

Von Taylor und Ford zur "lean production"

von Walter Kaiser © 1994 RWTH Themen

1. Einleitung: Das Fabrikssystem

Wenn man über Rationalisierung und Automatisierung, über Taylor und schließlich über "lean production" reden will, wird man nicht umhin können, wenigstens in Stichworten die in der britischen industriellen Revolution eingeführte Produktionsweise im Fabrikssystem zu skizzieren.

Denn: Die vorindustrielle technische Produktion (im Gegensatz zur agrarischen!) war eine **handwerkliche Produktion**, wobei in organisatorischer Hinsicht das sogenannte Zunftsystem bestimmend war. Die Zünfte bestimmten Herstellungsverfahren, Werkzeugarten, Werkzeuggebrauch, sogar die Produktionsmengen. Sie gaben einerseits dem Handwerker soziale Bindung, Sicherung seines Betriebs. Andererseits hemmten sie durch eine gewisse Starrheit auch Erfindungstätigkeit, technischen Fortschritt und Ausweitung der Produktion. Lediglich dort, wo - wie in Nürnberg um 1400 - der überregionale Handel wichtig war, waren diese "einengenden zünftlerischen Bestrebungen" aufgelockert.

Im Vorfeld der Industriellen Revolution war neben dem freien Handwerk vor allem die Organisation der ländlichen Produktion innerhalb des sogenannten **Verlagssystems** wichtig. Einmal gehörte zu diesem Verlagssystem die Heimarbeit. So trugen im englischen Textilgewerbe eine große Zahl verarmter Bauern und Landarbeiter diese Heimarbeit im Bereich des Spinnens und Webens. Mit bereitgestellten Rohstoffen, nur nach Bedarf und ohne soziale Absicherung arbeiteten diese Heimarbeiter für den "Verleger" aus dem städtischen Handel. Diese Heimarbeiter bildeten in der beginnenden Industrialisierung das Arbeitskräftepotential für die neuen, zentralisierten Produktionsweisen.

Bindeglied zwischen handwerklicher Produktion im Sinne des Zunftsystems - und moderner industrieller Produktion - im Sinne der Fabrik, war das bereits stärker zentralisierte **Manufaktursystem**. Allerdings konnten die Manufakturen recht unterschiedliche Gesichter haben. Noch sehr nahe am Verlagssystem orientiert waren die Textilmanufakturen. Sie nahmen zunächst die Vorprodukte der Heimarbeiter auf. In eigener Regie, oder wenigstens unter eigener Kontrolle, verarbeiteten sie dann in zentralen Produktionseinrichtungen die rohen Gewebe weiter, durch Färben, Bedrucken, Appretieren ...

Neben solchen zentralen Werkstätten zur Weiterverarbeitung und Veredelung ländlicher Vorprodukte, gab es zentrale, technisch-ökonomisch "definierte" Manufakturen, die ein einheitliches technisches Verfahren betrieben, das nur ab einer bestimmten Betriebsgröße und einer bestimmten Kapitalmenge erfolgreich war: nämlich im Fall der Bergbau-Betriebe sowie bei den Eisen- und Glas-Hütten.

Seit der industriellen Revolution in Großbritannien, die in den vier Jahrzehnten zwischen 1780 und 1820 ihren Höhepunkt erreichte, hat sich dann die Technik drastisch gewandelt. Einmal im Sinne der Bereitstellung von **neuen Maschinen**,

Beispiele sind die Wattsche Dampfmaschine als leistungsfähige Antriebsmaschine, die präziser arbeitende Wilkinsonsche Zylinderbohrmaschine, oder die mit Leitspindel ausgestattete Support-Drehbank von Maudslay als verbesserte Werkzeugmaschinen und die Spinnmaschinen von Arkwright und Crompton als neue Arbeitsmaschinen. Zum anderen änderte sich die Technik auch im Sinne **neuer Produktionsweisen**.

Der Übergang der Produktionsweise von der Manufaktur zur Fabrik vollzog sich zuerst in der baumwollverarbeitenden englischen Textilindustrie ab etwa 1800-1820. Charakteristika waren in technischer Hinsicht: der rasche Übergang von der Wasserkraft zur Dampfmaschine, zum **Antrieb** der den Mechanisierungsprozeß anführenden neuen **Textilmaschinen**. Charakteristisch war aber insbesondere das System der **Arbeitsteilung**, d.h. die Aufteilung der Herstellung in einzelne Arbeitsgänge und die Verteilung auf Hunderte und Tausende von Arbeitern. Industrielle Arbeit war nun in der Fabrik endgültig an **einem** Ort konzentriert und mit dem Lauf der Maschinen synchronisiert. Wirtschaftliche Folgen des Fabriksystems waren die Massenproduktion, der Rückgang der Preise industrieller Erzeugnisse und ein auf Massenprodukte eingestelltes Verteilungs- und Vermarktungssystem. Bemerkenswert ist aber, daß diese neue Organisationsform der Produktion in Gestalt des arbeitsteiligen, mechanisierten Fabriksystems nicht einfach aus der industriellen Praxis entstanden ist, sondern bald auch theoretisch massiv unterfüttert wurde, etwa durch Charles Babbage, mit seiner Schrift "On the economy of machinery and manufactures" von 1832.

2. Massenproduktion

Ausgehend vom Textilgewerbe begann das Fabrikssystem in andere Sektoren und auch in andere Länder auszustrahlen. Wichtig wurde besonders die Entwicklung der **Massenproduktion** in den lange unter enormem Arbeitskräftemangel leidenden USA seit Mitte des 19. Jahrhunderts, etwa auf dem Sektor der Waffenherstellung (Eli Whitney, Samuel Colt), bei Eisenbahnteilen, bei der Herstellung elektrischer Maschinen, in der Uhrenfabrikation und beim Bau von Nähmaschinen (Isaac Singer) und Fahrrädern. Unabdingbare Voraussetzung war die entsprechende Entwicklung und Verbreitung präzise arbeitender **Werkzeugmaschinen**, wie sie in den USA tatsächlich gegeben war. In den 1890er Jahren gab es auch bereits die Automatisierung von Arbeitsprozessen bei der Verwendung von Werkzeugmaschinen. Durch stärker eingeschränkte Funktionen von Werkzeugmaschinen konnten die Arbeitsschritte stetig vereinfacht werden. Zunächst konnten die Zustellung des Werkzeugs bis zum Eingriff, sowie Vorschub und Rücklauf in die Ausgangsposition automatisiert werden: Durch automatische Mehrspindelwerkzeugmaschinen konnte zudem die Zahl der gleichzeitig arbeitenden Werkzeuge gesteigert werden. Außerdem wurde die Form der Werkzeuge so verbessert, daß sie leistungsfähiger und standfester waren [Benad-Wagenhoff, Ms. VDI-Tagung 1989].

Hier ist auch zum ersten Mal der Name des amerikanischen Betriebsingenieurs Frederick Winslow **Taylor** (1856-1915) zu nennen: Auf der Pariser Weltausstellung im Jahr 1900 führten nämlich Frederick W. Taylor und Maunsel White ihren **Schnelldrehstahl** mit den Legierungsbestandteilen Chrom und Wolfram vor [Fiala: Technisches Lexikon], wobei die enorme Steigerung der Schnittgeschwindigkeit von etwa 60 Fuß in der Minute seit den fünfziger und sechziger Jahren des 19. Jahrhunderts, bzw. von etwa 150 Fuß in den neunziger Jahren, auf nun 300 bis 400 Fuß in der Minute [nach 1945(?) schon 2000m/min, Brockhaus, ABC der Naturwiss.

und Technik] zu einem kräftigen Anheben der Leistung (etwa um den Faktor 6) der Werkzeugmaschinen zwang [Landes, 279].

