



Vom Prototypen zur Serienfertigung

12

Heiner Hans Heimes, Achim Kampker, Benjamin Dorn,
Andreas Kraus und Michael Nankemann

Im Zuge des Industrialisierungsprozesses haben methodische Bausteine eine signifikante Bedeutung erlangt. Diese Bausteine liegen entlang des Produktentwicklungszyklus und sind grundsätzlich unabhängig vom betrachteten Produkt. Mit Blick auf die Elektromobilität gilt es jedoch, während der unterschiedlichen Schritte spezifische Herausforderungen zu adressieren. Anlaufmanagement, Anlaufstrategie und Anlauforganisation beispielsweise erhalten einen besonderen Stellenwert, da Produkt und Prozesse im Rahmen der Elektromobilität von unscharfen Interdependenzen und teils unterschiedlichen technischen Reifegraden charakterisiert sind. Ein weiteres Beispiel bildet das Lieferantenmanagement: Es

H. H. Heimes

Mitglied der Institutsleitung, Production Engineering of E-Mobility Components (PEM),
RWTH Aachen, Aachen, Deutschland

E-Mail: H.Heimes@pem.rwth-aachen.de

A. Kampker

Universitätsprofessor, Production Engineering of E-Mobility Components (PEM),
RWTH Aachen, Aachen, Deutschland

E-Mail: A.Kampker@pem.rwth-aachen.de

B. Dorn

Oberingenieur, Production Engineering of E-Mobility Components (PEM), RWTH Aachen,
Aachen, Deutschland

E-Mail: b.dorn@pem.rwth-aachen.de

A. Kraus (✉)

Senior Expert Data Engineering, PowerCo SE, Salzgitter, Deutschland

E-Mail: a.kraus@pem.rwth-aachen.de

M. Nankemann

Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Production Engineering of E-Mobility Components (PEM),
RWTH Aachen, Aachen, Deutschland

E-Mail: m.nankemann@pem.rwth-aachen.de

muss die veränderte Wertschöpfungskette innerhalb der Elektromobilität vor allem im Hinblick auf neue Marktteilnehmer – besonders im asiatischen Raum – berücksichtigen. Dieser und weitere methodische Bausteine werden im Folgenden beschrieben.

12.1 Anlaufmanagement

Im Kontext der Automobilindustrie bezeichnet das Anlaufmanagement die Steuerung aller Aktivitäten im Rahmen des Serienanlaufprozesses. Gängige Kriterien zur Abgrenzung des Serienanlaufs vom restlichen Produktentstehungsprozess sind das Entwicklungsstadium des Produkts und die Ziel-Produktionskapazität unter Berücksichtigung definierter Anforderungen an die Prozessstabilität. Der entsprechend durch Produktfreigabe und Serienstückzahl begrenzte Serienanlauf gliedert sich in die drei Bereiche Vorserie, Nullserie und Produktionshochlauf.¹

In der ersten Phase, der Vorserie, liegt der Fokus auf der Problemfrüherkennung, der Prozessverbesserung und der Analyse von Mitarbeiterqualifikationen. Zu diesem Zweck werden seriennahe Prototypen hergestellt; die Bauteilproduktion wird indes nur teilweise durch Serienwerkzeuge realisiert. Die Nullserie ist eine seriennahe Produktion, in der alle verwendeten Teile vollständig definiert sind und den späteren Serienwerkzeugen entstammen. Zusätzlich liegt für alle Komponenten, sowohl eigengefertigte als auch fremdbezogene, eine detaillierte Kostenschätzung vor. Mit der Freigabe für die Serie beginnt der Produktionshochlauf, gekennzeichnet durch den Meilenstein „Start of Production“ (SoP). Beendet ist der Hochlauf erst mit einer stabilen Produktion, mit der die geplanten Stückzahlen unter Serienbedingungen gefertigt werden.² Kennzeichnend für das Anlaufmanagement ist, dass sich mit dem Lauf durch diese drei Phasen das Hauptaugenmerk des Managements verschiebt: Während zu Beginn die Anpassung des Produkts an die Bedürfnisse der Fertigung im Vordergrund steht, rückt mit fortschreitendem Anlauf die Optimierung der Produktionssysteme in den Fokus.³

