

## 9. Automatisierung unter Lean-Production-Bedingungen (1990 bis 2010)

### 9.1 Einleitung

Dieses Kapitel beschreibt die Entwicklung bei VW von 1990 bis in die 2010er Jahre. Es bildet den Abschluss der Darstellung über VW und zieht eine Bilanz.

Abschnitt 9.2 knüpft direkt an das vorige Kapitel an. Der Anfang der 1990er Jahre war bei VW eine Zeit der Neuorientierung. Der starke Fokus, den das Unternehmen in den 1980ern auf Automatisierung gelegt hatte, wurde nun kritisiert und vor dem Hintergrund der Diskussion über die japanischen Wettbewerbsvorteile und das Lean-Production-System in Frage gestellt.

Im Fokus des Abschnitts 9.3 stehen die Veränderungen bei den Produkten und in der Produktpolitik. Der Trend zur Differenzierung des Produktangebots hielt weiter an und verstärkte sich noch durch das Entstehen neuer Fahrzeugtypen wie den SUVs. Der Ansatz der Modularisierung wurde nun systematisch bezogen auf die Produktkonstruktion und auf die Auslegung der Produktionsabläufe weiterentwickelt. Zugleich wandelten sich die Produkte durch den zunehmenden Einsatz elektronischer Komponenten und durch die Computerisierung vieler Funktionen in den Fahrzeugen.

Es folgt der – dieses Mal recht ausführliche – Gang durch die Gewerke (9.4). Es gab keine spektakulären Automatisierungsprojekte aber weiterhin anhaltende technische Veränderungen in den bereits hochautomatisierten Gewerken, das Schwergewicht aber lag bei organisatorischen Veränderungen.

In Abschnitt 9.5 erfolgt eine Bilanzierung der Entwicklung des Automatisierungsgrades und der Produktivität über den gesamten in dem Buch untersuchten Zeitraum.

Den Abschluss bildet die Analyse der Veränderungen der Belegschafts- und Tätigkeitsstruktur und die Diskussion einiger übergreifender Aspekte (Abschnitt 9.6). Im ersten Schritt wird die Entwicklung im Werk Wolfsburg im Betrachtungszeitraum beschrieben. Im zweiten Schritt fokussiert die Analyse auf die Veränderungen bei den Tätigkeitsstrukturen auf der Ebene der Gewerke. Exemplarisch werden hier die Veränderungen im Karosserie-

bau und in der Fahrzeugmontage analysiert. Auf Grundlage der Befunde werden im dritten Schritt werden die Fragen der Aus- oder Abwertung von Produktionsarbeit und des Wandels im Bereich der Facharbeit diskutiert. Im vierten Schritt geht es um die Frage nach den Ursachen für den nach wie vor geringen Automatisierungsgrad in der Montage.

Den Abschluss bildet eine kurze Anmerkung zu den krassen Fehlprognosen bezogen auf die Auswirkungen der Automatisierung auf die Montagearbeit.

## 9.2 Zweifel an der Automatisierungsstrategie und die Lean-Production-Wende

Anfang der 1990er Jahre war man bei VW verunsichert, es schien, als hätte man mit der Automatisierung auf das falsche Pferd gesetzt. Die Bedenken wurden bestärkt durch die nun einsetzende Lean-Production-Debatte. Der damalige Werksleiter Weißgerber stellte fest:

„Unterm Strich ... hat sich damit die Kapitalproduktivität in vielen Bereichen verschlechtert. Die eigentliche Produktivität des Mitarbeiters, des Menschen also, wurde jedoch kaum aufgegriffen.... Wir haben den Taylorismus perfektioniert und damit die Eigenständigkeit und das Mitdenken unserer Mitarbeiter außen vorgelassen.“ (Weißgerber 1991: 32)

In der Vergangenheit habe man zu sehr auf Technik gesetzt. Diesen Weg werde man in Zukunft nicht mehr weiterverfolgen.

„Unsere Ziele können und wollen wir nicht mit noch mehr Kapitaleinsatz für Maschinen und Anlagen erreichen, sondern mit Hilfe des menschlichen Potenzials in unseren Werken. Der Weg sind neue Managementphilosophien und die Neustrukturierung von Qualifizierungsinhalten.“ (ebd.: 31)

In Bezug auf Produktivität lag das Werk im internationalen Vergleich weit zurück. VW war an dem Forschungsprogramm des MIT beteiligt gewesen und kannte die Ergebnisse. Nun trafen sich die Ernüchterung im Hinblick auf die Technikerwartungen mit den Erkenntnissen der Japan-Diskussion: Die Botschaft war, dass die Lösung nicht in dem vermehrten Technikeinsatz liegt, sondern in der Gestaltung der Abläufe und der sozialen Organisation der Produktion. Die Konzepte der vollautomatisierten und computerintegrierten Fertigung verschwanden in der Schublade.

Um sich selbst ein Bild zu machen, unternahm das Produktionsmanagement 1990 eine ausführliche Studienreise nach Japan. In dem Bericht von dieser Reise wurde der Befund eines großen Produktivitätsrückstands bestätigt.<sup>138</sup> Die Produktivität der besuchten japanischen Montagewerke war laut dem Bericht um bis zu 300 % höher als die in den eigenen Werken, bei den Motor- und Getriebewerken war der Vorsprung sogar noch höher.

Eine Ursache dafür seien, so lautete die Erklärung, die längeren Arbeitszeiten in Japan. Die Anzahl der effektiven Arbeitsstunden läge dort bei 2.200 bis 2.300 Stunden im Jahr, in den eigenen Werken bei 1.200 bis 1.250 Stunden; damit ließe sich die Hälfte des Produktivitätsunterschieds erklären. Die Erklärung für die übrige Differenz liege nicht in Unterschieden im Technologiestand und Mechanisierungsgrad, sondern in der höheren Effizienz der Prozesse: Sie seien einfacher strukturiert und überschaubarer, es gebe eine hohe Flexibilität auch bei der Fertigung kleinster Losgrößen, die Pufferkapazitäten seien geringer, die Anlagenverfügbarkeit höher.

Ein wichtiger Erklärungsfaktor sei, so der Bericht, die größere Handlungssouveränität des Shopfloors, der in Japan über mehr technische Intelligenz und besser qualifizierte Produktionsarbeiter verfüge und bei der Ablaufgestaltung eine viel aktivere Rolle spiele als dies in den deutschen Werken der Fall sei. Die Folge sei, dass in den japanischen Werken ein geringerer Bedarf an Zusatzpersonal für Nacharbeit, Steuerungs- und Logistikfähigkeiten bestehe. Zu den hohen Produktivitätsunterschieden trage aber auch eine hohe Arbeitsintensität bei, die in den japanischen Werken um 30 bis 50 % höher liege als in den eigenen Werken. Hierzu trügen entsprechend gestaltete Arbeitsabläufe bei, dazu eine Produktgestaltung, die eine möglichst einfache Montage ermöglichte und nicht zuletzt eine gehörige Portion an Drill.

Der Bericht bestätigte in wesentlichen Punkten die Aussagen der Studie von Womack et al. (1991), die nun eine zentrale Rolle bei den Beratungen des Unternehmens über den zukünftigen Weg einnahm (vgl. Weißgerber 1991: 34). Kopieren wollte man das japanische Modell aber nicht, sondern suchte nach eigenen Lösungen. Eine bestand in einer Reorganisation der Produktion nach dem Konzept der Fraktalen Fabrik, das vom Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, IAO, entwickelt wurde (Warnecke 1992) und das Elemente des japanischen Modells (Stärkung des Shopfloor durch Aufgabenübertragung „nach unten“) mit marktförmigen

---

138 Quelle: Reisebericht PKW-Montagewerke Japan 28.5. bis 3.6. 1990 (auf Grundlage von Aufzeichnungen des Autors).

Anreiz- und Kontrollmechanismen verband. Werksleiter Weißgerber dazu: „Unser Ziel heute ist, ein Shopfloor-Management zu schaffen, in dem jeder Beteiligte, vom Meister bis zum Werker am Band, unternehmerisch denkt und handelt.“ (Weißgerber 1991: 32)

Schwerpunkte der Maßnahmen zur „Erschließung des menschlichen Potentials“, wie es Weißgerber formuliert hatte, bildeten die Einführung von Gruppenarbeit sowie die Durchführung von Verbesserungsaktivitäten (Widuckel-Mathias 1992; Lünzmann 1992).

Weitere Maßnahmen waren aber auch die in den 1980ern begonnen Reduktion der Fertigungstiefe (vgl. näher zu diesen Maßnahmen: Klobes 2005; D'Alessio et al. 2000) sowie die bald einsetzende Verlagerung von Produktions- und Dienstleistungsprozessen an die Low-Cost-Standorte, die sich durch den Fall der Mauer sowie die Öffnung des Ostblocks in Europa aufgetan hatten.

Die aktuellen Entwicklungen liefen allerdings den Zielen einer Verschlinkung der Prozesse und Kostensenkungen im Sinne von Lean Production zuwider. Die boomende Nachfrage nach Automobilen, die der Fall der Mauer in Deutschland auslöste, und die erweiterten Absatzmöglichkeiten aufgrund der Öffnung des Ostblocks führten dazu, dass Einsparziele in den Hintergrund traten und die Aufmerksamkeit stattdessen auf den Ausbau der Kapazitäten und die Errichtung neuer Werke gerichtet war.

Als nach dem vereinigungsbedingten Boom ein scharfer Nachfragerückgang einsetzte, verfügte das Unternehmen über zu hohe Kapazitäten. Die hohen Investitionen in Maschinen und Anlagen wurden zu einer Bedrohung. Ende 1993 stand das Unternehmen vor dem Bankrott. Die Krise machte aus Sicht des Unternehmens eigentlich Massenentlassungen in großem Maßstab erforderlich, was aber zu heftigen Konflikten in den Arbeitsbeziehungen und zu einem Bruch mit der bisherigen Praxis der vertrauensvollen Zusammenarbeit zwischen Management und Betriebsrat geführt hätte. Durch die Vereinbarung einer alternativen Lösung kam es stattdessen zu einer Festigung des Systems der Mitbestimmung im Unternehmen. Die Vereinbarung bestand darin, die erforderlichen Kosteneinsparungen durch eine Verkürzung der Wochenarbeitszeit auf 28,8 Stunden zu erreichen, verbunden mit einer entsprechenden Kürzung bei den Löhnen und Gehäl-

tern.<sup>139</sup> Im Gegenzug gab es eine Zusage der Beschäftigungssicherheit für alle Beschäftigten (Haipeter 2000; Jürgens 1998).

Diese Mischung von Erfahrungen, Einsichten und aktuellen Problemen bilden den Hintergrund für die anschließende Analyse.

### 9.3 Modellvielfalt und Modularisierung

Im Folgenden wird zunächst, wie in den vorigen Kapiteln auch, ein Blick auf die Entwicklung des Produktionsvolumens, des Modellspektrums und der Zahl der Leistungslohnempfänger im Werk Wolfsburg in dem betrachteten Zeitraum geworfen.

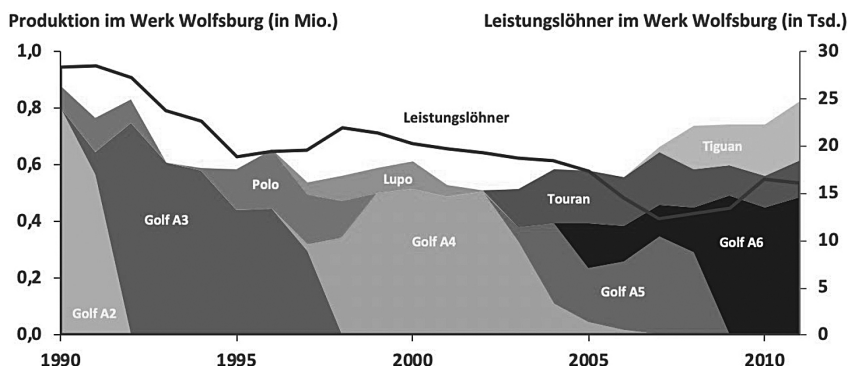
1992 hatte der Modellwechsel zum Golf 3 stattgefunden. Schon vorher war die Nachfrage nach dem Golf ebenso wie für den Kleinwagen Polo, der ebenfalls im Werk Wolfsburg hergestellt wurde, stark zurückgegangen. Der Einschnitt bei der Beschäftigtenzahl wurde kurzzeitig durch den Boom, den die Wiedervereinigung auslöste, unterbrochen, fiel danach aber umso heftiger aus, wie Abbildung 56 zeigt.

Auf die Beschäftigungsentwicklung wird später in diesem Kapitel noch näher eingegangen. Das neue, niedrigere Niveau beim Produktionsvolumen blieb bis 2008 die neue Normalität. Bis dahin fanden drei weitere Modellwechsel statt. Der Anteil des Golf und seiner Varianten nahm nach jedem Modellwechsel ab, ab Mitte des 2000er-Jahrzehnts stabilisierte er sich auf niedrigem Niveau und stieg danach wieder leicht an. In dieser Zeit wuchs zugleich der Anteil neuer Fahrzeugarten, die die Plattform des Golf verwendeten. Hergestellt wurden diese Fahrzeuge in einem eigenständigen Organisationsbereich der „Auto 5000“ innerhalb des Wolfsburger auf Basis eines deutlich niedrigeren Lohnniveaus und mit teilweise neuen Fertigungsmethoden. Auf das „Auto 5000-Projekt“ wird in diesem Buch nicht näher eingegangen (vgl. dazu: Schumann et al. 2004; Schumann et al. 2006).

---

139 Die 28,8-Stunden-Woche blieb bis 2005 in Kraft. Danach wurde sie durch eine differenzierte 34-Stunden-Woche abgelöst.

Abbildung 56: Modellspektrum, Produktionsvolumen und Beschäftigungsentwicklung des Werks Wolfsburg (1990 bis 2011)



Anm.: Die Angaben über die Golf-Produktion schließen die Modelle Jetta, Bora, Golf Plus und Vento ein.

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Unternehmensdaten

Bezogen auf die Produkte gab es vier Trends, die großen Einfluss auf die Produktion hatten und im Folgenden kurz beschrieben werden sollen:

(1) Der oben schon erwähnte Trend zu neuen Fahrzeugarten, die ihren Ursprung zumeist in den USA hatten. Am weitesten haben sich die sog. SUVs verbreitet. Begonnen hatte der Trend in den 1980er Jahren mit Minivans, die von staatlicher Seite in die Kategorie der Light Trucks eingestuft wurden, was ihnen erhebliche steuerliche Vorteile und einen größeren Schutz vor der Konkurrenz von Importfahrzeugen bot. Diesem Fahrzeugsegment verdanken die traditionellen US-amerikanischen Hersteller, die Großen Drei (GM, Ford, Chrysler), vermutlich überhaupt, dass sie überleben konnten. Es handelte sich dabei zumeist um große, schwere Fahrzeuge, oft luxuriös ausgestattet, mit hohem Kraftstoffverbrauch und auf den Straßen sehr viel Platz fordernd, d.h. allen ökologischen Anforderungen widersprechend, aber für die Hersteller hochprofitabel.

Die Produktpolitik europäischer und japanischer Hersteller passte sich diesem Trend an. Waren die Weichen der Produktpolitik Anfang der 1990er Jahre noch in Richtung auf verbrauchssparende Low-Cost-Fahrzeuge gestellt – VW hatte ein Zwei-Liter-Auto entwickelt –, ging es nun in die entgegengesetzte Richtung. Hinzu kam ein Trend zu immer höherwertigen Ausstattungen mit entsprechenden Auswirkungen auf den Arbeitsaufwand in der Produktion.

(2) Das Produkt änderte sich fundamental. Der Wertanteil der elektrischen und elektronischen Komponenten an einem Fahrzeug stieg auf gut 40 %. Treiber dafür waren Anforderungen der Fahrzeugsicherheit, Verbrauchsreduktion und Annehmlichkeiten. Immer mehr Elektromotoren und Prozessrechner wurden eingesetzt, die Redewendung „Computer auf Rädern“ kam auf. (Vgl. dazu Jürgens/Meißner 2005) Das Automobil wurde immer mehr selbst zum Fokus von Automatisierungsbestrebungen: Abstandswarner, Spureinhaltungsregler, Einschlafwarner, Nachtsicht, Navigationssysteme. Der Mensch in seiner Steuerungsfunktion wurde zunehmend ersetzt und das Ziel des autonomen Fahrens rückte immer näher.

(3) Modularisierung. Der Trend hin zu höherwertigen Fahrzeugen und zu den neuen Fahrzeugarten wie SUVs oder Cross-Over-Fahrzeugen bedeutete in der Produktion eine Erhöhung der Anzahl von Modellen, Varianten, Optionen. In dieser Hinsicht aber glaubte man bei VW, mit der Modularisierung über eine Methode zu verfügen, die es ermöglichte, den Zielwiderspruch zwischen Flexibilität und Economies of Scale aufzulösen. Ausgangspunkt war die Aufteilung des Fahrzeugs in Module, das Frontend des Golf, das bei der Planung der Halle 54 eine Schlüsselrolle gespielt hatte, war ein solches Modul gewesen. Dieser Weg wurde nun weiterverfolgt, indem neue Module definiert wurden. Der Golf, der hierbei eine Pionierrolle spielte, wurde auf diese Weise zunehmend „durchmodularisiert“. Beim Golf 4 von 1997 gab es 25 Module, beim Golf 5 von 2003 waren es 31 Haupt- und 54 Untermodule; offensichtlich war der Ansatz zwischenzeitlich noch weiter verfeinert worden (Automobil Produktion 2003a:36f; Wilhelm 1997).

