

# **Modularisierung der Produktion in der Automobilindustrie**

Hubert Walzl  
Horst Wildemann

Hubert Walzl, Horst Wildemann

**Modularisierung der Produktion in der Automobilindustrie**

Copyright by TCW Transfer-Centrum GmbH & Co. KG, 2014

1. Auflage 2014

**Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie:

Detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

**Walzl, Hubert; Wildemann, Horst:  
Modularisierung der Produktion  
in der Automobilindustrie**

1. Auflage

München: TCW Transfer-Centrum, 2014

ISBN: 978-3-941967-48-9

Verlag:

TCW Transfer-Centrum GmbH & Co. KG, München

Das Werk einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die der Übersetzung in fremde Sprachen, sind dem Verlag vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form, auch nicht zum Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet werden.

## GELEITWORT

In der Automobilindustrie herrscht ein globaler, beinhardter Wettbewerb. Wer in diesem Umfeld bestehen will, der muss beständig an seiner Wettbewerbsfähigkeit arbeiten – einerseits mit immer neuen, attraktiven Fahrzeugen und Technologien, andererseits aber auch mit immer höherer Produktivität, Flexibilität und Qualität.

Der Schlüssel zum Erfolg ist die konsequente Modularisierung von Fahrzeugen und Fabriken. Sie ermöglicht nicht nur die flexible, wirtschaftliche Entwicklung und Produktion einer wachsenden Modellpalette, sondern ist auch das richtige Instrument, um die Komplexität im Griff zu behalten.

Der Volkswagen Konzern gehört zu den Vorreitern der Modularisierung. Mit dem Audi A3 und dem Golf VII haben wir 2012 die ersten Modelle auf Basis des Modularen Querbaukastens vorgestellt. In den kommenden Jahren wird die MQB-Flotte auf bis zu 40 Modelle anwachsen.

Parallel dazu treiben wir die Modularisierung unserer Produktion voran. Mit dem Modularen Produktions-Baukasten – den Hubert Walth und Horst Wildemann entscheidend geprägt haben – werden wir Wirtschaftlichkeit, Flexibilität und Qualität unserer Fabriken weiter erhöhen. Die Einzelheiten sind in diesem Buch detailliert beschrieben.

Für den Volkswagen Konzern ist die Baukastenstrategie ein entscheidender Schritt auf dem Weg zum faszinierendsten, profitabelsten und nachhaltigsten Automobilunternehmen der Welt.

Wolfsburg, 1. Februar 2014

Martin Winterkorn

Prof. Dr. Dr. h. c. mult.

Vorsitzender des Vorstands der Volkswagen AG



**Martin Winterkorn**

**Prof. Dr. Dr. h. c. mult.**  
**Vorsitzender des**  
**Vorstands**  
**Volkswagen AG**

## VORWORT

Kostendruck, Zeitwettbewerb und hohe Qualitätsanforderungen zwingen Automobilhersteller zur Implementierung von exzellenten Entwicklungs- und Produktionsprozessen. Diese sind darauf ausgerichtet, die Wirtschaftlichkeit nachhaltig zu erhöhen. Modularisierung und Standardisierung sind dabei wichtige Handlungsfelder, an denen kein Automobilkonzern vorbei kommt. Umso drängender stellt sich die Frage, welche Konzepte sich für eine erfolgreiche Umsetzung einer modularen Produktion anbieten. Der Volkswagen Konzern hat mit seiner Produktmodularisierung in der Entwicklung eine Vorreiterrolle in der internationalen Automobilindustrie eingenommen. Zur Ausschöpfung von Synergien und zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit wird dieser Grundgedanke auch in der Produktion des Volkswagen Konzerns umgesetzt. Mit dem Konzept des Modularen Produktions-Baukastens zielt Volkswagen auf eine Flexibilisierung und Effizienzsteigerung von Fabriken, Prozessen und Organisationsstrukturen. Der von Volkswagen entwickelte Ansatz besteht aus einer systematischen Ordnungslogik zur Modularisierung und Standardisierung der Produktion sowie der Integration in die Geschäftsprozesse. Diese Studie beinhaltet zudem eine wissenschaftliche Fundierung und Positionierung des Modularen Produktions-Baukastens durch dessen Einordnung in bestehende Modularisierungsansätze der Produktion. Behandelt werden Fragestellungen nach Organisationsformen innerhalb der Produktion, der Ausgestaltung von Fertigungsmodulen sowie einheitlichen Produktionsstandards. Ein Blick auf die Wettbewerber stellt sicher, dass vorhandenes Know-how bei der Bewertung des Modularen Produktions-Baukastens gewürdigt werden kann.

