

## 2. Vorgeschichte der Automobilindustrie im 19. Jahrhundert

### 2.1 Einleitung

Das Konzept eines Automobils existierte schon vor der industriellen Revolution. So entwarf der holländische Physiker Christiaan Huygens bereits um 1680 einen Verbrennungsmotor mit Zylinder und Kolben, bewegt durch Schießpulverexplosionen. Die Entwicklungen auf diesem Gebiet wurden jedoch von den Fortschritten bei der Dampfmaschine überholt. Eine Dampfmaschine war denn auch das Antriebsaggregat für das erste Automobil. Dieses wurde von Nicolas Cugnot 1769 in Frankreich für den Transport schwerer Militärausrüstung gebaut. Das Fahrzeug war wegen der Platzierung der Dampfmaschine auf der Vorderachse kaum zu lenken. Bei einer Vorführung rammte es eine Kasernenmauer. In Cornwall im Vereinigten Königreich schaffte es Trevithick 1801 mit seinem „Puffing Devil“, einen Hang hochzufahren. Alessandro Volta erfand 1775 die erste funktionierende Batterie, in den 1830er Jahren wurde von Robert Anderson in Schottland das erste Elektrofahrzeug entwickelt. Aber wesentliche Dinge (wie ein Getriebe mit Rückwärtsgang) fehlten noch über eine längere Zeit. Das erste fahrtüchtige Fahrzeug mit Verbrennungsmotor wurde 1885 von Carl Benz in Deutschland gebaut, die ersten in den USA 1893 von den Duryea Brüdern. Ende des 19. Jahrhunderts standen aber dann fast gleichzeitig für alle drei Antriebssysteme fahrtüchtige Automobile bereit.

Soviel nur zur Entstehungsgeschichte des Automobils (vgl. näher Möser 2002). Das Produkt „Automobil“ spielt eine wichtige Rolle im Rahmen der weiteren Untersuchung, es soll jedoch an dieser Stelle nicht näher betrachtet werden. Gegenstand dieses Kapitels ist die Herausbildung der Voraussetzungen für eine Massenproduktion von Automobilen, d.h. die Vorgeschichte der Automobil*industrie*. Konstitutiv dafür waren erstens technische Entwicklungen auf unterschiedlichen Feldern, zweitens organisatorische Entwicklungen und drittens soziale Transformationsprozesse.

Im Abschnitt 2.2 wird der Prozess der Herausbildung der Fähigkeiten zur Herstellung von Produkten, die aus einer Vielzahl unterschiedlich geformter Metallteile bestehen, dargestellt. Von solchen Produkten existierten Anfang des 19. Jahrhunderts nur wenige, und wenn, dann waren es Unikate, deren Teile nicht untereinander ausgetauscht werden konnten. Die Einfüh-

Die Entwicklung einer *industriellen* Produktionsweise geschah zu dieser Zeit bereits im großen Stil in der Textilherstellung. Die Textilindustrie blieb bis in die zweite Hälfte des Jahrhunderts die dominierende Industrie, und viele Konzepte und Techniken hatten hier ihren Ursprung.

Im Fokus stehen die Produktionsbereiche (Gewerke), die maßgeblich an der späteren Automobilproduktion beteiligt waren. In knappen Zügen werden die Entwicklung der Verfahren und Techniken zur Gewinnung von Stahl durch Gießen und Schmieden und bei der mechanischen Fertigung und die damit einhergehenden sozialen Veränderungen im Verlauf des 19. Jahrhunderts dargestellt. Ziel ist, in die Welt der materiellen Produktion einzutauchen, um Tätigkeiten und Problemstellungen einzuführen, die für die weitere Darstellung von Bedeutung sind.

Im Zentrum der Darstellung im Abschnitt 2.3 stehen die Entwicklungen in den USA. Weshalb fand der Durchbruch zur Massenproduktion dort statt und nicht in Großbritannien, der damals dominierenden Industrienation? Die Antwort liegt, so die zentrale These, im „American System of Manufacturing“, das auf Prinzipien beruhte, die mit starker staatlicher Unterstützung zur Entfaltung gebracht wurden. Die Darstellung verfolgt die Herausbildung dieses Systems vom Ende des 18. Jahrhunderts bis zur Entstehung der ersten Branchen mit Massenproduktion im 19. Jahrhundert.

Abschnitt 2.4 befasst sich – weiterhin mit dem Fokus auf die USA – mit den Veränderungen in der Sozialstruktur der Betriebe und hier insbesondere mit der Rolle der Facharbeiter. Diese nahmen auf dem Shopfloor metallverarbeitender Betriebe eine dominierende Rolle ein, die allerdings durch die Verbreitung des American System und der Professionalisierung der Betriebsführung infrage gestellt wurde.

F. W. Taylor spielte am Ende eine wichtige Rolle bei diesen Entwicklungen. Hiermit befasst sich der Abschnitt 2.5. Sein Thema war die Effizienz bei der Nutzung der *vorhandenen* Maschinerie, nicht die Automatisierung. Bei ihm standen organisatorische Aspekte im Vordergrund. Er wurde zum Feindbild für die Gewerkschaft und zum Archetyp eines Rationalisierers. Sein Konzept der Trennung zwischen planenden und ausführenden Tätigkeiten markiert eine neue Konfliktlinie, die den Charakter der Arbeit im 20. Jahrhundert wesentlich prägen sollte.

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts kamen betriebswirtschaftliche Fragen der Kostenrechnung und Fragen der Betriebsführung immer stärker zum Tragen. Dies ist Gegenstand des Abschnitts 2.6. Forciert wurde diese Entwicklung in den USA durch die Systematic-Management-Bewegung, die vor allem von Praktikern aus den Unternehmen getragen wurde. Die-

se Bewegung zielte auf eine Stärkung der Managementfunktion und die Einführung betriebswirtschaftlicher Methoden der Koordination und Kontrolle betrieblicher Prozesse. Auf dieser Basis kam es zu einer zunehmenden Ausdifferenzierung von Angestellten- und Managementfunktionen und zur Herausbildung des Typs des „bürokratischen Unternehmens“, der sich im 20. Jahrhundert zunehmend verbreitete.

Den Abschluss bildet ein kurzes Zwischenresümee.

## 2.2 Gewerke und Fertigungsverfahren

Im Folgenden sollen die Herstellverfahren, die in der Anfangsphase der Automobilproduktion von besonderer Bedeutung waren und die, die den Automobilbau erst ermöglichten, beschrieben werden.

In der Anfangsphase lag, wie in der Einleitung dargestellt, das Gewicht auf den Gewerken für die Herstellung der Antriebsaggregate und der zugehörigen Einzelteile. Die Prozesskette vom Presswerk und dem Karosseriebau über die Lackiererei bis zur Endmontage spielte im Automobilbau für eine längere Zeit noch keine große Rolle und wird in diesem Kapitel noch nicht behandelt.

### 2.2.1 Das Erzeugen von Eisen und Stahl

Die zentralen Bestandteile der Automobile in der Frühzeit des Automobils, der Motor, das Getriebe, die Achsen u.a. bestanden aus einer Vielzahl von Teilen, für die in den meisten Fällen nur Eisen, zumeist bestimmte Varianten von Stahl, als Ausgangsmaterial infrage kamen.

Es dauerte ein gutes Jahrhundert, bis Eisen als Werkstoff fertigungstechnisch so „beherrscht“ wurde, dass die Produktion hochbeanspruchter Teile, wie sie im Automobilbau benötigt wurden, überhaupt möglich wurde. Die Herausforderung bestand nicht allein darin, diesen Werkstoff zuverlässig mit einer hinreichenden Qualität herzustellen, sondern auch darin, die Möglichkeiten zu erschließen, durch unterschiedliche Herstellungsweisen Arten zu produzieren, die je nach Anforderung eine hohe Bruchfestigkeit oder eine hohe Dehnfestigkeit oder Resistenz gegenüber Hitze, Kälte, Nässe gewährleisten. Hiervon war man am Anfang des 19. Jahrhunderts noch weit entfernt.

Ein erster Durchbruch war die Einführung von Kokshochöfen, wodurch die erforderlichen Hitzegrade für die Schmelze erreicht wurden. Aber die

erforderliche Dehnbarkeit, Verformbarkeit und Zugfestigkeit erhielt er das Material erst durch das „Puddeln“ (Frischen), eine qualifizierte Handarbeit außerhalb der traditionellen Handwerke. Das Roheisen musste durch ständiges Durchrühren der Schmelze entkohlt und entschlackt werden. Erst diese außerordentlich schwere, stark erfahrungsgeprägte Arbeit erbrachte einen Stahl von erwünschter Qualität (vgl. Ritter/Tenfelde 1992: 318; vgl. für die Situation in den USA Montgomery 1987). Die folgende Darstellung des amerikanischen Wirtschaftshistorikers Misa bietet einen kurzen Einblick:

“Refining of the crude pig iron was accomplished by a skilled workman at a puddling, or boiling, furnace. There a half-day of careful stirring and heavy manipulation yielded a large ball of pasty and fibrous iron, which was hammered or rolled into ‘wrought iron’ (Schmiedeeisen; Anm. d.A.) bars that could be sent to the rolling mills. The rub was that expanding the output of wrought iron required additional skilled workers; capital for production equipment alone was insufficient. The most important workers were the skilled puddlers, an independent lot, the ‘aristocrats’ of the industry.” (Misa 1995: 4)

Durch die Einführung des Bessemer-Verfahrens nach 1860 konnten erstmals Hitzegrade bei der Schmelze erreicht werden, die alle Verunreinigungen im Metall beseitigten. Aber es zeigte sich, dass man den Werkstoff Eisen noch immer nicht beherrschte. Die thermische Behandlung des Stahls, das Abkühlen und erneute Erhitzen der Schmelze zum richtigen Zeitpunkt und mit den erforderlichen Temperaturen, um so die Materialeigenschaft zu beeinflussen, war noch immer reine Erfahrungssache.

“The mystique of steel, at that time, carried some ‘controlling influence on the worker,’ who knew intuitively that steel would not stand high heat, and so before the steel blooms were charged into it the final reheating furnace was partially cooled off.” (Misa 1995: 146f.)

Und das bedeutete auch, dass man nach wie vor von Arbeitern mit viel Erfahrung und Materialwissen abhängig war. Mit dem 1878 eingeführten Thomas-Verfahren und wenig später dem Siemens-Martin-Verfahren wendete sich das Blatt. In den entsprechend ausgerüstete Hochofen konnten mit dem nun angewendeten Verfahren durch Rückführung der Schichtgase in die Hochöfen die Temperatur der Schmelze reguliert und durch Beimischung von Kalk und anderen Zugaben auch das Problem des Phosphorgehalts beseitigt werden; es bedurfte der Intuition der Puddlers nicht

mehr. Damit wurde nicht nur die Ära der Massenproduktion von Eisen und Stahl eröffnet, sondern auch die Schlüsselrolle fachlich qualifizierter Arbeiter bei der Eisen- und Stahlproduktion beendet. Die Umschichtung der Belegschaftsstrukturen erfolgte in den USA so rasch und radikal wie nirgends sonst. Die Kontrolle über die Ausführung der Arbeit und die Leistungserbringung übernahmen Foremen, die aus den Reihen der Skilled Worker rekrutiert wurden.<sup>11</sup> Es kam zu Streiks und erbitterten Auseinandersetzungen, die mit einer bis dahin nicht gekannten Härte ausgetragen wurden. (Vgl. dazu Montgomery 1987:18f)

In Deutschland erfolgten die Abwertung und Ausmusterung der fachlich qualifizierten Arbeiter aus der Fertigung weniger disruptiv und radikal. Aber auch hier wurden die Puddlers „mehr und mehr durch andere, sehr viel weniger qualifizierte Arbeiterkategorien“ ersetzt (Ritter/Tenfelde 1992: 318).