Die Modulbildung erfolgte zunächst im Rahmen der Plattformstrategie. Unterschiedliche Fahrzeugmodelle mit bestimmten gemeinsamen Grundmerkmalen wurden danach auf einer einheitlichen Plattform gebaut, im Prinzip war dies ein um zusätzliche Komponenten erweitertes Chassis, das rund 60 % der Entwicklungs- und Herstellungskosten eines Fahrzeugs umfasste. Im ersten 2000er-Jahrzehnt wurde dieser Ansatz durch die Entwicklung plattformübergreifender „Modulbaukästen“ erweitert, aus denen sich die Konstrukteure auch von Fahrzeugen bedienen konnten, die auf anderen Plattformen basierten. Dabei galt es, die unterschiedlichen Anforderungen der Marken und Vorstellungen der Entwickler unter einen Hut zu bringen. Der spätere Produktionsvorstand von VW, Waltil, resümiert in einem gemeinsam mit Wildemann verfassten Buch:

„In Summe führen die markenübergreifenden Baukästen zu einem verringerten Freiheitsgrad von technischen Einzellösungen, aber zu einer enormen Steigerung von Kombinationsmöglichkeiten für Fahrzeugmodelle und deren Derivate.“ (Waltl/Wildemann 2014: 202)

Auf der Grundlage der definierten produkttechnischen Lösungen wurden daher in einem zweiten Schritt entsprechende Modulare *Produktions*-Baukästen (MPB)<sup>140</sup> entwickelt. Sie enthielten Vorgaben für die Gestaltung der Produktionsabläufe und für die Betriebsmittel in der Fahrzeugproduktion, jeweils spezifiziert auf den Ebenen Werke, Bereiche, Linie und Arbeitsplätze (Waltl/Wildemann 2014: 216). Dies betraf nicht nur die eingesetzte Technik, sondern auch die Logistik, Organisation und IT-Systeme und umfasste Vorgaben beispielsweise zu Personalbedarf und Energieverbrauch (ebd.: 218). Die Einschränkung der Freiheitsgrade betraf nicht nur die Produktentwicklung, sondern auch die Produktion. Im Hinblick auf MQB-Fahrzeuge<sup>141</sup> wird dies näher beschrieben:

„Im Zuge der Entwicklung des MQB wurden nicht nur die gleichen Komponenten (wie etwa die Bodengruppe, Lenkung, Achsen, Elektronikbauteile, Sitzgestelle oder Klimaanlage) modellübergreifend festgelegt, sondern in Zusammenhang mit der Produktionsplanung auch die Aufbau- und Montagereihenfolgen als Grundlage für die Fertigungsprozesse. Beispielsweise funktionieren alle MQB-Karosserielinien weltweit nach den gleichen Fügeprinzipien. Auch in der Endmontage ist die Aufbaureihenfolge stets identisch. Es ist damit eindeutig festgelegt, in welcher Station Cockpit, Sitze und Türen durch welche Prozesse montiert werden. Mit den im MQB festgelegten Geometrien für Komponenten, deren Fügeprinzipien und einem konzeptgleichen Fahrzeugaufbau lassen sich folglich die Fertigungsprozesse standardisieren. Als Konsequenz besteht damit die Möglichkeit, auch die Betriebsmittel weltweit zu vereinheitlichen. Diese enge Verzahnung zwischen Produkt, Prozess und Betriebs-

---

140 Die modularen Produkt-Baukästen basierten auf einer flexiblen Grundarchitektur mit den wesentlichen Technikmaßen, wie den Spurweiten, Radständen, Überhangen und Raddurchmessern. Unterscheidungskriterium war hier die Einbausystematik für den Motorraum. (Waltl/Wildemann 2014: 200)

141 Der Modulare Querbaukasten (MQB) wurde im Falle aller quer zur Fahrtrichtung installierten Motoren verwendet, er kam in der ersten Hälfte der 2010er Jahre bei 40 Fahrzeugmodellen des Unternehmens zur Anwendung. Darüber hinaus gab es Modulare Baukästen für längsinstallierte Motoren, für Fahrzeuge der Luxusklasse mit Heckantrieb und für Fahrzeuge mit Elektroantrieb.



mittel ist die Basis der Produktionsplanung für alle MQB-Standorte und damit auch die Grundlage für den Modulare Produktionsbaukasten.“ (Waltl/Wildemann 2014: 202f.)

Von dieser „Gleichschaltung“ der Werke wie die Strategie von Branchenjournalisten genannt wurde (vgl. Seiwert et al. 2012), wurden in der Produktentwicklung und der Produktion angesichts der Vielzahl von Fahrzeugmodellen im Konzern (über 220 Modelle von 12 Automobilmarken, über 100 Werke weltweit) große Kostenvorteile erwartet. Neben Kosteneinsparungen war ein zentrales Ziel die Erhöhung der Flexibilität bei der Produktion unterschiedlicher Fahrzeuge in den Werken. Um auf die hohe Volatilität der Nachfrage für einzelne Modelle auf unterschiedlichen Märkten schnell reagieren zu können, sollten die Fließbänder flexibler werden und bis zu vier verschiedene Fahrzeugmodelle in beliebiger Reihenfolge herstellen können.

Auch das Thema der Automatisierung fand Berücksichtigung. Um unterschiedlichen Standortbedingungen der Werke im internationalen Produktionsnetzwerk gerecht zu werden, wurden Module alternativ für eine hohe und eine niedrige Automatisierung ausgelegt (Waltl/Wildemann 2014: 215). Die an den Standorten vorhandenen Qualifikationen zur Beherrschung der Steuerungs- und Vernetzungskomplexität bildete ein wichtiges Kriterium bei der Entscheidung über den angestrebten Automatisierungsgrad. (ebd.: 215).

Die Modularisierung der Produkte und Prozesse war ein enormer organisatorischer Kraftakt für das Unternehmen und erforderte hohe Investitionen. Die Entwicklung der Modulare Produktionsbaukästen zog sich über viele Jahre hin, ihre Auswirkungen auf die Produktionsstrukturen und -abläufe konnte aber erst in den 2010er Jahren umfassend zur Geltung kommen.

#### 9.4 Gang durch die Werke und Bilanzierungen

Begonnen wird der Gang durch die Werke mit der Herstellung des Motors: der Gießerei, der Mechanischen Fertigung und der Motormontage. Dies war von Beginn an die Parastrecke der Automatisierung gewesen – schon bei Ford im Werk Highland Park. Wie ist die Situation hier mehr als 100 Jahre später? Im Anschluss erfolgt der Gang dann vom Presswerk über den Karosseriebau, zur Endmontage der Fahrzeuge. Die Lackiererei wird, wie bisher schon, nur kurz betrachtet.

Die wichtigsten Quellen sind hier die Sonderausgaben der Zeitschrift *Automobil-Produktion*, die ab 1991 anlässlich der jeweiligen Modellwechsel des Golfs im Werk Wolfsburg erschienen sind. In diesen Ausgaben verfassten die verantwortlichen Manager der Bereiche teilweise selbst Artikel oder stellten entsprechende Informationen für Artikel der Fachjournalisten bereit, in denen die technischen und organisatorischen Maßnahmen beschrieben wurden. Hier befinden sich auch Angaben über die erreichten Automationsgrade.

#### 9.4.1 Gießerei

Der Auftakt erfolgt mit der Gießerei. Die im Rahmen der vorliegenden Studie untersuchte Gießerei wurde bereits im Zusammenhang mit der Auslagerungen aus dem Wolfsburger Werk Anfang der 1960er Jahre an einem anderen Standort errichtet. 2008 wurde sie grundlegend modernisiert. Sie war zum Untersuchungszeitpunkt überwiegend auf die Fertigung von Zylinderköpfen und einigen anderen Motorteilen aus Aluminium spezialisiert, die an die Motorenwerke des Unternehmens geliefert und dort weiterbearbeitet wurden. Die Untersuchung erfolgte exemplarisch anhand eines 1,4-Liter-Dieselmotors.

Es handelte sich bei dieser Gießerei nicht um einen repräsentativen Fall, sondern um ein auf besonders komplexe Produkte und neue Materialien spezialisiertes Werk, in dem auch die Grenzen der Automatisierung ausgetestet wurden. Die Untersuchung wurde 2019 durchgeführt. Obwohl zu diesem Zeitpunkt schon klar war, dass der Verbrennungsmotor auslaufen würde, herrschte keine Endzeitstimmung im Werk; in der Halle wurde bereits eine Probelinie für die Fertigung von Teilen für Elektromotoren errichtet.

Angelagert an die Gießerei war ein Kompetenzzentrum für Leichtbau, das mit der Aufgabe betraut war, eine Strategie für den verstärkten Einsatz von Aluminium und Magnesium als Gusswerkstoffe zu entwickeln. In der Halle befand sich auch eine Anlage für den 3D-Druck von Fahrzeugteilen, in der mit dem neuen Herstellungsverfahren experimentiert wurde.

Die wesentlichen Ablaufschritte waren dieselben wie schon bei den früher beschriebenen Gießereien: Die Gussformen waren immer noch fragile Gebilde aus Sand, die Kerne für die Hohlräume wurden mit Drahtstiften an die entsprechenden Stellen positioniert und das Gesamtgebilde schließlich in Kokillen platziert, wo es dann mit Metallschmelze umgossen wurde.

Nach Abkühlung des Rohteils erfolgten das Herausschütteln aus der Kokille, das Säubern von Sandresten, das Abschlagen von Schmelzgraten und anschließend eine erste Bearbeitung auf Werkzeugmaschinen.

Grundstoff des Formmaterials war nach wie vor Kiesgrubensand, der mit Bindematerial versetzt und mithilfe von Maschinen geformt wurde. Eine Gussform eines Zylinderskopfs erforderte sieben Kerne. Hergestellt wurden sie mithilfe von Kernschießmaschinen, der Prozess verlief weitgehend automatisiert.

Nach dem Formprozess mussten die Kerne auf Unregelmäßigkeiten und Brüche kontrolliert werden und, falls erforderlich, überstehende Grate an dem Gebilde aus Formsand entfernt werden. Diese Aufgabe wurde von Robotern ausgeführt. Am Roboterkopf befand sich ein länglicher dünner Stahlstift, der entlang der Außen- und Innenflächen der Kerne glitt und Grate beseitigte. In der Vergangenheit war das Nachputzen der Kerne eine manuelle Tätigkeit und wurde am Band durchgeführt.

Das Zusammenfügen der Teilkerne zum Kernpaket besorgte ebenfalls ein Roboter. Der Roboter hob anschließend das Paket vor eine Kameravorrichtung, die die Schattenlängen an dem Kerngebilde maß und kleinste Abweichungen feststellte. Falls eine Abweichung vorlag, erschien ein rotes Signal, der Roboter schleuste das Paket dann selbsttätig aus. Diese Tätigkeit war bis vor Kurzem noch manuell verrichtet worden.

Im Anschluss wurden die Kernpakete per Roboter an die sogenannte Rundtischanlage weitergereicht. Es gab sieben solcher Rundtischanlagen, die jeweils spezialisiert auf einen bestimmten Motorentyp waren. Auf einem Rundtisch konnten in einem Gießdurchgang zwölf Gussteile hergestellt werden.

Die betrachtete Anlage befand sich in einem mit durchsichtigen Plastikwänden eingehausten Bereich, in dem jeweils zwei Roboter tätig waren. Früher musste der Gießer das 15 kg schwere Kernpaket am gestreckten Arm in die noch heiße Kokille einlegen, ohne es zu beschädigen. Nun legte ein Roboter es in die Kokille – ein kritischer Vorgang, für den die Roboter mit Sensoren (Drucksensor, Lasersensor) und Kamera ausgestattet wurden.

Ein zweiter Roboter in der Anlage schöpfte mit einer Kelle die über 700 Grad heiße Aluminiumschmelze aus dem Schmelzbehälter und füllte sie in die Kokillenform. Der Prozess wurde von einem Schmelzer überwacht, der zugleich noch für eine weitere Anlage zuständig war. Periodisch wurden zur Überprüfung der Schmelzzusammensetzung Stichproben genommen, die im Labor der Gießerei per Spektralanalyse untersucht wurden.

Das „Putzen“ der Rohteile, nachdem diese den Abkühlungsprozess durchlaufen hatten, wurde ebenfalls von Robotern durchgeführt. Sie reinigten die Gussteile zunächst mithilfe von Sandstrahlern, im Anschluss sägten sie überstehende Zacken und Grate ab, frästen grob die Stirnseite und bohrten einige Aufnahmepunkte.

Danach bewegte sich das Gussteil per Rollenförderer an eine Prüfstation. Ausschussteile wurden automatisch ausgesteuert und zu einer Station befördert, an der die Fehlerursachen mittels Lasertechnik ermittelt werden. Die fehlerfreien Teile wurden im Anschluss in den Versandbereich, wo sie abschließend kontrolliert wurden. Jeder kontrollierte Zylinderkopf erhielt einen Stempel mit einem DMC-Code<sup>142</sup>, aus dem sich seine Herkunft und damit die Rückverfolgbarkeit im Falle von Reklamationen ergab.

Im Bereich der Rundtische, dem Herzstück der Gießerei, liege der Automatisierungsgrad, so erklärte der Produktionsleiter im abschließenden Gespräch, teilweise bereits bei 95 %. Hier werde er aber in Zukunft eher zurückgehen. Diese Rundtische seien auf maximale Volumenproduktion ausgelegt und zu unflexibel. Für die Zukunft müsse man sich auf kleinere Volumina und kürzere Zykluszeiten bei den Motoren einrichten. In anderen Bereichen wurde demgegenüber durchaus noch Potenzial für weitere Automatisierung gesehen. Ein Beispiel seien zwei Arbeiter, die die Kokillen mit Druckluft reinigen, bevor sie neu befüllt werden; diese Tätigkeit könnten eigentlich auch Roboter ausführen. Allerdings stelle sich hier, so der Produktionsleiter, die Sinnfrage: Das Erkennen und rasche Beseitigen der Verunreinigungen sei für Roboter eine schwierigere Aufgabe als für Menschen, und die Wirtschaftlichkeit erscheine fragwürdig. Das gelte auch für die anderen noch übrig gebliebenen Arbeiten – jede an einem Arbeitsplatz mit eigenen Anforderungen, d.h. viele Programmierer wären erforderlich, um die Arbeiter dort „einzusparen“. Insgesamt waren im Werk etwas mehr als 100 Industrieroboter im Einsatz.

Der nächste große Sprung werde die Automatisierung der Herstellung der Kerne durch 3D-Druck mit Kernprintmaschinen sein, die allerdings gegenüber heute sehr viel schneller werden müssten. Bis man die Rundtische mit Kernen aus den 3D-Druckern versorgen könne, werde es wohl noch acht bis zehn Jahre dauern. Die Drucker müssten kleiner und mobiler werden. Der übernächste Sprung sei dann das Drucken der Aluminiumteile

---

142 Der DataMatrix-Code (DMC) ist ein nach ISO-Norm standardisierter 2D-Barcode zur Teilekennzeichnung.

selbst, also ohne den Umweg über die oben beschriebenen Prozesse des Formens, Gießens und Putzens der Teile.

Für die gesamte oben beschriebene Prozesskette der Fertigung der Gussform des Zylinderskopfes wurden pro Schicht etwa 50 Arbeiter benötigt. Diese verteilten sich über einen großen Bereich, in dem sie einzeln oder in kleinen Gruppen arbeiteten. Schon der Blick in die Hallen zeigt, dass die Zeit der Massenarbeiter (mit einer Gießerei wie im Werk River Rouge mit mehr als 10.000 Beschäftigten) vorüber war.

Insgesamt ergab sich in der untersuchten Gießerei eher das Bild einer Highch-Produktion mit flexibler Technik unter Nutzung bereits vieler Industrie-4.0-Techniken (hierzu näher im 10. Kapitel). Technisch erschien die Vollautomatisierung der Produktion möglich, die Alternativtechnik des 3D-Drucks würde zu diesem Zweck nicht benötigt, ihre besonderen Vorzüge lägen für das Unternehmen darin, dass sie die Herstellung von Formwerkzeugen erübrigen. Damit ginge ein wichtiges Tätigkeitsfeld für Werkzeugkonstrukteure und Werkzeugmacher verloren.

#### 9.4.2 Mechanische Fertigung und Motorenmontage

Diese Untersuchung wurde ebenfalls 2019 durchgeführt. Die Darstellung konzentriert sich wie oben in der Gießerei auf einen Dieselmotor. Für diesen Typ gab es zum Untersuchungszeitpunkt acht verschiedene Zylinderkopfvarianten.

Eine wichtige Maßnahme, die die gesamte Motorenfertigung des Unternehmens betraf, war die Definition einheitlicher Aufnahmepunkte für alle im Werk (und konzernweit) gefertigten Zylinderköpfe und die Einführung der sog. Nullpunktspanner. Hierbei handelte es sich um eine relativ unspektakuläre mechanische Vorrichtung zum Aufspannen und Abspannen der Rohteile an den jeweiligen Bearbeitungsstationen. Sie diente der Vereinfachung und Beschleunigung des „Einrichtens“ – einer früher zumeist von Facharbeitern verrichteten Tätigkeit – und förderte die Flexibilität. Auf diese Weise konnte schnell zwischen Varianten gewechselt werden, theoretisch sei, so die Aussage des Leiters des Produktionsbereichs, auch eine wirtschaftliche Fertigung von „Losgröße 1 möglich“.

Gehen wir kurz die Fertigungslinie des ausgewählten Motorentyps entlang. Die Gesamtlinie war U-förmig angelegt und etwa 100 m lang. In Station 1 erfolgte zunächst das Einlesen des DMC-Codes. Dieser spielte bei der Steuerung des weiteren Ablaufs eine zentrale Rolle. Der erste Code war

vor der Auslieferung schon von der Gießerei gesetzt worden. Am Beginn der mechanischen Fertigung wurde er per Kamera ausgelesen, eine weitere DMC-Kennung gesetzt und das entsprechende Fertigungsprogramm vom Server eingelesen.