Die übergeordnete Steuerung der Anläufe erfolgt gemäß der sogenannten Anlaufstrategie, die als standortübergreifende Richtlinie für alle unternehmensinternen Serienanläufe zu verstehen ist. Im Wesentlichen ist die Anlaufstrategie durch die Dimensionen „Flexibilität“, „Komplexität“, „Qualität“ und „Kosten“ geprägt und äußert sich in unterschiedlichen Ausprägungen der Anlaufkurve, welche die Ausbringungsmengen im zeitlichen Verlauf darstellt. Mit ihr wird für alle involvierten Parteien eine Handlungsgrundlage definiert und die Unternehmensstrategie auf jeden Serienanlauf übertragen.⁴ Beispielsweise ist für die strategische Positionierung eines Unternehmens als Technologieführer eine besonders rasche Einführung disruptiver Technologien erforderlich. Mit innovativen Produkten, die in kurzer Zeit zur Marktreife gebracht werden, lassen sich

¹ Vgl. Schmitt 2015, 7–9; Vgl. Nagel 2011, S. 11f.

² Vgl. Burggräf und Schuh 2021, S. 513ff.

³ Vgl. Nagel 2011, S. 14f.

⁴ Vgl. Schmitt 2015, S. 3f; Vgl. Corsten et al. 2018, S. 540.

nachhaltige Wettbewerbsvorteile etablieren, auch „Pioniergewinne“ genannt. In der Vergangenheit haben vor allem deutsche Automobilhersteller häufig einen solchen „First-Mover“-Strategieansatz verfolgt. Nach anfänglicher Zurückhaltung ist dies auch im Bereich der Elektromobilität der Fall. Zu beobachten ist das unter anderem an Investments in Milliardenhöhe durch die OEMs. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Investitionen konzentriert sich auf den Aufbau neuer Produktionsstrukturen – mit dem Ziel, die eigene Wertschöpfungstiefe im Bereich der Elektromobilität mit innovativen Produktionskonzepten weiter auszubauen. Allerdings stehen die OEMs und automobiler Zulieferer bei diesem Wandel in einem hart umkämpften Markt und auch aufgrund gesetzlicher Vorgaben unter einem nie dagewesenen Zeitdruck. Gleichzeitig bleiben die hohen Ansprüche an die Qualität der Produktionsprozesse in der Automobilindustrie bestehen. Entsprechend ambitionierte Ziele für Produktionsanläufe müssen aus Gründen der Wirtschaftlichkeit unter möglichst geringem Mitteleinsatz erreicht werden. Aufgrund dieses Zielkonflikts ist eine integrierte Betrachtung der drei Dimensionen „Zeit“, „Qualität“ und „Kosten“ im Rahmen einer auf Wettbewerbsfähigkeit ausgerichteten Anlaufstrategie unerlässlich.⁵ Dabei sind vor- und nachgelagerte Entwicklungs- und Produktionsprozesse funktionsübergreifend zu koordinieren und die Anschlussfähigkeit der Funktionen und Bereiche weiterer Produktionsstandorte und beteiligter Unternehmen sicherzustellen.