In Bezug auf die Erzeugung von Eisen und Stahl gab es in den nachfolgenden Jahrzehnten weitere technische Entwicklungen. Zunehmend wurde es möglich, das Material bis hin zu seiner molekularen Struktur nach vorgegebenen Standards herzustellen. Die Fähigkeit zur genauen Spezifikation der Materialeigenschaften und der Herstellungsweise im Hinblick auf die angestrebten Verwendungsformen des Stahls nahm auch noch im 20. Jahrhundert durch erweiterte Materialkenntnisse bezogen auf Legierungen und aufgrund verbesserter Messtechniken weiter zu. Heute gibt es laut der von der Europäischen Stahlregistratur 2015 herausgegebenen Stahl-Eisen-Liste 2.400 Stahlsorten, davon 1.500 Edelstähle. Hinzu kommen nicht genormte Stahlsorten und Varianten, die auf spezielle Kundenanforderungen zugeschnitten sind. Aber noch immer ist die Materialbeherrschung eine Herausforderung. Die sichere Einstellung definierter Eigenschaften erfordere – so die vom Stahlinstitut herausgegebene Stahlbibel – „ein umfangreiches technisches Know-how, wie es nur in hochtechnisierten Ländern vorhanden ist.“ Und selbst in diesen Ländern unterliege der Werkstoff Stahl auch aufgrund der Konkurrenz mit anderen Werkstoffen einem Prozess der ständigen Weiterentwicklung (Stahlinstitut 2015: 2f.).

Im Anschluss an die Stahlerzeugung erfolgt als erster Fertigungsschritt das Ur- oder Umformen des Werkstoffs in die Rohform des angestrebten Werkstücks.

---

11 Die Berufs- und Tätigkeitsbezeichnungen werden teilweise nicht übersetzt, um Besonderheiten des amerikanischen Kontexts durch Übertragung deutscher Begriffskonnotation nicht zu überdecken. Dazu unten mehr.

### 2.2.2 Das Gießen

Beim Urformen (wie dem Gießen) ebenso wie bei dem Umformen (wie dem Schmieden)<sup>12</sup> handelt es sich um Prozesse, die als erste im 19. Jahrhundert einem radikalen Transformationsprozess unterworfen waren. Im Folgenden wird exemplarisch etwas näher auf das Gießen als einem Verfahren des Urformens eingegangen.

Die Bedeutung des Gießens im 19. Jahrhundert kann gar nicht hoch genug angesetzt werden. Dies zeigt allein schon die folgende (von Marx im ersten Band von *Das Kapital* zitierte) Statistik:

*Tabelle 1: Anzahl Beschäftigte nach ausgewählten Wirtschaftszweigen in England und Wales (1861)*

Wirtschaftszweig	Anzahl Beschäftigte
Kohlebergwerke	246.613
Eisen-/Kupfer-/Blei-/Zinnminen	319.222
Eisengießereien	125.771
Mechanische Produkte	60.807

Quelle: basierend auf dem British Census 1861 Table XVIII.; vgl. auch Marx (1968/1867: 467)

Demnach arbeitete Mitte des Jahrhunderts der größte Teil der Beschäftigten in der Prozesskette der Herstellung von Produkten aus Metallteilen („mechanische Produkte“) in Bergwerken für die Kohle – und Erzgewinnung. In Gießereien waren etwa 20 % der Beschäftigten tätig – weit mehr als in den nachgelagerten metallverarbeitenden Branchen, die die Endprodukte herstellten, insgesamt. Für die Art von Produkten, um die es sich hier

12 Beim *Urformen* handelt es sich nach DIN 8580 um Fertigungsverfahren, in denen aus formlosem Stoff eine geometrisch definierte Form, die einem gewünschten Werkstück entspricht oder durch weitere Bearbeitungsschritte entsprechend fertiggestellt wird. Das wichtigste Verfahren der Gruppe ist das Gießen mit schmelzflüssigem Ausgangsmaterial. Eine andere Art des Urformens ist das Sintern; dabei kommen Pulver und Granulate zum Einsatz oder auch Pasten. Eine dritte Art sind die verschiedenen Generativen Fertigungsverfahren wie 3D-Druck oder Rapid Prototyping u.a., die zwar in den DIN-Normen noch nicht kategorisiert wurden; in der Fachliteratur werden sie jedoch zumeist dem Urformen zugeordnet.

Beim *Umformen* handelt es sich nach DIN 8580 um Verfahren, bei denen Rohteile gezielt in eine andere Form gebracht werden, ohne dabei Material zu entfernen. Die wichtigsten Fertigungsverfahren der Umformtechnik sind Walzen, Freiformschmieden, Gesenkschmieden, Fließpressen, Strangpressen, Tiefziehen und das Biegen.

handelte, suchte man im British Census noch nach einem übergreifenden Begriff und bezeichnete die Beschäftigten, die mit ihrer Herstellung befasst waren, noch recht umschweifig als „persons engaged in arts and mechanic productions, in which matters of various kinds are employed in various combinations“ (British Census 1861, Table XVIII). Die Verarbeitende Industrie wurde im US Census 1880 als „Manufacturing and Mechanical Pursuits“ bezeichnet. (United States Bureau of the Census 1943: 100)

Ein zentraler Prozess beim Gießen war die Herstellung der Formen. Ob der Guss gelang, entschied sich bei der Formherstellung (vgl. zum Folgenden: Benad-Wagenhoff 1993). Das Formen war eine hochqualifizierte Facharbeit. Im ersten Schritt wurde ausgehend von Zeichnungen oder Musterteilen ein Modell des Gussteils erstellt. Im Anschluss ging es darum, mit einem Formstoff, der üblicherweise aus verklebtem Sand bestand, die Negativform herzustellen, die später von der Schmelze umflossen wird, sodass der Gussrohling die gewünschte Form erhielt. Die Formen für komplexe Produkte bis zu einer bestimmten Größe wurden in Kästen, später zumeist in Kokillen<sup>13</sup>, platziert. An Stellen, wo das spätere Gussteil Hohlräume aufweisen sollte, wurden Sandkerne positioniert. Die Gesamtstruktur wurde durch Drähte und Klebmaterial stabilisiert. Der Former musste Kanäle für den Zulauf des Metalls, für das Entweichen der dabei verdrängten Luft und der sich entwickelnden Gase anbringen. Dabei musste er sehr vorsichtig vorgehen, die Form konnte bei der Arbeit leicht beschädigt werden, denn der Sand wurde nur festgestampft. Selbst dem geschicktesten Former gelang es selten, die Formen einzubringen, ohne sie zu beschädigen. Es musste fast ausnahmslos geflickt werden, worunter die Genauigkeit naturgemäß litt.

Nach dem Einbringen der Gussform in die Kästen oder Kokillen erfolgte das Eingießen der Metallschmelze. Nach dem Abkühlen der Gussform wurde der Sand, aus dem der Kern hergestellt, entfernt und, in späterer Zeit, zur Wiederverwendung gereinigt und aufbereitet. Die „Sandwirtschaft“ mit der Bewegung vieler Tonnen von Sand pro Tag bildet auch heute noch einen wichtigen Teil der Arbeit in der Gießerei.

Former und Gießer waren „gelernte“ Arbeiter; sie benötigten großes Improvisationsvermögen und Erfahrungswissen. Hohes Ansehen genossen insbesondere die Glockengießer. So wurden die ersten Motoren von Daimler und Maybach ausschließlich in einer ganz bestimmten Glockengießerei hergestellt (vgl. Kirchberg/Wächtler 1981: 73), da der ungewöhnliche und schwierige Guss offenbar andernorts nicht durchführbar war.

---

13 Dabei handelt es sich um wiederverwendbare Formen aus Eisen.

Erst Ende des 19. Jahrhunderts wurde ein Stand erreicht, der eine industrielle Produktion von Gussteilen ermöglichte. Es war nun möglich, durch ein genaues Gießen Teile herzustellen, die in der anschließenden mechanischen Bearbeitung nur noch vergleichsweise wenig Arbeit erforderten.

Auch in den Gießereien bewirkte die technische Entwicklung einen Bedeutungsverlust der Facharbeiter. Die ursprüngliche Arbeitsteilung in den Gießereien bestand zwischen „Gelernten“ (Facharbeitern), die die Formen herstellten und den Guss durchführten, sowie „Ungelernten“, die den Sand für das Formen bereitstellten, die Gussstücke nach dem Erkalten reinigten und andere Arbeiten durchführten (Ritter/Tenfelde 1992: 323). In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden zunehmend Kernschießmaschinen für die Festigung der Sandkerne entwickelt. In diesen Maschinen wurde mit Bindemittel versetzter Formgrundstoff mit hohem Druck in Kernkästen eingebracht. Diese Maschinen leiteten den Prozess der Automatisierung in den Gießereien ein und konnten von Ungelernten bedient werden (Lohse 1910: 136).

Je genauer das Gießen der Werkstücke ausfiel, desto weniger Arbeit fiel in den anschließenden Bearbeitungsschritten an. Das Ziel lautete (in heutiger Formulierung) Near Net Shape, d.h. zu erreichen, dass im Anschluss an das Gießen möglichst nur noch wenig an spanabhebender Bearbeitung erforderlich war. Für die Beschäftigten in der Mechanischen Fertigung bedeutete das, dass ihre Arbeit entfiel, ohne dass hier selbst automatisiert worden war, es war also eine Art Automatisierung durch die Hintertür.

Für besonders beanspruchte Teile wie Achsen oder Kurbelwellen wurde im Automobilbau teilweise noch für längere Zeit das Schmieden bevorzugt. Aber auch beim Schmieden begannen frühzeitig die Versuche, durch Einsatz formgebender Werkzeuge, den Gesenken, das Near Net-Shape Ziel zu erreichen und damit ebenfalls Arbeit in der Mechanischen Fertigung einzusparen. Für viele Werkstücke galt, dass es eine Frage der Qualität und der Kosten wurde, ob man sie eher im Gieß- oder im Schmiedeverfahren herstellte. Insofern standen die beiden Verfahren schon früh in Konkurrenz zueinander.

Hinzu kam dabei noch ein drittes Umformverfahren, das Pressen, das allerdings erst später an Bedeutung gewann, als man nach alternativen Verfahren für die Herstellung der schweren Gussformen für die Werkzeuge suchte, die zur Herstellung von Karosserieteilen erforderlich waren. Die gepressten Teile waren nicht nur leichter als gegossene Teile, die Pressen ersparten auch viele Arbeitsgänge in der Mechanischen Fertigung.



Für alle drei Arten von Umformverfahren war die Entwicklung von Werkzeugen – Formen, Gesenke, Presswerkzeuge – von grundlegender Bedeutung. Generell lässt sich feststellen, dass Umformwerkzeuge eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung der Voraussetzungen für die Massenproduktion (nicht nur) von Automobilen gespielt haben. Erst durch deren Einsatz wurde es möglich, exakt gleiche Teile aus Stahl in großer Menge herzustellen. Die Herstellung der Werkzeuge wurde zu einem eigenen Beruf: dem Werkzeugmacher (Tool and Die Maker).