Im Anschluss wurde das Gussteil auf einer Transportplatte positioniert. Es folgten erste Fräsoperationen zum Setzen der Indexpunkte für den Nullpunktspanner. Nach Abschluss der Bearbeitungsfolge gab die Maschine das „iO“- (in Ordnung-)Signal, und das Gussteil wurde automatisch weitertransportiert. So verlief es im weiteren Ablauf auch in den anderen Bearbeitungsstationen. An der jeweils folgenden Station erhielt die entsprechende Maschine das Signal und nahm die Bearbeitung entsprechend dem vom Server bereitgestellten Programm vor.

In Station 2 übernahm ein Roboter die Spannvorrichtung und verschraubte sie drehmoment-kontrolliert. Ab hier wurde die Bearbeitung in Bearbeitungszellen (BAZ) durchgeführt. Insgesamt gab es acht Stationen für mechanische Bearbeitungen mit teilweise mehreren parallelen Bearbeitungszellen.

Im Vergleich zu den Einzweckmaschinen der frühen Ford-Werke, wie in Kapitel 3 und 4 dargestellt, war die überwiegende Zahl der Maschinen nur mit wenigen Spindeln ausgerüstet. Der Fokus lag nicht auf der maximalen Leistungsfähigkeit der Maschinen, sondern auf ihrer raschen Umrüstbarkeit. Die BAZ waren in durchsichtige Plastikscheiben eingekapselt, in der Zelle befand sich oft zusätzlich ein Roboter für Handhabungstätigkeiten.

Die Bearbeitungsverläufe wurden vom Fertigungsprogramm werkstück-individuell über zentrale Rechner gesteuert. Eine zentrale Maschinendatenerfassung (MDE) ermittelte Kennzahlen und diente der weiteren Prozessoptimierung. An den Maschinen war eine Vielzahl von Sensoren und Aktoren im Einsatz, die Parameter wie Temperatur, Schwingungen, Beschleunigungen, Druck, Energie/Stromaufnahme u.a. erfassten. Ziel war, die Daten als Grundlage für die Planung der Instandhaltung und für Fehleranalysen zu nutzen. Ein neues System, das dazu dienen sollte, in einer hundertprozentigen Vernetzung sämtliche Maschinenzustände sowie die Störfälle zu erfassen, wurde gerade erprobt. Ein großer Monitor, der in einer Besprechungszone auf dem Shopfloor positioniert wurde, ermöglichte es, die Zustandsbilder und Auswertungsbefunde des Systems unmittelbar vor Ort zu besprechen.

An vielen Stellen an der Linie wurden Prüf- und Messtätigkeiten durchgeführt – teils von Robotern, teils von Menschen. Der Aufwand für Qualitätsprüfungen und für die Dokumentation der Ergebnisse hatte wesentlich

an Bedeutung zugenommen. Die Ursache dafür war die Anforderung der Rückverfolgbarkeit von Beanstandungsfällen. Teilweise wurden dafür Kameras eingesetzt.

Der Automationsgrad an den neuen Linien in der mechanischen Fertigung betrug 85 bis 90 %. Theoretisch würden, so die Aussage des Fertigungsleiters, die Linien vollautomatisch laufen – mit Ausnahme der Endkontrolle. Hier befand sich aber bereits ein Kamerasystem in der Erprobung, mit dem in Zukunft ein Teil der Tätigkeiten, die bisher von Arbeitern ausgeübt wurden, automatisiert werden konnte. Pro Schicht arbeiteten an einer Linie sieben Arbeiter. Die Fertigungszeit für die Herstellung eines Zylinderkopfs lag bei fünf bis sechs Minuten.

Im Anschluss an die mechanische Fertigung wurde der Zylinderkopf in den Bereich der Motorenmontage befördert, wo er zusammen mit den anderen Motorteilen zu einem Motor zusammengebaut wurde. Dieser Bereich war wie ebenso wie die Halle 54 in den 1980er Jahren ein zentrales Projekt der Montageautomatisierung gewesen (Eckardt 2010). Der Automatisierungsgrad war auf 60 % erhöht worden. Inzwischen waren aber die Flexibilitätsanforderungen weiter angestiegen, vom Referenzmotor gab es 16 bis 18 Varianten; der Automatisierungsgrad war dadurch gesunken und betrug nun 55 %. Auf den Arbeitsablauf in der Motorenmontage soll hier nicht mehr weiter eingegangen werden.

Insgesamt waren bei der Herstellung des Referenzmotors zum Untersuchungszeitpunkt etwas über 600 Arbeiter beschäftigt. Erwähnenswert ist, dass die operative Instandhaltung weitgehend den Direkten an den Fertigungslinien oblag. Für umfassendere Instandhaltungsaufgaben gab es organisatorisch einen eigenständigen Bereich, der mit Stützpunkten in den Fertigungsbereichen vertreten war. Die Anreicherung der Produktionsarbeit hatte dazu geführt, dass auch im Bereich der Montagearbeit Entgelte auf Facharbeiterniveau gezahlt wurden. (Vgl. Eckardt 2010)

Die Gesamtzeit, um einen Motor herzustellen, betrug bei dem Referenzmotor 115 Minuten, davon entfielen rund 60 Minuten auf die Teilefertigung und 55 Minuten auf die Montage. Im Werk Highland Park Werk waren laut Abernathy (1978) 23 Arbeitsstunden je Motor (=1380 Minuten) je Motor benötigt, also um das Zwölfwache mehr.

Aber diese Entwicklung hatte nun ihren Endpunkt erreicht. Das Aus für den Verbrennungsmotor und die Umstellung des Werks auf neue Tätigkeitsfelder war zum Zeitpunkt des Besuchs bereits beschlossene Sache. Die erreichte Fertigungszeit von weniger als zwei Stunden für die Herstellung

eines kompletten Motors bildete damit den Abschluss eines mehr als ein Jahrhundert dauernden Bemühens um die Steigerung der Produktivität.

Setzen wir nun den Gang fort mit den Gewerken zur Fahrzeugfertigstellung, beginnend mit dem Presswerk.

#### 9.4.3 Presswerk

Das Presswerk hat in dem betrachteten Zeitraum an Bedeutung gewonnen. Die gestiegenen Präzisionsanforderungen des Karosseriebaus und der Fahrzeugmontage erhöhten die Anforderungen an die Maßhaltigkeit der Teile. Der Karosseriebau drängte darüber hinaus auf die Fertigung von Großteilen, um damit die Einsparung von Arbeitsgängen in seinem Bereich zu ermöglichen. Weitere Anforderungen ergaben sich aufgrund von sicherheits- und umweltbezogenen Vorgaben.

Das Ziel der Erhöhung des Automatisierungsgrades in der Produktion spielte demgegenüber eine immer geringere Rolle. Bis etwa 1990 war dies noch anders gewesen. Bis dahin war der Transport der Blechteile (Platinen) zwischen den Pressen ein wichtiges Thema. Die Tätigkeiten des Einlegens und Entnehmens an den Pressen und der Zwischentransporte bedeuteten schwere Arbeit. Die Weiterbeförderung der Platinen zwischen den Pressen erfolgte bis 1955 noch manuell, die Pressteile wurden, wie in Kapitel 7 beschrieben, per Hand in die Pressen eingelegt und nach der Operation wieder per Hand herausgenommen.

Aufgrund der gestiegenen Anforderungen an die Karosserie wurden mit dem Modellwechsel 1991 erstmals maßgeschneiderte Platinen (Tailored Blancs) eingesetzt.<sup>143</sup> Damit bestand die Möglichkeit, Bleche herzustellen, die auf einer Platine eine unterschiedliche Dicke und Güte aufwiesen. Die Produktion von Tailored Blancs verlangte leistungsstärkere Anlagen mit höheren Ziehstärken. Leistungsstärkere Anlagen waren auch im Hinblick auf das Bestreben erforderlich, größere Teile – z.B. komplette Seitenteile, Dachteile und Motorhauben – in einem Arbeitsgang herzustellen, anstatt sie danach aus einer Vielzahl von Blechteilen in mehreren Schritten zusammenzuschweißen. Mit Blick auf die neuen Anforderungen wurden 1990

---

143 Später kamen weitere Varianten hinzu wie Tailored Patches (Verstärkungsbleche werden auf die Platinen gefügt und im Verbund umgeformt) und ab 2007 das Tailored Tempering (gezielte Erwärmung), dies ermöglichte unterschiedliche Festigkeiten in einer Platine, erforderte aber den zusätzlichen Prozess des Formhärtens).



mehrere „Großteil-Stufenpressen“ beschafft, jede von ihnen stellte große Karosserieteile (Seitenteile, Motorhauben, Dach, Türen u.a.) her und ersetzte damit mehrere herkömmliche Pressenstraßen. Der Bearbeitungsvorgang bestand jeweils aus mehreren Schritten.<sup>144</sup>

Mit Blick auf die Problematik der Umrüstzeiten waren die neuen Pressen auf einen schnellen Werkzeugwechsel hin konstruiert worden. An den bisherigen Pressen wurden für den Werkzeugwechsel in den herkömmlichen Pressenstraßen bis zu vier Stunden benötigt. Um den Produktionsausfall, der daraus resultierte, gering zu halten, wurde daher nur alle drei bis fünf Tage ein Werkzeugwechsel durchgeführt. An den neuen Pressen betrug die Umrüstdauer 5,5 Minuten – einschließlich der Zeitspanne für das Leerfahren der Pressen und das Wiederanfahren nach dem Wechsel. Möglich war diese kurze Wechselzeit dadurch, dass sämtliche Werkzeuge aller (bis zu acht) Bearbeitungsstufen noch während des Pressens der bisherigen Teile auf Werkzeugwagen neben der Presse vorbereitet wurden. Der eigentliche Wechsel erfolgte dann per Knopfdruck, dann fuhren die Werkzeugwagen mit dem neuen Werkzeugsatz gleichzeitig in die Presse hinein, die zuvor verwendeten Werkzeuge wurden gleichzeitig auf der anderen Seite herausgefahren (Automobil Produktion 1991a: 54).

Im Zeitraum 2003 bis 2007 wurden weitere Veränderungen an der Presswerktechnik vorgenommen. Die Ursache waren zum einen Anforderungen des Fahrzeugleichtbaus, zum anderen die weiter ansteigenden Präzisionsanforderungen des Karosseriebaus. Für den Leichtbau mit Stahl wurde mit der Warmumformung ein neuer Prozess in das Presswerk eingeführt. Vor der entsprechenden Pressanlage wurden zwei Rollenherdöfen aufgebaut. Diese erhitzen die Blechplatten innerhalb von Sekunden auf 900° C. Im Anschluss wurden sie in der Presse umgeformt und gleich danach wieder heruntergekühlt. Die Vorteile bestanden in der dadurch ermöglichten Verringerung der Blechstärke und der damit verbundenen Gewichtseinsparung sowie in der Beschleunigung des Pressvorgangs und der Einsparung von Werkzeugkosten. Die Warmumformung erübrigte auch das Verzinken der Blechteile, was wiederum den Einsatz anderer Fertigungstechniken im Karosseriebau ermöglichte.

Von den Großteil-Stufenpressen mit angelagerten Anlagen zur Temperaturbehandlung ging die Entwicklung zu noch weitergehenden integrierten

---

144 Die Außenhaut einer Tür beispielsweise entsteht in sechs aufeinanderfolgenden Schritten: Im ersten wird das Blech in Form gezogen, in fünf weiteren erhält es Kanten, Löcher und Stege (Volkswagen Besucherdienste 2012: 2.9).

Fertigungsanlagen, die auch die Zuführung der Platinen und vorbereitende Tätigkeiten wie das Reinigen und Befetten der Bleche umfassten.

Ergänzt wurde diese Entwicklung durch automatische Prüfeinrichtungen. Bezogen auf die ansteigenden Präzisionsanforderungen des Karosseriebaus wurde ein interferometrisches Messverfahren eingeführt, das der Überprüfung von Außenhautteilen auf Oberflächenfehler (wie Beulen, Dellen und Pickel) diente und die Lage und Größe von Oberflächenfehlern mit hoher Genauigkeit feststellte. Es wurde auch für die Überprüfung der Presswerkzeuge verwendet. Darüber hinaus standen für die Qualitätssicherung im Presswerk Koordinatenmessmaschinen zur Verfügung, mit denen die Einhaltung der Funktions- und Anschlussmaße laufend überprüft wurde.

Um die reibungslose Materialversorgung der Pressen sicherzustellen und zur Rückverfolgung von Fehlern wurde zunehmend auch die RFID-Technik<sup>145</sup> eingesetzt. So wurden die einzelnen Paletten mit den Stahlblechrollen (Coils) mit einem RFID-Datenträger (Transponder) bestückt. Damit war die Rückverfolgbarkeit jedes einzelnen Pressteils hin zum entsprechenden Coil und damit dem Stahlhersteller, der es hergestellt hat, gewährleistet. In einem Schwesterwerk wurde der RFID-Einsatz noch verfeinert. Hier erhielt jede einzelne Coil-Windung, d.h. jede einzelne Blechplatine, die daraus gestanzt wurde, eine RFID-Adresse. Innerhalb der Pressen wurden Kameras installiert, um Rissbildungen u.a. frühzeitig festzustellen, woraufhin auch der Stahlhersteller sofort verständigt wurde.

Die höheren Pressgeschwindigkeiten, die verkürzten Umrüstzeiten und der Einsatz von Mehrfachwerkzeugen ermöglichten eine Verringerung der Zahl der Pressenstraßen, wodurch aber auch die Abhängigkeit von den verbliebenen Anlagen erhöht wurde. Fragen der Verfügbarkeit der Anlagen gewannen eine noch höhere Bedeutung. Um Schäden frühzeitig erkennen und die Instandhaltung jeder Maschine planen zu können, wurden Zustand und Wartungsbedarf der Pressenlinien durch ein „Condition-Monitoring-System“ überwacht.

Schauen wir zum Abschluss dieses Durchganges auf eine der zuletzt beschriebenen Großteilpressen (vgl. Automobil Produktion 2010). Hierbei handelt es sich um eine vollkommen eingebaute Universalanlage, die 2010 in Betrieb ging. Sie fertigt täglich Teile unterschiedlicher Art – Dächer, Seiten-

---

145 RFID (Radio-Frequency Identification) bezeichnet eine Technologie für Sender-Empfänger-Systeme zum automatischen und berührungslosen Identifizieren und Lokalisieren von Objekten und Lebewesen mithilfe elektromagnetischer Wellen. Die ersten RFID-Anwendungen wurden Ende des Zweiten Weltkriegs im Luftkrieg zwischen Großbritannien und Deutschland eingesetzt (vgl. Köster 2006).

teile, Türen – für verschiedene Werke des Unternehmens. Die Anlage ist 80 m lang, 20 m breit, 11 m hoch. Bis zu 64 Teile können in einer Minute abgepresst werden. Das Einlegen der Platinen erfolgt durch Roboter. Eine optische Zentrierereinrichtung ermittelt per Kamera die exakte Position der Platinen auf dem Band und gibt diese Information an die Roboter weiter. Nach der Positionierung übernimmt ein erster Feeder (früher als „Greifer“ bezeichnet) die Platine und legt sie in das Werkzeug der ersten Pressstufe der insgesamt sechsstufigen Pressanlage. Im anschließenden Verlauf transportieren Feeder die Bauteile von Pressstufe zu Pressstufe. Anlagenbediener kontrollieren den Prozess von einem Leitstand aus. Nach dem letzten Pressvorgang legt ein Feeder die Bauteile auf einem „Shuttle“ ab, der sie weiterbefördert; zwei Roboter legen sie dann auf Transportbändern ab. Dort prüfen Presswerker die Teile und verstauen sie entweder im Lagerregal oder führen sie direkt in den Karosseriebau weiter. Dieser Arbeitsgang war die letzte manuelle Tätigkeit an den Pressanlagen. Ein Werkzeugwechsel erfolgt, nachdem die Vorbereitungen dafür während der laufenden Produktion getroffen wurden, automatisch und dauert insgesamt fünf bis acht Minuten.

Die Darstellung macht deutlich, wie stark sich die Arbeitswelt im Presswerk in dem betrachteten Zeitraum verändert hat. Dem Wandel im Presswerk lag eine Vielzahl von Faktoren zugrunde: neue Produktkonzepte, neue Materialien, neue Organisationkonzepte bspw. beim Werkzeugwechsel, neue Prozesstechniken, Messtechniken und andere. Bei der Automatisierung ging es kaum noch um Tätigkeiten der direkten Produktion, sondern immer stärker um Tätigkeiten der Überwachung der Maschinen und Anlagen.

Tabelle 14 zeigt die Veränderungen im Automatisierungsgrad und der Beschäftigtenzahl für die Zeitpunkte der Modellwechsel in dem Betrachtungszeitraum.

*Tabelle 14: Kenngrößen zum Wandel im Presswerk im Werk Wolfsburg (1975 bis 1997)\**

	1975	1985	1991	1997
Automatisierungsgrad	80 %	85 %	95 %	95 %
Beschäftigte	3.400	3.800	3.000	1.645

\* Die Angaben stammen aus unterschiedlichen Quellen, Grundlage sind Veröffentlichungen von Managern bzw. auf Informationen des Unternehmens beruhende Artikel in der Zeitschrift *Automobil Produktion*. Für die Modellwechsel danach gibt es keine Angaben über den Automatisierungsgrad.

Quelle: Granel (1985: 17); Automobil Produktion (1991a: 56; 1997b: 70)

Der Automatisierungsgrad lag 1990 bereits bei 95% und wird sich bis zum Ende des Betrachtungszeitraum dieses Buches, legt man die Darstellung über die Entwicklung der anschließenden Jahrzehnte zugrunde, noch erhöht haben.

Die Beschäftigtenzahl im Presswerk sank um knapp die Hälfte trotz gesteigertem Produktionsvolumen (gemessen am Materialverbrauch), allerdings liegen keine Angaben über die Veränderung der Fertigungstiefe vor. In jedem Falle ist die Beschäftigtenzahl im Betrachtungszeitraum stark zusammengeschmolzen, sodass Ende der 1990er pro Schicht nur noch wenige hundert Arbeiter im Presswerk tätig waren.