Mit Beginn des Serienanlaufs werden erstmalig alle am Produktentstehungsprozess beteiligten Bereiche und Akteure zusammengeführt. Um erhebliche Reibungsverluste bei der funktions- und unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit zu verringern, erfolgt die Abstimmung zwischen den einzelnen Schnittstellen durch eine übergeordnete Instanz, die sogenannte Anlauforganisation. Eine Anlauforganisation kann auf unterschiedliche Art und Weise umgesetzt werden, die von den Eigenschaften des jeweiligen Unternehmens und den übrigen Rahmenbedingungen abhängig ist. Dabei wird zwischen temporär aufgestellten Anlauf-Teams und eigenständigen Funktionseinheiten unterschieden. In beiden Fällen handelt es sich um interdisziplinär zusammengesetzte Teams aus unterschiedlichen Funktionsbereichen des Unternehmens.⁶ Die in dem Team oder der Funktionseinheit gebündelte fachliche und methodische Kompetenz unterstützt bei der effizienten Lösung auftretender Probleme. In der Vergangenheit wurden Anlauforganisationen bei Automobilherstellern meist in Form eigenständiger Einheiten strukturiert. In diesen Anlauforganisationen ließen sich Erfahrungen und Erkenntnisse aus zahlreichen Anläufen bündeln und langfristig sichern.⁷ Sehr kurze Anlaufzeiten in immer kürzeren Abständen waren die Folge dieser kontinuierlichen Optimierung. Der Fortsetzung dieser Erfolgsgeschichte in der Automobilindustrie steht, neben den übrigen Herausforderungen einer digitalisierten und immer stärker vernetzten Welt, die radikale Umstellung auf eine neue Antriebstechnologie gegenüber. Das Funktionsprinzip batterieelektrischer Antriebe bringt zahlreiche ungelöste technische

⁵Vgl. Schuh et al. 2008, S. 19.

⁶Vgl. Schmitt et al. 2018, S. 219.

⁷Vgl. Schuh et al. 2008, S. 30.

Fragestellungen mit sich, zu deren Lösung nicht auf bestehende Kompetenzen zurückgegriffen werden kann. Zusätzlich zur fachlichen Neuausrichtung sind dank der erheblich geringeren Anzahl verbauter Komponenten strukturelle Veränderungen notwendig. Je nach gewählter Wertschöpfungstiefe verringert sich die Anzahl der zu produzierenden Teile mehr oder weniger drastisch, so dass die Größe der Funktionseinheiten ebenfalls reduziert werden muss. Innerhalb dieser Einheiten gilt es jedoch, die verschiedenen Bereiche des Unternehmens stärker als zuvor miteinander zu verbinden.⁸ Eine intensive interdisziplinäre Zusammenarbeit ist eine zwingende Voraussetzung, um innovative Ansätze wie etwa die „Cell-to-Chassis“-Technologie umsetzen zu können. Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen könnte die erhöhte Flexibilität der Anlauforganisation in den Fokus rücken.

Innerhalb der Anlauforganisation sind zwei Organisationselemente zu definieren. Eines davon ist eine räumliche und formale Einordnung der Bereiche des Serienanlaufs in Form einer Aufbauorganisation. Daneben werden im Rahmen der Ablauforganisation die zeitlichen und logischen Beziehungen der einzelnen Bereiche herausgestellt.⁹ Während die Aufbauorganisation die strukturellen Rahmenbedingungen festhält, legt die Ablauforganisation die Arbeits- und Informationsprozesse anhand standardisierter Regelwerke und Methoden wie dem Gateway-Konzept fest. Darin werden die jeweils wichtigsten Phasen und Meilensteine definiert und allen Anlaufbeteiligten eindeutige Verantwortlichkeiten und Arbeitsumfänge zugewiesen. Ohne eine klar definierte Anlauforganisation und -struktur sind Verantwortlichkeiten, Rollenverständnisse und Schnittstellen unzureichend geregelt – mit Ressourcenkonflikten und mangelnder Kompetenz als Folge. Insbesondere im Kontext der Ablauforganisation ergeben sich aus dem Wandel zur Elektromobilität neue Herausforderungen. Während bei Anläufen zur Produktion von Verbrennungsmotoren aus jahrelanger Erfahrung der Umfang eines jeden Arbeitspakets präzise beschrieben werden konnte, ergeben sich bei der Produktion von Elektromotoren immer wieder unbekannte, neue Herausforderungen. Die erforderliche Lösung unerwarteter Probleme stört die Abläufe und beeinträchtigt die Planungssicherheit.

