<sup>3</sup> Vgl. macronomy (2020) Deutsche Marken müssen Kunden begeistern, S. 1.

<sup>4</sup> Hubik, F./Menzel, S. (2022) Neue Autos werden künftig schneller fertig.

<sup>5</sup> Vgl. Ehrlenspiel, K./Kiewert, A. et al. (2020) Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren, S. 1 - 2.

<sup>6</sup> Vgl. Schuh, G./Gartzen, T. et al. (2017) Enabling Agility in Product Development, S. 342.

<sup>7</sup> Vgl. Cooper, R. (2021) Accelerating innovation, S. 221.

<sup>8</sup> Mayer, H. (2020) Innovation Due To Covid, S. 1.

der integrierten Produkt- und Produktionsprozessentwicklung, wie das Simultaneous Engineering (vgl. Kapitel 2.2.1), zeigen teilweise Erfolge<sup>9</sup>, scheitern jedoch meist an einem zu hohen Aufwand und fehlender Integration in die Organisation.<sup>10</sup>

Die Geschwindigkeit, mit der sich derzeit Märkte, Branchen und auch Kunden verändert, war noch nie so hoch. Dies setzt für die Industrialisierung einen hohen Adaptionsgrad voraus, der mit dem Aufbrechen von Hierarchien, einem agilen Entwicklungskonzept und einer starken Innovationskultur einhergeht.<sup>11</sup> Vermehrt setzen Unternehmen auf agile Produktentwicklung (vgl. Kapitel 2.3.1), um die notwendige Kundenzentrierung und Kundenrückmeldungen durch Validierungsschleifen zu forcieren.<sup>12</sup> Die Softwareentwicklung hat in den vergangenen 50 Jahren gezeigt, welches Potenzial in der konsequenten agilen Produktentwicklung liegt. Heute nutzen 97 % der Softwareunternehmen agile Entwicklungskonzepte, wie DevOps, in denen Entwicklung und Validierung eng miteinander verbunden sind und so schneller und kundenzentrierter entwickelt wird.<sup>13</sup> In der Entwicklung physischer Produkte setzten 2020 nur 19 % der Unternehmen auf agile Methoden<sup>14</sup>, mit dem Ziel, die Entwicklungsgeschwindigkeiten und Unsicherheiten in Projekten zu reduzieren, sowie um die Kundenforderungen besser abzudecken.<sup>15</sup>

Der Übertrag agiler Methoden aus der Softwareentwicklung auf die Entwicklung systemischer Produkte ist mit zahlreichen Herausforderungen verbunden, die insbesondere mit den physischen Komponenten der Produkte und der Produktion einhergehen. Der relevante Grundgedanke, der von der Software- auf die physische Entwicklung adaptiert werden muss, ist die hochiterative, integrierte und hypothesenbasierte Entwicklung, entgegen der heutigen starren, auf vollständigen Informationen basierende Entwicklung.<sup>16</sup> Gesteigerte Entwicklungsgeschwindigkeiten, die heute durch den Einsatz der hochiterativen Produktentwicklung erzielt werden, wie z.B. die Reduktion der Entwicklungszeit von den üblichen sieben auf drei

---

<sup>9</sup> Vgl. Contexto GmbH (2021) Schnell am Markt durch Simultaneous Engineering.

<sup>10</sup> Vgl. Kampker, A./Burggräf, P. et al. (2014) Integrated Product and Process Development, S. 110; Stoffels, P./Vielhaber, M. (2016) Decision Support in Product and Production Development, S. 530.

<sup>11</sup> Vgl. Mayer, H. (2020) Innovation Due To Covid, S. 1.

<sup>12</sup> Vgl. Zwettler, M. (2022) Was ist eigentlich Produktentwicklung?, S. 10.

<sup>13</sup> Vgl. Hoda, R./Salleh, N. et al. (2018) The Rise and, S. 58.

<sup>14</sup> Vgl. Komus, A./Kulberg, M. (2020) Status Quo (Scaled) Agile, S. 16.

<sup>15</sup> Vgl. Komus, A./Kulberg, M. (2020) Status Quo (Scaled) Agile, S. 22.

<sup>16</sup> Vgl. Nicolai, A. (2020) Aufbruch in das Ungewisse, S. 51.