Manuelle Tätigkeiten gab es kaum noch, die Mehrzahl waren Vor- und Nachbereitungstätigkeiten für die Werkzeugwechsel, Überwachungs- und Reparaturtätigkeiten sowie Qualitätssicherungs- und Transporttätigkeiten.

Das Presswerk schien damit am Ende der Untersuchungsperiode an einem Punkt angelangt, an dem der bisher beschritten Weg zu immer integrierteren Großanlagen an einen Endpunkt angekommen schien. Ein weiterer Automatisierungsschritt erschien kaum noch möglich. In dieser Situation tritt mit dem Aluminiumdruckgussverfahren eine andere Technologie auf den Plan, die mit einem Schlag einen großen Teil der Presswerkanlagen und -werkzeuge obsolet machen kann. Diese disruptive Technologie wird bei Tesla Motors bereits unter der Bezeichnung „Gigacasting“ eingesetzt (näher dazu in Kapitel 10).

#### 9.4.4 Karosseriebau

Dem Umformen der Blechteile im Presswerk folgt im Karosseriebau das Zusammenfügen der Bleche. Der Karosseriebau bestand weiterhin aus den drei Prozessabschnitten des Unterzusammenbaus, dem Karosserieaufbau (Kastenrohbau) und der Oberflächenbearbeitung im Finish-Bereich.

Die zunehmende Variantenvielfalt in Verbindung mit produktbezogenen Anforderungen an Sicherheit und Kraftstoffverbrauch war im Betrachtungszeitraum weiterhin ein wichtiger Anstoßgeber für den Einsatz neuer Techniken.

Die Veränderungen wurden zumeist im Zusammenhang mit den Modellwechseln des Golf durchgeführt, deren Abfolge die weitere Darstellung in diesem Abschnitt strukturiert.

*Modellwechsel 1991:* Mit der Zahl der Modellvarianten hatte die Zahl der Anlagen im Rohbau weiter zugenommen (zum Folgenden: Automobil Pro-

duktion 1991b). Die daraus resultierende Komplexität der Ablaufstruktur im Karosseriebau wird aus den folgenden Zahlen deutlich: So gab es für die Produktion der Pressteile insgesamt 436 Schweißstraßen, davon 74 Großstraßen und 125 Rundtische. Die Maßnahmen zielten nun darauf, diese kaum noch übersehbare Struktur von Anlagen und Prozessen zu vereinfachen. Einen Großteil der Komplexität resultierte aus der Verschweißung der Vielzahl von Kleinblechteilen zu den sog. Unterzusammenbauten. Diese wurden im Anschluss in ein neu errichtetes „Technisches Zentrum“ transportiert, wo sie zu größeren Strukturen zusammengefügt und anschließend verschweißt wurden. Ohne Zweifel hat die Montageorganisation der Halle 54 bei dieser Auslegung Pate gestanden. Die Schweißoperationen wurden durch Vielpunktanlagen auf Transferstraßen bewerkstelligt; das Anreichen und Einlegen der Teile führten Roboter durch. In dem Technischen Zentrum war bei laufender Produktion kein Arbeiter mehr tätig.

Als weitere Neuigkeit wurde eine neue flexible Fertigungslinie eingerichtet (ähnlich wie in der zweiten Phase der Halle 54, wie in Kapitel 8 beschrieben), die nun auch im Rohbau zum Abfangen der Fertigungszeitstreuungen dienen sollte. Diese Linie lief durchgängig vom Karosseriebau bis zur Montage. Der Anteil automatisierter Tätigkeiten wurde hier bewusst niedriger gehalten, und es wurden vermehrt Roboter eingesetzt. So wurden die Karosserieteile im Kastenrohbau von Spannrobotern an der geometrisch exakten Position gehalten, während andere Roboter die Schweißpunkte setzten. Für das anschließende Ausschweißen durchkurvten die FTS mit den Karossen den 1981 für den Bau des Kleinwagens (Polo) eingerichteten flexiblen Kurs, wo jeweils drei bis vier Roboter in Fertigungsboxen die Karosserien auspunkteten.

*Modellwechsel 1997:* Hier orientierte man sich nun stärker am Leitbild der Lean Production (vgl. zum Folgenden: Automobilproduktion 1997c; 1997d). Anstelle der bisherigen Ablaufstruktur, in der die Fahrzeuge (außer denen auf der flexiblen Linie) das Technische Zentrum durchliefen, wurden drei parallele Linien („Segmente“) mit einer Kapazität von jeweils 1.000 Karosserien pro Tag eingerichtet. Durch die Segmentierung wurde das System der bewusst unterschiedlich gehaltenen Linienstruktur, um dem Problem der Fertigungsstreuung zu begegnen, zugunsten einer Parallelfertigung aufgegeben. Die flexible Linie und das Technische Zentrum wurden aufgelöst. Der neue Karosseriebau wies nun eine durchgängige Linienstruktur auf. In liniennahen Nebenarmen wurden Komponenten und Untergruppen vorgefertigt, die in den Hauptstrom einmündeten. Die Taktzeit betrug einheitlich eine Minute.

An jeder der drei parallelen Linien standen 450 Roboter, zusammen 1.350 Roboter, der Automatisierungsgrad betrug insgesamt 96 %. Der Anstieg der Anzahl der Roboter war damit vor allem der neuen Linienstruktur, d.h. einer organisatorischen Maßnahme, geschuldet.

*Modellwechsel 2003:* Die 1997 eingeführte Segmentierungsstruktur erwies sich als recht kurzlebig (vgl. zum Folgenden: Automobil Produktion 2003a). Mit dem Modellwechsel 2003 wurde schon wieder ein neuer Weg beschritten. Noch einmal wurde der Ablauf im Karosseriebau neu strukturiert. Die bisher eigenständigen drei Karosserielinien mussten einem neu errichteten „großen“ Karosserierohbau weichen, wo nun im Bereich des Kastenrohbaus in einer hausgroßen, komplett eingekapselten Laserstation alle vorgefertigten Baugruppen zusammengeschweißt wurden. Die Anlagenführer konnten den Schweißprozess im Inneren dieser Station nur noch über Monitore beobachten.

Die Ursache für den Wechsel im Schweißverfahren waren gestiegene Qualitätsanforderungen. Ein zentrales Ziel des neuen Rohbaus war die Minimierung der Fugen zwischen den Karosserieteilen (Spaltmaße). Das vorher dominierende Punktschweißen wurde durch die Lasertechnik zum großen Teil verdrängt.<sup>146</sup> Ein Vorteil der Lasertechnik waren die sehr schnelleren Prozesszeiten beim Laserschweißen im Vergleich zu den punktschweißenden Robotern. Die Roboter schienen, wie die Zeitschrift *Automobil Produktion* (2003a: 36 feststellte, „beinahe zur bedrohten Minderheit“ zu werden.

Der Modellwechsel 2008 war mit vergleichsweise wenigen Veränderungen verbunden und wird hier nicht weiter behandelt.

*Modellwechsel 2012:* Nun wurde der Karosseriebau unter Verwendung des Modularen Produktionsbaukastens erneut umgestaltet. Eine zentrale technische Neuerung waren die „Framer“. Hierbei handelte es sich um Anlagen, die der genauen Fixierung von Karosseriebaugruppen, bevor sie miteinander verschweißt werden, dienten. (Vgl. zum Folgenden Walzl/Willemann 2014) Die Framer ermöglichten eine höhere Präzision im Zusam-

---

146 So wurde die Anzahl der Schweißpunkte an der Karosserie von 1997 4.600 auf 2003 rund 3.100 reduziert, demgegenüber stieg die Nahtlänge beim Laserschweißen von rund 1,5m auf 70m und durch Kleben 10m auf 14m an. Vgl. Automobil Produktion (1997c: 80; 2003a: 36))

menbau der Fahrzeuge und eine höhere Flexibilität für die Produktion unterschiedlicher Fahrzeugmodelle und -varianten.<sup>147</sup>

Die Framer bestanden jeweils aus universell einsetzbaren Grundmodulen und fahrzeugspezifischen Modulen (ebd.: 222); sie traten an die Stelle der roboterisierten Geometriestationen.

Die zentralen Framerstationen im Rohbau waren der Unterbauframer für den Zusammenbau des Fahrzeugunterbodens, die beiden Seitenteilframer und die sog. Dachglocke. Die Dachglocke, der hier exemplarisch etwas genauer angeschaut werden soll, diente zur Fixierung des Fahrzeugdaches und zur exakten Positionierung beim fügenlosen Zusammenfügen des Daches mit der Karosse, das durch Laserlöten erfolgte. Auch hier wurde ein standardisiertes Aufnahmesystem verwendet, während die Dachaufnahmekomponenten fahrzeug- und dachspezifisch waren. (Vgl. ebd.: 227f) Auf diese Weise konnten unterschiedliche Dachvarianten (Volldächer, Schiebedächer oder Dächer mit Panoramaglasdach) innerhalb der gleichen Taktzeit hergestellt werden. In der Vergangenheit gab es hier große Fertigungszeitspreizungen und komplizierte Dacharbeiten waren Kandidaten für die Fertigung an Sonderstationen.

Die Technik ermöglichte es, bis zu vier unterschiedliche Karosserievarianten ohne Taktverluste auf einer Aufbaulinie zu fertigen. Bis dahin war eine schnelle Umrüstung auf eine neue Modellvariante oder eine neue Fahrzeuggeneration nicht möglich gewesen. (vgl. ebd.: 222).

Mit dem Einsatz flexibel einsetzbarer Framer folgte man dem Weg, den, wie in Kap. 6 beschrieben, Toyota bereits in Anfang der 1980er Jahre mit der Flexible Body Line eingeschlagen hat (vgl. Krzywdzinski 2021).

Tabelle 15 zeigt die Entwicklung des Automatisierungsgrades, der Beschäftigtenzahl und weiterer Kennzahlen im Betrachtungszeitraum.

147 Diese Zusammenbaustationen größerer Baugruppen waren schon immer ein Zentrum von Automatisierungsmaßnahmen gewesen. Der Ausgangspunkt waren die in Kapitel 3 beschriebenen Aufbauböcke, die Ende der 50er Jahre abgelöst wurden durch Transferstrassen (bei VW die Vorder- und Hinterwagenkarussells). Im Anschluss gab es andere Ansätze, die aber alle weitgehend fahrzeugspezifisch ausgelegt waren, also inflexibel.

*Tabelle 15: Kennzahlen zum Wandel im Karosseriebau im Werk Wolfsburg (1975 bis 2012)\**

	1975	1985	1991	1997	2003	2012
Automatisierungsgrad	60 %	70 %	80 %	85 %	87 %	93 %
Kapazität (Karossen/Tag)	3.500	k.A.	4.000	3.000	2.700	3.850
Anzahl Roboter	ca. 20	k.A.	536	1.450	1.120	2.571
Beschäftigte	7.400	8.000	5.900	k.A.	k.A.	3.761

\* Die Angaben stammen aus unterschiedlichen Quellen, Grundlage sind Veröffentlichungen von Managern bzw. vom Unternehmen autorisierte Artikel. Effekte von Outsourcing usw. wurden nicht berücksichtigt. Über den Modellwechsel 2008 gibt es keine Angaben. Die Angaben für 2012 beziehen sich nur auf den Bereich der Golf-Produktion (Fertigungsbereich I).

Quelle: Granel (1985: 17); Automobil Produktion (1991b: 100; 1997a: 56, 78; 2003a: 36); Volkswagen Besucherdienste Standort Wolfsburg (2012: Abschnitt 3.2)

Die Tabelle überblickt einen Zeitraum von fast 40 Jahren. In den ersten Jahrzehnten stieg der Automatisierungsgrad pro Dekade um 10 Prozentpunkte an, in den 1990er Jahren kam es nur noch zu kleineren Zuwächsen.

Die Anzahl Beschäftigte sank ebenso wie im Presswerk zwischen 1975 und 2012 um die Hälfte ab. Das Ziel der Einsparung von Personal beim Einsatz neuer Techniken, wie die Darstellung gezeigt hat, war allerdings schon seit längerem in den Hintergrund getreten zugunsten einer Steigerung der Flexibilität und der werksübergreifenden Standardisierung.

Die Zahl der Industrieroboter hat sich zwischen 1991 und 2012 verfünffacht. Wenn man berücksichtigt, dass die Produktion im Betrachtungszeitraum dreischichtig arbeitete, standen sich schon ab 1997 Roboter und Mensch im Verhältnis 1:1 gegenüber. 2012 überstieg die Anzahl der Roboter die der Beschäftigten pro Schicht bereits um das Doppelte. Aber die Stellung der Industrieroboter war, wie oben beschrieben, selbst im Karosseriebau als ihrem „Home Turf“ nicht unumstritten, es gab auch Rückschläge bei ihrer Verbreitung zugunsten anderer Schweißmaschinen und -anlagen.

Damit sind auch die Beschreibungen der Veränderungen im Karosseriebau abgeschlossen. Er war durch die Einführung von Ganzstahlkarosserien erst später als neues Gewerk hinzugekommen, entwickelte sich aber rasch zu einem der Kerngewerke des Automobilbaus. Nachdem die Fertigung der Teile für das Antriebssystem schon frühzeitig in einem erheblichen Maß automatisiert war, stand der Karosseriebau, wie in den vorigen Kapi-



teln beschrieben, im Mittelpunkt der Automatisierungsbestrebungen der Automobilhersteller. Die charakteristischen „manuellen“ Schweißarbeiten mithilfe von Schweißgeräten, eine körperlich schwere Arbeit, die zugleich eine hohe Erfahrung und Geschicklichkeit erforderte, waren hier Anfang der 1990er schon weitgehend verschwunden.

Während andere Unternehmen bereits in großen Stil Industrieroboter einsetzten, hielt man bei VW, wie in diesem Kapitel deutlich wurde, noch länger an der fahrzeugspezifischen Fertigungsanlagen fest. Durch die Segmentierung der Produktion in einen Bereich mit geringeren Flexibilitätsanforderungen, in dem vor allem Einzweckanlagen eingesetzt wurden und einen mit hohen Flexibilitätsanforderungen, in dem vor allem Roboter eingesetzt werden, versuchte man sowohl weiterhin die Vorteile einer standardisierten Großserienproduktion als auch den Flexibilitätsanforderungen aufgrund der ansteigenden Zahl an Fahrzeugvarianten und Ausstattungsoptionen zu begegnen. Von diesem Weg rückte das Unternehmen in den 2000er Jahren ab.

Die Darstellung hat gezeigt, dass die Ersetzung der menschlichen Arbeitskraft kein wesentlicher Treiber von Veränderungen im Karosseriebau war. Die wichtigsten Triebkräfte waren Anforderungen an das Produkt (Qualität, Sicherheit u.a.) Rationalisierungsmaßnahmen (Flexibilisierung der Produktion, Vereinfachung der Ablaufstrukturen und andere. Das Motiv der Einsparung von Personal war nur noch von marginaler Bedeutung.

#### 9.4.5 Lackiererei

Die Lackiererei war nicht in dem Maße wie der Karosseriebau und die Fahrzeugmontage von den Modellwechseln betroffen, grundlegende Umstrukturierungen erfolgten hier seltener. Treiber waren zuletzt mehr und mehr umweltbezogene Auflagen und Zielsetzungen. Eine größere Umstrukturierungen fand Anfang der 1990er statt. Der neue Ablauf soll im Folgenden kurz beschrieben werden.

Der Ablauf war geprägt von einem Wechsel von prozesstechnischen, manuellen und automatisierten Abläufen. Eine zentrale Rolle spielten dabei die zahlreichen Tauchbecken. Im Unternehmen war in den 1970er Jahren die anaphoretische Elektro-Tauchlackierung von Automobilkarossen entwickelt worden (vgl. Majohr 2018:15). Die Karossen wurden dabei eine kathodisch aufgeladenen Lackflüssigkeit getaucht, die die ganze Karosse – innen, außen und in allen Hohlräumen – ausfüllte. Die anschließenden Tä-

tigkeiten des Beschichtens mit Unterbodenschutz, des Auftragens des Füllmaterials und der in der Regel vier Lackschichten wurden überwiegend von Robotern durchgeführt. Die Anzahl der in der Lackiererei eingesetzten Roboter (insgesamt 128) war höher als in der Montage. Bereits mit der Umstellung 1991 wurde ein Automatisierungsgrad von 80 % erreicht

Durch den massiven Einsatz von Lackierrobotern und Lackierautomaten entfielen hochqualifizierte Lackiertätigkeiten für die Innen- und Außenlackierung (vgl. Automobilproduktion 1991c). Die verstärkte Verwendung von Tauchbecken führte umgekehrt zur Zunahme der Tätigkeit der „Abdichter“. Dies war eine neue Angelerntentätigkeit, die aufgrund des Einsatzes von Tauchbecken erforderlich geworden wurde. Ihre Aufgabe ist es, Löcher, die in der Karosseriestruktur gestanzt worden waren, um damit der Tauchflüssigkeit Zugang zu verschlossenen Hohlräumen zu verschaffen, durch Stopfen wieder zu verschließen. Weitere Tätigkeiten bestanden in Feinarbeiten bei der Lackierung, von Schleifarbeiten und der Qualitätskontrolle.

Tabelle 16 zeigt einige Kennzahlen zur Entwicklung der Lackiererei Entwicklung im Betrachtungszeitraum in der Übersicht.