Mit Stufenscheibenantrieben oder mit Einscheibenantrieben mit Räderkasten (für die Transmission und für den - zunächst weniger bedeutenden - elektrischen Einzelantriebe) wurde versucht, die Kraftübertragung zu verbessern. Gleichzeitig wird hier bei der verformenden Bearbeitung eine weitere wichtige Größe der Massenproduktion deutlich sichtbar, nämlich die immer höhere **Geschwindigkeit**, mit der Materialien und Werkstücke die Produktion durchlaufen [Akos Paulinyi hat diesen Gesichtspunkt auf A. Chandler, jr. zurückgeführt. Vgl. Ms. Massenproduktion und Rationalisierung... VDI 1989]. Geschwindigkeit war jedoch nicht alles: wichtig ebenso die Steigerung der **Genauigkeit**, durch die Entwicklung geeigneter Passungssysteme und durch die Maschinisierung der Passarbeit bei Rundpassungen zwischen 1987 und 1914 [Benad-Wagenhoff, VDI 1989], wobei etwa in Deutschland selbst in den zwanziger Jahren die Problematik der Passungen der Einführung des Fließbandes im Wege stand [Bönig, VDI 1989].

Auf einer anderen etwas makabren "Schiene" wurde eine weitere drastische Rationalisierung in der Organisation der industriellen Produktion vorbereitet, nämlich durch die Einführung der auf der Nutzung von Förderanlagen basierenden **Fließarbeit** in der Produktion in den Schlachthöfen und in der Fleischverarbeitung von Cincinnati und Chicago [Sigfried Giedion: Die Herrschaft der Mechanisierung [1948], Frankfurt a. M. 1987, 216-277, 101-153], in Getreidemühlen, in Brauereien, in der Konservendosenherstellung, sowie in einer Pittsburger Eisengießerei [Hounshell, 238-243].

Herausragendes Beispiel für den Wandel der Produktionsweise wurde die beginnende Massenfertigung in der amerikanischen **Automobilindustrie**. Nach der Erfindung des Autos in Deutschland, nach der aus soziologischen Gründen vor allem in Frankreich erfolgten frühen Motorisierung in den wohlhabenden Schichten, erfolgte dann in den USA sozusagen die Demokratisierung des Autos. Oder, noch aus einem etwas anderen Blickwinkel betrachtet: Während die europäischen Autobauer vor allem die **Technik** des Autos im Auge hatten, spielten im amerikanischen Autobau von Anfang an die Gewinnerwartung, die Verkaufszahlen und insofern die **Produktionsziffern** eine zentrale Rolle.

Dieser rein wirtschaftliche Zugang zur Herstellung von Autos konnte aber nur deshalb fruchtbar werden, weil die amerikanische Industrie - wie gesagt - schon auf anderen Gebieten auf die Massenproduktion komplexer technischer Gegenstände vorbereitet war. Das komplizierte Auto, mit seinen 5000 Einzelteilen, war insofern ein besonders wichtiger Kandidat für die kostensenkende Massenfertigung. Außerdem waren hier eben anders als bei den beschränkten Märkten für Lokomotiven oder Werkzeugmaschinen hohe Stückzahlen realistisch. Nach einigen Elektromobilen und Dampfwagen war dann auch das von Ransom Eli Olds gebaute Oldsmobile "Curved Dash" das erste erfolgreiche, in Großserie gebaute benzinmotorgetriebene Fahrzeug. Zwischen 1900 und 1904 wurden vom Typ "Curved Dash" 11.275 Exemplare verkauft. Obwohl der Mechanisierungsgrad und die Produktivität in der Autoindustrie in den USA höher war als bei den europäischen Firmen, reichte dies bald nicht mehr aus, um die steigende Nachfrage zu befriedigen. Dies gilt vor allem für das von Henry Ford 1908 eingeführte **"Modell T"**. Angesichts der sich zum Beispiel in der

Endmontage wechselseitig behindernden Montagegruppen mußte Ford nahezu zwangsläufig zur Fließbandfertigung übergehen. Aufbauend auf bereits existierenden, oder im rasanten Umgestaltungsprozeß eingeführten, Fördereinrichtungen (conveyor systems) und Rutschen [Hounshell, 237-239] und beginnend in der Herstellung von Magnetzündungen wurde bald die gesamte Produktion auf Fließbandarbeit umgestellt [Robert Lacey, Ford, Eine amerikanische Dynastie, Düsseldorf usw. 1987, 84f.]. Die Montage eines Auto-Fahrgestells mit Achsen, Federn und Motor konnte so im Dezember 1913 von 12,5 Stunden auf 2,6 Stunden reduziert werden. Bald folgten "ergonomische" Verfeinerungen. In seiner Autobiographie schrieb Henry Ford:

"Anfang 1914 ... legten wir die Sammelbahn höher. Wir hatten inzwischen das Prinzip der aufrechten Arbeitsstellung eingeführt ... Das Heraufrücken der Arbeitsebene in Armhöhe und eine weitere Aufteilung der Arbeitsvorrichtungen ... reduzierte die Arbeitszeit auf eine Stunde 33 Minuten pro Chassis" [H. Ford: Mein Leben und Werk, Leipzig 1923, 95; so zitiert bei Eckermann, 68f.; Robert Lacey nennt die Zahlen 12,5 Stunden; 5 Stunden 50 Minuten; schließlich - wieder übereinstimmend mit der Autobiographie - 93 Minuten, vgl. Lacey, 85.].

In Wirklichkeit gehörte zur Einführung dieser Massenproduktion von Fahrzeugen im Fließbandverfahren natürlich ein ganzes Bündel von Einzelmaßnahmen. Von großer Bedeutung war einmal die Rationalisierung des Arbeitsablaufs unter dem Einfluß des seit 1895 durch Frederick Winslow **Taylor** (1856-1915) entwickelten Konzeptes einer **wissenschaftlichen Betriebsführung**, zum Beispiel durch die Zerlegung des Produktionsprozesses in berechenbare Elemente und durch das Erfassen und Eliminieren von überflüssigen Bewegungen und versteckten Pausen.

Die Messung der Arbeitsleistung aufgrund von genauen **Zeitstudien** war tatsächlich der Ausgangspunkt der Überlegungen von Taylor gewesen, wobei es zunächst vor allem um eine Gegenmaßnahme gegen die Methoden amerikanischer (Stahl)arbeiter gegangen war, Arbeitsabläufe bewußt zu verzögern. Das System Taylors war allerdings am Ende zu einem umfassenden, von der gesamten Hierarchie eines Betriebs einvernehmlich [Homburg, 179] getragenen Verfahren zur Steigerung der Produktivität geworden. Hierher gehörten neben den Zeit-, Bewegungs- und Arbeitsplatzstudien die mit ingenieurwissenschaftlichen Mitteln durchzuführende Aufteilung der Arbeit und die entsprechende "logische" Festlegung der Produktionsschritte, die organisatorische Zusammenfassung aller Kenntnisse über die Produktivität der Einrichtungen im Arbeitsbüro, die Optimierung von Werkzeugen, Maschinen und Arbeitsplätzen, der Einsatz von Arbeitskräften auf der geringstmöglichen Qualifikationsebene, die Auslese der Arbeitskräfte, genaue Vorschriften über die Ausführung jeder Arbeit und ein (bis zu einer gewissen Grenze) zur Leistung anreizendes aber (bei darüber hinausgehender Leistung) Lohnkosten dämpfendes Akkordsystem (das "Differentialstücklohnsystem") [Homburg, 174f], das unter Kontrolle arbeitsteilig eingesetzter Funktionsmeister stand. Die Arbeitsvorschriften und die Kontrolle durch die Meister konnten dann im Falle der Fließbandarbeit durch Arbeitsvorgaben in Gestalt der Bandgeschwindigkeit und der Taktzeiten ersetzt werden [Vgl. zum Vorstehenden Heidrun Homberg: Anfänge des Taylorsystems in Deutschland vor dem Ersten Weltkrieg, in: Heinrich August Winkler (Hrsg.): Sozialgeschichtliche Aspekte europäischer Revolutionen, zugleich: Geschichte und Gesellschaft, 4. Jg. 1978/Heft 3, S. 170-194, hier S. 171-172; Jürgen Bönig: Technik und Rationalisierung in Deutschland zur Zeit der Weimarer Republik, in:

Ulrich Troitzsch und Gabriele Wohlauf (Hrsg.), Technikgeschichte, Historische Beiträge und neuere Ansätze, Frankfurt a. M. 1980, S. 390-419, hier S. 406.]