Unser herzlicher Dank geht an die Herren Dr. Matthias Hegenscheidt, Dr. Bernhard Huck und Robert Pahlow von Volkswagen sowie die Herren Benedikt Grebner, Florian Hojak, Maximilian Offizier und Karl Schwarzenbilder vom TCW, die bei der Erstellung dieser Studie mitgewirkt haben.

München, 1. Februar 2014

Hubert Waltl

Horst Wildemann



**Dr. Ing. Hubert Waltl**

**Mitglied des  
Markenvorstands  
Volkswagen Pkw  
Geschäftsbereich  
Produktion und Logistik**



**Horst Wildemann**

**Univ.-Prof. Dr. Dr. h. c. mult.  
Technische Universität  
München**

**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Produktionssysteme in der Automobilindustrie .....</b>	<b>13</b>
2.1	Meilensteine in der Entwicklung von Produktionssystemen.....	13
2.2	Strategien und Leitlinien von Produktionssystemen.....	33
2.3	Gestaltungsbereiche von Produktionssystemen.....	48
2.4	Ausgestaltung der Produktionssysteme bei ausgewählten Automobilherstellern.....	65
2.5	Anforderungen an Produktionssysteme der Zukunft .....	100
<b>3</b>	<b>Modell zur Modularisierung der Produktion .....</b>	<b>140</b>
3.1	Modulare Fabrikarchitekturen .....	140
3.2	Ansätze zur Modularisierung in der Automobilindustrie .....	156
3.3	Anforderungen an die Modularisierung in der Praxis .....	172
3.4	Erfolgsfaktoren für die Umsetzung des Modells .....	182
3.5	Potenziale der Modularisierung .....	192
<b>4</b>	<b>Der Modulare Produktions-Baukasten von Volkswagen....</b>	<b>199</b>
4.1	Entwicklung der Modularisierung bei Volkswagen.....	199
4.2	Anforderungen, Zielsetzung, Chancen und Risiken.....	204
4.3	Konzept und Umfang.....	210
4.4	Anwendungsbeispiele Karosseriebau und Montage.....	221
4.5	Implementierung und Steuerung des Modularen Produktions-Baukastens .....	235
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>251</b>