*Tabelle 16: Kennzahlen zum Wandel in der Lackiererei im Werk Wolfsburg (1975 bis 2012)\**

	1975	1985	1991	1997	2003	2012
Automatisierungsgrad	30 %	50 %	80 %	80 %	55 %**	k.A.
Anzahl Roboter	k.A.	k.A.	131	k.A.	k.A.	232
Beschäftigte	3.400	5.400	4.430	k.A.	k.A.	1.900

\* Die Angaben stammen aus unterschiedlichen Quellen, Grundlage sind Veröffentlichungen von Managern bzw. vom Unternehmen autorisierte Artikel. Effekte von Outsourcing usw. wurden nicht berücksichtigt. Über den Modellwechsel 2008 wurde in der Zeitschrift nicht berichtet.

\*\* Die Ursachen für diesen Rückgang wurden in der Quelle nicht näher erläutert und konnten im Rahmen des vorliegenden Buches nicht untersucht werden.

Quellen: Granel (1985: 17); Automobil Produktion (1991d: 16, 1997a: 56; 2003: 38); Volkswagen Besucherdienste Standort Wolfsburg (2012: 4.3)

Der Automatisierungsgrad stieg von einem niedrigen Ausgangsniveau ab Mitte der 1970er Jahre an auf 80% in den 1990er Jahren; für den Modellwechsel 2003 wird in der Quelle ein Rückgang vermerkt, dessen Ursache nicht näher erläutert wurden. Eigenen Recherchen zufolge liegt der Wert

am Ende des Betrachtungszeitraums über dem Stand der 90er Jahre. Die Anzahl der Roboter hatte sich verdoppelt. Die Lackiererei war damit nach dem Karosseriebau zum wichtigsten Einsatzbereich der Roboter geworden.

Die Anzahl der Beschäftigten war im Betrachtungszeitraum um knapp die Hälfte gesunken. Unter den übrig gebliebenen befanden sich immer noch eine größere Anzahl von Tätigkeiten, die wie das Abdichten und Schleiftätigkeiten, durch Qualitätsmängel verursacht wurden.

Im Hinblick auf die Realisierung durchgängiger Prozesse stellte die Lackiererei den größten Engpass dar. Die Karossen benötigten auch in den 2010er Jahren in den Lackierereien der Automobilhersteller acht bis zehn Stunden, um eine komplette Lackierstraße mit allen Reinigungsschritten, der Vorbehandlung, der Elektro-Tauchgrundierung und den üblicherweise zwei bis vier Lackierschritten für die Aufbringung des Decklackes, zu durchlaufen. (vgl. Majohr 2018:15) Hinzu kamen Verzögerungen, die sich aus Prozessstörungen und Bearbeitungsfehlern und dadurch bedingte Nacharbeiten ergaben. Die Höhe der Direktläuferquote, d.h. dass eine Karosserie die Lackiererei die Fertigungsabschnitte in der Lackiererei ohne Beanstandungen passierte und auf diese Weise die vorgeplante Reihenfolge der Fahrzeuge eingehalten wurde, war für das Produktionsmanagement ein großes Problem.

#### 9.4.6 Fahrzeugmontage

Die Entwicklung hier war, wie in den anderen Gewerken auch, geprägt von der Überlagerung unterschiedlicher Gestaltungsvorstellungen und Ziele. Wie im Falle des Karosseriebaus folgt die Darstellung den Modellwechseln beim Golf.

*Modellwechsel 1991:* Das Grundkonzept der Halle 54 blieb bei diesem Wechsel im Wesentlichen bestehen. In der Halle 54 bildete das Technische Zentrum weiterhin den Knotenpunkt, den die zu zwei Linien verflochtenen Montagelinien durchliefen, um im Anschluss wieder zu vier Linien entflochten zu werden. Die wichtigsten Veränderungen, die mit dem Modellwechsel 1991 unternommen wurden, betrafen die fünfte Linie.

Im Vormontagebereich kamen vermehrt FTS zum Einsatz. In der Montage des Antriebsstranges beispielsweise transportierten sie die Komponenten – Triebsatz, Vorder- und Hinterachse sowie die Abgasanlage – in eine Reihe paralleler Montageboxen, in denen sie in Gruppenarbeit in halbstündigem Zyklus zusammengebaut wurden (vgl. Automobil Produktion 1991b: 104).

Als Teil der organisatorischen Umstrukturierungen wurde auch die Qualitätssicherung grundlegend neu strukturiert. Die Qualitätssicherung wurde weitgehend dezentralisiert, die meisten Arbeiter, die hier tätig waren, wurden dem direkten Bereich zugeordnet. Qualität wurde zur Aufgabe der Produktion. Aufgaben der verbleibenden Organisationseinheit der Qualitätssicherung waren nun Produkt- und Prozess-Audits in den Fertigungsbereichen und das Betreiben von Messräumen und Prüfzentren. Dies war eine der Maßnahmen, die zur Reduktion des Anteils der Indirekten in der Belegschaft führten.

*Modellwechsel 1997:* Mit dem Nachfolgemodell Golf 4 erfolgte aber dann 1997 ein grundlegender Wechsel, der in der Öffentlichkeit als Abkehr vom Konzept der Halle 54 gesehen wurde. Die *Wolfsburger Nachrichten* kommentierten damals:

„Von der High-Tech-Halle ist nur noch ein Restposten erhalten geblieben. Der Mensch ist als Monteur stärker gefragt – Hand in Hand mit einem Robbi.“ (Raabe 1997: 28)

Der neue Ablauf orientierte sich nun an Lean Production Prinzipien (vgl. Automobil Produktion 1997d, 1997e). Wie im Karosseriebau wurden auch in der Montage drei Segmente mit einer Produktionskapazität von jeweils 1.000 Fahrzeugen pro Tag gebildet, sodass jeweils ein durchgehender Fertigungsflusses vom Rohbau über die Lackiererei zur Montage verlief. Die drei Linien waren für die Fertigung aller Varianten des Modells ausgestattet. Durch die Segmentierung wurde das Technische Zentrum in der Halle 54 aufgelöst und die entsprechenden Tätigkeiten in die Segmente integriert; auch die flexible Linie zum Auffangen von Fertigungszeitspreizungen wurde aufgelöst. Alle Linien wurden mit einer flexiblen Automatisierung ausgerüstet. Die Aufteilung in Bereiche mit einerseits rigider Transferstraßentechnik und andererseits flexiblen Arbeitsstrukturen (manuelle Arbeit oder Roboter) wurde beendet.

Dem Fokus auf Prozesse entsprach auch eine neue Strukturierung der Zuständigkeiten und Verantwortungsbereiche. Die drei Montagelinien wurden zu eigenen Cost Centern.

Dem japanischen Vorbild folgend wurde in vielen Bereichen Teamarbeit eingeführt. Die Materialbereitstellung am Arbeitsplatz erfolgte nach dem Prinzip, dass die Teile mit einem Schritt erreichbar sind, um „Verschwendung“ zu vermeiden. Ziel war, die räumliche Dichte erhöhen, damit möglichst kurze „Regelkreise“ für den Austausch von Informationen etwa über Qualitätsprobleme entstehen. Die Materialbereitstellungsorte für die Linien

wurden für einen standardisierten Ablauf gekennzeichnet. Um Fehler bei der Kommissionierung zu verhindern, wurde den Materialbereitstellern automatisch das Fach angezeigt, aus dem das jeweilige Teil entnommen werden musste (Automobil Produktion 1997e: 92).

*Modellwechsel 2003:* Auch im ersten 2000er Jahrzehnt hielt die Tendenz zur immer und höherwertigen Fahrzeugen und immer mehr Varianten und Optionen weiter an. Als Folge wuchs der Arbeitsumfang beim Golf, nach Aussagen des Produktionsvorstandes, gegenüber dem Vorgängermodell zwischen 15 und 18% an Umfängen, die Fertigungszeit gegenüber einem Basismodell eines Topmodells unterschied sich gegenüber einem Basismodell in der Montage um 70% (Vgl. Automobil Produktion 2003b). Die Anforderungen an eine höhere Flexibilität waren also noch größer geworden.

Aufgrund der schwachen Nachfrage wurde beschlossen, zunächst nur zwei der drei Golfmontagelinien einzurichten. Der Zusammenbau des Triebwerks mit der Karosserie („Hochzeit“) wurde vollständig automatisiert. Überwacht wurde der Prozess von einem Leitstand aus, der sich vor der Anlage befand. Durch Automatisierungsmaßnahmen, die durch die Auslagerung der Türenmontage vom Hauptband ermöglicht wurden und durch die Auflösung der flexiblen Linie stieg der Automatisierungsgrad in der Montage noch einmal an (auf 37 %).

Auch an den konventionellen Montagebändern wurden Veränderungen vorgenommen. Anstelle der bis dahin verwendeten Hängevorrichtungen (Vier-Arm-Gehänge) für den Transport der Karosserien wurden diese nun auf Hubtische gesetzt, auf denen sie jeweils auf die ergonomisch günstigste Montagehöhe hoch- oder heruntergefahren werden konnten. Die Hubtische befanden sich auf sogenannten Schubskid-Plattformen, auf denen die Montagearbeiter mitfuhren, während sie ihre Arbeit verrichteten. Die Plattformen waren der Reihenfolge der Karossen entsprechend aneinandergekoppelt, konnten aber auch aus dem Hauptband ausgeschleust werden.

*Modellwechsel 2012:* Die Konzepte des Modulare Produktionsbaukastens wurden nun auch in der Fahrzeugmontage eingesetzt.

Eine zentrale Rolle spielte dabei die Einführung eines modularen Fahrwerkrahmens, der für den Aufbau des Fahrwerks sowie des Antriebssystems genutzt wurde. Auch hier ging es um die Verbindung eines universell einsetzbaren Standardmoduls und fahrzeugspezifischer Module. In der Vergangenheit war der Fahrwerkrahmen ein fahrzeug- und standortspezifisch konstruiertes Teil, nun konnte es fahrzeug- und fabrikspezifisch eingesetzt werden. Beispielsweise konnten in dem sowohl reine Verbrennungs-

motoren als auch Gasantrieb, und Batterie-Elektroantriebe in nahezu allen Varianten montiert werden (vgl. Walzl/Wildemann 2014: 229).

In der Montage des neuen Golfs kamen 160 Industrieroboter zum Einsatz (Volkswagen Besucherdienste Standort Wolfsburg 2012: Abschnitt 5.3), der Fokus lag aber in dem vermehrten Einsatz von halbautomatisierten Handhabungsgeräten, den sog. Manipulatoren. Ein Beispiel war der Cockpitmanipulator. Bisher war er fahrzeugspezifisch konstruiert gewesen, jetzt konnte er für unterschiedliche Fahrzeugmodelle und -varianten verwendet werden. Die Cockpitmanipulatoren führten, wie Walzl/Wildemann feststellen, zu erheblichen Rationalisierungseffekten: die Anzahl der Einbaustationen (Takte) für das Cockpit wurde verringert und die Zeitspreizung auf Null reduziert. Insgesamt wurden in der Montage über 40 solcher Manipulatoren aus dem Modulen Produktionsbaukasten eingesetzt.

Ein noch weitergehender Ansatz, neue Techniken zur Unterstützung menschlicher Arbeit einzusetzen und nicht primär an die Ersetzung zu denken, wurde durch die Entwicklung von Leichtbaurobotern ermöglicht. Inzwischen war es aufgrund der Entwicklungen in der Sicherheitstechnik möglich, Leichtbauroboter in unmittelbare Nähe eines Menschen und ohne Schutzzone tätig werden zu lassen. In der Folge wurden eine Reihe von Pilotprojekten zur Erprobung von Ansätzen einer Mensch-Roboter-Kooperation (MRK) aufgelegt.

Aber die Sicherheitsanforderungen waren immer noch hoch und jeder einzelne Einsatzfall eines „Cobots“, eines kollaborierenden Roboters, erforderte einen hohen Planungsaufwand. Tatsächlich verlief der Prozess der Verbreitung sehr langsam.

Ein anderer Ansatz, von dem man sich eine grundlegende Veränderung des Charakters der Montagearbeit versprach, war die sog. Matrixfertigung. Bei ihr würde die starre Linienstruktur in der Montage aufgelöst und die jeweiligen Fahrzeugvarianten auf FTS an eine für sie optimale Abfolge von Montagestationen gefahren werden, wo die entsprechenden Arbeitsumfänge in stationärer Fertigung und mit unterschiedlichen Zykluszeiten fertiggestellt werden können. Dieses System ähnelte an das Konzept der Montageinseln in den 1980er Jahren, bot durch neue Möglichkeiten der Prozesssteuerung und der FTS-Technik aber viel größere Planungs- und Gestaltungsspielräume. (Vgl. zum Konzept: Greschke 2016). Auch dieses Konzept hat außer in einem Fall der Fertigung eines Nischenfahrzeugs in einem anderen Werk des Konzerns bislang noch keine weitere Verbreitung gefunden.

Damit ist auch der letzte Gang durch die Montage abgeschlossen. Die Veränderungen des Automatisierungsgrades, beim Einsatz von Industrierobotern und der Beschäftigtenzahl, die mit diesen Maßnahmen einhergingen, werden in Tabelle 17 gezeigt.

*Tabelle 17: Kennzahlen zum Wandel in der Fahrzeugmontage im Werk Wolfsburg (1975 bis 2012)\**

	1975/78	1985	1991	1997	2003	2012
Automatisierungsgrad	5 %	25 %	33 %	33 %	37 %	k.A.
Kapazität (Fahrzeuge/Tag)	3.500	k.A.	4.000	3.000	2.700	k.A.
Anzahl Roboter	k. A.	46	80	k. A.	k. A.	160
Beschäftigte	12.400	19.900	16.300	k. A.	k. A.	k.A.

\* Die Angaben stammen teilweise aus unterschiedlichen Quellen, Grundlage sind Veröffentlichungen von Managern bzw. vom Unternehmen autorisierte Artikel. Effekte von Outsourcing usw. wurden nicht berücksichtigt. Über die Modellwechsel 2008 gibt es keine Angaben.

Quelle: Granel (1985); Wobbe-Ohlenburg (1982); Automobil Produktion (1991d: 16, 1997a: 56, 2003a: 38)

Wie aus der Tabelle hervorgeht, hat der Automatisierungsgrad in der Fahrzeugmontage nach dem Sprung in den 1980er Jahren zunächst noch weiter zugenommen; der Anstieg 2003 lässt sich, wie oben schon angemerkt, mit den im Rahmen dieses Modellwechsels vorgenommenen organisatorischen Maßnahmen erklären.

Die Anzahl der Roboter hatte sich gegenüber dem noch niedrigen Stand 1985 mehr als verdreifacht, blieb aber weiterhin in der Montage von nur marginaler Bedeutung. Mit der Optimierung und dem vermehrten Einsatz von Handhabungsgeräten wurde demgegenüber der Schwerpunkt nun stärker auf manuelle Arbeiten unterstützende Techniken gesetzt und damit angezeigt, dass die zukünftige Entwicklung wohl nicht in der Verfolgung von Projekten zur weiteren Erhöhung der Automatisierung der Montage liegen wird.

Die Abschaffung der Fließbandarbeit ist auch am Ende der Untersuchung noch immer keine realistische Perspektive. Der Ansatz der Halle 54, nach der Auflösung des Technischen Zentrums sukzessive vor allem die Modulproduktion in den Vormontagebereichen zu automatisieren, scheint an seine Grenzen gelangt zu sein. Auch von den anderen Unternehmen hat sich bisher keines aufgemacht, um das zu ändern. Teilweise kehren

sie im Gegenteil, wie im Falle Toyotas gezeigt, wieder zu rein manuellen Montagelinien zurück.

Dennoch haben sich Abläufe und die Anforderungen in den letzten Jahrzehnten erheblich verändert: das Fließband ist sehr viel kürzer geworden, es sind viele ergonomische Verbesserungen vorgenommen beispielsweise zur Reduzierung von Überkopfarbeit, zur Verbesserung der Arbeitsumgebung und die Einführung von Teamarbeit. An der Taktbindung, auch wenn sie nur noch virtuell bestehen mag, hat sich nichts verändert.

Es bleibt die Frage, was macht die Montage so besonders, dass der Automatisierungsgrad hier nach wie vor weit unter dem der anderen Gewerke liegt – das untersuchte Unternehmen ist mit seinem Automatisierungsgrad eine Ausnahme geblieben. Lag es an mangelnder Flexibilität oder „Intelligenz“ der Technik? Die Erklärung liegt nicht nur in dem Anstieg der Flexibilitätsanforderungen aufgrund der wachsenden Vielfalt an Modellen, Varianten und Ausstattungsoptionen, sondern auch in den vielen Abweichungen von dem Normalbetrieb im Betriebsalltag. Es gibt immer wieder Veränderungen bei der Konstruktion und der verwendeten Materialien, Abweichungen von den geplanten Terminen und bei den unternehmens-internen und externe Zulieferern und es gibt immer wieder technische Störungen der Anlagen und Verzögerungen in den vorgelagerten Bereichen.

Zusammen führen diese Faktoren zu einem „turbulenten Alltag“ in der Montage (Berger et al. 2005: 49; vgl. Feldmann et al. 2003; Pfeiffer 2007: 47). Der ungestörte Normallauf ist oft alles andere als durchgängige Normalität, sondern ein fragiler Zustand, der jederzeit und unangekündigt durch Unwägbarkeiten gestört werden kann.

Eben diese Faktoren sind es, die die japanischen Leitbildunternehmen veranlassen, den Shopfloor mit einem möglichst umfassenden Problemlösungspotenzial auszustatten und gegenüber Hightech-Automatisierungsprojekten eine skeptische Haltung ein zu nehmen. Die Strukturen und Abläufe an den Fließbändern sind transparent und von den Beschäftigten vor Ort beherrschbar, die neuen Ansätze oft technisch kompliziert, die Handhabung bedürfte der Unterstützung von Experten. Dies könnte ein Grund für die bisher geringe Verbreitung der neuen Ansätze sein.

Insgesamt, so lassen sich die Beobachtungen dieses Gangs durch die Gewerke zusammenfassen, dominierten Veränderungen, die auf organisatorische Maßnahmen zurückgingen. Zugleich kamen aber auch viele der unter der Bezeichnung Industrie 4.0 diskutierten neuen Techniken bereits zum Einsatz, bevor dieses Logo geprägt wurde.