Die Massenproduktion im Stile Fords war aber **keinesfalls** eine direkte - oder gar persönlich **von Taylor** geleistete - Umsetzung der Ideen einer wissenschaftlichen Betriebsführung. Taylor hatte angestrebt, **gegebene** Betriebsorganisationen und gegebene Arbeitsabläufe produktiver zu machen und ein dem entsprechendes, kompliziertes Differentialstücklohn-System zu schaffen. Die Fertigungsingenieure bei Ford versuchte in der Produktion des T-Modells mehr und mehr **menschliche Arbeit** durch Werkzeugmaschinen und Förderanlagen zu **ersetzen**. Auch bestimmte nicht das Lohnsystem, sondern der Takt der Maschinen die Arbeitsgeschwindigkeit [Hounshell, 249-253]. Die anfänglich relativ hohen Löhne zielten einfach auf eine Kompensation der Anforderungen der Bandarbeit. Zur Massenproduktion Fords gehörte aber genauso - und dies ging zeitlich der Fließbandarbeit sogar voraus - die Vereinfachung, Standardisierung und Normung von Einzelteilen. Kostensparend war außerdem der Übergang Fords von einem reinen Montagebetrieb zur Eigenfertigung fast aller Teile. - Offenbar spielt also das Argument "Fertigungstiefe" bei Wirtschaftlichkeitsüberlegungen historisch eine durchaus unterschiedliche Rolle. Denn General Motors und Chrysler verließen sich seit Anfang der zwanziger Jahre in beachtlichem Umfang auf externe Zulieferer [Hounshell, 266, 300]. Ford verlagerte erst in der Krise seit 1929 zur Reduktion der Kapitalbindung Teile der Produktion wieder nach außen [Hounshell, 300].- Durch sparsame Änderungen am Modell T konnte Ford zudem einem schnellen Veralten des Fahrzeugs - dies wieder ein historisch schwankendes Argument - entgegenwirken. Von der Verbraucherseite her betrachtet, war es aber besonders wichtig, daß Ford nicht nur ein Auto baute und verkaufte, sondern ein vollständiges kraftfahrzeugtechnisches System aufbaute. Beginnend mit produktionstechnisch einfachen und reparaturfreundlichen Konstruktionsprinzipien und endend mit einer flächendeckenden Infrastruktur von Werkstätten und Ersatzteillagern, dem berühmten "after sales service" von Ford.

1914, also im ersten Jahr nach der Einführung der Fließbandfertigung wurde die Fertigung von Ford-T-Modellen um 152% auf 308.162 Wagen gesteigert. In den 20er Jahren wurden mehr als eine Million Wagen im Jahr gefertigt. Als die Produktion des T-Modells im Mai 1927 nach 19 Jahren eingestellt wurde, hatte Ford in seiner Detroit Highland Park Factory (Stadtteil von Detroit, in der Nähe heute Chrysler; Ford heute mit dem River Rouge-Komplex im Stadtteil Dearborn und im kanadischen "Vorort" Windsor) 15.007.033 Wagen dieses Typs produziert. Erst der VW-Käfer sollte 1972 diesen Rekord übertreffen.

Am 15. Mai 1981 wurde ja in der inzwischen nach Mexiko ausgelagerten Käferproduktion sogar der 20millionste Wagen produziert. Ganz ähnlich sahen im übrigen die wirtschaftlichen Spätfolgen des Erfolges von Tin Lizzy und Käfer aus: Da bei Ford ein geeignetes Nachfolgemodell nicht rechtzeitig bereitstand, mußte Ford für * Jahr schließen. Die Produktion des Modelles A wurde nicht mehr im Werk Highland Park sondern im Riesenkomplex River Rouge aufgebaut, außerdem feuerte man fahrener aber "teuer" gewordene Fließband-Pioniere von Highland Park. Gewaltige Einbrüche in der anlaufenden Produktion waren die Folge [Hounshell, 289-292]. Man fiel sogar trotz der 5 Millionen Wagen des Modells A auf Dauer hinter Chevrolet bzw. General Motors zurück. Auch VW hatte ab 1969 in der nun relativ teuren Käferproduktion erhebliche finanzielle Verluste (neben der Minderung der

Export Erlöse durch die DM-Aufwertung). Hierher gehört auch das Trauerspiel der noch auf dem Käfer konstruktiv aufbauenden Mittelklassefahrzeuge (1500/1600; 411). Erst mit den modernen Frontantriebsmodellen kam ja VW wieder aus der Krise [Eckermann, 69, 129, 166f] heraus.

Mit der in anderen Sektoren vorbereiteten Mechanisierung, mit der Massenproduktion und mit der von Taylor - zumindest teilweise - beeinflussten Fließbandfertigung im Automobilbau erreichte die Industrialisierung in den USA neue Quantitäten, aber auch neue Qualitäten. Der Ausstoß von solch riesigen Mengen von Autos erzwang gerade aufgrund von wirtschaftlichen Überlegungen auch eine Änderung der Haltung in sozialen Fragen. Der Arbeiter selbst mußte nun auch als potentieller Konsument angesehen werden, und zwar nicht mehr mit dem grotesk abschätzigen Unterton wie zur Zeit des Truck-Systems (truck = Plunder ...) in der englischen und kontinentaleuropäischen Frühindustrialisierung, sondern durch konkrete Verbesserung seiner wirtschaftlichen Situation. So zahlte Henry Ford in der Tat 10 bis 15% höhere Löhne ("als üblich") [Eckermann, 69]. Er führte 1914 - also im Jahr nach Einführung der Fließbandfertigung - einen Garantielohn von mindestens 5,- Dollar pro Tag ein, was etwa 130,- Dollar im Monat bedeutete. Außerdem senkte er den Preis des T-Modells von ca. 1000,- bis 1300,- Dollar im Jahr 1909 auf 290,- Dollar im Jahr 1924. 1926 wurde bei vollem Lohnausgleich die Arbeitswoche von 6 auf 5 Tage reduziert, unter Aufstockung des Mindesttagelohns auf 7,- Dollar im Jahr 1929 (wobei aber das Werk 1927 wegen des Auslaufens des T-Modells ein halbes Jahr geschlossen war). Trotz der Anerkennung der materiellen Vorteile durch die Ford-Arbeiter, gab es jedoch unterschiedliche Bewertungen der Fließbandarbeit. Die Möglichkeit, die ewig gleichförmigen Arbeitsvorgänge am Band mechanisch und distanziert zu erledigen, wurde teils als geistige Befreiung, und teils aber als Entwertung der eigenen Persönlichkeit gesehen. Naheliegend ist es, daß wie viele Unternehmer Henry Ford die Mehrheit der Arbeiter auf der Seite der Bevorzugung monotoner, repetitiver Arbeit sah [Ford, 1924, 92, schwedische Autobiographie ?, so zitiert in Christian Berggren, 255].

Verschärfend auf das Klima bei Ford wirkten sich aber vor allem die Verschlechterungen der Arbeitsbedingungen in den 30er Jahren aus: Das Bandtempo wurde gesteigert, die Zahl der zu überwachenden Maschinen wurde vergrößert, Arbeiter wurden versetzt oder entlassen, außerdem begannen die Löhne nun hinter die von General Motors und Chrysler zurückzufallen. Hinzu kam, daß Henry Ford sich hartnäckig gegen den wachsenden Einfluß der Automobil-Gewerkschaft wehrte. Dies führte im Mai 1937 zu einem Zusammenstoß von Fords geheimer Werkspolizei und Vertretern der United Automobile Workers (UAW) in der "Battle of the Overpass". Dieser Zusammenstoß führte aber schließlich zu einer weitgehenden Zustimmung (nur 2,6% Gegenstimmen) zum Beitritt der Ford-Arbeiter zur Gewerkschaft der United Automobile Workers und damit zu einer schweren Niederlage des alten, konservativ gewordenen Henry Ford. - Ein Phänomen, das man ja immer wieder beobachten kann, etwa bei der fehlenden Innovationsbereitschaft Werner Siemens (1816-92), oder seiner Abneigung gegen Bankeneinfluß in den 1880er Jahren, oder beim Austritt von Carl Benz aus der Gasmotorenfabrik in Mannheim, oder beim Festhalten Heinrich Nordhoffs am VW-Käfer.