Jahre beim amerikanischen Automobilhersteller Tesla mit dem Model 3<sup>17</sup>, werden durch die anschließende sequenziell durchgeführte Produktionsprozessentwicklung nichtig gemacht.<sup>18</sup> Der Grund liegt in der von Beginn an fehlenden Industrialisierung hochiterativ entwickelter Produkte. Dies zeigt sich in der Produktion des Model 3, die Tesla vor erhebliche Probleme stellte. Elon Musk sprach in verschiedenen Interviews von einer „Produktionshölle“. Produktionsziele mussten 2018 um ein ganzes Quartal verschoben werden. Die Folge waren rote Zahlen in Höhe von 619 Millionen Dollar, was gleichbedeutend mit einem Minusrekord gewesen ist. Zudem fiel die Aktie von Tesla um 6 %. Gleichzeitig meldeten die deutschen Automobilkonzerne wie BMW, Daimler und Volkswagen, ihre Elektroinitiativen an, wodurch der Druck auf die Produktion Teslas weiter erhöht worden ist.<sup>19</sup> Demnach besteht die übergeordnete Forderung nach einer hochiterativen und integrierten Produkt- und Produktionsprozessentwicklung (HIP<sup>3</sup>E) zur erfolgreichen Entwicklung und Industrialisierung systemischer Produkte und somit hochiterativ entwickelter Produkte.<sup>20</sup>

Ein hochiteratives, hypothesenbasiertes und integriertes Vorgehen bildet den Grundstein für die Industrialisierung hochiterativ entwickelter systemischer Produkte, welche die Wettbewerbsfähigkeit von Hochtechnologieländern sicherstellt.<sup>21</sup> Mit bisherigen Ansätzen schaffen es Unternehmen bislang nicht, die Reduktion Time-to-Market durchzusetzen, da in sequentiellen Vorgehen nicht adäquat auf Veränderungen reagiert werden kann.<sup>22</sup> Neben dieser Reduktion sind gleichzeitig die Kundenzentrierung<sup>23</sup> und Kostenreduktion<sup>24</sup> gefordert, um die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten. Zumeist wird derzeit nur eine Dimension (Kunde, Zeit, Kosten) fokussiert, was dazu führt, dass Innovationen nicht erfolgreich auf dem Markt platziert werden, wie ca. 78 % aller Ideen.<sup>25</sup>

---

<sup>17</sup> Vgl. Terry Leary, G./Erin Schultz, S. (2021) Applying Agile Beyond, 264 f.

<sup>18</sup> Vgl. Steimer, C./Aurich, J. (2016) Analysis of Information Interdependencies, S. 460.

<sup>19</sup> Vgl. Jahn, T./Fasse, M. (2017) Elon Musk in der Produktionshölle, S. 1 ff.; Sigmund, T./Hubik, F. et al. (2018) Buhlen um die neue Tesla-Fabrik, S. 3.

<sup>20</sup> Vgl. Schuh, G./Guetzlaff, A. et al. (2021) Management Framework for the HIP<sup>3</sup>D, S. 750 f.

<sup>21</sup> Vgl. Gaubinger, K. (2021) Hybrides Innovationsmanagement für den Mittelstand in einer VUCA-Welt, S. 57.

<sup>22</sup> Vgl. Gaubinger, K. (2021) Hybrides Innovationsmanagement für den Mittelstand in einer VUCA-Welt, S. 57.

<sup>23</sup> Vgl. macronomy (2020) Deutsche Marken müssen Kunden begeistern, S. 1.

<sup>24</sup> Vgl. Ehrlenspiel, K./Kiewert, A. et al. (2020) Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren, S. 1 - 2.

<sup>25</sup> Vgl. Staufen (2016) Industrie-Monitor: Innovation 2016, S. 10.

Die Kundenzentrierung erfordert neben der Integration der sich stetig verändernden Kundenanforderungen bzgl. des systemischen Produktes durch hochiterative Entwicklungsvorgehen ebenso Produktionsprozesse, die flexibel, schnell und kostengünstig anpassbar sind.<sup>26</sup> Um solche Produktionsprozesse zu entwickeln, fehlt es häufig an belastbaren Informationen aus der Produktentwicklung bei einem gleichzeitig veralteten Verständnis von Vollständigkeit im Entwicklungsprozess (vgl. Kapitel 4.2).