Ein weiteres Kennzeichen der Veränderungen in den Gewerken war, dass die werksübergreifende Vernetzung eine zunehmende Rolle spielte. Dabei war das Bestreben auch die Werke an Low-Cost Standorten in die Vereinheitlichung der Abläufe und der Betriebsmittel den Grundstrukturen einzubeziehen. Die Zielsetzung war, die Rationalisierungsmöglichkeiten des Netzwerkes für den Kapazitätsausgleich systematisch zu nutzen.

Die Erwartungen, die insbesondere an Industrieroboter im Hinblick auf Montageautomatisierung gesetzt wurden, haben sich noch immer nicht realisiert. Sie spielten auch in den letzten Jahrzehnten, als die Robotertechnologie schon weiter fortgeschritten war, keine wichtige Rolle in der Montage. Dies gilt bisher auch für die Leichtbauroboter und damit auch für Ansätze der Mensch-Roboter Kooperation in der Montage, die bisher für jeden Einzelfall einen hohen Planungs- und Programmieraufwand erfordern.

Zur Fließbandarbeit gibt es auch am Ende des Betrachtungszeitraums keine realistische Perspektive. Vor dem Hintergrund der bisherigen Entwicklung ist eher eine sukzessive „Verinselung“ der Montagebereiche durch Auslagerung von Modulen mit automatisierten oder auch manuellen Tätigkeiten. Der größte Effekt wird aber wohl von dem schlichten Entfallen von Tätigkeiten aufgrund veränderter Produkte ausgehen, was im nächsten Kapitel noch zu diskutieren sein wird.

### 9.5 Bilanzierung der Langzeitentwicklung von Automatisierung und Produktivität

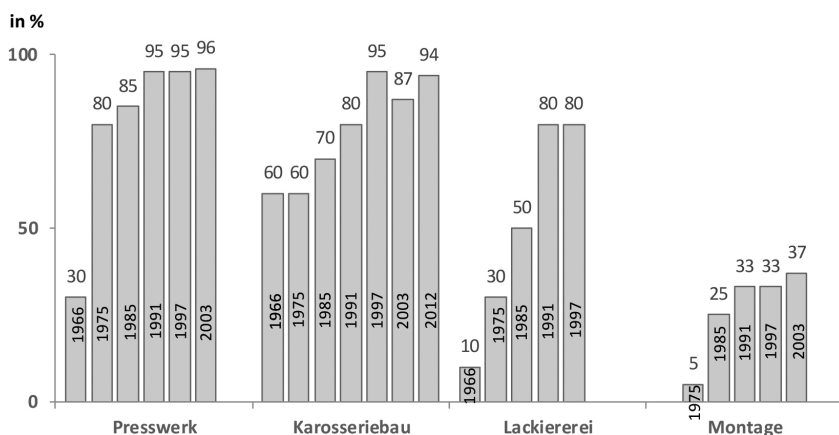
Für die Zeit vor dem Zweiten Weltkrieg existieren keine Daten über die Automatisierung (bzw. bezogen auf die eingesetzte Technik: Mechanisierung) in der Automobilindustrie. Mit der Frage der Messung befasste man sich erst im Zuge der ersten Automatisierungsdiskussion in den 1950/60er Jahren. Dabei waren die ersten Jahrzehnte eine Hochzeit der Automatisierung, wie die Darstellung gezeigt hat. Der Schwerpunkt der Automatisierung lag in dieser Zeit bei der Teilefertigung für das Antriebssystem und im Karosseriebau, wo durch den Einsatz von Transfermaschinen ein hoher Automatisierungsgrad erreicht wurde. Im Bereich der Montagen dominierte demgegenüber die manuelle Arbeit mit teilweiser Verwendung halbautomatischer Werkzeuge.

Abbildung 57 zeigt die Veränderung des Automatisierungsgrades in verschiedenen Gewerken der Prozesskette vom Presswerk zur Fahrzeugmonta-

ge im Werk Wolfsburg von Volkswagen von Mitte der 1960er bis Mitte der 2000er Jahre.

Festzustellen ist, dass im Karosseriebau aufgrund der in Kapitel 7 beschriebenen Maßnahmen bereits in den 1960er ein hoher Automatisierungsgrad erreicht wurde. In der Zeit von Mitte der 1980er bis Mitte der 1990er statt, wobei dieser auf dem Einsatz hybrider Strukturen von Einzwecktechniken und flexiblen, digitalen Techniken beruhte. In dieser Zeit stieg er bei Volkswagen auch in der Fahrzeugmontage, wo er allerdings immer noch auf niedrigerem Niveau verblieb. In den zuvor bereits hoch automatisierten Gewerken wurden nun Automatisierungsgrade nahe 100 Prozent erreicht, wobei allerdings zu beachten ist, dass diese Werte sich nur auf die bearbeitenden, die direkten, Tätigkeiten bezieht. Nicht berücksichtigt sind die indirekten Tätigkeiten. Ab Mitte der 1990er Jahre begann eine Zeit der Stagnation, der Automatisierungsgrad blieb in allen Gewerken auf mehr oder minder auf dem zuletzt erreichten Niveau.

Abbildung 57: Entwicklung des Automatisierungsgrads in den Gewerken im Werk Wolfsburg (1966 bis 2012, in %)\*



\* Für 2012 liegen für einige Gewerke keine Daten vor.

Quelle: Die Daten für 1966 sind übernommen von Kern/Schumann (1984: 66); die übrigen Daten beruhen auf Angaben des Unternehmens; vgl. zu den Quellen zu den einzelnen Gewerken Tabelle 14 (Presswerk), 15 (Karosseriebau), 16 (Lackiererei) und 17 (Montage)

Hervorzuheben an diesem Verlauf ist zum ersten, dass es nur in wenigen Zeiträumen zu einer sprunghaften Verdichtung von Automatisierungsakti-

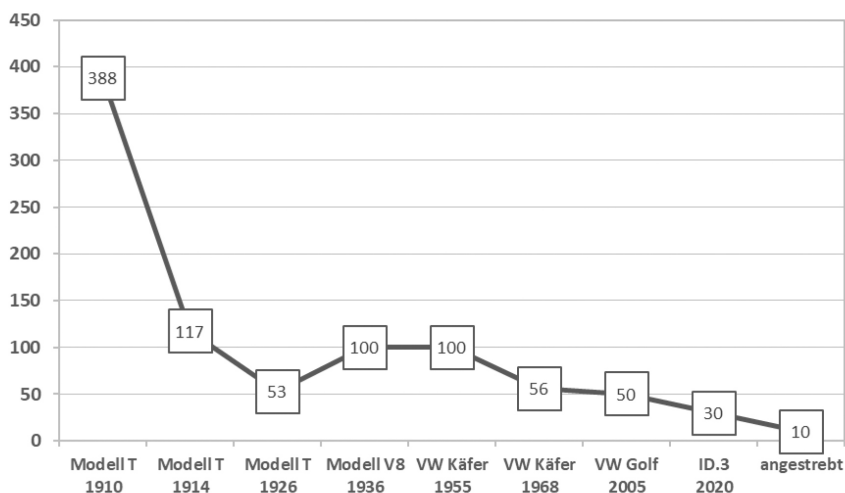
vitäten aufgrund technologischer Entwicklungen kam, eigentlich waren es nur zwei: die erste noch basierend auf Einzwecktechnik schon in einer weiter entwickelten Form (Transferstrassen) in den 1950/60er Jahren und die zweite auf Basis flexibler-computerunterstützter (digitaler) Techniken in den 1980er/90er Jahren.

Zum zweiten blieb das Muster der unterschiedlichen Entwicklungswege der Automatisierung zwischen dem Montagebereich einerseits und den ihr vorgelagerten Gewerken andererseits bestehen.

Und zum dritten hat sich der Automatisierungsgrad durch den Einzug digitaler Techniken seit den 1990er Jahren kaum noch verändert. In den bereits hochautomatisierten ersetzen bzw. überlagern sich jeweils neue technisch-organisatorischen Strukturen, im Bereich der Montage lag der Fokus der Maßnahmen auf Rationalisierung.

Abbildung 58: Stunden pro Fahrzeug (1910-2020)

Std./Fzg.



Quelle: Für 1910-1926: Wilson (2015a); für die Werte 1936: Ford Archives; für 1955 und 1968: s. VW-Unternehmensarchiv; für 2005: Harbour Report (2005; zit. bei Hillebrand/Schneider 2007); für 2020: Langenbrucher 2021; für 'angestrebt': Automotive News Europe (2022)

Bezogen auf die Frage der Produktivität ergibt sich ein ähnliches Bild. Die Rekonstruktion einer langen Datenreihe zur Entwicklung der Produktivität stieß in der Untersuchung auf ähnlich große Probleme wie im Falle des

Automatisierungsgrades. In Abbildung 58 werden einige Eckwerte zu den Arbeitsstunden pro Fahrzeug (JPH), zum größten Teil basierend auf den Untersuchungen in den vorigen Kapiteln wiedergegeben. Dabei handelt es sich um einzelne ausgewählte Daten, die sich auf unterschiedliche Produkte und Kontexte beziehen.

Mit der Produktion des Modell T begann eine in der Geschichte der Automobilproduktion einmalige Produktivitätsrallye. Im Werk Highland Park wurden 1910, wie in Kapitel 3 dargestellt, rund 400 Stunden für den Bau eines Fahrzeuges benötigt, was bereits einen großen Produktivitätssprung gegenüber dem Ausgangsniveau im Vorgängerwerk, in dem die ersten Modell T hergestellt wurden, bedeutete. Bereits 1914 war dieser Wert auf unter 120 Stunden gesunken, und 1926, in dem letzte vollen Produktionsjahr des Modell T betrug der JPH-Wert nur noch etwas mehr als 50 Stunden. Für das V8 Modell im Werk River Rouge wurde auf Basis eines größeren Arbeitsaufwandes, den das Produkt erforderte und einer sehr hohen Fertigungstiefe des Werks rund 100 Stunden pro Fahrzeug benötigt. Das war auch die Stundenzahl, den die Produktion des VW-Käfers im Jahr 1955 im Werk Wolfsburg bei ebenfalls hoher Fertigungstiefe benötigte. 1968 lag die Stundenzahl, wie in Kapitel 7 gezeigt, bei 56 Stunden, inzwischen hatte hier auch die Fertigungstiefe abgenommen. 2005, fast vierzig Jahre später, erforderte die Produktion eines Golfs trotz gesunkener Fertigungstiefe ebenfalls um die 50 Stunden. Zu den Produktivitätsanstiegen am Ende des Betrachtungszeitraums kommen wir gleich.

Kennzeichnend für den Entwicklungsverlauf sind also in der ersten Hälfte des Automobiljahrhunderts zum einen die außerordentlich hohen Produktivitätssprünge in den 1920er und 30er Jahren und noch einmal in den 1950/1960er Jahren. Die weitere Entwicklung dieser Technologie bis zum Ende des ersten 2000er Jahrzehnt haben an der am Anfang der 1990er gegebenen Situation nicht mehr viel verändert. Über Jahrzehnte herrschte quasi ein Zustand der Stagnation, wobei zu berücksichtigen, dass in dieser Zeit das Arbeitsvolumens aufgrund der Entwicklungen beim Produkt und der Produktpolitik stark anwuchs. Stagnation bedeutete daher nicht, dass keine Investitionen in neue Techniken mehr vorgenommen wurden und keine Automatisierungsmaßnahmen mehr stattfanden. Diese dienten aber eher dem Aufrechterhalten des erreichten Standes gegenüber den entgegengerichteten Tendenzen.

Am Ende der Verlaufskurve wird mit den beiden letzten Werten eine Wende angedeutet. Für den Golf-Nachfolger als BEV wurden, wie 2020 bekannt wurde rund 30 Stunden pro Fahrzeug benötigt und angestrebt

für die nächste BEV-Generation wurden um die 15 Stunden. Diese Werte ergeben sich zum einen aus dem Entfall von Arbeitsumfängen durch die neue Antriebstechnik und zum andern durch verstärkte Automatisierung und Rationalisierung (dazu mehr in Kap. 10)

Gegen die Daten, die der Abbildung zugrunde liegen, lässt sich viel einwenden. Sowohl die Produktkomplexität wie auch die Fertigungstiefe und eine Vielzahl anderer Einflussfaktoren wurden nicht berücksichtigt, und angesichts der spärlichen Angaben lassen sich kurzfristigere Veränderungen nicht erkennen. Aber ein ähnlicher Verlauf wurde auch in anderen Analysen festgestellt. Laut William Abernathy, der eine der wenigen Forschungsstudien zur Langfristanalyse der Produktivitätsentwicklung unternommen hat, war grosso modo der gleiche Verlauf bei Ford in den USA über den Zeitraum von 1910 bis 1973 festzustellen (Vgl. Abernathy 1978; vgl. dazu auch Jürgens 2021) Danach begann bei ihm schon die Phase des „Productivity Slowdowns“ hier bereits ab den 1960er Jahren.

Dieses Verlaufsmuster wird auch von den Langzeit-Produktivitätsanalysen von Robert Gordon – bezogen auf die gesamtwirtschaftliche Entwicklung in den USA bestätigt. Gordon zufolge wuchs die Produktivität nach sehr hohen Wachstumsraten in den 1920er Jahren von jährlich bis zu 7 Prozent; in den nächsten Jahrzehnten schwächten die Zuwachsraten ab, betrugen in der Zeit von Anfang der 1950er bis Mitte der 1960er noch annähernd 3 Prozent jährlich. Aber dann verlangsamte sich das Wachstum und fiel nach und nach ab auf nur noch im Durchschnitt 1,4 Prozent pro Jahr im Zeitraum 1977 bis 1994. Für Gordon war das ein Zeichen für das Abebben der Wirkungen der großen Erfindungen der IR # 2, die ihm zufolge ihren Ursprung bei Ford hatte. (Gordon 2016: 328). Die dritte industrielle Revolution, deren Beginn Gordon Ende der 1950er mit dem Einsatz der ersten Mainframecomputer ansetzte hatte und die bis 2018, als er sein Buch abschloss, noch anhielt, hatte mit Ausnahme einer kurzen Periode von zwischen 1994 bis 2004 (in den USA, in anderen Ländern lagen die Zeitperioden etwas anders) kaum Auswirkungen auf das Wachstum der Produktivität. In den 10 Jahren von 2004 bis 2014 nahm die Produktivität auf nur noch im Durchschnitt 1,3 Prozent im Jahr und nach 2014 schließlich nur noch 0,6 Prozent zu. (Gordon 328) Eine neue industrielle Revolution gab es aus seiner Sicht daher nicht. (Vgl. ebd.: 535ff) Die Ergebnisse der Gordonschen Analyse werden von neueren Berechnungen bestätigt (vgl. Goldin et al. 2023; dort auch nähere Angaben zu länderspezifischen Entwicklungen).

Eine Ursache dieser Entwicklungen in den letzten Jahrzehnten aber auch eine Folge war die Fokussierung auf Rationalisierungsmaßnahmen. Ein Beispiel dafür war das wachsende Interesse an den Produktivitätsmessungen von James Harbour. Dieser hatte, wie im 5. Kapitel beschrieben, Anfang der 1980er Jahre Produktivitätsvergleiche zwischen japanischen und US-amerikanischen Betrieben durchgeführt und auf die großen Unterschiede aufmerksam gemacht. Inzwischen ist der von ihm gegründete Consulting-Ansatz der JPH-Analyse zu einer Institution in der Industrie geworden.

In Europa gab es Harbour-Reports seit 1996, ab 2005 beteiligten sich auch die deutschen Unternehmen daran. „The big race for HPV improvement“, so beschreibt Weyer die jährliche Runde der Harbour Messungen (Weyer 2011: 3271). Die Ergebnisse der Harbour-Reports unterliegen der Geheimhaltung. Produktivitätsdaten sind ein Politikum geworden und der Analyse „von außen“ nicht zugänglich.

Harbour selbst hat in einer Autobiografie den Prozess der Angleichung zwischen den Unternehmen beschrieben, den dieser Wettlauf auslöste. Demnach waren die Produktivitätsunterschiede im Vergleich der US-amerikanischen und der japanischen Unternehmen 2008 schon weitgehend ausgeglichen (vgl. Harbour/Higgins 2009: 97 und 101).

Aufgrund der Erkenntnisse der Harbour Reports und der Japan Rezeption verschob sich der Fokus der Unternehmen noch stärker auf Maßnahmen der Rationalisierung und des „Standortengineerings“, d.h. der Kostenoptimierung durch Verlagerung von Tätigkeiten an die jeweils kostengünstigsten Standorte. Vor diesem Hintergrund wird verständlich, dass Vielen in der Industrie das Wiederaufleben des Automatisierungsthemas im Zuge der Industrie 4.0 Diskussion sehr willkommen war.