3. Die Aufnahme Taylors in Europa

Schon vor dem ersten Weltkrieg war das Taylorsystem in Deutschland, mit seiner im europäischen Vergleich nun modernsten Industrie, in Ingenieurkreisen rezipiert worden, nicht zuletzt deshalb weil es nur noch die USA mit ihrer Spitzenstellung u. a. im Werkzeugmaschinenbau, bei der Herstellung präziser austauschbarer Maschinenteile und bei der standardisierten Massenproduktion einzuholen galt [Homburg, 173-174]. Dabei drängte jedoch die pure Intensivierung der Arbeit die von Taylor angestrebte durchgreifenden Reorganisation in den Hintergrund. So wurde die vorausgehende Schaffung des sozialen Konsenses, die Verbesserung der Arbeitsbedingungen und kompensatorische Lohnerhöhungen wenig beachtet [Homburg, S. 179f.]. Aber selbst bei Robert Bosch in Stuttgart, wo die flankierenden Maßnahmen bei der Modernisierung des Maschinenparks und bei der Lohngestaltung als vorbildlich galten, kam es zu einem heftigen Arbeitskampf [Homburg, 192ff]. Dieser Streik - zumal er relativ isoliert blieb - konnte allerdings nicht verhindern, daß sich während des 1. Weltkriegs - vor allem seit der Verabschiedung des Hindenburg-Programms 1916 - und unmittelbar nach dem abrupten Ende der enorm aufgeblähten Kriegsproduktion [Anita Kugler, 326-329], diese selektive Annahme des Taylorsystems sich durchsetzte, also eine Rationalisierung ohne Kompensation bei den Löhnen, so daß die notwendigen sozialen Korrekturen der staatlichen Sozialpolitik der Weimarer Republik überlassen blieben [Homburg, 193f.].

Einer der wichtigsten Schübe in der Weiterentwicklung und Verbreitung des modernen, rationalisierten Fabriksystems erfolgte dann tatsächlich in den 1920er und 1930er Jahren. In dieser Zeit durchlief die große Welle der Rationalisierung die westliche Industrielwelt. Auf breiter Front waren die Taylorschen Ideen einer wissenschaftlichen Betriebsleitung natürlich in die **amerikanische Industrie** eingedrungen, wobei die Automobilindustrie die Wachstumsbranche blieb. Unterstützt durch die Massenproduktion militärischer Güter waren die Detroit Productionstätten von Ford durch das riesige Werk "River Rouge" (1917) erweitert worden. In Europa konnten Citroën und Renault ihre Kriegsgewinne zu einer durchgreifenden Modernisierung nutzen [Anita Kugler, 328-329, in Anm. 76], wobei Citroën bei der Einführung des Fließbandes Renault hinter sich ließ [Poitou, Ms. Aachen].

Massiv propagiert wurde die umfassende Rationalisierung nicht zuletzt im **Deutschland der Weimarer Republik**. Rationalisierung konnte einmal industrielle Konzentration bedeuten, so wie sie sich in der Energiewirtschaft, in der Großchemie, in der Stahlproduktion und in der Automobilindustrie um 1925 massiv durchgesetzt hat. Rationalisierung meinte aber zum anderen Steigerung der Produktivität. Dies hängt mit den enormen wirtschaftlichen Problemen nach 1918 zusammen, mit dem Ende der zum Teil über die Kriegsrohstoffabteilung bzw. über die Kriegsgesellschaften staatlich subventionierten kriegswirtschaftlichen Produktion, mit der Verteuerung des Faktors Arbeit nach der Übernahme der Regierung durch die SPD und nach der Durchsetzung der Gewerkschaften als Interessenvertretung der Arbeiterschaft [Böning (1980), 397], mit dem Verlust der Auslandsmärkte, mit der extremen Inflation und mit dem Druck der Reparationen. Erfolgversprechend schien es deshalb ab 1919, über rationalisierte, kostensenkende Produktion und über den Export von Industrierzeugnissen mit hoher Wertschöpfung (z. B. Maschinen, Geräte, Chemieprodukte) wieder auf die Weltmärkte zurückzukehren [Lothar Suhling: Technik, Arbeit und große Industrie - Entwicklungen in der Zeit der Weimarer Republik -, in: Nachrichtenblatt der Deutschen Gesellschaft für Geschichte der Medizin, Naturwissenschaft und Technik, 38. Jg., 1988, S. 120-138, hier S. 126;

Theodor Heuss: Robert Bosch-Biographie]. Im Sinne einer Produktionssteigerung für den Wiederaufbau der deutschen Wirtschaft schienen insofern auch den Gewerkschaften die Taylorschen Methoden zunächst akzeptabel, zumal man nach der Anerkennung als Vertretung der Arbeiterschaft glaubte, sie entschärfen zu können [Günter Neubauer: Sozioökonomische Bedingungen der Rationalisierung und der gewerkschaftlichen Rationalisierungsschutzpolitik - vergleichende Untersuchung der Rationalisierungsphasen 1918 bis 1933 und 1945 bis 1968, Diss. Freie Universität Berlin, 1981, S. 21.

Charakteristisch für die **Rationalisierungsbestrebungen** der Weimarer Republik war die Schaffung einer Vielzahl von staatlichen und privatwirtschaftlichen **Gremien**. Sie waren in dem 1921 vom Reichswirtschaftsministerium und vom Deutschen Verband technisch-wissenschaftlicher Vereine in Berlin gegründeten, auch von den Gewerkschaften beschickten, Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit (RKW) zusammengefaßt [Suhling, 126; Neubauer, 149, Meyer Enzyklopädie, 19, 599]. Seine drei Hauptausschüsse waren der Ausschuß für wirtschaftliche Verwaltung (AWV), der Reichsausschuß für Lieferbedingungen (RAL) und der bereits 1918 vom VDI gegründete Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung (AWF). Die **technische Seite** der Fertigung war in den zwanziger Jahren von der Entwicklung neuer Hartmetallegerungen für die Werkzeuge und von der weiteren Verstärkung der elektrischen Antriebe und von der Verbesserung der Regulierbarkeit diese Antriebe geprägt, wobei lange der Gegensatz von (leicht regulierbarem) Gleichstrommotor und besonders einfachem Drehstrom-Asynchronmotor einer Normierung der Antriebe im Wege stand [Siegel/Freyberg, 231f.]. Mit der Steigerung der Schnittgeschwindigkeiten der Werkzeuge rückte gleichzeitig der "Kampf gegen die toten Zeiten" in den Mittelpunkt (Steuerung der Maschine: An- und Abfahren, Umsteuern, Einspannen der Werkzeuge, Spanbeseitigung...). Ein herausragendes Thema in der Fertigungstechnik war in diesem Zusammenhang die (über elektrische Meß- und Steuerungssysteme und mit Hilfe weiterer Elektromotoren realisierte) **Flexibilisierung und** - zum Teil widersprechend - **Automatisierung** [Siegel/Freyberg, 234-254] der Werkzeugmaschinen. P. Kelle schrieb 1921: "Die heutige, zum Teil durch den Krieg verursachte Lage der deutschen Industrie zwingt dieselbe, den selbsttätigen Maschinen noch mehr als bisher erhöhte Beachtung zu schenken. Steigerung der Produktion, möglichst unter Verringerung der Herstellungskosten, ist heute die Losung. Um beides zu erreichen, muß sich die deutsche Werkstatt so viel wie möglich der selbsttätigen Maschinen bedienen [P. Kelle: Automaten - Die konstruktive Durchbildung, die Werkzeuge, die Arbeitsweise und der Betrieb der selbsttätigen Drehbänke, Berlin 1921, III]. In der **Betriebsorganisation** ging es um die Einführung des **Taylor-Systems**. So konnte es der Aachener Professor für Werkzeugmaschinen und Übersetzer Taylors Adolf Wallichs unter die "Erfolge in jüngster Zeit" 1920 verbuchen, daß in Deutschland zum Beispiel Borsig in Berlin, die Werkzeugmaschinenfabrik Ludwig Loewe in Berlin, die Chemische Fabrik von Knoll in Ludwigshafen, eine - nicht mehr zu identifizierende - "bekannt rheinische Automobilfabrik" sowie eine Firma für Holzbearbeitung einzelne Elemente des Taylorschen Systems in ihren Betrieben realisiert hätten [Taylor/Wallichs, 124-127]. Auf ein solches Teilelement verweist auch der 1924 (außerhalb des Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit [so Meyer Enzyklopädie, 19, 599]) vom Verband der Metallindustriellen gegründete Reichausschuß für Arbeitszeitermittlung REFA (heute Verband für Arbeitsstudien - REFA - e. V. [Suhling, 127]. Die vielleicht bedeutendste, gegen technische Hemmnisse (z. B. schlechte Rohstoffqualitäten) massiv vom

Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit RKW und vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung AWF propagierte organisatorische Maßnahme, nämlich die **Fließbandfertigung**, war - weniger erfolgreich - in die Metallgiesserei, vor allem aber in die Elektrotechnik eingedrungen, in die Fertigung von Glühlampen und Elektrogeräten [Suhling, 134f.].