Die Tätigkeiten des Gießens, Schmiedens und Pressens stehen auch heute noch am Anfang der Prozesskette der Automobilherstellung, werden inzwischen aber zumeist bei Zulieferern durchgeführt. Diese sprichwörtlich Old-Economy-Gewerke unterliegen aber im gesamten Betrachtungszeitraum einer hohen Innovationsdynamik, dies auch ganz aktuell im Automobilbau, wenn man an Verfahren wie den Aluminiumdruckguss im Karosseriebau<sup>14</sup> und im 3D-Druck additive Verfahren (auch als generative Verfahren bezeichnet)<sup>15</sup> denkt.

### 2.2.3 Mechanische Fertigung

Um ihre endgültige Form zu erhalten, durchlaufen die Teile im Anschluss an die Umformung in der Regel die Mechanische Fertigung (s. Abb.2). Hier erfolgt, wie schon erwähnt, die Veränderung der Form fester Körper durch materialentfernende (spanabhebende) Verfahren.<sup>16</sup>

Die ursprüngliche Arbeit der geometrisch exakten Formgebung mit Handwerkzeugen, z.B. durch Feilen, war mühsam und langsam und erforderte zugleich ein hohes Maß an Wissen, Erfahrung, Fertigkeiten. Angesichts der zunächst noch mit sehr geringer Genauigkeit gegossenen oder

---

14 Bei diesem Gießverfahren wird die flüssige Schmelze unter hohem Druck und mit sehr hoher Geschwindigkeit in eine Druckgussform gepresst. Die Herstellung der Gussform ist sehr arbeitsaufwändig; als Werkstoff für die Gussformen werden Sonderwerkstoffe oder hochfeste Warmarbeitsstähle verwendet. Das Verfahren wird in den derzeitigen Gigawerken Teslas angewendet.

15 Der 3D-Druck, auch als additive oder generative Fertigung oder auch als Rapid Prototyping bezeichnet, umfasst Fertigungsverfahren, bei denen ein bestimmtes Material Schicht für Schicht aufgetragen wird, und so dreidimensionale Werkstücke erzeugt werden. Der schichtweise Aufbau erfolgt computergesteuert nach vorgegebenen Maßen und Formen; als Werkstoffe dienen u.a. Kunststoffe und speziell aufbereitete Metalle.

16 Dazu zählen Drehen, Bohren, Senken, Reiben, Fräsen, Hobeln, Stoßen, Schaben, Meißeln.

geschmiedeten Teile und des zugleich explosionsartigen Wachstums des Bedarfs an präzise gefertigten Teilen von Seiten des Maschinenbaus, der Waffenproduktion u.a. kam diesem Bereich eine zentrale Bedeutung bei der Entwicklung der neuen Industrien zu.

Der Einsatz von Werkzeugmaschinen spielte die entscheidende Rolle für die weitere Entwicklung. Der Bau solcher Maschinen erfolgte zunächst noch für einige Zeit als eine Nebentätigkeit in den bestehenden Produktionsstätten des Handwerks oder als Teil der Fabriken zur Herstellung von Textilprodukten, beim Bau von Lokomotiven, bei der Waffenproduktion usw. Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts hatte sich der Maschinenbau aber zu einem eigenen Industriezweig entwickelt und wurde als ein Kronjuwel der Industrie Großbritanniens angesehen. Exportverbote für britische Maschinen wurden erlassen, Patentmauern errichtet, Fachkräften wurde es verboten, das Land zu verlassen, um dieses Juwel zu schützen.

Die Periode von 1830 bis 1850 war eine Zeit grundlegender Innovationen im Maschinenbau. Maschinen wurden nicht nur für die Bearbeitung von Materialien gebaut, sondern auch für kognitive Tätigkeiten, auch wenn es sich dabei zunächst nur um erste Ansätze handelte. 1830 konstruierte Charles Babbage eine Maschine für die Automatisierung kognitiver Tätigkeiten. Die Analytical Engine sollte die vier Grundrechenarten ausführen und Einzeloperationen automatisch miteinander verknüpfen können; gesteuert wurde sie über Lochkarten (Vorbild war hier der Jacquard-Webstuhl<sup>17</sup>) (Babbage 1999/1832). Es gelang jedoch nicht, die Maschine herzustellen. Ein Grund war, dass die für die Zifferndarstellung erforderlichen Präzisionszahnradchen fertigungstechnisch noch nicht realisierbar waren (Purbrick 1993).

Eine der Schlüsselinnovationen bei den Werkzeugmaschinen war die Einführung des Kreuzsupports durch Henry Maudslay.<sup>18</sup> Der Kreuzsupport trat an die Stelle der menschlichen Hand zum Festhalten und Führen des Schneidwerkzeugs. Dank dieser mechanischen Vorrichtung war es, wie James Nasmyth schrieb, möglich,

„das Werkzeug zu zwingen, sich mit solcher absoluten Präzision längs oder quer zur Oberfläche des Objektes zu bewegen, ohne eine nennens-

---

17 Vgl. dazu Bohnsack (1993).

18 Henry Maudslay war eine zentrale Figur bei der Herausbildung des Werkzeugmaschinenbaus. Er erfand während der 1830er Jahre eine Vielzahl von Maschinen, die von großer Bedeutung für die industrielle Revolution waren.

werte Verausgabung von Kraft, und in der Tat meistens gar keine zu Lasten des Arbeiters“ (Nasmyth zit. bei Benad-Wagenhoff: 56)

Nasmyth, der eine Zeitlang für Maudslay als Assistent und technischer Zeichner arbeitete und später ein eigenes Unternehmen gründete, erklärte in dem Artikel, welche Bedeutung der Kreuzsupport<sup>19</sup> für die maschinelle Metallbearbeitung besaß:

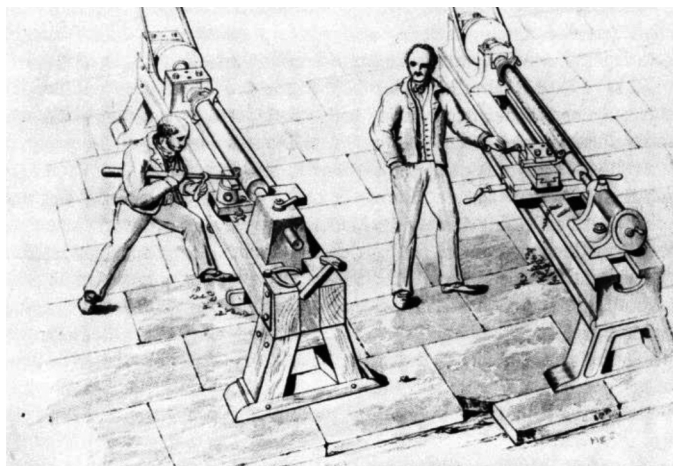
„Bis vor etwa 30 Jahren mußte nahezu jedes Maschinenteil durch bloße Handarbeit hergestellt und bis zur angestrebten Form fertiggearbeitet werden. Das hieß: hinsichtlich der damals verlangten Genauigkeit und Präzision in der Ausführung solcher Maschinerie hingen wir völlig von der Geschicklichkeit der Hand und dem richtigen Augenmaß des Arbeiters ab.“ (zit. bei Benad-Wagenhoff 1993: 55f.)

Durch zusätzliche Vorrichtungen wurden darüber hinaus weitere Steuerungsfunktionen automatisiert die Maschinen wurden dadurch mehr und mehr, - wie Nasmyth sich ausdrückte - "selfacting". Der Kreuzsupport entlastete den Maschinenführer zwar durch das Halten und Führen des Werkzeugs, weil er aber nach wie vor die Stellung und Vorschubbewegung des Werkzeugs durch Handkurbeln steuern musste, blieb seine Aufmerksamkeit an die Ausführung der Arbeit gebunden. Durch das Ankoppeln der Vorschubbewegung an den Antrieb der Arbeitsspindel wurde er nun auch von einem Teil dieser Steuerungsaufgaben befreit (vgl. Benad-Wagenhoff 1993: 64). Die Abbildung 3 zeigt die berühmte Skizze, die Nasmyth dazu anfertigte.

---

19 Das Funktionsprinzip beschreibt Benad-Wagenhoff (1993: 57) wie folgt: „Der Kreuzsupport ist im Prinzip ein mechanisches Koordinatensystem. In seiner einfachsten Form besteht er aus zwei übereinander angeordneten, rechtwinklig zueinander beweglichen Schlitten, die mit handkurbelgetriebenen Gewindespindeln auf ihren Gleitbahnen verschoben werden. Der Oberschlitten trägt eine Werkzeugspannvorrichtung. Er bewegt sich parallel zur Werkstückachse, die Werkzeugschneide beschreibt dabei eine Gerade. Die Bahn des Oberschlittens sitzt auf einem quer verschiebbaren Planschlitten. Dieser erlaubt es, die Tiefe einzustellen, mit der das Werkzeug ins Material faßt, oder Stirnflächen abzdrehen.“

Abbildung 3: Drechseln mit Handauflage und Drehmaschine mit Kreuzsupport



\* Zeichnung von James Nasmyth in der 1841 in London erschienenen 3. Auflage von ›Practical essays on millwork and other machinery‹ von Robertson Buchanan, London, Science Museum.

Quelle: Paulinyi/Troitsch (1991: 331)

In der Skizze werden die traditionelle und die neue Arbeitsweise einander gegenübergestellt. Die Tätigkeit an der neuen Drehbank wurde sichtbar erleichtert, da die mühsame Bahnführung des Werkzeugs nun von der Maschine verrichtet wurde; der Arbeiter zeigt sich entsprechend erleichtert, während sein Kollege an einer veralteten Drehbank neben ihm vor sich hinschuffet. Aber die Sache hatte auch einen Haken: Nun konnten der Arbeiter rechts im Bild zusätzlich weitere Maschinen bedienen. Da die anspruchsvolle Tätigkeit der Werkzeugführung auf die Maschine übertragen wurde, waren zudem keine Facharbeiter mehr erforderlich, sie waren ersetzbar geworden. Diese letzteren Auswirkungen mussten nicht (sofort) eintreten, stellten aber für die bestehende Belegschaft eine latente Bedrohung dar.

Eine normale Drehbank, die einen mechanischen Vorschub besitzt, kam der späteren Untersuchung von Moll/Ulbricht zufolge, die in der Einleitung kurz beschrieben wurde, schon in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts auf einen Automatisierungsgrad von 19 %, Maschinen zum Nachformdrehen bereits von 52 % (Moll 1961: 53). Der Prozess der Teilautomatisierung von Steuerungsfunktionen setzte sich im Verlauf des 19. Jahrhunderts fort. Ab 1870 verbreiteten sich die Revolverdrehbänke, die es ermöglichten, dass

die Maschinen mehrere Bearbeitungsgänge hintereinander ohne menschliche Intervention durchführen konnten.<sup>20</sup>

Einen Schritt weiter bei der Ersetzung menschlicher Arbeit ging die bereits 1818 von Blanchard in den USA erfundene Kopiermaschine für die Bearbeitung von Holzteilen. Das Konzept der Kopiermaschine, das dem Bedarf einer Massenproduktion wie kaum ein anderes entsprach der Kopiermaschine, machte auch in anderen Branchen Karriere. (Vgl. Beispiele bei Hounshell 1984).