12.2 Lieferantenmanagement

Das Lieferantenmanagement wird als wesentliches Handlungsfeld des Beschaffungsmanagements betrachtet und ist zentral für die Erreichung der Qualitäts-, Zeit- und Kostenziele des Anlaufmanagements.¹⁰ Vor allem in der Elektromobilproduktion ist dieser Aufgabe große Bedeutung beizumessen, da dort eine starke Verschiebung der Wertschöpfung zu den Lieferanten zu beobachten ist.¹¹ Bei zentralen Komponenten wie Batterie und Motor handelt es sich oft um Eigenentwicklungen der Zulieferer, so dass die Differenzierung vom Wettbewerb des OEM zunehmend über Produkteigenschaften erfolgt, die maß-

⁸Vgl. Burggräf und Schuh 2021, S. 500.

⁹Vgl. Schmitt 2015, S. 4.

¹⁰Vgl. Helmold und Terry 2016, S. 1.

¹¹Vgl. Göpfert et al. 2017, S. 431.

geblich durch das Know-how des Lieferanten geprägt werden.¹² Der OEM wird vermehrt zu einer koordinierenden Instanz in einem abteilungs- und funktionsgrenzüberschreitenden Netzwerk unterschiedlicher Partner.

Besonders bei der Einführung neuer Produkt- und Produktionstechnologien, die im Kontext der Elektromobilität zwingend und in großem Ausmaß erforderlich ist, entscheidet die frühzeitige Identifikation geeigneter Partner und deren Integration in das eigene Produktionsnetzwerk über den wirtschaftlichen Erfolg.¹³ Wesentliche Schritte im Lieferantenmanagement sind die Definition geeigneter Kriterien zur Klassifizierung und Auswahl der Lieferanten sowie die Messung der diesbezüglichen Leistungsfähigkeit der Lieferanten. Gleichzeitig ist es Aufgabe des Lieferantenmanagements, im Sinne der Lieferantenentwicklung deren Performance durch einen kontinuierlichen Optimierungsprozess zu steigern. Eine tiefgreifende Integration der Lieferanten in die Abläufe und Strukturen des eigenen Unternehmens ermöglicht eine effiziente Kooperation der beteiligten Betriebe.¹⁴ Diesem Umstand kommt im Zuge der Elektrifizierung der Mobilität eine besondere Bedeutung zu, da von Grund auf neu entwickelte Produktionssysteme und -linien zur Serienfertigung von Batteriesystemen und Elektromotoren benötigt werden. Das für den Aufbau dieser Linien erforderliche Know-how ist wertschöpfungskettenübergreifend noch nicht in ausreichendem Maß vorhanden. Dementsprechend ist eine intensive Abstimmung bei der Entwicklungsarbeit zur Identifikation produktionstechnischer Limitationen oder produktseitiger Auswirkungen von Prozessänderungen unabdingbar.

12.3 Logistikmanagement

Eng mit dem Lieferantenmanagement ist das Management der standortinternen sowie produktionsnetzwerkübergreifenden Logistik verbunden. Die Logistik gilt gemeinhin als zentrale Instanz zur Koordination der Produktions- und Prozessabläufe eines produzierenden Unternehmens mit dem übergeordneten Ziel, den Güterfluss zum Kunden sicherzustellen.¹⁵ Wesentliche Herausforderung dabei ist es, die aus gegebenen Restriktionen resultierenden Zielkonflikte zwischen den Interessen der definierten Bereiche und beteiligten Parteien aufzulösen. Ein erfolgreiches Logistikmanagement erfordert insbesondere im Anlauf einer Serienproduktion eine ganzheitliche Berücksichtigung der Belange der Logistik während des gesamten Produktentstehungsprozesses. Planungsfehler, die entweder nicht oder nur durch erheblichen Mitteleinsatz korrigiert werden können, gilt es durch einen regen Informationsaustausch zwischen Prozess- und Produktentwicklung in allen Phasen der Produktentwicklung zu vermeiden. Wichtige Aspekte sind dabei unter

¹²Vgl. Wellbrock und Ludin 2019, S. 83.