Obwohl die Stückzahlen unterhalb der Fordschen Massenproduktion lagen, konnte auch hier die Arbeitsleistung gesteigert werden [Bönig, Ms. VDI 1989]. Trotzdem soll an dieser Stelle wieder die Autoindustrie etwas genauer betrachtet werden. Mit der Nennung von Citroën und Renault, auch mit dem Hinweis auf Robert Bosch als weltweit führenden Zulieferer von Zündvorrichtungen, ist ja auch die **europäische Automobilindustrie** bereits angesprochen worden. Bis zum 1. Weltkrieg arbeiteten die führenden europäischen Unternehmen vielfach für einen engen Käuferkreis, mit hohem technischem und formalem Anspruch. Dies war nach Ansicht etwa der Daimler-Motoren-Gesellschaft (von 1915) nur mit einem hohen Anteil an "Eigenfertigung und individueller Handarbeit möglich, denn "... trotz bester und modernster Fabrikeinrichtung [- die Daimler-Motoren-Gesellschaft nutzte amerikanische Werkzeugmaschinen aus Gründen der Präzision, nicht zur Steigerung der Produktivität! - vgl. Anita Kugler] können drei Arbeiter nicht mehr als zwei Daimler-Wagen im Jahr herstellen, wenn nicht die absolut notwendige Handarbeit vernachlässigt werden soll, wie es beispielsweise die Amerikaner machen [Zum 25jährigen Bestehen der Daimler-Motoren-Gesellschaft, Untertürkheim 1915, 129; so zit. in Eckermann, 94]. Wegen der Konzentration auf die Massenproduktion von militärisch verwendbaren (staatlich subventionierten) [Eckermann, 88ff] Nutzfahrzeugen, Panzern und Flugmotoren hatte im 1. Weltkrieg die Entwicklung des privat genutzten Autos in Europa stagniert. Nach dem 1. Weltkrieg war der europäische Auto-Markt aber eher **noch** schwieriger geworden. Durch die Verarmung des Mittelstandes - was ja übrigens in der Historiographie der Weimarer Zeit und der Zeit des Nationalsozialismus als ein wesentlicher soziologischer Gesichtspunkt betrachtet wird - war etwa in Deutschland nur eine begrenzte Motorisierung möglich (mit relativ hohem Motorrad-Anteil!).

Angesichts der katastrophalen Überkapazitäten unmittelbar nach Ende des 1. Weltkriegs, die zu Massenentlassungen und Streiks geführt hatten, versuchte die Daimler-Motoren-Gesellschaft seit 1920 ihre Produktion zu rationalisieren. So wurde bei Daimler in Untertürkheim erheblicher Druck auf die Leistungsbereitschaft und Loyalität der Arbeiter ausgeübt, die Typenvielfalt wurde reduziert, Arbeitsbüro, Betriebsbuchführung und Kostenrechnung wurden eingeführt bzw. zentralisiert. Insbesondere wurde 1920 bis 1925 die Werkstattfertigung aufgegeben und die in Richtung Fließarbeit weisende Gruppenfabrikation eingeführt, also die vollständige Herstellung eines Teil-Aggregats und die zunehmende Automatisierung durch hintereinandergestufte automatische Einzweck-Werkzeugmaschinen. Rohstoffknappheit, binnenwirtschaftliche Probleme, mangelnde Kaufkraft in Deutschland, die fehlenden Exportmöglichkeiten und eine letztlich doch verfehlte Modellpolitik - nämlich die Konzentration auf ausgeprägte Luxuswagen - machten diese Rationalisierungsbestrebungen jedoch in ihrer Wirkung auf die Produktivität wieder zunichte [Anita Kugler, 330-332].

Hinzu kam der wachsende Druck der US-amerikanischen Autoindustrie. Durch sparsame Konstruktion ("so gut wie nötig", nicht "so gut wie möglich"), durch

materialgerechte und zeitsparende Fertigung, durch eine bereits ausgeprägte Zulieferindustrie, und vor allem durch Ersatzteile und Service verbesserte sie ihre Wettbewerbsfähigkeit. In drei Schritten: Export des kompletten Wagens, Montage aus eingeführten Teilen (1923-1928) und schließlich vollständige Produktion, drängte sie auf den europäischen Markt, auf dem sich zudem seit Anfang der 20er Jahre eine nochmals angewachsene Zahl kleiner und kleinster europäischer Autofirmen tummelte [Eckermann, 94ff; Auto, Räder und Traktoren, 118ff].

Lediglich **Opel** in Rüsselsheim konnte, unterstützt durch seine realistische Modellpolitik, seine eigene Produktivität und seinen Marktanteil deutlich verbessern. Allerdings war Opel mehr in puncto **Massenproduktion** als in der **Automobiltechnik** "vorbelastet". Adam Opel hatte nämlich von 1870 bis 1911 Nähmaschinen gebaut (Eigenkonstruktionen, dann System Singer), dann von 1886 bis 1937 Fahrräder. Erst mit der Übernahme der Firma Lutzmann in Dessau war Opel ab 1898 in das Autogeschäft eingestiegen [Dokumente zur Geschichte der Industrialisierung am Beispiel von Rüsselsheim. Hrsg. vom Museum der Stadt Rüsselsheim ... Gießen 1976, S.16-19, 30-33, 58ff].).

Die Firmenphilosophie von Opel war von Anfang an weniger an aufwendiger und eigenständiger Technik als an moderner Betriebsorganisation und Durchsetzbarkeit am Markt orientiert. Opel kopierte so bis auf die gelbe Originalfarbe den seit 1922 am Fließband hergestellten Kleinwagen 5 CV von Citroën, beschaffte sich amerikanische Werkzeugmaschinen und übernahm nach Studienreisen von Fritz und Wilhelm von Opel in die Werke von Ford und General Motors die fortgeschrittene amerikanische Betriebsorganisation. Anders etwa als bei Ford (so die Einschätzung bei Anita Kugler [Ms. VDI 1989]) und Citroën wurde diese Rationalisierungsbestrebungen von den Gewerkschaften nicht bekämpft [Anita Kugler. Ms. VDI 1989]. Opel wurde so mit seinem grünen "Laubfrosch" 1924 das erste deutsche Autowerk, das zur Fließarbeit und zur Fließbandfertigung überging. Während 1924 das Fließband nur in Gestalt eines 45 Meter langen Endmontagebandes realisiert war, wobei die Weiterbewegung noch langsam und ruckartig war, wurden bis 1927 die stationären, durch Förderanlagen verbundenen Produktions- und Montageplätze in den Teilproduktionsbereichen (Motor, Getriebe...) durch Transport- und Montagebänder ergänzt. Eine automatische Einstellung der Bänder war aber selbst 1929 - im Jahr der Übernahme durch General Motors - noch nicht realisiert. Die Bandgeschwindigkeit wurde durch den ersten Arbeiter am Band bestimmt [1929 kaufte General Motors das Opel-Werk in Rüsselsheim. Dabei wurde der Kauf von Opel vom Präsidenten der General Motors Alfred P. Sloan in einer Berliner Pressemitteilung als "Interessengemeinschaft Opel-General Motors" apostrophiert [Fabrikzeitalter. Dokumente zur Geschichte der Industrialisierung am Beispiel von Rüsselsheim. Hrsg. vom Museum der Stadt Rüsselsheim ... Gießen 1976, S.81] - in Analogie zu den I.G. Farben!? Evtl. auch in Analogie zur Interessengemeinschaft zwischen Daimler und Benz ab 1924 [z.B. Eckermann, S.121].].