Schon in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts waren auf diese Weise wesentliche Fertigungsschritte in der mechanischen Fertigung automatisiert worden. Bei der Endbearbeitung der Teile blieben Facharbeiter aber noch für eine längere Zeit unersetzlich. Erst durch ihre „Passarbeit“ wurde sichergestellt, dass die Teile im nächsten Schritt, bei der Montage, problemlos zusammengefügt werden konnten. Am Ende des 19. Jahrhunderts wurde die qualifizierte Handarbeit aber auch hier verdrängt; ausschlaggebend dafür war, so der Wirtschaftshistoriker Benad-Wagenhoff, neben der Entwicklung spezieller Schleifmaschinen und die Verbreitung neuer Messmethoden.

Die Durchführung von Messungen in der Werkstatt erfolgte traditionell mithilfe des Tastsinns der Arbeiter (vgl. zum Folgenden Benad-Wagenhoff 1993: 338ff.). Die Herausbildung eines Tastsinns erforderte langjährige Erfahrung – Facharbeiter, die darüber verfügten, waren schwer zu bekommen und konnten eine gute Bezahlung verlangen. Genaue Messungen wurden aber erstmals durch Verwendung eines Mikrometers<sup>21</sup> möglich, und auch hier bedurfte es eines qualifizierten Facharbeiters, der damit umgehen konnte. Die vom subjektiven Empfinden des Arbeiters abhängige Messung der Abweichung des Ist-Maßes vom Soll-Maß verlor erst mit der Einführung von Endmaßen<sup>22</sup> an Bedeutung, die das Messen vereinfachten und beschleunigten (ebd.: 348). Die Endmaße ermöglichten eine Messgenauig-

---

20 Der Grundgedanke ist, für eine bestimmte Anzahl gleicher Werkstücke mit gleicher Bearbeitungsfolge eine bestimmte Anzahl Werkzeuge bereitzuhalten, die Arbeitsgänge möglichst nacheinander, d.h. ohne Umspannen des Werkstücks und unter größtmöglicher Ausschaltung aller Arbeiten von Hand, durchführen. Dadurch wird neben Zeitersparnis eine Gleichheit der Werkstücke bezüglich Maßhaltigkeit und Oberflächengüte begünstigt (<https://de.wikipedia.org/wiki/Revolverbank>; letzter Zugriff 13.04.2022).

21 Dies ist ein Feinmessinstrument, das sich ab 1870 langsam von den USA aus verbreitete. Mit ihr wurde eine Messgenauigkeit von einem hundertstel Millimeter erreicht (vgl. Benad-Wagenhoff 1993: 343).

22 Endmaße sind Feinprüfmittel, deren Endflächen ein Maß exakt verkörpern.

keit von bis zu einem tausendstel Millimeter. Der von dem schwedischen Ingenieur Johansson entwickelte Endmaßsatz wurde Anfang des 20. Jahrhunderts zum gängigen Urmaß modern ausgerüsteter Maschinenbaubetriebe. Johansson wurde in den 20er Jahren von Henry Ford angeworben und sein System der Endmaße zum Standard gemacht und auch den Zulieferern zur Verfügung gestellt (vgl. Ford 1930: 222f)

Für die spätere Massenproduktion von Automobilen schufen die hier kurz beschriebene Entwicklungen des Werkzeugmaschinenbaus entscheidende Voraussetzungen. Sie kamen allerdings erst durch andere Entwicklungen voll zum Tragen, die in Abschnitt 2.4 beschrieben werden.

Der zunehmende Einsatz von Maschinen und die Verbesserung von Fertigungsverfahren führte zu einer Beschleunigung der Prozesse und zur Vereinfachung der Anforderungen in den jeweiligen Gewerken. Aber auch gewerkeübergreifende Wirkungen wurden, wie im Falle der Mechanischen Fertigung, erkennbar, wo durch ein formgenauerer Gießen Tätigkeiten entfielen, ohne dass in diesem Bereich selbst eine Automatisierung stattgefunden hätte.

### 2.2.4 Montage

Die Montage, d.h. der Zusammenbau der Einzelteile zu dem gewünschten Produkt bildet den letzten Schritt in der Prozesskette. Sie bestand zum großen Teil aus Nacharbeiten an den Einzelteilen, um sie zueinander passfähig zu machen. Dies war das traditionelle Einsatzgebiet von Schlossern (englisch: Fitter) und Produktspezialisten, die das Funktionieren des Produkts sicherstellten. Auch hier fand ein Prozess der Verdrängung der Facharbeiter statt, der in den USA einen besonderen Verlauf nahm, wie im Folgenden näher beschrieben wird.

### 2.3 Das American System of Manufacturing

Die Entwicklung neuartiger Maschinen als Voraussetzungen für das später entstehende System der Massenproduktion in der Automobilindustrie wird nun aus einer ganz anderen Perspektive betrachtet. Nun steht am Anfang eine Leitidee, aus der sich Prinzipien für ein Produktionssystem herausbildeten, das die technischen, organisatorischen und sozialen Entwicklungen in den USA auch noch im 20. Jahrhundert erheblich beeinflusste.

Das American System entsprang einer Zielvorstellung, die zu dem Zeitpunkt, als sie vorgebracht wurde (Mitte des 18. Jahrhunderts), noch als ganz unrealistisch galt. Durch eine Verkettung von Zufällen gelangte sie in die USA und wurde hier zu einem Leitprinzip der staatlich betriebenen Rüstungsproduktion, wo sie zu einem Produktionssystem weiterentwickelt wurde, das auch in andere in Entstehung begriffene Industriezweige Eingang fand. Es wurde Mitte des 19. Jahrhunderts unter der Bezeichnung „American System of Manufacturing“<sup>23</sup> weltweit bekannt.

Die Grundidee war das Prinzip der Austauschbarkeit der Teile (Interchangeability of Parts). Der Weg vom abstrakten Prinzip bis zu einem Produktionssystem war lang und ließ sich auch nicht einfach aus der Leitidee ableiten. Wie das geschah, ist eine spannende Geschichte und Stoff für unzählige Beschreibungen in der amerikanischen Literatur. Die Darstellungen über die Ursprünge des American System haben bisweilen Legendencharakter, sind aber durch die Forschung gut belegt.

Das Prinzip der Austauschbarkeit der Teile wurde 1765 von Jean Baptiste de Gribeauval, Generalinspekteur der französischen Artillerie bezogen auf die Produktion von Musketen formuliert (grundlegend: Hounshell 1984). Bis dahin wurden Musketen handwerklich produziert und jede war ein Einzelstück. Waren sie beschädigt, so war es nicht möglich, ein Teil mit dem entsprechenden Stück aus einer anderen auf dem Felde herumliegenden Musketen zu ersetzen. Gribeauval war der Ansicht, dass Waffenteile ebenso leicht untereinander austauschbar sein sollten wie die Soldaten auf dem Feld. Seine Vorstellungen fielen allerdings in den Vereinigten Staaten auf sehr viel fruchtbareren Boden als in Frankreich, wo sie mit der Französischen Revolution ad acta gelegt wurden. Gribeauvals Pläne fanden keinen geringeren Fürsprecher als Thomas Jefferson.

Die folgende Episode wurde in der Literatur oft beschrieben (Grundlage für das Folgende ist die Darstellung in Winchester 2018: 90ff.). Die Realisierung der Gribeauvalschen Idee hatte Honoré Blanc übernommen, Waffenschmied und Generalinspekteur in den Königlichen Waffenmanufakturen unter Ludwig XV. In sorgfältiger Handarbeit stellte Blanc ein „Mastermodell“ her und dokumentierte genau die Spezifikationen jedes einzelnen Teils. Flintlock-Musketen, vor allem die komplizierte Zündvorrichtung, galten zu dieser Zeit als Hightech-Produkte, die nur in Einzelfertigung von hochqualifizierten Facharbeitern hergestellt werden konnten. Blanc

---

23 In der älteren Literatur auch unter der Bezeichnung „American System of Manufacture“ (vgl. Fitch 1880; Rosenberg 1963; Hounshell 1984).

befahl, dass diese Facharbeiter sich nun exakt nach den Spezifikationen des Mastermodells zu richten hatten. Mit dieser Anforderung stieß er aber auf heftigen Widerstand. Das bloße Kopieren von Teilen wurde von den Büchsenmachern als Herabsetzung und als Missachtung ihres eigenen Könnens betrachtet. Schließlich gelang es Blanc, eine Anzahl von Musketen auf die erwünschte Weise fertigen zu lassen.

Die Ankündigung der öffentlichen Demonstration einer gelungenen Fertigung von Gleichteilen war eine Sensation! Sie erweckte auch das Interesse von Thomas Jefferson, der bis 1789 Botschafter der USA in Frankreich war. Blanc hatte zwei Dutzend Gewehrschlösser zur Präsentation ausgelegt, welche nun vor den Augen der Zuschauer in ihre Einzelteile zerlegt und durcheinandergeschüttelt wurden, um im Anschluss wieder zu ebenso vielen neuen Schlössern zusammengebaut zu werden.

Die Teilnehmer dieser Veranstaltung waren in hohem Maße beeindruckt, so auch Thomas Jefferson. In einem Brief an den damaligen Außenminister beschreibt er, dass er sich im Anschluss an die Vorführung noch einmal selbst vergewisserte, da ihm die Sache doch von hohem Interesse erschien:

“Supposing it might be useful to the U.S., I went to the workman, he presented me the parts of 50 locks taken to pieces and arranged in compartments. I put several together myself taking pieces at hazard as they came to hand, and they fitted in the most perfect manner. The advantages of this, when arms need repair, are evident.” (Zit. nach Winchester 2018: 93)

Der Brief blieb unbeantwortet, ebenso ein zweiter einige Jahre später an den Kriegsminister. Über die Allianz mit den Franzosen im Befreiungskrieg gelangte französisches Lehrmaterial in die neu gegründete Militärakademie in Westpoint und so fand das „System Gribbeauval“ dennoch Eingang in die amerikanische Rüstungspolitik. 1815 wurde es in den USA offizielle Leitlinie für die Waffenproduktion in den staatlichen Rüstungsfabriken (den sog. Arsenalen), die in den 1790er Jahren in Springfield, Ohio und Harpers Ferry, Virginia errichtet worden waren. Diese beiden Arsenalen und eine Reihe für sie tätiger privater Kontraktfertiger spielten eine entscheidende Rolle bei der Weiterentwicklung des Prinzips der austauschbaren Teile zu einem Produktionssystem. Einer der ersten aus dieser Gruppe der Kontraktfertiger war Eli Whitney, der Erfinder des Cotton Gin.<sup>24</sup> Er wird

---

24 Die Maschine dient bei der Textilherstellung zur ersten Ausrichtung (Kardierung) der losen Baumwollfasern als Vorstufe des Spinnens.



in der US-amerikanischen Literatur bisweilen als „Father of Automation“ angesehen. Tatsächlich war seine Rolle bei der Entstehung des American System, wie der Technikhistoriker Hounshell beschreibt, weniger glorios. Aber er war offenbar der Erste, der vorschlug, die Teile maschinell herzustellen.<sup>25</sup> Die Gleichteile wurden in der Blancschen Werkstatt noch manuell von gelernten Büchsenmachern gefertigt; und als Whitney den Auftrag übernahm, gab es die entsprechenden Maschinen, um sie zu ersetzen, noch gar nicht.

