

---

# Kapitel 2

## Variantenreiche Serienproduktion in der Automobilindustrie

### 2.1 Automobilindustrie

Die Automobilindustrie setzt sich im Wesentlichen aus zwei Gruppen von Akteuren zusammen: Automobilherstellern<sup>1</sup> und Zuliefererunternehmen.<sup>2</sup> Heitmann (2007, S. 118) bezeichnet als Automobilhersteller Unternehmen, deren vorrangiges Unternehmensziel die Entwicklung und Produktion sowie der Absatz und Vertrieb von Kraftfahrzeugen ist. Die Automobilhersteller sind im Rahmen eines Unternehmensnetzwerks mit direkten und indirekten Zulieferern verbunden, auf die ein Anteil der Wertschöpfung übertragen ist. Automobilzulieferer sind nach Heitmann (2007, S. 128) Unternehmen, welche Leistungsbündel anbieten, die direkt oder indirekt im Automobil montiert bzw. integriert werden. Die Unternehmen stehen in einmaligen oder regelmäßigen Lieferbeziehungen zu den Endherstellern oder deren Zulieferern und sind rechtlich selbstständig.

Die weltweite Automobilproduktion hat in den vergangenen zehn Jahren ein Wachstum von 30% erfahren. Im Jahr 2001 wurden weltweit rund 56 Millionen Fahrzeuge (PKW und Nutzfahrzeuge) produziert, im Jahr 2011 waren es ca. 80 Millionen Fahrzeuge. Bis zur Weltwirtschaftskrise im Jahr 2008 verzeichnete die weltweite Fahrzeugproduktion ein stetiges Wachstum. Nach einem Krisenjahr 2009, in dem nur ca. 61,8 Millionen Fahrzeuge produziert wurden, erholte sich die Branche jedoch schnell und fertigte im Jahr 2010 bereits 77,8 Millionen Fahrzeuge. Im Jahr 2011 wurden die meisten Fahrzeuge in China produziert (18,4 Mio.), mit deutlichem Abstand folgen die USA (8,6 Mio.), Japan (8,4 Mio.), Deutschland (6,6 Mio.), Südkorea (4,6 Mio.)

---

<sup>1</sup>Automobilhersteller werden im Folgenden auch als OEM (Original Equipment Manufacturer) bezeichnet, analog zu Gehr und Hellingrath (2007).

<sup>2</sup>Kraftfahrzeughersteller ohne eigene Marke, die im Auftrag der Automobilhersteller Fahrzeuge entwickeln und produzieren seien im Rahmen dieser Untersuchung vernachlässigt.

und Indien (3,9 Mio.). Die Entwicklung der Automobilproduktion weltweit und der genannten Nationen ist in Abbildung 2.1 dargestellt.