Durch seine im innerdeutschen Vergleich überlegene und selbst im Vergleich mit den USA moderne Produktionstechnik und durch seine marktgerechten Fahrzeuge wurde Opel zum größten Autoproduzenten im Deutschen Reich. Aber auch diese günstige Entwicklung der Produktivität bei Opel wurde durch die wirtschaftliche Krise seit 1928 gegenstandslos. Für die deutsche Autoindustrie insgesamt bedeutete die Krise sogar einen massiven **Strukturwandel**.

Strukturwandel heißt dabei, wie heute noch, in erster Linie **Sterben von Firmen**: Fafnir (Aachen), Dürkopp (Bielefeld) ... (Apollo, Ley, Cyclon ..). Oder Zahlungsunfähigkeit: Röhr, Stoewer, Hanomag und Brennabor. Oder **Aufkauf und Konzentration**. Ende der zwanziger Jahre bestanden somit von den 1924 bestehenden 86 Autowerken nur noch etwa 10 selbständige Firmen: Die Konzerne Daimler-Benz, hervorgegangen aus der Fusion der Daimler-Motoren-Gesellschaft und der Benz u. Cie 1926 (Schutzmarke "Mercedes Benz"); der kurzlebigen Schapiro-Gruppe um NSU (1929: NSU-Fiat); BMW mit Dixi (Dixi firmierte ursprünglich als Fahrzeugfabrik Eisenach [Hans Christoph Graf von Seherr-Thoss: Die deutsche Automobilindustrie. Eine Dokumentation von 1886 bis heute. Stuttgart 1974, Abb. 12])); Auto-Union AG (DKW, Audi, Horch, Wanderer) gegründet 1932 mit Bankenhilfe.

Die sozialen Folgen dieses Strukturwandels waren ebenfalls erheblich: Aufgrund des Einbruchs in den Produktionszahlen ging die Zahl der Beschäftigten in der deutschen Autoindustrie von 90.000 im Jahr 1928 auf etwa 30.000 im Jahr 1932 zurück, wobei die Arbeitslosenziffer insgesamt im Winter 1932/1933 6 Millionen betrug. Auch die Stilllegung von 34.000 Fahrzeugen gehört in diesen Bereich der sozialen Folgen. Allerdings bekamen nun - 1932 - auch die ausländischen Hersteller die Krise zu spüren. Ihr Anteil sank auf 12,3%.

Seit 1933 war deshalb die Entwicklung von Wirtschaft und Technik zunächst weniger von der Steigerung der Produktivität als von der **Schaffung von Arbeitsplätzen** bestimmt. Besonders seit dem Vierjahresplan von 1936 führten die zunehmenden Bestrebungen des nationalsozialistischen Staats, das Land für einen Krieg vorzubereiten, zu erneuten Rationalisierungsinvestitionen, ganz **allgemein** etwa im Sektor **Werkzeugmaschinen** [Ludwig, 421f., vgl. aber wegen der Scheinblüte bei den Maschinenbestellungen Tilla Siegel, Thomas von Freyberg: Industrielle Rationalisierung unter dem Nationalsozialismus Campus Verlag: Frankfurt/New York, 1991, S. 152-173], oder - um eine **einzelne** Firma zu nennen, die sichtbar am Aufrüstungsprozeß partizipierte, bei **Daimler-Benz** [Hamburger Stiftung für Sozialgeschichte des 20. Jahrhunderts (Hrsg.): Das Daimler-Benz-Buch, Ein Rüstungskonzern im »Tausenjährigen Reich«, Franz Geno: Nördlingen 1987, S. 167]. Nach Ausbruch des 2. Weltkriegs und insbesondere nachdem der Widerstand der Alliierten sich formierte hatte, wurde durch den enormen Bedarf an Militärtechnik die Leistungsfähigkeit der Industrie herausgefordert. Dabei war die vorherige Ausrichtung der Wirtschaft auf den "totalen" Krieg keinesfalls vollständig gelungen; selbst die Phase bis 1942 zeigte Züge einer "**friedensähnlichen Kriegswirtschaft**". Zudem war die zivile Produktion bis 1944 auf beachtlicher Höhe belassen worden [Wagner, 218f.; Ludwig, 422; Siegel/Freyberg, S155f.]. Dabei wurde aber die Herstellung von Rüstungsmaterial nicht mehr primär über die Verbesserung der Produktivität mit technischen Mitteln gesteigert. So war die technische Entwicklung der Werkzeugmaschinen lediglich eine kontinuierliche Fortsetzung der in den zwanziger Jahren gesetzten, sich teilweise widersprechenden Trends, nämlich in Richtung Flexibilisierung, bzw. Mehrzweckmaschine und Automatisierung [Siegel/Freyberg, 253]. Der Ausstoß der Endfertigung wurde ganz wesentlich über die massive **Verlängerung der Arbeitszeiten**, in gewissem Umfang durch Frauenarbeit und nicht zuletzt durch die Beschäftigung von Zwangsarbeitern und Kriegsgefangenen erzwungen [Seminar-Arbeit Schinzingler, Ludwig, 422f.].

Innerhalb von 2 1/2 Jahren seit dem Amtsantritt des Rüstungsministers Albert Speer 1942 wurde die Rüstungsendfertigung um mehr als das dreifache erhöht, verglichen mit 1941 sogar fast um den Faktor 5. Dies wurde dadurch erreicht, daß Speer in seinem Kompetenzbereich nicht mehr die schwerfällige doppelte Beamtenhierarchie von Partei und Staat förderte, daß er in seinem Ministerium die Beschaffung und Auftragserteilung zentralisierte, an die Industrie aber weitgehend die Verantwortung für die Fertigung und Lieferung von Rüstungsgütern delegierte [Wagner]; wobei jedoch, anders als es der Speer-Mythus besagt, eine ganze Reihe dieser organisatorischen Maßnahmen bereits von Speers Vorgänger Fritz Todt konzipiert worden waren [Ludwig, 415-421]. Rationalisierung in diesem Rahmen bedeutete dann: Reduktion der Typenvielfalt, etwa durch den Zwang zu "Wiederholkonstruktionen" im Maschinenbau [Niemitz/Paulsen, 1992, LTA-Forschung, 23], Vereinfachung von Konstruktionen, Standardisierung von Teilen, Konzentration der Erzeugung an günstigen Standorten und in geeigneten Firmen [Vgl. dazu z. B. Karlheinz Roth, Michael Schmid, Rainer Fröbe: Die Daimler-Benz AG 1916-1948, Schlüsseldokumente zur Konzerngeschichte, Hrsg. von der Hamburger Stiftung für Sozialgeschichte des 20. Jahrhunderts, Geno: Nördlingen 1987, 280f.], Abstimmung der Rüstungsaufträge unter den Firmen, Austausch von Patenten und Herstellungsprozessen und die allgemeinverbindliche Einführung der besten Herstellungsmethode für jedes eigene Produkt [Alfred Wagner: Die Rüstung im "Dritten Reich" unter Albert Speer, in: Technikgeschichte, Bd. 33 (1966), Nr. 3, S. 205-227, hier S. 217; vgl. auch Pohl, Habeth, Brüninghaus, Die Daimler-Benz AG ...1933-1945, 247-250; vgl. auch K. H. Roth, M. Schmid, R. Fröbe, Schlüsseldokumente, 253-255].

4. Produktionswandel in der Nachkriegszeit

Die Entwicklung der NC-Werkzeugmaschinen

Eine neue Qualität und Quantität erhielt die Produktionstechnik zwischen 1950 und 1975 (und bis heute) [K.Henning: Soziale Ausw. der Automatisierung, Vorl.Ms., Aachen 1986, S.A-16-A-20].