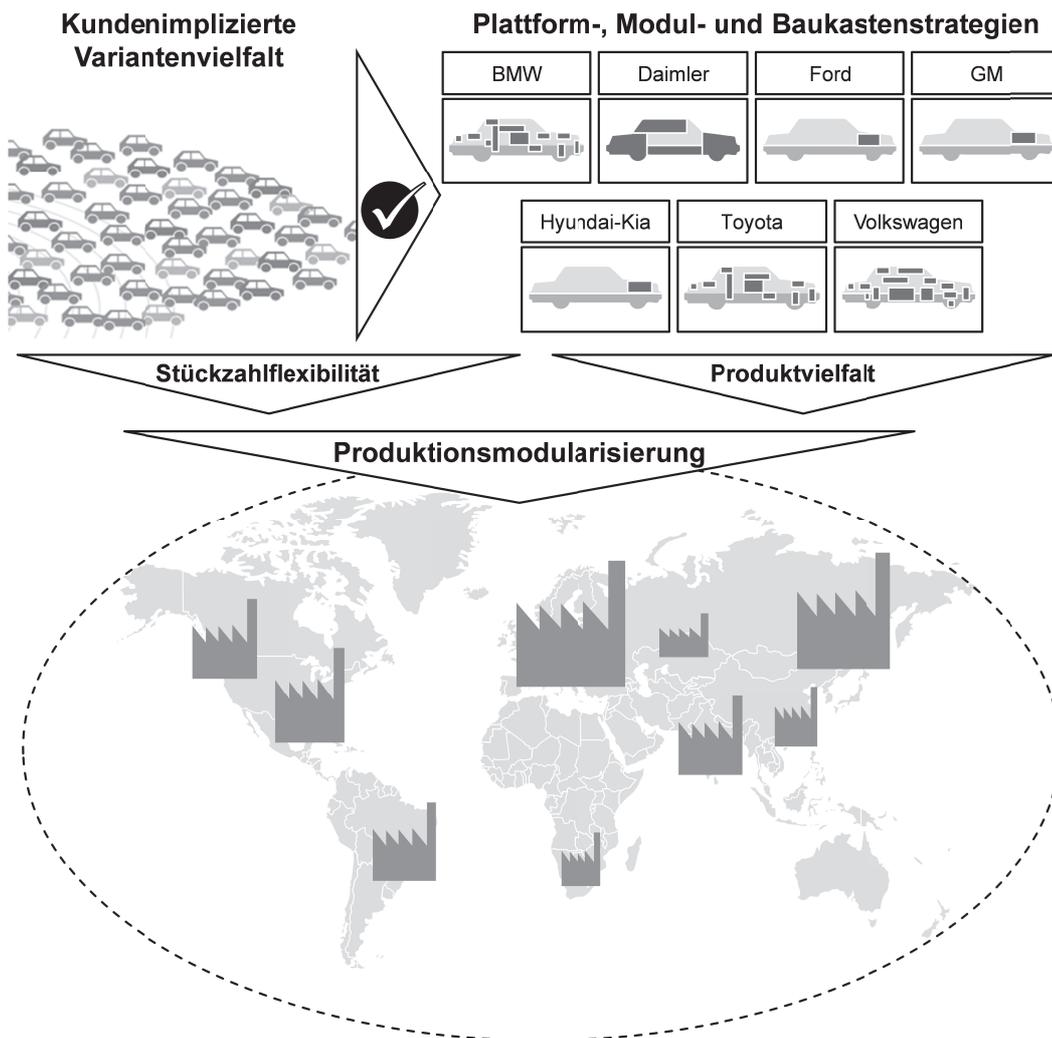
## 1 Einleitung

Das dynamische Umfeld, in dem sich global agierende Unternehmen der Automobilindustrie bewegen, wird auch zukünftig an Volatilität gewinnen. Während in den Triade-Märkten, also NAFTA, EU und das industrialisierte Ostasien, die Nachfrage nach Automobilen nach wie vor auf einem konstanten Niveau verbleibt und teils sogar rückläufig ist, lassen sich in den BRIC- und ASEAN-Märkten weiterhin große Zuwächse erzielen. In allen Märkten ist eine Zunahme der Individualisierungsbedürfnisse der Kunden zu verzeichnen. Als Folge dieser Entwicklungslinien reagieren Automobilunternehmen mit steigender Modellvielfalt und immer kürzeren Innovationszyklen. Für die Produktion besteht die Herausforderung in der effizienten und flexiblen Reaktion auf diese variierenden Marktanforderungen. Die Individualisierungsbedürfnisse der Kunden und die zunehmenden Innovationen bei Fahrzeugdesign und -technologien hat die Anzahl der Fahrzeugmodelle und -derivate in den letzten zehn Jahren weltweit deutlich erhöht. Bei der Betrachtung des steigenden Ausstattungsniveaus sowie der zahllosen Konfigurationsmöglichkeiten von Fahrzeugen wird deutlich, dass die Automobilindustrie keine Massenprodukte sondern jedem Kunden sein „individuelles“ Fahrzeug verkauft. Der globale Automobilmarkt hat sich von einem Verkäufermarkt zum Käufermarkt gewandelt. Automobilhersteller reagierten auf sinkende Verkaufszahlen bei Volumenmodellen mit kleineren Produktionsmengen. Die Verkaufszahlen des Automobilherstellers GM von 1990 bis heute bestätigen diesen Entwicklungstrend. Verfügte GM Anfang der 90er über eine Vormachtstellung in der Produktion von Volumenmodellen, verlor das Unternehmen seit der Jahrtausendwende sukzessive an Marktanteilen. Gleichzeitig konnten Automobilhersteller mit hoher Varianten- und Modellvielfalt deutlich