#### *9.6 Veränderungen der Belegschafts- und Tätigkeitsstruktur – Bilanzierung der langfristigen Verläufe*

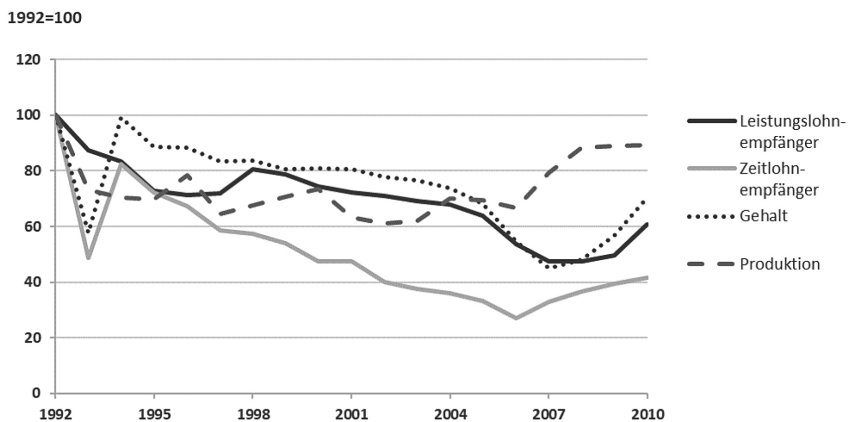
Die Untersuchung im Folgenden wird in vier Schritten durchgeführt. Im ersten Schritt wird die Entwicklung der Belegschaftsstruktur des Werks von 1990 bis 2010 dargestellt, im zweiten werden die Veränderungen im Karosseriebau und der Montage näher analysiert, im dritten wird mit Blick auf die maschinen- und anlagenbezogenen Tätigkeitsstrukturen im Karosseriebau die Frage der Aufwertung der Produktionsarbeit und damit zusammenhängend der Zukunft der Facharbeit diskutiert, im vierten Schritt wird die Situation im Bereich der Montagetarbeiten diskutiert.

## 9.6.1 Veränderung der Belegschaftsstruktur 1990–2010

In Abbildung 59 wird die Entwicklung der Beschäftigtenzahl in dem in diesem Kapitel betrachteten Zeitraum dargestellt (im Vergleich zum Stand 1992 = 100).

Die Unterscheidung der drei Hauptgruppen in der Belegschaft entspricht der in Abb. 55.

Abbildung 59: Belegschaftsentwicklung nach Beschäftigtengruppen und Produktion im Werk Wolfsburg (1992 bis 2016; 1992 = 100)



Quelle: Kurzinformation VW AG, Wolfsburg

Die Angaben beziehen sich auf das Produktionswerk, ohne Einbeziehung der Forschung und Entwicklung sowie der Zentralfunktionen des Unternehmens bzw. Konzerns am Standort Wolfsburg.

Ende 1992 kam es zu dem oben beschriebenen Einbruch bei der Produktion und im Anschluss sank das Produktionsvolumen und fluktuierte ab Mitte der 1990er auf niedrigerem Niveau. Die Beschäftigtenzahl im Arbeiterbereich und in geringerem Maße bei den Angestellten folgte dieser Entwicklung. Besonders steil war der Rückgang bei den Zeitlohnempfängern, deren Zahl auf nur noch ein Drittel des Stands von 1990 abfiel. Ihr Anteil war schon vorher, wie in Abb. 55 gezeigt, gesunken. Diese Gruppe besteht überwiegend aus Facharbeitern, waren sie also die Hauptbetroffenen des Beschäftigungsrückgangs?

Ein wichtiger Faktor, der dem Druck zum Abbau des Beschäftigungsniveaus entgegenwirkte, war die drastische Verkürzung der Arbeitszeit auf

28,8-Stunden pro Woche (bei den Angestellten 30 Stunden). Ohne sie wären die Abwärtskurven noch dramatischer ausgefallen. Die neue Arbeitszeit blieb bis 2006 bestehen, als man auf eine 33-Stunden Woche überging.

Der Rückgang der Produktion kann die Kurvenverläufe bei der Entwicklung der Beschäftigtengruppen nicht allein erklären. Größere Automatisierungsmaßnahmen wurden in dieser Periode nicht durchgeführt. Ein wichtiger Erklärungsfaktor für den Rückgang waren Rationalisierungsmaßnahmen, viele davon ausgelöst durch Nutzung von Methoden aus dem Lean Production Baukasten. Ein weiterer Faktor war die Verlagerung von Tätigkeitsbereichen und die Neustrukturierung der Zulieferbeziehungen, eine Entwicklung, die durch die Öffnung neuer Niedriglohn-Standorte und Bezugsquellen in Osteuropa in den 1990er zunehmend an Bedeutung gewannen. Anfang der 2000er Jahre kam mit der Zunahme der Zeitarbeiter noch eine weitere Erklärung hinzu.<sup>148</sup> Der Anteil der Zeitarbeiter stieg auf etwa das gleiche Niveau wie bei Toyota in Japan.

Um 2006/07 war der Wendepunkt erreicht. Es erfolgte ein Anstieg der Produktion, der auch von der Krise 2008/09 kaum beeinträchtigt wurde. Die Hauptursache dafür war die Einführung neuer Fahrzeugmodelle auf Basis der Golfplattform, die ab Anfang der 2000er Jahre in dem Fertigungsbereich der zwischenzeitlich aufgelösten Organisation VW 5000 erfolgte.<sup>149</sup>

2010, am Ende des in diesem Kapitel betrachteten Zeitraums lag das Produktionsniveau, wie die Abbildung zeigt, fast wieder auf dem Niveau von 1992. Ganz anders war die Situation bei den Beschäftigten. Bei den Zeitlohnempfängern lag die Beschäftigtenzahl bei nur noch 40 % des Standes von 1992, bei den Leistungslohnempfängern bei 60 %; bei den Gehaltsempfängern bei 70 %. Generell gab es einen Rückgang, zugleich aber auch deutliche Verschiebungen in der Belegschaftsstruktur. Diesen Verschiebungen soll im Folgenden auf der Ebene der Gewerke noch genauer nachgegangen werden.

---

148 Bis 1996 gab es bei VW nur geringe Einsätze von Leiharbeit in der Produktion. Nach der Deregulierung der Leiharbeit 2003 durch die Hartz-Reformen stieg der Anteil der Zeitarbeiter in den Fertigungsbereichen, insbesondere den Montagen, bis auf 20–30 % an, im Zuge der Krise 2008 ging er stark zurück.

149 Die Organisation VW 5000 wurde 2003 gegründet und 2008 wieder aufgelöst, bildet aber weiterhin einen eigenen Fertigungsbereich im Werk Wolfsburg. Hergestellt werden hier neue Fahrzeugmodelle wie Minivans, SUVs und Cross Over Modelle auf Basis der Golf-Plattform, die auf dem Markt sehr erfolgreich waren.



### 9.6.2 Veränderung der Tätigkeitsstruktur in den Gewerken in langfristiger Perspektive

Anders als bei der Betrachtung der Veränderungen auf der Werksebene zeigen sich auf der Ebene der Gewerke sehr deutlich die Auswirkungen der Automatisierung. Dies soll im zweiten Schritt nun anhand eines Vergleichs der Veränderungen im Karosseriebau und der Fahrzeugmontage genauer untersucht werden. Die beiden Gewerke repräsentieren, wie die Darstellung in den vorigen Kapiteln gezeigt hat, die Spannweite der Unterschiede zwischen den Gewerken bezogen auf den Grad der Automatisierung: der Karosserierohbau war schon seit den 1960ern hochautomatisiert, die Fahrzeugmontage blieb seit Anfang der 2000er weitgehend auf dem gleichen Niveau.

*Tabelle 18: Tätigkeitsstruktur im Arbeiterbereich in ausgewählten Gewerken (1978 und 2015)\**

Tätigkeitsgruppen	Karosseriebau in %		Fahrzeugmontage in %	
	1978	2015	1978	2015
<b>I</b> <i>Produktbearbeitende Tätigkeiten</i> (Bandmontierer/Montagewerker, Oberflächenbearbeiter, Schweißer u.a.)	35,3	19,6	72,6	69,0
<b>II</b> <i>Maschinen- und anlagenbezogene Tätigkeiten insgesamt, davon:</i>	39,1	66,7	2,8	11,3
<b>a)</b> <i>bedienende Tätigkeiten</i> (Handhaber an Maschinen, Anlagenbediener)	70,3	34,0	0,0	6,2
<b>b)</b> <i>steuernde und überwachende Tätigkeiten</i> (Anlagenüberwacher, Anlagenführer u.a.)	10,7	36,3	57,1	36,3
<b>c)</b> <i>Instandhalter</i>	18,4	29,1	42,9	63,7
<b>III</b> <i>Qualitätsbezogene Tätigkeiten</i> (Kontrolleure, Güteprüfer, Nacharbeiter, Fertigsteller, Warenprüfer)	14,0	12,2	20,4	12,3
<b>IV</b> <i>Materialbereitstellungs- und Transporttätigkeiten</i>	7,8	3,7	4,0	7,4
Insgesamt	100	100	100	100

\* Die Angaben hier beziehen sich nur auf den Bereich Karosseriebau. Für 2015 nur der Bereich der Golf Produktion.

Quelle: Wobbe-Ohlenburg (1982:240); Kooperationsprojekt WZB-IFAP.

Tabelle 18 zeigt die Veränderung der Anteile unterschiedlicher Tätigkeitsgruppen der Arbeiter im Bereich des Karosseriebaus und der Fahrzeugmontage. Die Darstellung folgt dem gleichen Muster wie in Tab. 13 in Kapitel 8. Der Vergleich überspannt einen Zeitraum von annähernd 40 Jahren. Bei den exemplarisch aufgelisteten Tätigkeiten werden die Bezeichnungen des Unternehmens verwendet. Auf Ursachen der Veränderungen wird nicht näher eingegangen.

Betrachten wir zunächst die Veränderungen im Karosseriebau. Im Jahr 1978 war hier noch ein Drittel der Arbeiter mit produktbearbeitenden Tätigkeiten befasst. Hierbei handelte es sich zumeist um die klassischen Tätigkeiten des Schweißens (Schmelzschweißen, Zangenpunktschweißen) Lötens und Klebens sowie der Oberflächenbearbeitung (vgl. Wobbe-Ohlenburg 1982: 238f.). 2015 war dieser Anteil auf ein Fünftel der Belegschaft zusammengeschrumpft. Einige der klassischen Tätigkeiten im Karosseriebau waren kaum noch aufzufinden, nur noch 2,5 % der Beschäftigten übten eine Tätigkeit als Schweißer aus, 1978 waren ihre Anzahl noch sechs Mal so viele gewesen.

Bei den maschinen- und anlagenbezogenen Tätigkeiten sieht das Bild deutlich anders aus. 1978 hatte der Anteil der Arbeiter mit diesen Tätigkeiten an den Gesamtbeschäftigten im Karosseriebau bereits bei 40 % gelegen, nun war er der bei weitem größte Tätigkeitsbereich. Zugleich haben innerhalb dieses Bereichs starke Verschiebungen stattgefunden. 1978 waren hier (in der Hauptgruppe II in Tabelle 18) noch 70 % der Beschäftigten mit bedienenden Tätigkeiten befasst, darunter viele als Einleger. Der Anteil höherwertigen Tätigkeiten in der direkten Produktion als Anlagenführer, Straßenführer usw. lag 1978 bei nur rund 10 %, die Facharbeiter in der Instandhaltung machten 20 % aus, insgesamt waren die höherwertigen Tätigkeiten damit selbst im Bereich der maschinen- und anlagenbezogenen Tätigkeiten also noch deutlich in der Minderheit.

2015 lag der Anteil die bedienenden Tätigkeiten im Bereich der Maschinen und Anlagen bei 34 %, 36 % waren höherwertige Tätigkeiten im Angelerntenbereich, und knapp 30 % waren Facharbeitertätigkeiten im indirekten Bereich. Zusammen machten die beiden letzteren nun 70 % der Tätigkeiten in diesem Bereich aus. Der Anteil der höherwertigen Tätigkeiten hatte sich damit im Betrachtungszeitraum verdoppelt.

Was die übrigen Tätigkeitsgruppen anbelangt, so blieb der Anteil der qualitätsbezogenen Tätigkeiten im Wesentlichen auf dem gleichen Niveau. Diese Gruppe umfasst nach der hier verwandten Zuordnung alle qualitätsbezogenen Tätigkeiten einschließlich der Nacharbeiten unabhängig von

der organisatorischen Zuordnung. Der Anteil der Arbeiter mit Tätigkeiten für den Transport und die Materialbereitstellung sank demgegenüber stark ab. Eine Erklärung dafür könnten Veränderungen der organisatorischen Zuordnung sowie Auslagerung von Funktionen an Dienstleistungsunternehmen sein. Auf die Veränderungen hier konnte im Rahmen der Studie nicht näher eingegangen werden.

Die Darstellung hat gezeigt, dass auch in den Gewerken mit Automationsgraden nahe der 100 Prozent-Marke keineswegs menschenleer sind. Mit Blick auf den hohen Automatisierungsgrad, der schon seit Jahrzehnten im Karosserierohbau gegeben ist, sind in diesem Bereich immer noch viele Beschäftigte in den indirekten Bereichen tätig bzw. üben als Direkte früher dem indirekten Bereich zugeordnete Tätigkeiten aus. Die Trennung zwischen Direkten und Indirekten macht ohnehin kaum noch Sinn. Genauere Angaben über die Zahl der Beschäftigten, in denen sich die beschriebenen Entwicklungen widerspiegeln würden, waren aufgrund der vorliegenden Daten und der unterschiedlichen Fertigungstiefe in den Vergleichsjahren nicht möglich.

Blicken wir nun auf die Veränderungen im Bereich der Fahrzeugmontage. Hier hat sich in dem Zeitraum von 40 Jahren, wie es scheint, kaum etwas verändert. Der Anteil der Arbeiter mit produktbearbeitenden Tätigkeiten lag zu beiden Zeitpunkten bei um die 70 %. Der Anteil der maschinen- und anlagenbezogenen Tätigkeiten war von 3 % auf 11 % angestiegen, lag damit immer noch auf niedrigem Niveau. Rund 60% der neu entstandenen Tätigkeiten waren im direkten Bereich (die meisten als Anlagenführer), 40% waren in der Instandhaltung. Allerdings hatte diese Unterscheidung im Falle der Instandhaltungstätigkeiten durch die Schaffung neuer Tätigkeitsbilder mittlerweile schon an Bedeutung verloren, wie im Anschluss noch gezeigt wird.

Einen starken Rückgang gab es in der Montage bei dem Anteil der qualitätsbezogenen Tätigkeiten, wozu die Übertragung eines Teils der Qualitätsverantwortung an den direkten Bereich wesentlich beigetragen hat. Der Anteil der Transport- und Bereitstellungstätigkeiten nahm umgekehrt auf niedrigerem Niveau erheblich zu. Den Ursachen konnte, wie schon im Falle des Karobaus, nicht näher nachgegangen werden.

Der Vergleich der Veränderungen der Tätigkeitsstruktur in den beiden Gewerken zeigt deutlich den Einfluss der Automatisierung. Im Bereich der maschinen- und anlagenbezogenen Tätigkeiten veränderte sich der Charakter der Arbeit deutlich, und hier fand eine Aufwertung von Produktionsarbeit

statt. Dort wo die Tätigkeiten noch manuell ausgeführt wurde, hat sich scheinbar wenig verändert. Darauf wird gleich noch zurückgekommen.

Insgesamt haben die Technologieschübe der betrachteten vier bis fünf Jahrzehnte aber keine so tiefgreifende Transformation in den Tätigkeitsstruktur hervorgerufen, wie oft angenommen.

### 9.6.3 Upgrading, Downgrading oder Polarisierung?

Im dritten Schritt sollen die Veränderungen der Tätigkeitsstrukturen im Karosseriebau als einem Gewerk, das seit Jahrzehnten knapp vor der Vollautomatisierung steht, genauer unter die Lupe genommen werden. Dieser Bereich war, wie in den vorigen Kapiteln beschrieben, immer wieder technisch und organisatorisch restrukturiert worden. Die Frage im Folgenden ist, wie sich diese Maßnahmen auf die Qualifikationsanforderungen ausgewirkt haben. Damit geht es zugleich um die seit langem diskutierte Frage, ob Automatisierung zu einer Auf- oder Abwertung der Arbeit, führt und welche Tätigkeitsgruppe dabei die Gewinner und Verlierern sind.

Als Folge des Automatisierungsschubs im Karosseriebau in den 1950er/60er Jahren überwog im Bereich der Maschinen und Anlagen die Zunahme der *anlagenbedienenden* Tätigkeiten. In den späteren Jahrzehnten überwog demgegenüber die Tendenz zum Upgrading. Die beiden Tätigkeitsgruppen, die davon profitierten, waren vor allem die Anlagenführer<sup>150</sup> und die Instandhalter. Zwischen diesen beiden Gruppen lag im Prinzip die Grenzlinie zwischen direkter und indirekter Arbeit und damit auch die fordistische Statusgrenze zwischen Angelernten und Facharbeitern.

Wie Abb. 49 zeigt, dauerte es fast 40 Jahre, bis es zu einem Gleichstand zwischen den Anteilen der aufgewerteten und der abgewerteten Tätigkeiten kam. In Abbildung 60 wird dieser Prozess entlang der Zeitpunkte der Modellwechsel genauer nachverfolgt.

Aus der Abbildung geht hervor, dass der Anteil der bedienenden Tätigkeiten an den Maschinen und Anlagen über den gesamten Zeitraum

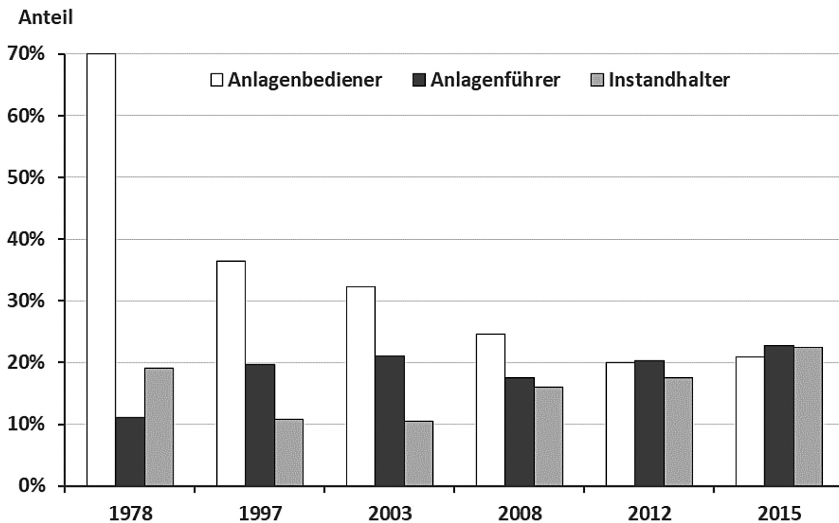
---

150 Schumann et al. verwenden anstelle des Anlagenführers in ihrem „Trendreport“ Anfang der 90er Jahre die Bezeichnung des „Systemregulierers“ und unterscheiden mit Blick auf die zwischenzeitliche Ausdifferenzierung unterschiedlicher Integrationsgrade von Tätigkeiten vier unterschiedliche Typen von Systemregulierern: I mit stark eingeschränkter Aufgabenzuweisung, II mit begrenzter Aufgabenzuweisung, III qualifizierte Systemregulierung, IV aufgewertete Systemregulierung (Schumann et al. 1994: 91ff)

hinweg weiter zurückging, erst am Ende kam es wieder zu einem kleinen Anstieg bei diesen Tätigkeiten. Bei den Anlagenführern stieg der Anteil zunächst an, blieb dann aber bis zum Ende des Betrachtungszeitraums auf dem neuen Niveau. Bei den Instandhaltern sank der Anteil in den 1970er und 90er Jahren, nahm danach aber bis zum Ende kontinuierlich zu.