Die Ersetzung menschlicher Arbeit durch die Verwendung von Maschinen traf in den USA auf eine hohe Akzeptanz; die Fähigkeit zur Mechanisierung von Produktionsabläufen wurde als eine wichtige Voraussetzung im Kampf gegen die Kolonialherrschaft gesehen. Entsprechende Bestrebungen zum Aufbau einer modernen Industriebasis waren von Großbritannien unterbunden worden. Hinzu kam die Knappheit an Facharbeitern auf dem Arbeitsmarkt und die hohen Löhne für diese Gruppe. Aber auch bei den Büchsenmachern in den USA stieß das Gribbeauval-System auf Widerstand. Zu Aufständen, wie in etwa zeitgleich durch die Ludditen kam jedoch nicht.<sup>26</sup>

---

25 Whitney hatte, wohl aufgrund seiner Reputation als Erfinder, einen für damalige Verhältnisse absolut überdimensionierten Auftrag zur Produktion von 10.000 bis 15.000 Musketen innerhalb von zwei Jahren erhalten. Als Produzent des Cotton Gin war er gescheitert und stand kurz vor dem Ruin, der Auftrag rettete ihn. Aber wie er den Auftrag erfüllen konnte, stand in den Sternen. Der höchste Jahresoutput des Springfield Arsenal lag bisher bei unter 5.000 Musketen. Whitney fand ein überzeugendes Argument bei seinen Verhandlungen mit dem Ministerium: „Machining moved by water (...) would greatly diminish the labor and facilitate the manufacture of the article“ (Hounshell 1984: 30).

26 Die Ludditen waren gelernte Facharbeiter (siebenjährige Lehre) in der Textilindustrie in Mittel- und Nordengland, deren Tätigkeit durch den Einsatz von Maschinen von Ungelernten übernommen wurde. (Vgl. Binfield 2004) Sie nannten sich nach Ned (Edward) Ludd, einem Lehrling, der 1811 nachdem seine Arbeit kritisiert worden war, die von ihm bediente Strickmaschine mit dem Hammer zerstört hatte. Bei den Ludditen handelte es sich nicht um eine koordinierte Bewegung, sondern um eine Reihe von Aufständen von Berufsgruppen in unterschiedlichen Regionen in den Jahren 1811/12, die sich für die Aufrechterhaltung ihrer traditionellen Rechte und Werte ihrer Berufsgruppen (Trades) und für die Gewährung politischer Teilhaberechte einsetzten. Auch in den 1820ern und 30er Jahre kam es zu solchen Aufständen, am gewaltsamsten verliefen die Power Loom Riots in Lancashire. Auch vor den Ludditen gab es Vorkommnisse dieser Art, so zerstörten Weber 1675 von Dampfmaschinen angetriebene Webmaschinen in Spitalsfield bei London. Bereits 1721 wurde die Zerstörung von Maschinen gesetzlich zum Kapitalverbrechen erklärt.

Im Hinblick auf die angestrebte Fertigung mit Maschinen, die von Ungelernten bedient werden sollten, begann man im Arsenal in Springfield schon 1802 damit, die Arbeit neu zu organisieren; konsequenterweise schaffte man dabei auch gleich das System der Lehrlingsausbildung ab (Hounshell 1984: 32).

Die Entwicklung von Maschinen, die von Ungelernten bedient werden konnten, zog sich allerdings noch länger hin. Es handelte sich hier um eine neue Art von Maschinen, anders als die universell verwendbaren Werkzeugmaschinen, wie sie von Maudsley und anderen entwickelt wurden. Sie waren bewusst auf *eine* Bearbeitungsfunktion hin optimiert, mussten robust sein, leicht zu bedienen, aber präzise arbeiten. Ihr Einsatz wurde begleitet von der Nutzung von Messinstrumenten, Lehren und Modellen, um die Präzision der Bearbeitung zu gewährleisten. Der Umstellungsprozess im Arsenal von Springfield nahm fast zwanzig Jahre in Anspruch. „The significance of events at the Springfield Armory from 1794 to 1815“, schreibt Hounshell, „is that here armsmaking was transformed from a craft pursuit into an industrial discipline and the weapon from a shop creation into a factory product.“ (Ebd.: 33) Um 1849/50 hatte man das Ziel der Austauschbarkeit in Springfield erreicht. Der Zusammenbau erforderte keine Maschinenschlosser (Fitter) mehr.

Ähnliche Entwicklungen wie in Springfield gab es auch in der Rüstungsfabrik in Harpers Ferry bei der Herstellung von Gewehren. Das Zentrum der Mechanischen Fertigung bildete eine „Batterie“ von 14 Werkzeugmaschinen (Hounshell 1984: 35); als Einzweck-Maschinen waren sie entsprechend dem Fertigungsflusses platziert waren. Der Werkleiter brüstete sich laut Hounshell damit, „that young boys were the best operators of his self-acting machinery“ (ebd.: 43). Dem stand ein Anstieg der Arbeiten zur Konstruktion und Instandhaltung der Maschinen und Werkzeuge – der später als indirekt bezeichneten Tätigkeiten – gegenüber. Die Trennung von produktiver (direkter) und unproduktiver (indirekter) Arbeit und eine hohe „Mechanics-Operators Ratio“ wurden zu einem Charakteristikum der neuen Produktionsweise.

Die staatlichen Arsenale spielten nicht nur eine wichtige Rolle bei der Entwicklung eines funktionierenden Systems zur Herstellung austauschbarer Teile von Handfeuerwaffen. Sie waren auch Austauschstätten für Informationen und ein „Training Ground“ für Produktionsexperten aus anderen Unternehmen und Branchen (vgl. Hounshell 1984: 45).

Die Bedeutung dieser Entwicklungen am Anfang des 19. Jahrhunderts bestand darin, dass hier die Grundlagen für einen Sonderweg der USA

bei der Produktionsorganisation und auch der Technikgestaltung gelegt wurde. Eine spätere Definition kennzeichnet das American System als „sequential series of operations carried out on successive special-purpose machines that produce interchangeable parts“ (Ferguson 1968: 2); hier lag der Schwerpunkt schon bei der Fließfertigung, der Einsatz von Ungelernten verstand sich wohl von selbst. Das System konnte nur durch die Unterstützung des US-Kriegsministeriums durchgesetzt werden, das bereit war, die höheren Kosten in Kauf zu nehmen, die durch die Vorgabe anfielen, dass man nach dem Prinzip der austauschbaren Teile zu fertigen hatte.

Nach Europa kam dieses System durch die erste Industrieweltausstellung in London 1851 – nach dem gläsernen Hauptgebäude wurde sie auch als „Crystal Palace Exhibition“ bezeichnet. Als Beleg dafür, dass sich in den USA Erstaunliches tat, wurde auch die Tatsache gesehen, dass der Amerikaner Samuel Colt in London ein Werk für die Produktion von Handfeuerwaffen errichtete. Dies geschah auf dem Höhepunkt der Dominanz Großbritanniens als Industrienation!

Im britischen Parlament wurde 1854 ein Select Committee gebildet, um die effizienteste Methode der Waffenproduktion zu ermitteln. Die Fertigung der Einzelteile und der anschließende Zusammenbau leichter Feuerwaffen erfolgte in Großbritannien in einer Vielzahl kleiner Betriebe durch hochqualifizierte Facharbeiter. In den Diskussionen im Parlamentsausschuss prallten die unterschiedlichen Sichtweisen und Philosophien aufeinander: Auf der einen Seite stand der Technikoptimismus der Amerikaner, der exemplarisch von Colt vertreten wurde. Er erklärte vor der Commission, „there is nothing that cannot be produced by machinery.“ (Zit. bei Hounshell 1984: 19) Auf der anderen Seite standen die britischen Waffenhersteller, die sich überwiegend dafür aussprachen, das bisherige facharbeiterbasierte System beizubehalten. Colt wiederum erklärte in Bezug auf sein britisches Werk provokativ, dass die Werkzeugmaschinen „Made in America“ in seinem britischem Werk nur durch amerikanische Arbeiter betrieben werden könnten, weil nur diese gewährleisten würden, dass die Teile in der notwendigen Qualität hergestellt werden (ebd.: 20).

Ein umstrittener Punkt war die Frage, ob die amerikanische Produktionsweise wirklich eine Austauschbarkeit der Waffenteile sicherstellte. Es erwies sich, dass vielen Herstellern in den USA die wiederholten Messungen und andere Vorkehrungen, die man in den Arsenalen getroffen hatte, als zu aufwendig erschienen. Bei der staatlichen Waffenherstellung aber bestätigte sich, dass man die Austauschbarkeit tatsächlich gewährleisten konnte. Wie auch immer – die britische Regierung bestellte bei Colt eine komplette

Waffenfabrik. Der Technikhistoriker Wolfgang König (1989: 91) kommentiert: „Die ‚Werkstatt der Welt‘ hatte gegen die ‚Yankee Ingenuity‘ mitten im Siegesgefühl nach dem Krimkrieg 1851 eine Schlacht verloren.“ Der Vorsitzende des Select Committee on Small Arms im britischen Parlament warnte in seinem Abschluss-Statement, dass „contriving and making of machinery has become so common in [the United States] ...that unless the [American] example is followed at home ...it is to be feared that American manufacturers will before long become exporters... to England.“ (Hounshell 1984: 66) Er sollte recht behalten.

Die Regierungen in Europa waren naturgemäß hochinteressiert, Anschluss an diese Entwicklung zu gewinnen. Ab Mitte der 1850er Jahre wurden die amerikanischen Maschinen in England und in Deutschland (Preußen) weithin kopiert. Zugleich wurden alle europäischen Länder mit Maschinen aus den USA beliefert. Es gebe keinen besseren Beweis für die Überlegenheit der amerikanischen Maschinen bei der Herstellung von Feuerwaffen, so schrieb Fitch – Fabrikant und Autor einer Abhandlung über das American System (von ihm als „Manufactures of Interchangeable Mechanism“ bezeichnet), die als Teil des Berichts über den 10. US-Census veröffentlicht wurde – als die Tatsache, dass die preußische Regierung ihre Maschinen bei einer amerikanischen Firma orderte (Fitch 1880: 4).<sup>27</sup>

Die Entwicklungen im Werkzeugmaschinenbau stieß in den USA auch in anderen Branchen die Entwicklung zu einer „Massenproduktion“ an: so z.B. in der Uhrenindustrie, der Nähmaschinenindustrie, der Agrarmaschinenindustrie, der Fahrradindustrie, der Fleischverarbeitung und der Konservenindustrie. Hounshell zieht eine Linie von diesen Industrien bis hin zu der Automobilproduktion im 20. Jahrhundert.

Die Fähigkeit, austauschbare Teile fertigen zu können, galt noch Anfang des 20. Jahrhunderts als exzeptionell. Als Henry Leland, der gerade das Unternehmen Cadillac gegründet hatte, in den Jahren 1908 und 1909 in London zu einem Test einlud, um – wie einstmals Blanc – den öffentlichen Beweis anzutreten, dass seine Automobile aus austauschbaren Teilen bestanden, zog dies Massen von Zuschauern an. Leland beschrieb die Episode in seiner Autobiografie:

---

27 Fitch zitiert aus einem Schreiben der preußischen Regierung, indem diese ihre Zufriedenheit mit den gelieferten Maschinen ausdrückte. Das Schreiben (vom 27. April 1875) belegt, dass die Regierung in Preußen über die Funktionsweise des American System gut informiert war (Fitch 1880: 4).