Dabei ging es bei der Verbesserung von Fertigungsverfahren nach dem Zweiten Weltkrieg keinesfalls nur um Rationalisierung oder um Automatisierung. Automatisierungstechniken standen - wie bemerkt - in Gestalt von mechanisch gesteuerten Mehrspindeldrehmaschinen bereits seit dem Ende des 19. Jahrhunderts zur Verfügung. Rationalisierung in der Produktion war seit etwa 1915 durch Serien- und Fließfertigung realisiert. Die Verkettung von Einzweck-Werkzeugmaschinen über Förder- und Transfereinrichtungen und die Steuerung durch einen mehr oder weniger starren Zeittakt hatte zudem eine automatisierte Großserienfertigung ermöglicht, beginnend seit den zwanziger Jahren in der amerikanischen Automobilindustrie.

Neben der **Wirtschaftlichkeit** war aber ebenso bedeutend die **Qualität** der Fertigung. Ausgangspunkt der Entwicklung von NC-Werkzeugmaschinen (Numerical Control) in den USA war tatsächlich ein typisches Problem der Fertigungs**genauigkeit**, nämlich die hohen Anforderungen, die an die Herstellung aerodynamischer Profile gestellt werden. Konrad Zuse hatte hier 1942 bis 1944 mit seinen Spezialrechnern für die Henschel-Flugzeugwerke charakteristischerweise versucht, an den Symptomen zu kurieren. Offenbar waren präzise gefräste Bauteile in der Herstellung so aufwendig,

daß man zu einfachen aus Blech geformten Strukturen greifen mußte. Abweichungen von vorgegebenen Profilen von Zelle und Flügeln bei Flugbomben wurden dann nachträglich in Korrekturdaten für die Einstellung der Leitwerke und Flügel umgerechnet [Zuse, Mein Leben, 62]. Mit seiner grundlegenden Idee, die Geometrie eines aerodynamischen Profils durch Zahlen auszudrücken und diese Zahlen direkt zur Steuerung einer Werkzeugmaschine zu verwenden, versuchte dagegen John T. Parsons Ende der vierziger Jahre in den USA das Problem der Fertigungstoleranzen dort zu lösen, wo es entstand, nämlich bei der Fertigung selbst.

Unterstützt von einem elektromechanischen Rechenlocher IBM 602A entwickelte Parsons für die Herstellung von Hubschrauber-Rotorblättern zunächst Datensätze zum Anfertigen von zweidimensionalen Schablonen für die Formbestimmung der Rotorblätter. Allerdings konnten diese Daten noch nicht sofort maschinell verarbeitet werden. Sie mußten gelesen und vom Bediener der Maschine manuell in die Positionierung des Werkzeugs umgesetzt werden. Das Problem verschärfte sich, als Parsons 1948 von der amerikanischen Luftwaffe den Auftrag bekam, für die integriert versteiften Flügelprofile eines neuen Hochgeschwindigkeitsflugzeuges eine in drei Achsen numerisch gesteuerte Fräsmaschine zu entwickeln. Die Parsons Corporation war jedoch nicht in der Lage die regelungstechnischen Schwierigkeiten zu überwinden. Erst ein Unterauftrag der Parsons Corporation an das MIT (Massachusetts Institute of Technology) führte dann zum Erfolg. Entscheidend waren hier das am MIT vorhandene Grundlagenwissen in den Bereichen Servosteuerung und Rechneranwendung, der Übergang zu einem Rechner mit einer leistungsfähigeren Eingabeeinheit und schließlich die Auswahl der Cincinnati Hydrotel Vertikal-Fräsmaschine als geeignete Basis-Werkzeugmaschine. Mitte 1951 konnte mit der als NC-Maschine erweiterten Cincinnati Hydrotel eine erste bahngesteuerte Drei-Achsen-Werkzeugmaschine fertiggestellt werden. Im September 1952 wurde die Funktionsfähigkeit der Steuerung in einer Präsentation des Prototyps gezeigt. Gefördert durch das anhaltende Interesse der amerikanischen Luftwaffe gelang es dem MIT, Firmen aus der Luftfahrt-Industrie und dem Maschinenbau zur Entwicklung kommerziell nutzbarer numerischer Steuerungen anzuregen. Finanziell unterstützt durch die Luftwaffe wurde so 1953 eine erste, mit einer Steuerung von General Electric versehene NC-Fräsmaschine bei der Flugzeugfirma Lockheed zum Einsatz gebracht. Die wirtschaftlichen Vorteile kommerziell eingesetzter NC-Werkzeugmaschinen waren jedoch zunächst kaum zu beurteilen. Selbst das Programm der Air Force zur Beschaffung einer großen Anzahl von NC-Werkzeugmaschinen für die Luftfahrt-Industrie stand einer nüchternen Bewertung und damit auch der Verbesserung des Preis-Leistungsverhältnisses bei NC-Werkzeugmaschinen entgegen. Ganz abgesehen davon trug die Konzentration der Entwicklung auf die Bearbeitung von Leichtmetallen, wie sie für die Luftfahrt-Industrie typisch war, nicht gerade dazu bei, in den NC-Maschinen universell verwendbare Maschinen zu sehen.

Wie vielfach im Umkreis der Entwicklung der Datentechnik zu beobachten, war auch die Anwendung der NC-Maschinen gehemmt durch den Aufwand und durch die hohen Kosten der Programmierung. In einer gewaltigen Anstrengung von MIT, von über 20 Unternehmen der Luftfahrt-Industrie und unterstützt von der Air Force wurde deshalb seit 1957 unter der Leitung von Douglas T. Ross das Programmiersystem APT (Automatically Programmed Tools) für NC-Maschinen entwickelt. 1959 wurde das mit Hilfe des MIT-Großrechners Whirlwind geschaffene Programmpaket zur freien Nutzung veröffentlicht. Gleichzeitig wurde mit APT eine der ersten anwendungsspezifischen Programmiersprachen geschaffen. Neben FORTRAN,

ALGOL und COBOL zählt APT auch zu den Sprachen, die ihre Bedeutung über die Anfangsphase der höheren Programmiersprachen hinweg behielten.

Um etwas vorzugreifen: In einem Gemeinschaftsprojekt von vier führenden deutschen Lehrstühlen der Fertigungstechnik wurde in Aachen, Berlin und Stuttgart, aufbauend auf dem amerikanischen Programmiersystem APT, die deutsche Programmiersprache EXAPT (Extended Subset of APT) [Spur, 559] entwickelt. Während das amerikanische Programmiersystem APT sich auf die geometrische Form konzentrierte, bezog EXAPT auch technologische Angaben bei der Bearbeitung von Werkstücken mit ein. Die seit 1964/65 begonnene Entwicklung wurde im Schwerpunktprogramm Ingenieurwissenschaften von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) finanziell unterstützt. Die zunächst an den Hochschulen erfolgte Forschungsarbeit wurde jedoch seit 1967 in Gestalt des EXAPT-Vereins in Frankfurt auf eine breitere Basis gestellt, und zwar insofern, als nun Hochschulen und Industriefirmen bei der weiteren Entwicklung und bei der Einführung der Programme in die industrielle Praxis zusammenwirkten.

Die durch die elektronischen Steuerungen verursachten hohe **Kosten der NC-Maschinen** sowie die zu erwartenden Probleme bei der **Programmierung** und bei der Bedienung standen anfänglich einer raschen Einführung in die Fertigung entgegen. Charakteristisch war hier, daß 1955 auf der Werkzeugmaschinenausstellung der "National Machine Tool Builders Association" in Chicago gerade erste praktische Anwendungen numerischer Steuerungen für Werkzeugmaschinen erkennbar waren. Typische Werkzeugmaschinen waren hier noch fühlhebelgesteuerte Kopier-Werkzeugmaschinen. 1960 hatte sich die Situation jedoch grundlegend gewandelt. Unübersehbar beherrschten nun die numerisch gesteuerten Maschinen das Bild der Ausstellung in Chicago. 35 (der 152) Aussteller zeigten nicht weniger als 69 numerisch gesteuerte Maschinen: Bohrmaschinen, Drehmaschinen, Fräsmaschinen, Schleifmaschinen und Positionierungstische.