aufholen (vgl. J.D. Power 2012). Neben der Modellvielfalt stellt die Verkürzung von Innovationszyklen einen weiteren Auslöser für eine Veränderung von Strukturen im Automobilmarkt dar. So ist seit Beginn der letzten Dekade der durchschnittliche Lebenszyklus eines Fahrzeugmodells um beinahe die Hälfte gesunken. Betrag der Lebenszyklus von Fahrzeugmodellen um die Jahrtausendwende noch acht Jahre, so bringen Automobilhersteller heute im Durchschnitt alle vier Jahre ein neues Fahrzeugmodell und alle zwei Jahre ein Facelift auf den Markt. Hinzukommen Modellpflegen mit kleineren Anpassungen, die bei Volkswagen zweimal im Jahr durchgeführt werden. Gleichzeitig verringerte sich die Entwicklungszeit für diese Modelle um ein Drittel. Treiber dieser Entwicklungen sind vor allem zahllose Innovationen in der Fahrzeugelektronik und Mechatronik. So lassen sich durch den Einsatz dieser Technologien nicht nur die Fahrzeugsicherheit und die Emissionswerte deutlich verbessern, sondern auch der Fahrzeugkomfort und das -entertainment. Dieser Zuwachs an Individualität wird vom Kunden durch Mehrpreisbereitschaft honoriert. Folglich ist im Bereich der Fahrzeugelektronik mit einer Verdoppelung des Kostenanstiegs zu rechnen. Die konsequente Ausrichtung auf die Bedürfnisse der Kunden und die ideale Reaktion auf das dynamische und volatile Marktumfeld wird auch weiterhin ein wichtiger Erfolgsfaktor bleiben. Die dadurch erzeugte massive Ausweitung der Teilevielfalt führt zu immer größeren Ansprüchen hinsichtlich der Beherrschung der entstehenden Komplexität. Es sind deshalb geeignete Ansätze und Methoden zu wählen, um Individualisierung nach außen - zum Kunden hin - mit Standardisierung nach innen zu erzielen. Es entstehen Flexibilitäts- und Effizienzvorteile und Kosten können reduziert sowie Ineffizienzen vermieden werden. Beispielsweise ist die Produktvielfalt bei gleichzeitiger Verringerung von Kosten durch Skalen- und Verbundeffekte zu bewältigen. Dabei kommt

es darauf an, die marktkonforme Modellvielfalt des Produktprogramms festzulegen und Produkte modular und standardisiert zu gestalten. Die Produktmodularisierung bietet einen Ansatz, der auf der einen Seite die Individualisierungsanforderungen der Kunden erfüllt und auf der anderen Seite die steigende Komplexität und vor allem die Produktentwicklungskosten beherrschbar macht. Volkswagen stand beispielweise im Zuge der Entwicklung der Fahrzeugmodelle Audi A3 und Volkswagen Golf der PQ35-Plattform vor der Herausforderung einer zunehmenden Modellvielfalt. So waren für die beiden Modelle jeweils bis zu 144 Varianten an Fahrzeuginnenraummatte oder auch mehr als 45 Varianten an Belüftungsschläuchen vorgesehen. Die damit verbundenen Komplexitätskosten beliefen sich auf mehrere Mio. Euro pro Jahr. Zudem wurden in der Produktion zusätzliche Lagerplatzbedarfe erforderlich. Die Grundlage zur Beherrschung der Komplexität wird in der frühen Konzeptphase des Produktentstehungsprozesses gelegt, wenn die Produktstruktur festgelegt und die damit verbundene Produkt- und Fertigungskomplexität beeinflusst wird. Es gilt der Grundsatz, dass die Fahrzeugkomplexität exponentiell in Relation zur steigenden Anzahl an Komponenten und installierten Funktionen steht. Zunehmende Modellvielfalt bei gleichzeitiger Verkürzung der Innovationszyklen führt zu geringeren Stückzahlen eines einzelnen Modells während seines Lebenszyklus. Daraus folgt, dass auch die Entwicklungskosten und die Investitionskosten eines einzelnen Modells gesenkt werden müssen, um den Preis am Markt halten zu können. Die Reduzierung der Entwicklungskosten ist nur möglich durch eine Modularisierungsstrategie in der Produktpalette. Hier sind in der Vergangenheit bei den Automobilherstellern unterschiedliche Ansätze verfolgt worden. So haben General Motors und Ford ausgehend von einer Plattformstrategie Modulstandards entwickelt, die für alle Produkte weltweit gelten