“The Standardization Test, as the event was called, had been open to all automobile companies, but there was only one entrant—the American Cadillac Motor Company. The test was complicated. If successful, the test would prove that all parts in Cadillac cars were interchangeable, and that parts of all automobiles, if properly manufactured, could be interchangeable. This would be a development of the first magnitude. Cadillacs were the product of machine tools, and if it could be demonstrated that they were so accurately made, this fact would smash the idea held by most Europeans that machine tools and quality do not go together, and that the finest car was one that in large part was handmade. It would also indicate that machine-made cars could be produced in larger numbers. (...) Experts freely predicted failure because, as one put it, ‘A uniform accuracy of fitting to the two-thousandth fraction of an inch would be indispensable to prevent failure.’ Such precision was deemed impossible.” (Leland 1966: 15)

Das Cadillac-Team gewann den Wettbewerb und brachte die Trophäe in die USA. Das Team trat auch in Detroit auf. Das war zur selben Zeit, als Henry Ford entschied, mit seinem neu entwickelten Modell T den Schritt zu einer Massenproduktion zu wagen.

#### 2.4 Veränderungen der Belegschaftsstruktur und die Frage der Kontrolle über den Shopfloor

Die Belegschaftsstruktur in den Betrieben der Metallverarbeitung im 19. Jahrhunderte war stark polarisiert: den „Skilled Workers“ standen die „Unskilled Workers“ gegenüber, vereinfacht übersetzt die „Gelernten“ den „Ungelernten“. Bei näherer Betrachtung differenziert sich dieses Bild, der grundlegende Polarisierung bleibt aber bestehen. (Vgl. zum Folgenden Nelson 1975; Montgomery 1987) Betrachten wird zunächst die erstere Gruppe, die Craftsmen/ Facharbeiter<sup>28</sup>.

Bei diesen handelte es sich zunächst um die traditionellen Berufsgruppen („Trades“) der handwerklichen Produktion.<sup>29</sup> Mit der wachsenden

---

28 Bei der Verwendung deutscher Begriffe werden leicht die Besonderheiten des amerikanischen Kontextes überdeckt, daher werden die amerikanischen Bezeichnungen (zunächst) nicht ins Deutsche übersetzt.

29 In den USA begann schon früh ein Prozess der Ablösung der Vermittlung fachlichen Qualifizierung von den ursprünglichen handwerklichen Formen der Ausbildung.

Bedeutung der Tätigkeiten der Metallbearbeitung bildete sich hier neue Berufsgruppen heraus, die in den frühen Berichten des American Census oft pauschal als die Mechaniker („Mechanics“) bezeichnet wurden. Zur wichtigsten Berufsgruppe wurden hier bald die „Machinists“.

Die Machinists bildeten um die Mitte des 19. Jahrhunderts einer frühen Beschreibung zufolge eine Mischung aus einem Millwright (Maschinenschlosser), einem Whitesmith (Blechschmied), einem Fitter (Montageschlosser), einem Finisher (Fertigsteller/Feinbearbeiter), einem Locksmith (Schlosser), und anderen traditionellen Handwerken. Um 1900 wurde die Bezeichnung vor allem für Facharbeiter an Werkzeugmaschinen wie die Dreher, Fräser, Schleifer u.a. verwendet. (vgl. Montgomery 1987: 181f)

Das Berufsbild der Machinists nahm erst nach und nach Gestalt an. Die Tätigkeit war in hohem Maße selbstbestimmt und ganzheitlich, sie wurde zum Ideal vieler späterer Visionen von guter Arbeit (so bei Braverman, dazu im 5. Kapitel mehr). Montgomery beschreibt die Situation um die Zeit des ausgehenden 19. Jahrhunderts:

„Most machinists of that epoch ... had used a workbench to lay out cuts to be made on machine tools, as well as to hand finish their work with files, scrapers, and lapping stones. They would move to work to an available lathe, drill press, milling machine, shaper, or planer, as the sequence of operations they had determined required, until they could deliver finished parts or assembled units to the foremen. The latter's instructions to the journeyman were little more than a description of, or consultation about, a mechanical problem to be solved. Desired dimensions or shapes might be chalked on the units or on the shop floor. Fitting parts together in assembly, or 'erection' of final products, was an important part of the trade as was the shaping of parts.” (ebd. 182)

Die oben angesprochenen Foremen wurden aus den Reihen der Skilled Worker rekrutiert; eine Gleichsetzung mit der Rolle der Meister in den deutschen Betrieben wäre aber irreführend, da hier die Verbindung zu dem Berufsbildungssystem fehlt.

Die Unskilled Workers in der Belegschaft bestand zum einen aus unterschiedlichen Gruppen von Hilfskräften zum anderen aus „Operators“. Zu

---

Das Handwerk mit seiner klassischen Rollenteilung zwischen Meister, Geselle und Lehrling war hier sozialstrukturell ohnehin viel schwächer verwurzelt als im alten Europa (grundlegend für das Folgende: Elbaum 1989). Aufgrund des Mangels an Skilled Labor wurden Arbeitsplätze daher auch von Personen besetzt, die kein Facharbeiterzertifikat vorweisen konnten.

den ersteren zählten die „Laborers“<sup>30</sup>, die Transporttätigkeiten und sonstige zumeist schwere körperliche Arbeiten ausübten und die „Helpers“, die den Facharbeitern bei ihren Tätigkeiten zur Hand gingen; zu ihnen wurden auch die „Apprentices“ gezählt, die oft als billige Arbeitskräfte ausgebeutet wurden.

Die letzte Gruppe unter den Unskilled in der obigen Aufzählung wurden die „Operators“ genannt. Diese traten auch als letzte auf den Plan. Ihr Ursprung lag Systemen der Massenproduktion, die insbesondere im letzten Drittel des 19. Jahrhundert von Unternehmen in unterschiedlichen Branchen eingeführt wurden.

”Unlike either the craft worker, whose training and traditions permitted considerable autonomy in the direction of his own and his helpers’ work, or the laborer, who applied his portable muscle power wherever and whenever directed, the operative was a specialist, bound to repetition of the same task in the same place.” (Ebd.: 115)

Anfangs sah man ihn noch als eine Art abgestufter Machinist, „second class machinists“, „grouped with machine tenders and machine hands“ zitiert Meyer aus einem Census Bericht (Meyer 1981: 45); in der weiteren Entwicklung diente er allgemein zur Bezeichnung für Arbeiter mit einer eng spezialisierten Tätigkeit an einer einzelnen Maschine; daher wurden sie auch als „Specialist“ bezeichnet.

Um die Jahrhundertwende waren diese „Specialists“, oder „Semi-Skilled Workers“ wie die Operators auch genannt wurden, zu einem wichtigen Teil der Belegschaft vieler Betriebe geworden.

Die Craftsmen (einschließlich der dieser Gruppe üblicherweise zugeordneten Foremen) nahmen in der Mehrzahl der Betriebe noch bis zum Ende des 19. Jahrhunderts eine dominierende Rolle ein. Sie organisierten die Produktionsabläufe und überwachten die Arbeit Hilfskräfte, die sie oft eher als Untergebene denn als Kollegen betrachteten.<sup>31</sup> Der Arbeitshistoriker Meyer:

---

30 Zur sozialen Herkunft dieser Gruppe stellt Montgomery fest: „A ‘normal’ laborer was foreign-born or black farm youth.” (Ebd.: 65)

31 Der Gedanke der Solidarität mit den Ungelernten lag dieser Gruppe fern. Diese Einstellung verstärkte sich noch durch die Haltung der Gewerkschaft gegenüber diesen Gruppen. Die gegen Ende der 1880er gegründete IAM (International Association of Machinists) schloss die Mitgliedschaft von Schwarzen, Frauen und Immigranten aus und ließ nur Facharbeiter mit weißer Hautfarbe zu, die möglichst schon in den USA geboren wurden.

“At the beck and call of the mechanic, the helper was the skilled worker’s servant who fetched and carried materials to and from his work station or machine.” (Meyer 1981: 44)

Die Mechanics, wie auch Meyer die Gruppe der Craftsmen pauschal bezeichnet, erledigten einen Großteil der dispositiven Managementaufgaben. Ein wesentliches Element der „craft workers control“ auf dem Shopfloor war die Kontrolle über die „stints“, so die Bezeichnung für die Höhe der vorgegebenen Tagesleistungen. Für die meisten Tätigkeiten gab es solche Leistungsvorgaben. Die Eigentümer und von ihnen eingesetzte Produktionsleiter spielten auf dem Shopfloor der Maschinenbaubetriebe demgegenüber kaum eine Rolle.

Viele Unternehmen insbesondere des Maschinenbaus entschieden sich unter diesen Bedingungen für das sog. Inside Contracting.

“Under inside contracting, employers owned the means of production. They provided floor space and machinery, supplied raw material and working capital, and arranged for the sale of the final products. (...) Contractors hired their own helpers, supervised the work process, and received a piece rate from the company for completed goods.” (Montgomery 1987: 21)

Oft waren es Facharbeiter oder ihre Foremen, die den Shopfloor ohnehin schon dominierten, die die Rolle als Inside Contractors übernahmen. Das Kontraktssystem war populär, weil die Kontraktoren die Einhaltung der (Niedrig-)Kosten garantierte. Die Unternehmen sparten dadurch die Kosten für Aufsichtspersonal und überhaupt den Umgang mit Personal. (Vgl. dazu Nelson 1975: 36f)

Für die Eigentümer und ihr Aufsichtspersonal bedeutete das System einen noch weitergehenden Kontrollverlust als vorher im Facharbeitersystem. So wusste das Produktionsmanagement der Winchester Repeating Arms Company, die ein solches System anwendete, sehr wenig über den tatsächlichen Produktionsablauf, wie Montgomery feststellt:

“They could not figure out the actual piece rates paid by the contractor to his workers, nor did they know precisely how much profit they made. Furthermore, inventory control was virtually non-existent, and there was only a superficial check on the flow of raw material going to each contractor or on the amount of spoilage.” (Montgomery 1987: 22)

Andere Unternehmen ernannten ihre Foremen zu Angestellten (Salaried Foreman“) oder suchten sie auf andere Weise stärker an sich und ihre



Ziele zu binden. Die Funktion der Foremen wurde primär in der Erhöhung der Stückzahlen, im „getting work out“, gesehen. Die Leistungserbringung wurde durch Druck und Arbeitshetze, im Sinne der „driving method of supervision“ gewährleistet (Nelson 1975: 43). In vielen Werken bestimmten die Foremen auch die Höhe der Lohnsätze. Wo ein Stücklohnsystem eingeführt wurde, wurden die Leistungsanforderungen in der Regel von ihnen bestimmt. Dies machte den Foreman zur zentralen Figur in der Auseinandersetzung um die Leistungserbringung bzw. um „Output Restrictions“. Die Herrschaft der Foremen auf dem Shopfloor endete mit der Verbreitung der Methoden des „Scientific Managements“.

### 2.5 F. W. Taylor

Taylor begann nach einer Lehre als Modellbauer und Maschinist 1870 seine Berufslaufbahn als Arbeiter in der Midvale Steel Company. Dort wurde er bald zum Sub-Foreman ernannt.<sup>32</sup> In dieser Rolle untersuchte er mit der Stoppuhr die Arbeitsabläufe in seinem Verantwortungsbereich und suchte nach Möglichkeiten, die den Output erhöhten. Sein Ausgangspunkt war die Beobachtung, dass sowohl die Arbeiter als auch die Maschinerie weit unter ihrem Leistungsvermögen arbeiteten.