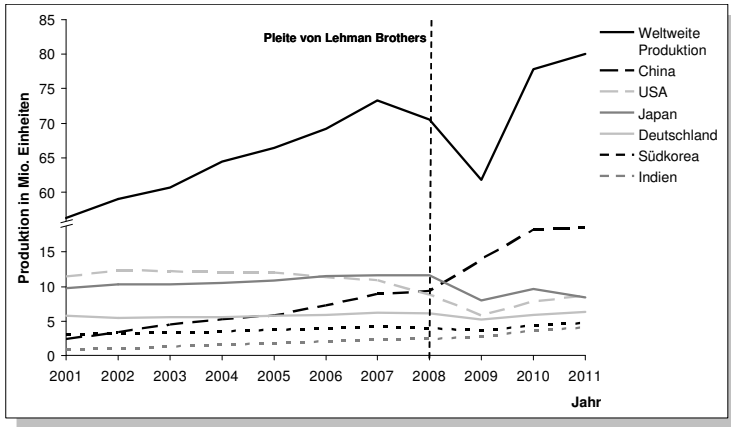


Abbildung 2.1: Weltweite Fahrzeugproduktion<sup>3</sup>

Es ist zu erkennen, dass die Automobilproduktion in den USA besonders von der Wirtschaftskrise betroffen war. Die Produktion sank von 10,8 Mio. Einheiten im Jahr 2007 auf 5,7 Mio. im Jahr 2009. Im Gegensatz dazu stieg die Fahrzeugproduktion in China sogar während der Krise stark an. Dies ist damit zu erklären, dass China auch in der Wirtschaftskrise ein solides Wirtschaftswachstum (6,8% im 4. Quartal 2008)<sup>4</sup> verzeichnete und die in China produzierten Fahrzeuge vor allem für den chinesischen Markt bestimmt sind. In Deutschland konnte ein starker Einbruch der Automobilproduktion während der Wirtschaftskrise verhindert werden.<sup>5</sup>

Analog zu den Produktionszahlen entwickelte sich in den vergangenen Jahren die Anzahl der Neuzulassungen. Im Jahr 2012 lag diese Anzahl in China bei 18 Mio. Einheiten. Damit liegt China deutlich über den USA mit 11,7 Mio. Fahrzeugen. Darauf folgen Japan (5 Mio.), Brasilien (3,5 Mio.), Deutschland (3,2 Mio.) und Indien (2,3 Mio.).<sup>6</sup> Während die traditionellen Märkte in den USA, Japan und Deutschland stagnierten oder sogar rückläufig waren, sind die Märkte in Schwellenländern wie Chi-

<sup>3</sup>Quelle: OICA (2012)

<sup>4</sup>Laut Bundeszentrale für politische Bildung, siehe BPB (2009)

<sup>5</sup>Alle Daten stammen von der „Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles“ (OICA), einer Organisation, die nach eigenen Angaben die nationalen Automobilverbände verbindet und die Automobilindustrie international vertritt, siehe OICA (2012).

<sup>6</sup>Alle Daten beziehen sich auf die Summe von PKW, Nutzfahrzeugen und Bussen; Quelle: KAMA (2011)

na, Brasilien und Indien von anhaltendem Wachstum geprägt. Die Entwicklung der Neuzulassungen zwischen 2000 und 2010 ist in Abbildung 2.2 dargestellt.

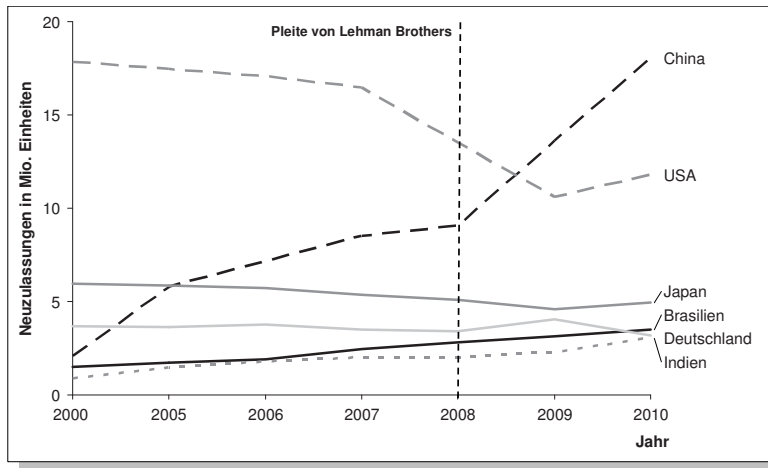


Abbildung 2.2: Neuzulassungen in wichtigen Märkten (Gesamtsumme über PKW, Nutzfahrzeuge und Busse)<sup>7</sup>

Es ist zu erkennen, dass die Neuzulassungen in den USA von 16 Mio. Einheiten im Jahr 2007 durch die Wirtschaftskrise auf 11 Millionen Einheiten im Jahr 2009 sanken. Dies entspricht einem Einbruch von ca. 30% in nur zwei Jahren. Im gleichen Zeitraum stieg die Anzahl der Neuzulassungen in China um fast 60% von 8,5 Mio. Einheiten auf 13,6 Mio. Einheiten.<sup>8</sup>