sollen. Hyundai-Kia gründete 2005 eine Allianz im Bereich der Motorenentwicklung mit Daimler und Mitsubishi, um eine Motorenplattform bei 4-Zylinder-Benzin-Motoren zu generieren. Die Component Plus Product-Strategie sieht vor, hochinnovative Elektronikkomponenten in der eigenen Konzerntochter Hyundai-Kia Electronics zu entwickeln und dann weltweit zu vermarkten. Daimler hat mit MoCar einen Modulbaukasten erstellt, der aus vier Grundmodulen besteht: Fahrzeugvorderwagen, Fahrgastzelle, Heckmodul und Dach. BMW hat im Rahmen der Modularisierungsstrategie ein Produktdatenmanagement auf Basis einer durchgängigen Produktstruktur entwickelt und umgesetzt. Dieses System ermöglicht einen transparenten und integrierten Produktentstehungsprozess bei BMW auf Basis eines durchgängigen Produktdatenmanagements, um damit ein „gemeinsames Backbone“ für die Entwicklungsdaten zu schaffen. Die einheitliche Vorgabe des Systems ermöglicht den Konstrukteuren, bereits bestehende Module in das neue Fahrzeug zu integrieren und den Entwicklungsaufwand gering zu halten. Toyota hat frühzeitig die Motorenentwicklung fahrzeugunabhängig organisiert und somit sichergestellt, dass während einer Fahrzeugentwicklung die Aggregat-einheit als Black-Box angesehen werden kann. In ähnlicher Form wurden Antriebsstrang, Sitzanlagen und Infotainment modularisiert. Volkswagen hat als Weiterentwicklung der Plattformstrategie der 90er Jahre den Modularen Querbaukasten, den Modularen Längsbaukasten und den Modularen Standardbaukasten für die verschiedenen Fahrzeugklassen entwickelt, aus denen dann die unterschiedlichen Modelle der verschiedenen Marken mit geringem Modifikationsaufwand zusammengesetzt werden können. Alle Strategien der Produktmodularisierung haben gemeinsam das Ziel, die Produktveränderungen, sowohl von Derivat zu Derivat als auch von einer Modellgeneration zur nächsten, auf kundenrelevante Details zu reduzieren und



**Abbildung 1-1: Modularisierungsansatz in der Automobilproduktion**

damit die Entwicklungskosten zu senken. Die Volatilität der Märkte in Verbindung mit der Variantenvielfalt erfordert eine Flexibilität in der Produktion (vgl. Abbildung 1-1). Wie bei der Standardisierung von Produkten bietet sich für die Produktion die Modularisierung als Lösungsstrategie an. Im Gegensatz zur Produktmodularisierung, die der Status Quo bei allen Automobilherstellern ist, arbeiten die Automobilhersteller heute an dieser Herausforderung weltweit mit Hochdruck. Im Zuge der Modularisierung im Produktionsumfeld kommt es nun darauf an, die gesamte Produktion neu zu definieren und Produktionsumfänge und Wertschöpfungsteile zu Modulen zusammenzufassen. Gleichzeitig sind Schnittstellen zu standardisieren, so dass

diese für eine hohe Anzahl an Produktkombinationen und schwankende Volumina gültig sind. Die Realisierung von Effizienzvorteilen durch die Modularisierung von Produktionsstrukturen erfordert die Festlegung von Standards. Die Standards der Produktionsprozesse dienen dabei als Vorgabe für die Entwicklung, die im Bedarfsfall die Ausprägungen des Produktes verändern muss, um die Anforderung der Produktionsprozesse zu erfüllen. Auf diese Weise kann zum einen eine hohe Wiederverwendbarkeit von Fertigungsmodulen und zum anderen eine flexible, modell- und markenübergreifende Nutzung der Anlagen gewährleistet werden. Beim Produkt ist ein hohes Maß an Gleich- und Systembauteilen anzustreben, um eine ebenfalls hohe Produktionskonzentration beim Lieferanten zu erzielen und gleichzeitig den Logistikaufwand an den Montagelinien beherrschbar zu halten. Die Modularisierung strebt die Realisierung von Synergiepotenzialen in der Produktion und das Erzielen von Einsparungen in der Produktentwicklung an. Produktionsseitig ist die Modularisierung von Bedeutung, um die Wirtschaftlichkeit über den heutigen Stand hinaus weiter zu steigern. Die Modularisierung bezeichnet die Aufteilung von ganzen Teilen, die aus einzelnen Elementen bestehen und über Schnittstellen interagieren. Dieses Prinzip lässt sich auf das Produktionsumfeld übertragen. Die Idee ist es, die Fabrik in einzelne Module zu segmentieren und in diesen die notwendige Flexibilität zu realisieren. Die Modularisierung der Produktion beschreibt die standortübergreifende Standardisierung von Organisationselementen, Produktionsprozessen und Ressourcen. Dabei wird die Modularisierung der Produktion von der Modulstruktur des zu fertigenden Produktes abhängig. Auf diese Weise können Produktionsprozesse und -anlagen für die Fertigung anderer Produkte wiederverwendet und einheitliche Best-Practice-Lösungen werksübergreifend implementiert werden. Modul- und Produktionsstruktur sind hierbei eng miteinander zu