¹³Vgl. Helmold 2021, S. 16.

¹⁴Vgl. Helmold 2021, S. 53.

¹⁵Vgl. Pfohl 2021, S. 4f.

anderem eine logistikgerechte Fabrikplanung und das Management von Komplexität in der Produktentwicklung.¹⁶ Im automobilen Umfeld kommen standardisierte Logistikkonzepte zum Einsatz, die im Wesentlichen der Komplexitätsreduktion dienen sollen.¹⁷ Die Elektromobilität stellt diese für historisch gewachsene Produktionsnetzwerke optimierten Systeme vor neue Herausforderungen. So führt die mangelnde Verfügbarkeit wesentlicher Rohstoffe und zentraler Komponenten vermehrt zu Störungen des Produktionsablaufs, mit erheblichen Konsequenzen für die Effizienz der logistischen Prozesse. Dies wird anhand der Kenngröße „Logistikleistung“ messbar gemacht, unter anderem definiert als der „Beitrag zur Sicherstellung der Verfügbarkeit im Unternehmen benötigter Ressourcen“ sowie Logistikkosten.¹⁸

12.4 Produktionsmanagement

Neuartige Produkte, nicht ausgereifte Prozesse und eine derzeit unsichere Nachfrage nach Elektrofahrzeugen stellen die Produktion von Elektromobilkomponenten vor große Herausforderungen hinsichtlich Effizienz und Flexibilität. In diesem Spannungsfeld bestehen die Hauptaufgaben des Produktionsmanagements in der Planung, Überwachung und Steuerung aller betrieblichen Ressourcen im Produktionsumfeld.¹⁹ Das Ziel des Produktionsmanagements besteht darin, die Herstellung der Elektromobilkomponenten – unter Berücksichtigung der erforderlichen Produktqualität und -quantität – zu einem vorab festgelegten Zeitpunkt zu gewährleisten.²⁰ Da die Elektrofahrzeug-Nachfrage mit Blick sowohl auf die Stückzahl als auch auf Varianten nach wie vor ungewiss ist, muss außerdem ein hohes Maß an Flexibilität sichergestellt werden (siehe Abschn. 12.5). Auf der Produktseite besitzen Elektromotoren eine deutlich geringere Komplexität im Vergleich zu Verbrennungsmotoren. Dieser produktseitige Vorteil wird jedoch durch die wesentlich geringeren Erfahrungswerte im Bereich der Produktionsprozesse von elektrischen Traktionsmotoren teilweise überkompensiert. Dadurch sind insbesondere Anlaufphasen neuartiger Produktvarianten häufig geprägt von geringen Gesamtanlagen-Effektivitäten, unzureichenden Produktqualitäten und entsprechend hohen Ausschussraten (siehe Abschn. 12.1). Dieselben Herausforderungen sind derzeit im Rahmen der Batterieproduktion zu beobachten, die durch den hohen Wettbewerbsdruck in diesem Segment noch zusätzlich verstärkt werden.²¹

¹⁶Vgl. Klug 2018, S. 45.

¹⁷Vgl. Klug 2018, S. 74.

¹⁸Vgl. Weber 2018, S. 1.

¹⁹Vgl. Schuh und Schmidt 2014, S. 1f.

²⁰Vgl. Schuh und Schmidt 2014, S. 1f.

²¹Vgl. BMWi 2021.