Die deutsche Automobilindustrie konnte im Jahr 2010 einen Umsatz von insgesamt 315 Mrd. Euro realisieren und beschäftigt ca. 714.000 Menschen. Die deutschen Automobilhersteller setzten dabei im Jahr 2010 rund 12,7 Millionen PKW-Einheiten ab. Dies entspricht etwa einem Sechstel der weltweiten Produktion.<sup>9</sup>

Eine hohe, inflexible, langfristige Kapitalbindung für den Aufbau von Produktionskapazitäten, hohe Abhängigkeiten von Mindeststückzahlen für die Deckung der fixen Produktions- und Vertriebskosten (Economies of Scale) und eine hohe Wettbewerbsintensität aufgrund der nahezu vollkommenen Transparenz im Angebot haben in der Automobilindustrie einen Konzentrationsprozess erzwungen. So bestanden in

<sup>7</sup>Quelle: KAMA (2011)

<sup>8</sup>Alle Daten beziehen sich auf die Summe von PKW, Nutzfahrzeugen und Bussen; Quelle: KAMA (2011)

<sup>9</sup>Vgl. VDA (2011)

der industrialisierten Welt von insgesamt 62 eigenständigen Automobilherstellern im Jahr 1960 nur noch ca. 13 im Jahr 2009. Dieser Konzentrationsprozess wurde durch die Weltwirtschaftskrise nochmals verschärft. Seine Entwicklung ist in Abbildung 2.3 dargestellt.<sup>10</sup>

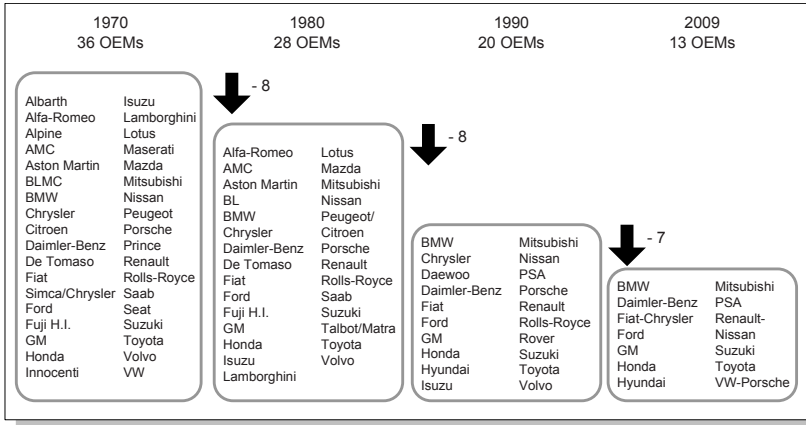


Abbildung 2.3: Automobilhersteller, analog zu Becker (2010, S. 16)

Um in diesem Verdrängungswettbewerb zu bestehen, haben die Automobilhersteller den steigenden Kundenansprüchen hinsichtlich Flexibilität bei Änderungswünschen und Individualisierung der Endprodukte durch die Auswahl von Ausstattungsoptionen<sup>11</sup>, durch eine Ausweitung ihrer Modellpalette und der Optionsvielfalt Rechnung getragen.<sup>12</sup> Wie in Kapitel 1 beschrieben bietet beispielsweise die Daimler AG theoretisch 2<sup>27</sup> Varianten der Mercedes-Benz C-Klasse an.<sup>13</sup>

Die Erweiterung der Modellpalette führt jedoch in der Regel zu geringeren Produktionsvolumina der einzelnen Modellreihen bei gleichzeitig steigenden Kosten, beispielsweise für Forschung und Entwicklung oder Marketing. Durch Gleichteil- und Plattformstrategien konnten diese Kosten erheblich reduziert werden. Demnach werden bestimmte Bauteile, z.B. Motoren, baureihenübergreifend verbaut, und mehrere Modellreihen eines Herstellers basieren auf der gleichen Fahrzeugplattform.<sup>14</sup> Dadurch