Dem gleichzeitig bestehenden Kostendruck standzuhalten stellt Unternehmen insbesondere im Kontext der hochiterativen Entwicklung vor Herausforderungen, da ca. 70 % der späteren Produktkosten zu Beginn der Produktentwicklung festgelegt und gleichzeitig ca. 80 % der Kosten durch den Produktionsprozess und Einkauf verursacht werden.<sup>27</sup> Dies verdeutlicht, dass die Industrialisierung immer die Integration aus Produkt- und Produktionsprozessentwicklung darstellt und Kosten kontinuierlich analysiert und prognostiziert werden, um Kostenpotenziale zu identifizieren und umzusetzen. Eine hochiterative Vorgehensweise ermöglicht es zwar, den Fokus auf Kosten kontinuierlich zu halten, Unternehmen schaffen es aber zumeist nicht, unter hohen Unsicherheiten Kosten zu identifizieren.<sup>28</sup> Die Schwierigkeit besteht darin, bereits in Konzeptphasen, basierend auf wenigen Informationen, belastbare Kostenanalysen und -prognosen zu erstellen. Außerdem ist die Genauigkeit der Informationen vom Wissen der Mitarbeitenden in dem Entwicklungsprozess abhängig, die häufig in Silos arbeiten und somit das integrierte Wissen nicht bereitstellen.<sup>29</sup>

Mit dem Ziel, in Zeiten hoher Volatilität als Hochtechnologieland wettbewerbsfähig zu bleiben, stellt die Industrialisierung hochiterativ entwickelter Produkte ein großes Potenzial dar. Dafür ist von zentraler Relevanz, gleichzeitig die Kollaboration von Kundenzentriertheit, Entwicklungsgeschwindigkeit und Kosten zu fokussieren. Obwohl sich bereits diverse Publizierende mit Teilaspekten der Industrialisierung hochiterativ entwickelter Produkte beschäftigt haben, mangelt es an einer integrierten,

---

<sup>26</sup> Vgl. Dolgui, A./Petroodi, S. et al. (2019) Workforce planning and assignment in mixed-model assembly lines as a factor of line, S. 2746.

<sup>27</sup> Vgl. Ehrlenspiel, K./Meerkamm, H. (2017) Integrierte Produktentwicklung, S. 801; Verein Deutscher Ingenieure (2019) VDI 2221 Blatt 1, S. 47.

<sup>28</sup> Vgl. Osterhagen, F./Schoen, F. (2022) Agil durch die Lieferkrise, S. 16.

<sup>29</sup> Vgl. Bender, B./Gericke, K. (2021) Pahl/Beitz Konstruktionslehre, S. 967.

kollaborativen, aufwandsarmen und praxistauglichen Lösung.<sup>30</sup> An dieser Stelle setzt die vorliegende Arbeit an.

## 1.2 Zielsetzung der Arbeit

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist es, einen Beitrag zur markt- und kundengerechten Entwicklung von Produkten zu leisten. Der Fokus liegt dabei auf der hochiterativen, integrierten und kollaborativen Entwicklung von Produkten und Produktionsprozessen, um die Anforderungen an die zukünftige Industrialisierung zu erfüllen. Dies lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines Referenzprozesses zur Industrialisierung hochiterativ entwickelter Produkte, der die Produkt- und Produktionsprozessentwicklung prozessual integriert, über den gesamten Entwicklungszeitraum von Ideenfindung bis Start of Production (SOP) anwendbar ist, der die Kunden kontinuierlich integriert und sowohl die Entwicklungsgeschwindigkeit als auch die Kosten reduziert.

Um dieses Ziel zu erreichen, wird eine Methodik entwickelt, die einen Referenzprozess für die hochiterative und integrierte Produkt- und Produktionsprozessentwicklung (HIP<sup>3</sup>E) in den Mittelpunkt stellt und eine kundenzentrierte, geschwindigkeitsoptimierte und kosteneffiziente Entwicklung von Produkten ermöglicht. Diese Methodik setzt sich aus vier Teilmodellen zusammen:

- Beschreibungsmodell für die hochiterative Produktionsprozessentwicklung
- Erklärungsmodell zur transparenten Darstellung von wechselseitigen Wirkbeziehungen zwischen der hochiterativen Produkt- und Produktionsprozessentwicklung
- Entscheidungsmodell zur Auswahl von kosteneffizienten Produkt- und Produktionshypothesen
- Gestaltungsmodell zur Durchführung der hochiterativen und integrierten Produkt- und Produktionsprozessentwicklung (HIP<sup>3</sup>E)

---

<sup>30</sup> Vgl. Wlecke, S./Prote, J.-P. et al. (2019) Concept for the industrialization of physical products in the highly iterative product development, S. 587.