12.5 Änderungsmanagement

Die Anpassungsfähigkeit bestehender Produktionslinien gewinnt durch die technologische Schnelllebigkeit und die daraus resultierenden stetig kürzer werdenden Produktlebenszyklen immer mehr an Bedeutung. Insbesondere in dynamischen Umfeldern wie der Elektromobilproduktion ist dies seit einigen Jahren zu beobachten.²² Die Hauptaufgabe des Änderungsmanagements besteht darin, nachträgliche Anpassungen verbindlich festgelegter und bereits freigegebener Arbeitsinhalte im Produktionsumfeld vorzunehmen. Übergeordnetes Ziel ist es dabei, diese Aufgabe möglichst zeit- und kosteneffizient zu realisieren und damit die Einhaltung sowohl der Termintreue als auch des Kostenrahmens zu gewährleisten. Dazu muss die Anpassungsfähigkeit des Produktionssystems von der Makroebene (etwa das Produktionslayout samt Ausbaustufen) bis zur Mikroebene (beispielsweise die Flexibilität im Vorrichtungsbau) frühzeitig berücksichtigt werden. Änderungen in den ersten Phasen des Produktentstehungsprozesses besitzen in der Regel den geringsten Anpassungsaufwand hinsichtlich Zeit und Kosten, während Änderungen in der Konstruktionsphase oder sogar während der Serienproduktion einen deutlich höheren Aufwand mit sich bringen. Der genaue Aufwand ist dabei stark von der Art und dem Umfang der Änderung abhängig. Produkt- oder prozessseitige Änderungen entlang des Produktentstehungsprozesses sind dabei nicht nur als Störgröße, sondern auch als Potenzial für kontinuierliche Verbesserung zu betrachten, da Änderungen teilweise zu Qualitätssteigerungen oder zur Zeit- und Kostenreduktion führen können.²³ Es geht also darum, ein geeignetes Änderungsmanagement zu etablieren, um auf die Anpassungen zielgerichtet und effizient reagieren zu können.

12.6 Kostenmanagement

Kosten bilden neben den beiden Größen „Zeit“ und „Qualität“ eine wichtige Dimension des klassischen Zieldreiecks, da Kosten unmittelbaren Einfluss auf die Gewinnmarge des Produkts und somit auch auf die Profitabilität und die Konkurrenzfähigkeit des Unternehmens haben. Die Hauptaufgabe des Kostenmanagements besteht sowohl in der Identifikation von Kostentreibern als auch in der Kostenplanung sowie -steuerung entlang des gesamten Produktentstehungsprozesses.²⁴ In diesem Kontext sind insbesondere Fehlerfolgekosten zu vermeiden, die in der Regel einen stark negativen Einfluss auf die Gesamtkostenbilanz eines Produkts besitzen. Steht ein Produkt kurz vor seiner Herstellung, sind rund 95 % seiner Kosten festgelegt, so dass sich eine Beseitigung von Ausgaben zu diesem späten Zeitpunkt als äußerst schwierig erweist (zum Vergleich: bei abgeschlossener Entwicklung eines Produkts stehen 80 % der Kosten fest). Die tiefgreifendste Konsequenz im

²²Vgl. Schuh et al. 2008, S. 215f.

²³Vgl. Schuh et al. 2008, S. 215f.

²⁴Vgl. Stölzle et al. 2005.

Rahmen des Kostenmanagements besteht darin, dass 60 % der kumulativen Lebenszykluskosten eines Produkts bereits während der Konzeptphase festgelegt werden.²⁵ Zur möglichst frühzeitigen Erkennung produkt- sowie produktionseitiger Kostentreiber und zur Vermeidung von Fehlerfolgekosten existiert eine Auswahl verschiedener Methoden. Eine weitverbreitete Methode zu Beginn des Produktentstehungsprozesses bildet das „Design for Manufacturing and Assembly“ (DFMA). Durch diese Methode werden Unternehmen in die Lage versetzt, schnell und kostengünstig hochwertige Produkte zu entwickeln und herzustellen, indem Fehlerfolgekosten vermieden werden.²⁶ Zu Beginn einer Serienproduktion wird außerdem häufig eine virtuelle Inbetriebnahme (VIBN) der Produktionsanlagen vorgenommen,²⁷ durch die potenzielle Probleme bereits vor der realen Inbetriebnahme erkannt und entsprechende Lösungsansätze entwickelt werden können. Für die Elektromobilproduktion spielen die Kosten eine äußerst bedeutsame Rolle, um sich im Wettbewerb mit der konventionellen Automobilproduktion zu etablieren. Maßgeblicher Kostentreiber ist dabei weiterhin die Traktionsbatterie.