<sup>10</sup>Vgl. Becker (2010, S. 16)

<sup>11</sup>Vgl. Gehr und Hellingrath (2007, S. 8)

<sup>12</sup>Vgl. Becker (2007, S. 68), Röder und Tibken (2006)

<sup>13</sup>Vgl. Röder und Tibken (2006)

<sup>14</sup>Zu einer Fahrzeugplattform gehören bei Volkswagen beispielsweise Antriebsbereich, Kühler, Ventilatoren, Motorblock, Lenksäule, Getriebekasten, Bremsen und Kabel, Benzintank und das Auspuffsystem, vgl. Heitmann (2007, S. 114).

können höhere Stückzahlen für einzelne Bauteile und damit verbundene Einsparpotenziale realisiert werden. Außerdem kann die Varianz durch die Gleichteil- und Plattformstrategien etwas reduziert werden; sie bleibt allerdings hoch.<sup>15</sup>

Die hohe Varianz der Endprodukte stellt eine besondere Herausforderung an die Produktions- und Logistikprozesse dar. Diese werden im Folgenden beschrieben.

## 2.2 Produktionsprozess

### 2.2.1 Allgemeine Einordnung

Wie in Abbildung 2.4 dargestellt kann die Produktion als Prozess verstanden werden, bei dem aus Produktionsfaktoren (z.B. Werkstoffen, Betriebsmitteln oder Arbeitskräften) Produkte in Form von Sachgütern oder Dienstleistungen entstehen.<sup>16</sup> Nach Günther und Tempelmeier (2012, S. 7) setzt sich der industrielle Produktionsprozess aus einzelnen Abschnitten zusammen, die jeweils einen bestimmten Teilprozess der Produktion eines Erzeugnisses umfassen. Die Transformation der Arbeitsobjekte innerhalb dieser Teilprozesse wird von sogenannten Produktiveinheiten (Arbeitsystemen) vorgenommen.

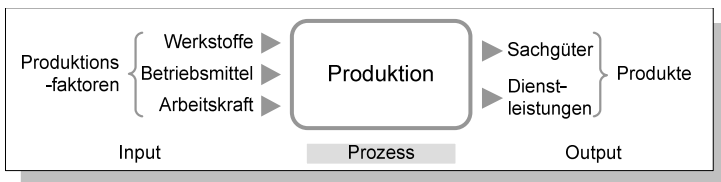


Abbildung 2.4: Produktionsprozess (analog zu Boysen (2005, S. 5))

Die Anordnung der Produktiveinheiten (Funktions- oder Objektprinzip), die Art des Materialflusses durch die Produktiveinheiten (heterogener oder einheitlicher Materialfluss bzw. Zentrenproduktion), die zeitlichen Bindung des Materialflusses und die Art der Automatisierung beschreiben so genannte *Organisationstypen der Produktion*. Die Organisationstypen der Produktion und deren Klassifizierung sind in Abbildung 2.5 dargestellt.<sup>17</sup>

<sup>15</sup>Vgl. Heitmann (2007, Kap. 3.1.1)

<sup>16</sup>Vgl. Boysen (2005, S. 5) Günther und Tempelmeier (2012, S. 6f)

<sup>17</sup>In der Literatur findet sich hierzu kein konsistentes Bild. Vergleichbare Klassifizierungen sind jedoch bei Mollemer (1997, S. 3), Günther und Tempelmeier (2012, S. 13) und Boysen (2005, S. 7) zu finden. Günther und Tempelmeier (2012) unterscheiden bei der Fließproduktion zusätzlich zwischen gekoppeltem und nicht gekoppeltem Materialfluss.