Trotz der zuletzt immer stärkeren Tendenz der Aufwertung der Produktionsarbeit gab es am Ende immer noch einen nennenswerten Anteil an anlagenbedienenden Tätigkeiten. Die ursprüngliche stark polarisierende Tendenz schwächte sich also ab.

Abbildung 60: Veränderung der Tätigkeitsstruktur an den Maschinen und Anlagen im Karosseriebau (1978 bis 2015; in %)



Quelle: für 1978 Wobbe-Ohlenburg (1982); für die übrigen Zeitpunkte WZB-IFAP-Kooperationsprojekt.

Die These der Aufwertung von Produktionsarbeit hat sich, so zeigt die Analyse der Entwicklung im Karosseriebau, im Bereich der maschinen- und anlagenbezogenen Tätigkeiten in den letzten Jahrzehnten bestätigt. Allerdings die Tendenz blieb weitgehend auf diesen Bereich beschränkt.

Kern/Schumann hatten, als sie die These in den 1980er Jahren formulierten, vor allem die Angelernten im Blick, d.h. die „Massenarbeiter“ der fordistischen Produktionsweise. Die Gewinner der Zunahme der aufgewerteten Tätigkeiten in der Produktion waren zunächst, wie aus der Abbildung

hervorgeht, die Arbeiter in der Produktion, darunter auch die Angelernten. Ihnen stand den Arbeitern nun eine wachsende Zahl höherwertiger Tätigkeiten offen, auf die sie sich bewerben konnten. In den 2010er Jahren wuchs demgegenüber der Anteil der Beschäftigten der Instandhaltung im indirekten Bereich deutlich stärker.

Auch wenn, wie eine zusätzlich durchgeführte Analyse der Aufgabenbeschreibungen in den Arbeitssystemen im Rahmen dieser Studie ergab, in den 80er und 90er Jahren noch deutlich zwischen den Aufgaben der Anlagenführer und denen der Instandhalter unterschieden wurde, näherten sich die Arbeitsinhalte und Qualifikationsanforderungen der beiden Gruppen in den automatisierten Produktionsbereichen an. Auch für die Facharbeiter standen damit in der Produktion zunehmend qualifikationsgerechte Arbeitsplätze offen. Kern/Schumann sahen in dieser Entwicklung Anzeichen für das „Ende der Arbeitsteilung“ in der industriellen Produktion (Kern/Schumann 1984: 318).

Dies war ein großer Begriff für eine erst in ihren Anfängen befindliche Entwicklung. Gut dreißig Jahre später, so zeigt die Analyse war diese Entwicklung fortgeschritten, blieb aber insgesamt auf einem sehr niedrigen Niveau. Es zeigt sich hier, wie wichtig es ist, genauer nach den Größenordnungen zu fragen.

In den 1990er Jahren setzte ein Trend ein, aufgewertete Stellen in der Produktion nur noch mit Arbeitern zu besetzen die eine einschlägige Facharbeiterqualifikation vorweisen konnten. Zugleich wurde in der Berufsausbildung neue Ausbildungsgänge eingerichtet, die speziell auf einen Einsatz in der Produktion ausgerichtet waren. Die Verbindung von Aufgaben der klassischen Instandhaltung und Produktionstätigkeiten wird in der folgenden Aufgabenbeschreibung eines Arbeitssystems für Anlagenmechaniker im Karosseriebau deutlich:

Zu ihren Aufgaben gehören demnach das Inbetriebnehmen, das Betreiben und Instandhalten von Fertigungsanlagen entsprechend den technischen Vorgaben im Aufgabengebiet. Die Tätigkeiten schließen z.B. Einrichtungstätigkeiten, das Überwachen sowie das Verbessern der Produktionsabläufe ein. Bei Bedarf sind Anlagen mit Material ver- und entsorgen. Weiter gehört dazu das Erfassen von Störungen und Sichern von Daten und das Nacharbeiten an fehlerhaften Produkten. (Quelle: Abschrift des Autors) Auch

für AnlagenführerInnen wurde ein entsprechender Ausbildungsgang in der Berufsausbildung eingerichtet.<sup>151</sup>

Die Angelernten wurden, soweit sie die erforderlichen Bildungsabschlüsse nicht auf eigene Initiative hin nachholten, in diesen Aufwertungsprozess immer weniger einbezogen. Die Reprofessionalisierung der Produktionsarbeit, die von Kern/Schumann vorhergesehen wurde, nahm immer stärker Gestalt an. Dies bedeutete, wie die beiden Autoren schon vorhergesehen hatten, nicht die Rückkehr zur Facharbeit im Sinne der handwerklichen Tradition, sondern die Entwicklung einer neuen Art des industriellen Produktionsfacharbeiters.

Angesichts des Vordringens neuer Techniken der Industrie 4.0 nahmen zugleich aber auch Aufgaben zu, die eher die traditionell Qualifikationen von Technikern, Ingenieuren, Informatikern und damit auf einen Studienabschluss erforderten. Damit stellt sich von einer anderen Seite die Frage nach der zukünftigen Rolle der Facharbeiter.

„Eine der zentralen Fragen ist, ob diese Gruppe an Beschäftigten in der ‚intelligenten‘ Produktion von morgen noch Platz findet.“ so Bildungsforscher Spöttl, „die Blickrichtung und das Gefühl im Umgang mit Anlagen wird aufgrund der datenbasierten Steuerung auf die Software verlagert.“ (Spöttl 2016)

Die Zukunft der Facharbeiter als einer eigenen Statusgruppe und das System der dualen Ausbildung von Arbeiterberufen scheint damit von zwei Seiten bedroht: auf der einen Seite wird eine zunehmende Anzahl von Facharbeitertätigkeiten aus dem indirekten in den direkten Bereich verlagert, auf der anderen Seite laufen die Facharbeiter Gefahr, von den Entwicklungen im Bereich zukünftiger Produktionstechnologie ausgeschlossen zu werden.

Damit würde auch die Berufsausbildung mit ihrer spezifischen Verbindung von schulischen und betrieblich-praktischen Ausbildungsinhalten als ein vertikal das Unternehmen durchziehender Sozialisierungs- und Erfah-

---

151 Aufgabenbeschreibung eines/einer Maschinen- und AnlagenführerIn: Einrichtung von Maschinen und Anlagen in der Produktion und deren Bedienung sowie Steuerung und Überwachung des Materialflusses. Sie bereiten Arbeitsabläufe vor, wählen Prüfverfahren und Prüfmittel aus und wenden diese an, nutzen Steuerungs- und Regelungseinrichtungen, warten und inspizieren Maschinen und Anlagen und beheben Störungen. (Quelle: <https://www.vw-bi.de/bewerbung/ausbildung/liste-ausbildungsberufe.html>. Zugriff 16.12. 22)

runghintergrund ihre integrierende Funktion (wie in Kapitel 7 beschrieben) im Unternehmen verlieren.

Aber die derzeitige Entwicklung verweist nicht in diese Richtung. Vielmehr gehen die Bestrebungen eher dahin, die Berufsausbildung auf die neuen Anforderungen anzupassen, um den Einsatz von Facharbeitern auch in den neuen Tätigkeitsfeldern zu ermöglichen (vgl. ähnlich auch Baethge-Kinsky et al. 2018).

So wurden neue Ausbildungsgänge geschaffen, die für Tätigkeiten qualifizieren sollen, die bisher eher dem Bereich der technischen Angestellten zugerechnet wurden. Ein Beispiel für ein entsprechendes neues Berufsbild ist der „Elektroniker für Automatisierungstechnik“, zu dessen Aufgaben u.a. der Aufbau, die Änderung und Erweiterung automatisierter Produktionsanlagen sowie u.a. auch das Programmieren von Sensoren, Aktoren, Steuerungs- und Regelungseinrichtungen, Bussystemen und Netzwerken gehören. (Volkswagen Bildungsinstitut 2023).

Ein weiteres Beispiel ist der „Fachinformatiker für Anwendungsentwicklung“: Als Aufgaben werden das Entwerfen und Entwickeln anwendungsspezifischer Software und der Optimierung bestehender Anwendungen genannt. Zu den Ausbildungsinhalten gehört u.a. das Programmieren von Softwarelösungen, Sicherstellen der Qualität von Softwareanwendungen unter Berücksichtigung der Systemarchitektur und Versionsverwaltung; Analysieren und Planen von Systemen zur Vernetzung von Prozessen und Produkten, vernetztes Zusammenarbeiten unter Nutzung digitaler Medien (ebd.).

Um den gestiegenen Anforderungen in einigen Einsatzbereichen gerecht zu werden, aber auch dem wachsenden Wunsch nach einem Studium, wird auch die Möglichkeit angeboten, die Berufsausbildung durch ein „Studium im Praxisverbund“ zu verbinden. Auf diese Weise können in einem Zug eine Facharbeiter- und eine Ingenieurausbildung absolviert werden.<sup>152</sup>

Deutlich wird das Bestreben, die Facharbeiter als eigene Qualifikationsgruppe zu erhalten und einer Akademisierung vorzubeugen und die Funktion der Berufsausbildung als das qualifikatorische Rückgrat der Beschäftigten in der Produktion zu erhalten.

---

152 Dual Studierende erwerben bei der ausbildungsintegrierten Variante mit einer Dauer von 4 bis 4,5 Jahren das Zertifikat der Industrie- und Handelskammer und einen Bachelor- oder Diplom-Abschluss einer Hochschule (Volkswagen 2009).



#### 9.6.4 In der Montage alles Routine?

Der Bereich der Fahrzeugmontage, der aufgrund der Automatisierung der übrigen Bereiche und des Trends zu immer höherwertigen Fahrzeugen und differenzierteren Produktangeboten im Verlauf der Jahre einen zunehmend höheren Anteil an den Beschäftigten absorbiert hat, scheint das Kontrastbild zu den soeben beschriebenen Tendenzen zu einer Aufwertung der Produktionsarbeit zu bieten. Hier scheint der fordistische Massenarbeiter nach wie vor der dominante Arbeitstyp zu sein, dessen Tätigkeiten dermaßen standardisiert erscheinen, dass man sich wundert, weshalb sie nicht schon längst von Maschinen übernommen wurden.

Die Tatsache, dass Montagearbeit immer noch weitgehend „manuell“ ausgeführt wird (die Tatsache, dass dabei oft halbautomatisierte Werkzeuge und Manipulatoren gehandhabt werden, wird üblicherweise in der Diskussion nicht berücksichtigt), ist eng verknüpft mit der Tatsache, dass hier das Fließband nach wie die Abläufe bestimmt. Auch dort, wo es physisch nicht mehr existiert, ist es in den Ablaufstrukturen und Zeitvorgaben der Steuerungssysteme virtuell existent.

In Bezug auf die Montagearbeit gibt es zwei gegensätzliche Sichtweisen: Montage als Routinearbeit vs. Montage als permanentes Bemühen mit Abweichungen von den geplanten Routineprozessen fertig zu werden. Für diejenigen, die die erste Sichtweise vertreten, erscheint eine Automatisierung der Montage längst überfällig. Für die Vertreter der letzteren Sichtweise erscheint es fraglich, ob die Montage auch mit Hilfe noch so avancierter Strategien auf Grundlage des bisherigen Entwicklungspfades der zunehmenden Individualisierung der Fahrzeuge jemals automatisiert werden kann.

Es gibt viele Gründe, die dafür sprechen, dass die Arbeitsaufgaben auch in den nicht automatisierten Bereichen nicht so gleichförmig sind, wie es scheint: Störfälle an den Anlagen, fehlerhafte oder verspätete Zulieferungen, mangelhafte Kommunikation und Kooperation, um nur einige zu nennen. Darauf wurde oben bereits kurz eingegangen. Allerdings ist durch die Lean Production Bewegung, die in dem ersten 2000er Jahrzehnt in zunehmenden Maße handlungswirksam wurde, einiges erreicht worden, um Routinearbeit durchzusetzen und abzusichern.

Aber es ging der Lean Production Bewegung nicht nur um die Einhaltung der Routinen wie in den Standardarbeitsblättern vorgeschrieben, sondern auch um die Erfüllung von Anforderungen, die sich aus den übergreifenden prozessbezogenen Anforderungen ergeben. In Bezug auf diese Anforderungen lassen sich auch in den Montagebereichen deutliche Verän-

derungen beobachten. Im So wird in einer Studie über die Entwicklungen in einem Werk der Getriebefertigung Mitte der ersten 2000er Jahre festgestellt, dass es hier auch im Bereich der „einfachen Arbeit“ viele Anzeichen dafür gab, dass sich traditionelle tayloristischen Konzepte zugunsten einer allgemeinen Prozessorientierung auflösten. (Lacher 2006: 76).

Durch Funktionsintegration bei Tätigkeitsbeschreibungen, die Mitarbeit an kontinuierlichen Verbesserungsaktivitäten und die Aufgaben, die im Zielvereinbarungsprozesses übernommen haben, so schreibt der Autor, selbst in dem Werk als Leiter des Bildungswesens tätig, werde das Aufgabenspektrum auch der einfachen Arbeiter wesentlich über die unmittelbaren Arbeitsaufgaben hinaus erweitert.

„Zusammenfassend kann man feststellen“, so seine Schlussfolgerung in Bezug auf die Montagearbeiten in seinem Werk, „dass die Montagewerker zum Fachmann nicht nur in Sachen Leistungserstellung, sondern auch ihrer Ableitung, ihrer Beschreibung und Bewertung sowie Verbesserung werden. ... In dieser Perspektive liegt in der modernen Organisation der Getriebemontagen das Potenzial intellektueller und sozialer Beanspruchung, das nun überhaupt nicht zu den standardisierten, manuellen Montagearbeiten zu passen scheint.“ (Ebd.: 87)

Noch weiter war man in dieser Hinsicht schon einige Jahre davor in dem Projektтарifvertrag der Auto5000 gegangen. Dort hatte man eine Regelung vereinbart, die auch eine entsprechende Neugestaltung der Arbeitsorganisation vorsieht. Als Anforderung wird dort festgehalten:

„Die Arbeitsorganisation ist so zu gestalten, dass [den Beschäftigten] ... abwechslungsreiche und ganzheitliche Arbeitsinhalte übertragen und insbesondere auch ihre Kenntnisse und Fähigkeiten gefordert und gefördert werden.“ (Projektтарifvertrag 2001, Anlage 3: 24/25 zit. bei Glander 2006: 182)

Im Hinblick auf die erhöhten Anforderungen des Produktionssystems wurden Qualifizierungskonzepte mit dem „Automobilbauer (IHK)“ für die Zielgruppe der einfachen Produktionsarbeiter und dem „Prozessinstandhalter (IHK)“ für Anlagenführer- und Instandhaltungstätigkeiten neue Berufsbilder außerhalb des regulären dualen Berufsausbildungssystems geschaffen.

Deutlich wird, so lässt sich zusammenfassend feststellen, dass der Trend der Aufwertung von Produktionsarbeit längst auch die Montagearbeiten erfasst hat. Der treibende Faktor hierfür war nicht die Automatisierung, sondern die seit Beginn der 2000er Jahre ausgehandelten Produktionssysteme. (Vgl. dazu Institut für angewandte Arbeitswissenschaft 2002)

### 9.6.5 Eine kurze Nachbemerkung zu den Prognosen zur Montagearbeit

2013 legten Frey/Osborne eine vielbeachtete Prognose vor, in der sie präzise die Wahrscheinlichkeit angaben, mit welcher die Beschäftigten in unterschiedlichen Beschäftigungsgruppen und Berufen aufgrund der „Computersierung“ ihrer Tätigkeiten damit rechnen mussten, in absehbarer Zeit ihren Arbeitsplatz zu verlieren. Im Falle der Montagearbeiter lag diese Wahrscheinlichkeit bei 97 Prozent (vgl. Frey/Osborne 2013: Anhang). Die Bewegungsabläufe von Routineaufgaben, so lautet die Annahme, können vollständig kodifiziert werden, sodass Maschinen entsprechend programmiert werden können, um diese Aufgaben selbsttätig durchzuführen. Diese Tätigkeiten erscheinen daher als leicht automatisierbar. Entsprechende Prognosen gab es im Zuge der Darstellung in den vorigen Kapiteln dutzendfach.

Die Montagearbeit gilt allgemein als der Inbegriff von monotoner, repetitiver Routinetätigkeit (vgl. Kurz 1999). Dennoch weist gerade dieser Tätigkeitsbereich den geringsten Automatisierungsgrad auf – trotz erheblicher Bemühungen, ihn zu automatisieren. Einen besseren Beweis für die Irrelevanz von Prognosen, die den Kontext und die Bedingungen in den Bereichen nicht berücksichtigen, in denen die Techniken eingesetzt werden, kann es kaum geben.