Die zu seiner Zeit übliche „driving method of supervision“ sah Taylor als den falschen Weg. Die Foremen folgten dabei, so Taylors Kritik, lediglich ihrem Bauchgefühl in Bezug auf das, was nach ihrer Meinung eine angemessene Arbeitsleistung darstellte. Er suchte nach Möglichkeiten einer personenunabhängigen Begründung für die Höhe der abgeforderten Leistung.

Taylors eigener Entwicklungsweg konfrontierte ihn nach seiner Ernennung zum Produktionsleiter der Mechanischen Fertigung jedoch zunächst eher mit maschinellen Abläufen. Seine Aktivitäten in diesem Bereich stehen in der heutigen Wahrnehmung nicht mehr so im Vordergrund, waren aber für seinen Einfluss in den Unternehmen zu der Zeit zunächst bedeutsamer als seine Arbeitsstudien. In den 1880er Jahren war Midvale einer der modernsten metallverarbeitenden Betriebe in den USA und Taylor, als aufstrebender Produktionsmanager in Midvales Maschinenhalle, befand sich

---

32 Midvale hatte damals 400 Beschäftigte. Taylor stieg schnell auf – zuerst zum Bereichsleiter (Superintendent) und um 1884 schließlich zum Chefingenieur. Als Ende der 1880er Jahre Midvale seine Führungsrolle in der Rüstungsindustrie verlor, wurde er zum Unternehmensberater.

auch durch vermehrte Rüstungsaufträge „an vorderster Front“. Der Betrieb investierte in neue Maschinerie und Prozesse, aber die wirtschaftlichen Ergebnisse waren unbefriedigend.

Eine offenkundige Ursache von Ineffizienzen war das Belting. In den Fabriken des 19. Jahrhunderts spielten die Antriebsriemen, die für die Kraftübertragung von der zentralen Dampfmaschine auf die Vielzahl von Bearbeitungsmaschinen sorgten, eine sehr wichtige Rolle. In der Praxis war mangelhaftes Belting häufig die Quelle für eine ineffiziente Maschinennutzung und für Produktionsunterbrechungen. Entweder waren die Riemengelege zu schlaff eingestellt oder zu straff. Taylor stellte dazu fest:

“In the machine-shops systematized by us we have found that there is not one machine in a hundred which is speeded by its makers at anywhere near the correct cutting-speed.” (Taylor 1911: 112)

„Systematisieren“ war in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, ein Schlüsselbegriff für eine Rationalisierungsbewegung von betrieblichen Praktikern und Wissenschaftlern in den USA, auf die unten noch zurückgekommen wird. Taylor sah sich als Teil dieser Bewegung, der er schließlich mit seinem Ansatz des Scientific Management (die Bezeichnung stammt ursprünglich nicht von ihm, wurde aber von ihm übernommen) seinen Stempel aufgedrückt hat.

Ein Beispiel für das Systematisieren von Fertigungsabläufen waren Taylors Untersuchungen über das richtige Belting. Mit dieser Frage befasste sich Taylor in unzähligen Experimenten und schrieb darüber eine detaillierte Abhandlung (Taylor 1893). Die intensive Befassung mit der Thematik, die offenbar von der technischen Entwicklung – es gab auf dem Markt bereits Maschinen mit elektrischem Antrieb – bald überholt sein würde, zeigt, dass es Taylor vor allem um die Optimierung bestehender Abläufe ging und nicht um Automatisierung.

Die Untersuchungen über das Belting waren aber nur ein Vorspiel zu denen, die Taylor später an Werkzeugmaschinen zusammen mit einem Metallurgieexperten (Mansur White) bei Bethlehem Steel durchführte. Die Untersuchungen erstreckten sich über einen Zeitraum von 26 Jahren und umfassten zwischen 30.000 und 50.000 Experimente (Taylor 1919: 106). Dabei ging es um drei Fragen: 1. Welche Art von Stahl soll verwendet werden, 2. welche Schnittgeschwindigkeit und 3. welcher Vorschub sollen gewählt werden? Taylor sah auch hier das Problem, dass diese Fragen in der Regel per Daumenregel entschieden wurden. Er erwähnte die beeindruckende Menge seiner Experimente nicht ohne Grund, waren sie doch ein gutes

Beispiel für die von ihm propagierte evidenzbasierte Vorgehensweise bei der Leistungsregulierung auf dem Shopfloor.

Die Entdeckung des „Hochgeschwindigkeitsstahls“, die im Zuge der Experimente gemacht wurde, war eine weltweite Sensation. Die Experimente hatten gezeigt, dass Schneidewerkzeuge aus Stahl mit einer bestimmten Legierung ihre längste Haltbarkeitsdauer erreichten, wenn sie mit höchstmöglicher Geschwindigkeit bei der höchstmöglichen Temperatur (knapp unter ihrem Schmelzpunkt) genutzt wurden. Die mit dem neuen Stahl ausgerüsteten Werkzeugmaschinen schnitten Metall in einem beispiellosen Tempo. Im Vergleich zu bisherigen Schnittgeschwindigkeiten am Werkstück von sechs bis neun Metern pro Minute liefen dieselben Werkzeuge mit dem neuen Stahl bis zu einer Geschwindigkeit von 18 Metern pro Minute, d.h. mit doppelter bis dreifacher Schnittgeschwindigkeit.

Was für ein Befund! Für die Industrie ein Jackpot, ein Meilenstein auf dem Weg zur Massenproduktion. Gleich mehrere Barrieren waren durchbrochen worden. Taylor und White hatten gezeigt, wie groß die Möglichkeiten der Optimierung bei den vorhandenen Maschinen waren, ohne weiter automatisieren zu müssen. Und es war ein großer Schritt in Richtung auf die Schwächung der Position der Facharbeiter auf dem Shopfloor. Der Wirtschaftshistoriker Aitken kommentiert:

“Incidentally, (...) they had upset one of the most hallowed precepts of the machinist’s craft: the belief that the proper cutting speed was the one that maximized the life of the cutting edge of the tool. Not so, said Taylor: tools can and should be reground regularly and systematically; what we should maximize is the amount of metal removed per unit of time, and cutting speeds should be set accordingly.” (Aitken 1960: 30)

Nicht nur war es jetzt möglich, die Prozesse der mechanischen Bearbeitung zu beschleunigen, es war vielmehr aus technischen Gründen sinnvoll und aus Konkurrenzgründen letztlich auch unumgänglich, dies zu tun. Ein langsames und vorsichtigeres Vorgehen bei der Bearbeitung konnte nicht mehr mit der Gefahr des Werkzeugbruchs begründet werden, das Gegenteil war der Fall: Die Gefahr des Bruchs wuchs, je langsamer die Maschinen gefahren wurden.

Aber Taylor ging es nicht nur um Maschinen, sondern um den Shopfloor insgesamt (Montgomery 1987: 229ff.). In seinen Abhandlungen über das Shop Management (1903, 1911) machte er viele Vorschläge, die bei Ford später auf fruchtbaren Boden fielen.

Die nachhaltigste Wirkung hatte Taylors Vorschlag, eine Planungsabteilung zu bilden, die dafür zuständig war, über die Einhaltung der Standards zu wachen, Arbeits- und Zeitstudien durchzuführen und die Vorgaben veränderten Bedingungen anzupassen.

Die Aufgaben der Planungsabteilung sollten, Taylors Ansicht zufolge, noch darüber hinausgehen und im Grunde die gesamte Fabriksteuerung umfassen. Dies galt für die Produktionssteuerung vom Auftragseingang bis zur Erstellung der tagesgenauen Produktionspläne, für die Kontrolle der Lagerhaltung und für die Kostenrechnung bis hin zu Personalmaßnahmen wie Rekrutierungen und Entlassungen. „The shop, and indeed the whole works should be managed, not by the manager, superintendent, and foreman, but by the planning department.“ (Taylor 1903: 110f.) Es ging also letztlich um die betrieblichen Macht- und Herrschaftsstrukturen. Nur wenige Unternehmer waren bereit, das ganze Paket der Taylorschen Vorschläge zu übernehmen.

Auch die Foremen waren dagegen. Sie waren besonders stark von den Taylorschen Überlegungen zur Regulierung der Produktionsarbeit betroffen (Taylor 1903). Taylor schlug vor, die Vielzahl von Aufgaben, die von den Foremen üblicherweise erfüllt wurden, aufzusplitten und die Teilaufgaben an unterschiedliche Gruppen von „functional foremen“ zu übertragen.

Taylors Analyse der Tätigkeiten der Foreman ergab acht unterschiedliche Aufgabenbereiche<sup>33</sup>, davon vier in der unmittelbaren Produktion sowie vier, die in Verbindung mit der Tätigkeit des Planungsbüros und der Betriebsführung standen. Die Foremen wären, wenn man dem Vorschlag folgte, nur noch für einen sehr viel kleineren Aufgabenbereich zuständig, mit dem sie sie dann allerdings auch sehr viel gründlicher befassen konnten. Als Folge, so war die Erwartung, benötigten die Arbeiter kein umfassendes Prozesswissen mehr; die fähigsten Craftsmen konnten in die neuen Foremen-Jobs aufsteigen, der Rest konnte durch Unskilled Workers ersetzt werden. Entsprechend ging Taylor bei seinen Aktivitäten zur „Systematisierung“ der Abläufe vor. Nachdem er beispielsweise den Machine Shop bei Bethlehem Steel umgestellt hatte, waren 95% der Arbeiter in der Rohbearbeitung der

---

33 1. Anleitung und Überwachung der Arbeitsteams (Gang Boss); 2. Einrichtung der Werkzeugmaschinen und Regulierung der Schnittgeschwindigkeit (Speed Boss); 3. Instandhaltung der Maschinen und Verhinderung von Störungen (Repair Boss); 4. Qualitätssicherung (Inspector); 5. Auftragssteuerung (Route Clerk); 6. Erstellung detaillierter Aufgabenbeschreibung für die Produktionsarbeiter (Instruction Card Man), 7. Zeit- und Kostenerfassung (Time and Cost Clerk) und 8. Treffen von Disziplinarmaßnahmen sowie die Lösung von Arbeitskonflikten (Disciplinarian).

Teile und 25% in der Feinbearbeitung in der Mechanischen Fertigung Ungelernte. (Montgomery 1987: 221)

Die Vorschläge Taylors spielten eine große Rolle bei der Ausdifferenzierung von Managementfunktionen und der Aufgaben der Betriebsführung, in Gänze übernommen wurden sie aber von keinem Unternehmen. Das leitende Management sah in diesen Vorschlägen eine zu große Einschränkung ihrer eigenen Führungsrolle.

1910 streikten die Arbeiter des Watertown-Arsenals, eines staatlichen Rüstungsbetriebs, in dem man begonnen hatte, das Taylor-System einzuführen (vgl. dazu Aitken 1960). Nach Anhörungen durch eine Untersuchungskommission des Kongresses wurde die Anwendung der Taylor-Methoden in staatlichen Unternehmen untersagt (vgl. Nadworny 1955). Erst nach Taylors Tod (1915) setzte sich unter seinen Schülern die Erkenntnis durch, dass seine Methoden nur im Konsens mit den Gewerkschaften praktiziert werden konnten (vgl. Nelson 1974).

Taylor gilt heute als derjenige, der die Methode der Arbeitsteilung und der repetitiven, sinnentleerten, kurzzyklischen Arbeit entwickelt hat und damit quasi das Fließbandsystem erfand. Das trifft nicht zu.<sup>34</sup> Die Produktivitätsvorteile einer Aufteilung der Arbeit in Teilarbeiten kannte man schon lange und nutzte sie schon in der Manufakturperiode. Sie waren jedem Produktionsleiter bekannt. Aber mit seiner Methode des Arbeitsstudiums und seinem Ansatz kontrollierter Experimente auf der Suche nach dem One Best Way hat er Wege aufgezeigt, um die Fließbandarbeit effizient zu organisieren und die Arbeit zu intensivieren.