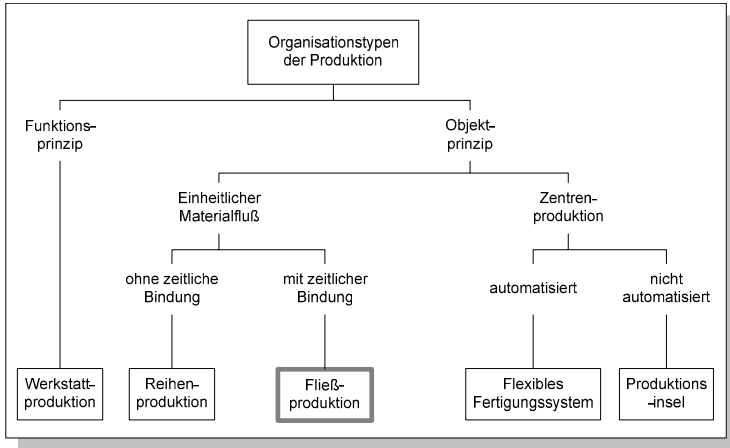


Abbildung 2.5: Organisationstypen der Produktion, Grafik ist abgeleitet aus Günther und Tempelmeier (2012, S. 13)

Seit der Anwendung der Fließproduktion durch Henry Ford zur Produktion des „Model-T“<sup>18</sup> wird die Fließproduktion zur Massenproduktion von Automobilen eingesetzt.<sup>18</sup> Daher steht dieser Organisationstyp im Fokus dieser Arbeit und für eine detaillierte Beschreibung der übrigen Organisationstypen wird auf Günther und Tempelmeier (2012) verwiesen.

Nach Günther und Tempelmeier (2012, S. 92) werden bei der Fließproduktion die Arbeitssysteme (Arbeitsstationen) im Hinblick auf einen als typisch angenommenen Produktionsprozess linear hintereinander angeordnet. Jeder Station wird eine Menge von Bearbeitungsoperationen (elementaren Arbeitsvorgängen) zugeordnet, die innerhalb einer bestimmten Zeitspanne zu erledigen sind.<sup>19</sup> Bei der Fließproduktion handelt es sich demnach um einen objektbezogenen Organisationstyp mit einem einheitlichen Materialfluss mit zeitlicher Bindung.

Scholl (1999, S. 2) fasst die *Vor-* und *Nachteile* eines Fließsystems folgendermaßen zusammen.

Vorteile:

- Die Kapazitätsausnutzung ist in der Regel hoch und die Durchlaufzeiten sind gering.

<sup>18</sup>Vgl. Kapitel 1, Ford und Crowther (1922)

<sup>19</sup>Eine ähnliche Definition findet sich auch bei Boysen (2005).

- Die Lagerhaltung von Zwischenprodukten ist gering.
- Der Materialfluss ist regelmäßig und kann leicht kontrolliert werden.
- Nur geringe manuelle Materialbewegungen sind notwendig, da die Werkstücke in der Regel von automatisierten Anlagen transportiert werden, z.B. von einem Förderband.
- Die benötigte Produktionsfläche ist gering, da weniger Platz zur Lagerung und zum Transport von Materialien und Zwischenprodukten benötigt wird.
- Auf Grund der weitgehenden Arbeitsteilung werden weniger qualifizierte Arbeitskräfte benötigt.

Nachteile:

- Die Installation des Fließsystems erfordert hohe Investitionen, insbesondere wenn Automatisierungstechnik benötigt wird.
- Die Arbeiterzufriedenheit ist oft niedrig, da auf Grund der hohen Arbeitsteilung oft monotone Arbeitsschritte zu verrichten sind. Dadurch kann es zu überdurchschnittlichen Fehlzeiten kommen.
- Wegen der hohen Spezialisierung sind die Fließsysteme oft inflexibel.
- Maschinenausfälle an einem bestimmten Bandabschnitt können zum Stillstand der gesamten Linie führen. Daher spielt die Wartung der Anlagen eine wesentliche Rolle.
- Die Qualitätskontrolle muss direkt in die Fließlinie integriert werden. Folglich können Qualitätsprobleme einen Effekt auf die gesamte Produktionslinie haben.