verknüpfen, da erst durch eine integrierte Betrachtung die vollständige Erschließung der Standardisierungspotenziale ermöglicht wird. Die etablierten Produktionssysteme bilden dabei eine zusätzliche Herausforderung. Erst wenn das Produktionssystem und die Modularisierung der Produktion integriert werden, können die Potenziale der Modularisierung voll ausgeschöpft werden. Ziel ist es, die Modularisierung der Produktion aus wissenschaftlicher und praktischer Sicht zu beleuchten. Es wird ein Bezugsrahmen der Modularisierung der Produktion geschaffen und anhand von praktischen Beispielen aus der Automobilindustrie konkretisiert. Damit erfolgt eine theoretische Untermauerung der Flexibilisierung und Effizienzsteigerung von Fabriken, Fertigungsbereichen, Anlagen und Betriebsmitteln sowie Prozessen und Organisationsstrukturen durch die Auseinandersetzung mit Modellen und Lösungsansätzen aus der Automobilindustrie. Hier stellt sich die Frage nach dem Wertbeitrag der Modularisierung für die Automobilindustrie und was die konkreten Effekte der Modularisierung der Produktion sind. Um dieses Ziel zu erreichen, erfolgt zunächst die Betrachtung der Entwicklung von Produktionssystemen verschiedener Automobilhersteller. Es wird der Frage nachgegangen, was die Wertschöpfung der einzelnen Automobilhersteller auszeichnet und worin sich diese unterscheiden. Behandelt werden die Aufbau- und Ablauforganisation in der Produktion, Ausgestaltungen von Fertigungsmodulen sowie einheitliche Produktionsstandards über alle Baureihen. Aufbauend darauf erfolgt die Betrachtung konkreter Modularisierungsansätze in der Produktion. Dazu wird ein Modell vorgestellt und Ansätze zur Modularisierung der Produktion in der Automobilindustrie diskutiert. Anhand des Modularen Produktions-Baukastens (MPB) von Volkswagen werden die Anforderungen und Zielsetzungen abgeleitet sowie seine Implementierung und der Nutzen dargestellt.

## **2 Produktionssysteme in der Automobilindustrie**

Der Kerngedanke der Produktion ist es, durch den wirtschaftlich sinnvollen Einsatz der verfügbaren Ressourcen wie Material, Kapital, Personal und Energie einen möglichst hohen Output an Produkten und Dienstleistungen zu erzeugen. Ein Produktionssystem entsteht durch die zielorientierte Verknüpfung, Standardisierung und kontinuierliche Verbesserung bekannter Prinzipien und Methoden. Dadurch ergibt sich eine systemische Grundordnung für das Produktionssystem. Ein Produktionssystem wird etabliert, um auf die neuen Herausforderungen durch schnellere und tiefgreifende technologische Veränderungen wie Automatisierungstechnik, Informations- und Kommunikationstechnologien, neuartige Werkstoffe und stärkere Veränderungen auf Absatz- und Beschaffungsmärkten reagieren zu können. Ziel ist es, Sachverhalte optimal zu gestalten und diesen Standard ständig zu verbessern.

### **2.1 Meilensteine in der Entwicklung von Produktionssystemen**

Für die Bewertung der Zukunftsfähigkeit von Produktionssystemen in der Automobilindustrie ist es notwendig, die historische Entwicklungslinie der Produktionssysteme zu betrachten. Gemäß dem Befund zur Evolution der Managementkonzepte kann ohne Änderungen nichts Neues entstehen. Die Ursachen für die historische Entwicklung müssen bekannt sein, um die Zukunft bewerten und gestalten zu können. Die Produktionssysteme mussten sich im Laufe der Zeit an die gravierenden Umweltveränderungen anpassen. Dies lässt sich anhand einer historischen Analyse des Produktionssystems von Beretta darstellen. Beretta ist das älteste europäische Unternehmen. Es hat sich in der fünfhundertjährigen Geschichte von einer handwerklichen Produktion von Unikaten in verschiedenen Entwicklungsstufen zu