## 2.6 Von der Systematic-Management-Bewegung zur Managerial Revolution

Im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts nahm die Zahl der Berichte zu, dass die Abläufe in den Betrieben alarmierend ineffizient – „increasingly chaotic, confused and wasteful“ – verliefen (Litterer 1963: 372).

Beobachter, die amerikanische und europäische Produktionspraktiken verglichen, sahen als Ursache die viel höhere Arbeitsteilung in den amerikanischen Betrieben. Ihre Diagnose: Je weiter die Arbeitsteilung vorangeht, desto mehr wuchsen die Ineffizienzen aufgrund von mangelnder Kontrolle und Koordinierung des Gesamtablaufs.

---

34 Vahrenkamp vertritt die Auffassung, Taylor habe die Potentiale der Fließbandproduktion und der Automatisierung zu wenig beachtet und sei deshalb von der Praxis rasch überholt worden (Vahrenkamp 1977, LXXX).

Die Kontrolle und Koordinierung der Abläufe zu verbessern war das Ziel der Systematic Management Bewegung. Im Vordergrund standen dabei zumeist betriebswirtschaftliche Ziele: Erhöhung der Kostentransparenz durch systematische Buchhaltung und Kostenrechnung, Produktionskontrolle und Auftragssteuerung, Lagerverwaltung und generell die Verbesserung der Koordination horizontaler und vertikaler Informationsflüsse im Unternehmen (Litterer 1963: 376). Ziel war die „rationale Fabrik“ (Biggs 1996).

Treiber dieser Entwicklung waren auch die Verbreitung von Lohnanreizsystemen und der damit verbundene Administrationsaufwand. Solche Systeme wurden zu dieser Zeit als Mittel zur Lösung der Kontrollproblematik auf dem Shopfloor heftig diskutiert. Als Folge der Einführung der neuen Systeme kam es zu einer zunehmenden Zentralisierung der Planungs- und Verwaltungstätigkeiten und entsprechend zu einer Vergrößerung der Anzahl an Angestellten in der Produktion.

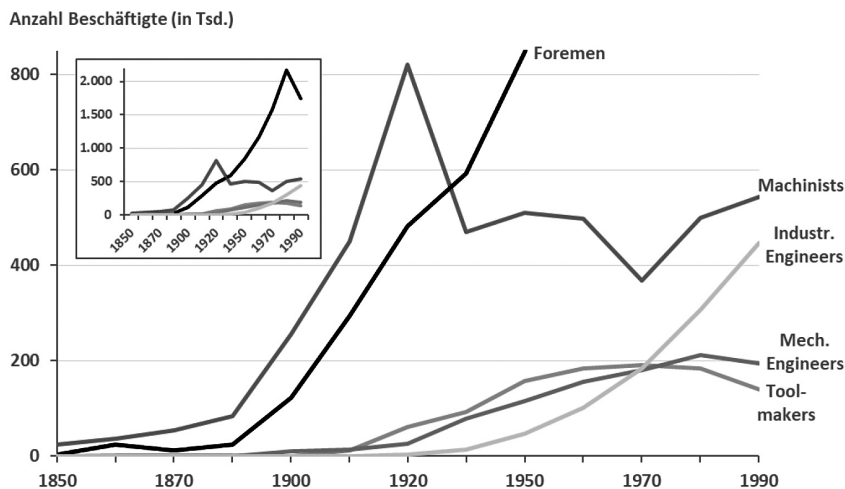
“Hence, time keepers and cost clerks were added to keep track of orders and any information on them, and still other specialists were added to assemble any information on stocks and material for production, or eventually to assume control over all material and production facilities.” (Litterer 1963: 387).

Darüber hinaus wurden weitere Stabspositionen geschaffen. Taylors Scientific-Management-Konzepte trugen wesentlich dazu bei, solche Positionen einzurichten. Ingenieure hatten vor 1880 kaum eine Rolle in den Betrieben gespielt. Ihr Bestreben, den Shopfloor nach Managementprinzipien zu führen, stieß bei den Eigentümern auf Skepsis, sie betrachteten die neuen Systeme als teuer und unnützlich (Shenhav 1999: 18). Dies änderte sich nun rasch. Schon um die Jahrhundertwende gab es in den US-Unternehmen im Vergleich mit anderen Ländern den höchsten Anteil an Angestellten gemessen an der Anzahl der Arbeiter in der Produktion, und es entstand die neue Klasse der Manager. In den Produktionsbereichen wuchs die Zahl der Ingenieure, die von den neu eingerichteten Studiengängen an Universitäten ausgebildet wurden. (Ebd.: 19). Auch die Anzahl der Vorgesetzten mit College-Abschluss auf der unteren Managementebene nahm zu. Diese Entwicklung ging einher mit der Zunahme der Anzahl der Foremen in unterschiedlichen Funktionen auf dem Shopfloor. Ihre Zahl verdreifachte sich in der Zeit zwischen 1900 und 1920.

Die Abbildung 4 spiegelt diese Entwicklungen in den USA wider, wirft durch Ausweitung des Zeithorizonts zugleich einen weiten Blick voraus.

Hier werden Tätigkeitsgruppen erfasst, die im Zuge der industriellen Entwicklung an Bedeutung gewannen. Eine Zurechnung zu einzelnen Industrien lässt sich nicht vornehmen, aber es handelt sich um Schlüsselberufe in der metallverarbeitenden Industrie.

Abbildung 4: Entwicklung ausgewählter Tätigkeitsgruppen in den USA (1850 bis 1990)



Quelle: Carter/Sutch (2007, Table Ba 1159–1395: 146, 148). Der Einschub zeigt die Entwicklung im logarithmischen Maßstab, um auch die Spitze des höchsten Kurvenverlaufs noch abzubilden.

Die Anzahl der Machinists stieg seit 1850 langsam an, ab 1880 war hier eine deutliche Beschleunigung festzustellen.<sup>35</sup> An ihnen zeigt sich am deutlichsten die Entwicklungsdynamik, die die folgenden Jahrzehnte kennzeichnete. Bis zum Ende der 1910er Jahre verzehnfachte sich ihre Zahl, danach aber halbierte sie sich innerhalb weniger Jahre und blieb danach mehr oder minder auf demselben Niveau. Der starke Abfall in den 1910er Jahren drückt aus, was in dem Jahrzehnt geschah und was im nächsten Kapitel ausführlich beschrieben werden soll.

35 In der zeitgenössischen Literatur und offenbar auch umgangssprachlich wurden Facharbeiter, die an Maschinen arbeiteten oder sie herstellten pauschal als „Mechanics“ bezeichnet. In der Census-Berichterstattung am Ende des 19. Jahrhunderts wurde hier die Unterscheidung zwischen Machinists und Mechanics vorgenommen, nach der die Letzteren für die Maschinenführung in der Produktion zuständig waren.

## 2. Vorgeschichte der Automobilindustrie im 19. Jahrhundert

Bei den Foremen verlief die Entwicklung zunächst etwas verhaltener als bei den Machinists, ab den 1880er Jahren war aber auch hier eine Beschleunigung der Entwicklung festzustellen. Ihre Anzahl verfünffachte sich bis 1900 und verzwanzigfachte sich noch einmal bis 1920. Auch im Anschluss wuchs ihre Zahl weiter und erreichte 1980 ihr Maximum mit über 2 Mio., wobei Foremen in einer Vielzahl von Branchen auch außerhalb der Industrie eingesetzt wurden.

Eine dritte Gruppe, deren Entwicklung in Abbildung 4 wiedergegeben wird, sind die Ingenieure. In der Entwicklung dieser Gruppe drückt sich der Prozess der Akademisierung des Produktionsmanagements aus. Dieser Prozess lief sehr langsam an; um 1880 gab es gerade einmal 400 Mechanical Engineers, 1920 waren es 27.000. Danach erst schossen die Zahlen nach oben, das Maximum war 1980 mit 210.000 erreicht. Noch dynamischer, aber später einsetzend, war schließlich die Entwicklung bei den Industrial Engineers – den Experten des Arbeitsstudiums und der Prozessoptimierung in der Nachfolge von Taylor. Ihre Anzahl lag 1920 erst bei wenigen Tausend. Ihre Stunde kam erst nach dem Zweiten Weltkrieg, als ihre Anzahl sich – bezogen auf die gesamte Wirtschaft – im Zeitraum 1950 bis 1990 verzehnfachte (von 50.000 auf etwa 450.000).

### 2.7 Zwischenresümee

Der Weg zur Automobilindustrie führte über den Maschinenbau und über die Herstellung von massenhaft gleichförmigen Metallteilen im 19. Jahrhundert. Im Maschinenbau entstanden sukzessive die vielen Arten von Maschinen, die dies ermöglichten. Hier entstanden auch die ersten Vorrichtungen zur Automatisierung von Teilfunktionen der Bearbeitung von Metallteilen. Am Ende des Jahrhunderts war bei der Fertigung von Metallteilen bereits ein niedrig bis mittlerer Grad der Automatisierung erreicht.

Ebenso wichtig aber war für die Automobilindustrie die Herausbildung des American System of Manufacturing, die als zweiter Entwicklungsstrang in diesem Kapitel beschrieben wurde. Hier entstanden die grundlegenden Prinzipien des Produktionssystems, das auch für das Fordsche Produktionssystem von grundlegender Bedeutung waren: die Produktion strikt nach vorgegebenen Standards, die Verwendung von Einzweckmaschinen arrangiert im Sinne des Fertigungsflusses und die Verdrängung von Facharbeitern aus der unmittelbaren Produktion. Den Anstoß hierfür gaben



nicht Innovationen in der Produktionstechnik, sondern Anforderung an die Produkte seitens der (staatlichen) Auftraggeber.

Das Deskillung der Produktionsarbeit für die Herstellung mechanisch funktionierender Produkte war eine zentrale Triebkraft und auch explizites Ziel bei der Entwicklung der Maschinerie. Das Ziel war die Ersetzung der Facharbeiter durch Ungelernte. Die Durchsetzung des Systems war ein langsamer Prozess und in den meisten metallverarbeitenden Betrieben und in dem Maschinenbau selbst dominierten lange die Facharbeiter. Es entstand eine stark polarisierte Belegschaftsstruktur mit auf der einen Seite den Facharbeitern und den aus ihrer Gruppe gestellten unteren Vorgesetzten, den Foremen, und auf der anderen Seite den Hilfskräften, die den Facharbeitern zur Hand gingen und einfache, oft schwere körperliche Tätigkeiten verrichteten.

Die Systematic Management Bewegung und F. W. Taylor spielten eine wesentliche Rolle bei der Professionalisierung der Betriebsführung, der Herausbildung von Managementstrukturen und Experten- und Verwaltungstätigkeiten, die dem Angestelltenbereich zugerechnet wurden. Der Kampf der Facharbeiter um die Kontrolle über den Shopfloor war Anfang des 20. Jahrhunderts zugunsten des Managements entschieden.

Damit war der Boden bereitet für die Einführung des Systems der Massenproduktion durch Henry Ford. Man konnte nun die Früchte ernten, die die Entwicklungen des 19. Jahrhunderts bereitstellten.