Literatur

Teil III: Produktion von elektrofahrzeugspezifischen Systemen

Blokdyk, G.: *Design For Manufacturability. A Complete Guide*, 2019

BMW: *Batterien für die Mobilität von morgen. Innovationen und Investitionen entlang der Wertschöpfungskette für Batterien der neuesten Generation schaffen die Grundlage für die Sicherung von Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung.* <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/batteriezellfertigung.html>. Abruf 01.06.2022

Boothroyd, G; Dewhurst, P; Knight, W. A.: *Product design for manufacture and assembly* (Manufacturing engineering and materials processing, 74). Third edition Aufl. Boca Raton, London, New York: CRC Press, 2011

Burggräf, P; Schuh, G.: *Fabrikplanung*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2021

Corsten, H; Gössinger, R; Spengler, T. S. (Hrsg.): *Handbuch Produktions- und Logistikmanagement in Wertschöpfungsnetzwerken*. De Gruyter Handbook, München, Wien: De Gruyter Oldenbourg, 2018

Göpfert, I; Braun, D; Schulz, M.: *Automobillogistik*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017

Helmold, M.: *Innovatives Lieferantenmanagement*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2021

Helmold, M; Terry, B.: *Lieferantenmanagement 2030*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2016

Klug, F.: *Logistikmanagement in der Automobilindustrie*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2018

²⁵ Vgl. Blokdyk 2019.

²⁶ Vgl. Boothroyd et al. 2011.

²⁷ Vgl. VDMA 2020, S. 4ff.

- Nagel, J.:** *Risikoorientiertes Anlaufmanagement* (Beiträge zur Produktionswirtschaft). 1. Aufl. Aufl. Wiesbaden: Gabler, 2011. Zugl.: Cottbus, Brandenburgische Techn. Univ., Diss., 2010
- Pfohl, H.-C.:** *Logistikmanagement*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2021
- Schmitt, R.:** *Anlaufmanagement – Begriffe und Definitionen. Begriffe und Definitionen*. Aachen: Apprimus Wissenschaftsverlag, 2015
- Schmitt, R.; Heine, I.; Jiang, R.; Giedziella, F.; Basse, F.; Voet, H.; Lu, S.:** *On the future of ramp-up management*. In: CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, Jg. 23, 2018, S. 217–225
- Schuh, G.; Schmidt, C. (Hrsg.):** *Produktionsmanagement. Handbuch Produktion und Management* 5. VDI-Buch. 2. Aufl. Aufl., Berlin: Springer Vieweg, 2014
- Schuh, G.; Stölzle, W.; Straube, F. (Hrsg.):** *Anlaufmanagement in der Automobilindustrie erfolgreich umsetzen*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008
- Schuh, G.; Stölzle, W.; Straube, F. (Hrsg.):** *Anlaufmanagement in der Automobilindustrie erfolgreich umsetzen. Ein Leitfaden für die Praxis*. VDI-Buch, Berlin, Heidelberg: Springer, 2008
- Stölzle, W.; Hofmann, E.; Hofer, F. (Hrsg.):** *Supply Chain Costing: Konzeptionelle Grundlagen und ausgewählte Instrumente. Prozesse optimieren, Berichtswesen anpassen, Kosten senken*, 8, Wiesbaden: Gabler Verlag, 2005
- VDMA:** *Leitfaden Virtuelle Inbetriebnahme. Handlungsempfehlungen zum wirtschaftlichen Einstieg*. https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/57246917/VDMA_Leitfaden_VIBN_1607503338494.pdf/c6b632a6-ebc2-113e-5753-073e4b28eb34
- Weber, J.:** *Logistikleistung – Definition*. In: Gabler Wirtschaftslexikon 2018.
- Wellbrock, W.; Ludin, D.:** *Nachhaltiges Beschaffungsmanagement*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2019

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