Wird auf einer Fließlinie nur ein Produkt gefertigt, spricht man von einer Einprodukt-Fließlinie.<sup>20</sup> Analog dazu wird eine Fließlinie, auf der mehrere Produkte gefertigt werden, als Mehrprodukt-Fließlinie bezeichnet. Zusätzlich werden folgende Arten von Mehrproduktfließlinien unterschieden:<sup>21</sup>

- *Serienfließproduktion*: Dabei fallen Umrüstkosten beim Wechsel zwischen den einzelnen Produkten an. Um einen Ausgleich zwischen den Umrüstkosten und

---

<sup>20</sup>Vgl. Günther und Tempelmeier (2012), Boysen (2005)

<sup>21</sup>Analog zu Scholl (1995), Boysen (2005), Gans (2008)

Lagerhaltungskosten zu realisieren, erscheint in diesem Fall eine losweise<sup>22</sup> Produktion der Produkte sinnvoll.<sup>23</sup>

- *Variantenfließproduktion*: Dabei sind die Umrüstvorgänge zu vernachlässigen und die Produkte können in beliebiger Reihenfolge produziert werden.

Henry Ford ließ nur ein standardisiertes Produkt auf der Fließlinie fertigen (Einproduktfließproduktion). Heute wird der wachsenden Individualisierung der produzierten Fahrzeuge durch die Anwendung der Variantenfließfertigung in der Automobilproduktion Rechnung getragen.<sup>24</sup> Dabei können unterschiedlichen Varianten eines oder mehrerer Grundtypen<sup>25</sup> auf einer Fließlinie produziert werden. Die Automobilendmontage ist durch einen hohen Anteil manueller Montageprozesse gekennzeichnet. Die Varianz der Endprodukte erfordert eine hohe Flexibilität bei der Ausführung der Montageoperationen. Die benötigte Flexibilität wird durch eine umfassende Schulung der Mitarbeiter sichergestellt. Die Fahrzeuge durchlaufen die unterschiedlichen Arbeitsstationen (Produktiveinheiten) in identischer Reihenfolge. Zwischen den Stationen befinden sich keine Puffer zur Lagerung von Zwischenprodukten.

## 2.2.2 Produktionsstufen

Der Produktionsprozess eines Automobils ist in drei grundlegende Stufen eingeteilt: Rohbau, Lackierung<sup>26</sup> und Endmontage.<sup>27</sup> Die einzelnen Produktionsstufen werden auch als Gewerke bezeichnet.<sup>28</sup>

Der Produktionsprozess startet mit der Herstellung der Karosserie im Rohbau. Dazu werden die einzelnen Karosseriebauteile durch hochautomatisierte Maschinen gepresst und miteinander verschweißt. Innerhalb des Rohbaus können in der Regel unterschiedliche Karosserievarianten eines Grundmodells produziert werden. Dabei fallen jedoch unter Umständen Rüstkosten zur Umstellung zwischen den Modellvari-

<sup>22</sup>Dabei werden Bedarfe eines Produktes aus mehreren Perioden zu einem Produktionslos zusammengefasst, um die Rüstkosten zu vermeiden.

<sup>23</sup>Für eine detaillierte Betrachtung der Losgrößenplanung siehe Günther und Tempelmeier (2012, Kap. 9.1.3).

<sup>24</sup>Vgl. Günther und Tempelmeier (2012, S. 92), Altemeier (2009, S. 1)

<sup>25</sup>Ein Grundtyp wäre beispielsweise die Mercedes-Benz C-Klasse.

<sup>26</sup>Diese wird auch als Oberfläche bezeichnet, vgl. Askar (2008, S. 11).

<sup>27</sup>Vgl. Bolat (1994), Mollemer (1997, S. 5), Sillekens (2008), Askar (2008, S. 11). Meyr (2004) beschreibt als vierte Stufe das Presswerk, in dem die im Rohbau benötigten Metallteile gepresst werden. Diese Stufe wird im Rahmen dieser Arbeit dem Rohbau zugeordnet und im Folgenden vernachlässigt.

<sup>28</sup>Vgl. Askar (2008, S. 10)



anten an, was eine losweise Fertigung nahelegt (Serienfließproduktion).<sup>29</sup> Die Herstellung der Karosserie im Rohbau zeigt Abbildung 2.6.

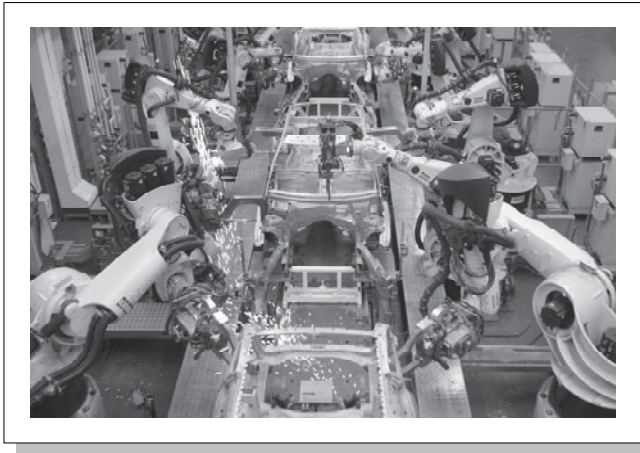


Abbildung 2.6: Herstellung von PKW Karosserien im Rohbau, Quelle: Daimler AG (2009)

Die Oberfläche der Rohkarosserie wird anschließend in der zweiten Produktionsstufe, der Lackierung, behandelt. Dazu gehört beispielsweise das Auftragen eines Korrosionsschutzes und des Fahrzeuglacks. Die Oberflächenbehandlung ist ebenfalls voll automatisiert. Es kann jedoch bei bestimmten Farbwechseln zu Rüstkosten, z.B. durch das Reinigen von Lackspritzdüsen, kommen.<sup>30</sup> Daher erscheint auch in dieser Produktionsstufe eine losweise Fertigung sinnvoll (Serienfließproduktion).<sup>31</sup> Abbildung 2.7 zeigt die Lackierung einer LKW Karosserie.

Die lackierten Karosserien werden abschließend in der Endmontage fertiggestellt. In der Endmontage werden jegliche Anbauteile, z.B. Motor oder Außenspiegel, an der Karosserie angebracht. Auf Grund der hohen Varianz und der Komplexität der Arbeitsvorgänge werden die meisten Montagevorgänge manuell vorgenommen. Durch die hohe Flexibilität der Arbeitskräfte ist eine weitgehend wahlfreie Montagereihenfolge möglich, ohne dass Rüstkosten anfallen (Variantenfließproduktion).<sup>32</sup> Die PKW-Montage ist in Abbildung 2.8 dargestellt.

<sup>29</sup>Vgl. Mollemeier (1997)

<sup>30</sup>Vgl. Bolat (1994), Mollemeier (1997)

<sup>31</sup>Vgl. Mollemeier (1997)

<sup>32</sup>Vgl. Bolat (1994)



Abbildung 2.7: Lackierung einer LKW Karosserie, Quelle: Daimler AG (2012a)



Abbildung 2.8: PKW Montage, Quelle: Daimler AG (2007)



<http://www.springer.com/978-3-658-02091-0>

Produktionsprogrammplanung bei variantenreicher  
Fließproduktion

Untersucht am Beispiel der Automobilendmontage

Dörmer, J.

2013, XVIII, 133 S. 39 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-02091-0