Besonderes Aufsehen erregten dabei die zwei in echter Produktion stehenden und vollständig numerisch gesteuerten Bearbeitungszentren "Milkauwee Matic II" von Kearney & Trecker. Gesteuert durch Lochbänder konnten hier aus einem Rundmagazin 30 verschiedene Werkzeuge, zum Beispiel Bohr- und Fräswerkzeuge, in die unterschiedlichen Bearbeitungsgänge eingeführt werden. Angesichts einer aktiven Zerspanungszeit von 75 Prozent der Maschinenzeit schienen diese Fertigungszentren der entscheidende Schritt in Richtung automatische Fabrik zu sein. Vor allem mußte die Ausstellung von Chicago 1960 auch in Europa als ein Signal verstanden werden, sich nun ebenfalls ernsthaft mit der Technik der NC-Maschinen zu befassen. Sowohl auf der Seite der Hersteller, als auch auf der Seite der industriellen Anwender blieben die USA jedoch führend. So spezialisierten sich etwa General Electric und Bendix Aviation Corporation auf den Bau von numerischen Steuerungen, wobei diese Steuerungen zunächst in der robusten Relais-technik realisiert wurden.

Das Wechselspiel von höheren Vorschubgeschwindigkeiten, stärkeren Antriebsmotoren, besserer Ausnutzung hochwertiger Werkzeuge und konstruktiver Weiterentwicklung der gesamten Maschinen machte in den USA die NC-Maschinen bald so attraktiv, daß sie Anfang der sechziger Jahre bereits in Stückzahlen von mehreren Tausend im industriellen Einsatz waren. Eine bedeutende Rolle für die Durchsetzung spielte aber nach wie vor die Verwendung in der Flugzeugindustrie und

allgemein in der Rüstungsproduktion. Charakteristischerweise war es auch in Großbritannien die Luftfahrtindustrie, zum Teil im Zusammenwirken mit der amerikanischen Luftwaffe, die die Entwicklung von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen voranbrachte. So übernahm etwa die US-amerikanische Maschinenbaufirma Cincinnati Milling Company von der britischen EMI (Electric Musical Industries Limited) ein im Auftrag der amerikanischen Luftwaffe entwickeltes Steuerungssystem.

In der **Bundesrepublik** war die Entwicklung von NC-Werkzeugmaschinen durch die vom Markt der Nachkriegszeit ausgehende Forderung nach **Großserienproduktion** und durch die entsprechende Nachfrage nach konventionellen Werkzeugmaschinen deutlich gehemmt. Auch dominierten an den Technischen Hochschulen noch bis in den Anfang der fünfziger Jahre die klassischen Probleme des Maschinenbaus, wie Zerspanungstechnik, Schleifen, Fertigung von Zahnrädern und die Systematik von Werkstücken. Bei der Steuerung von Maschinen ging es im wesentlichen um Nachformsteuerungen, also um die Steuerung der Werkzeugbewegung mit Hilfe von Schablonen.

Ab Mitte der fünfziger Jahre wurden jedoch an der RWTH Aachen und an der TH Darmstadt erste numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen entwickelt. Auf der Hannover-Messe von 1960 präsentierte dann bereits eine ganze Reihe deutscher Hersteller von Werkzeugmaschinen numerisch gesteuerte Maschinen, wobei jedoch die Zahlen noch deutlich hinter der Ausstellung in Chicago im selben Jahr zurückblieben. Von Bedeutung war aber besonders eine Walzenkalibrier-Drehmaschine der Waldrich GmbH in Siegen. Sie war einmal mit einer von der AEG in Berlin entwickelten **Bahnsteuerung** ausgestattet. Bahnsteuerung bedeutet, daß das Werkzeug nicht mehr nur von Eingriffspunkt zu Eingriffspunkt vorrückte (Punktsteuerung), oder, im Eingriff bleibend, parallel zur Werkstück-Achse geradlinig bewegt - "verfahren" - wurde (Streckensteuerung), sondern entlang beliebiger Kurven und im Eingriff bleibend auf seiner Bahn geführt wurde. Dieses aufwendige Bahnsteuerungsverfahren war ja mit Blick auf die Herstellung von Flugzeug-Integralteilen von Anfang an am MIT entwickelt worden. Zum anderen wurde bei der NC-Drehmaschine der Waldrich GmbH das **Steuerungsgerät** mit seinem Digital-Analog-Umsetzer nun in **Transistor-Technik** realisiert. Damit deutete sich gleichzeitig bei der Steuerung industrieller NC-Maschinen ein rascher und direkter Übergang von der elektromechanischen Relais-Technik zur elektronischen Halbleitertechnik an, also eine Entwicklung, die den in der Computertechnik entscheidenden, im Maschinenbau aber problematischen, Zwischenschritt der Röhrentechnik übersprang.

Anfang der sechziger Jahre begann sich in der Bundesrepublik und in ganz Europa die Argumentation zugunsten der NC-Maschinen zu verschieben. Sie erwiesen sich insbesondere in der Kleinserienfertigung als besonders anpassungsfähig und wirtschaftlich. Außerdem traten die hohen Investitionskosten hinter den in den sechziger Jahren stark steigenden Lohnkosten zurück. Die Automatisierungseffekte, die durch die Steuerung von Maschinen mit Hilfe von extern erstellten Programmen erzielt wurden, erlaubten eine Überwachung von mehreren Maschinen durch eine Bedienungsperson, was angesichts des Arbeitskräftemangels bei Facharbeitern aus der Sicht des Unternehmens eine besondere Entlastung darstellte. Jedenfalls begannen die NC-Maschinen, basierend auf den nun eigenständigen europäischen Entwicklungen, Mitte der sechziger Jahre in die Fabriken einzudringen. Zusammen mit der Technik der

Verkettung von Maschinen über Fördereinrichtungen wurde damit eine breite industrielle Entwicklung in Richtung einer automatisierten Fabrik angestoßen.

Dabei war man sich um 1965 in der deutschen Industriegewerkschaft Metall vollständig im klaren darüber, daß die Automatisierung bereits ein wesentlicher Bestandteil des technischen Fortschritts, der Steigerung der Produktion und insofern ein wichtiges Instrument zur Verbesserung des Lebensstandards breiter Schichten geworden war. Man mußte insofern den Unternehmen auch zubilligen, innerbetriebliche Arbeitsplatzveränderungen vorzunehmen. Selbst der Beschäftigungsabbau in einzelnen Wirtschaftszweigen war für die Gewerkschaft kein Tabu. Offensichtlich war es unvermeidbar, daß die Struktur des Arbeitsmarktes sich weiter in Richtung wachsender Anteile höher qualifizierter technischer Angestellter und - ohne daß die Tendenzen auf dem amerikanischen Arbeitsmarkt voll übertragbar erschienen - in Richtung einer Stärkung des Dienstleistungssektors entwickeln würden. Die soziale Sicherung der Arbeitnehmer erforderte deshalb aus der Sicht der Gewerkschaften die Demokratisierung der Wirtschaft durch den Ausbau der gesetzlichen Mitbestimmung der Arbeitnehmer, nicht zuletzt auch eine Reaktion der Bildungspolitik auf die veränderten Anforderungen neuer Arbeitsplätze. Das 1968 unter dem Eindruck der Wirtschaftskrise von 1966/1967 geschlossene Rationalisierungsschutzabkommen räumte dann den Betriebsräten Unterrichts- und Beratungsrechte ein und es sicherte den Arbeitnehmern materielle Übergangshilfen und Umschulungsgelder zu [Neubauer, 477].

Tatsächlich sollte sich der technische Fortschritt und umgekehrt die wachsenden Anforderungen an den Bau und die Bedienung der NC-Maschinen weiter beschleunigen. Nach einer gegenüber der Verwendung von Transistoren deutlich verkürzten Innovationsphase wurden seit der NC-Machine Tool Exhibition 1966 in London auch Integrierte Schaltkreise (ICs, Integrated Circuits) in den Steuerungen der Werkzeugmaschinen verwendet. Diese in monolithischer Bauweise, also im Substrat des Halbleiters, hergestellten Schaltkreise waren nicht nur wesentlich kompakter als Schaltkreise in diskreter Technik, sondern wegen der aufgedampften metallischen Leiterbahnen auch sehr viel weniger anfällig für Störungen.

Auch technikhistorisch-technikphilosophisch war dies ein bemerkenswerter Vorgang: Das Ausstrahlen der Mikroelektronik auf die Entwicklung der elektronischen Datenverarbeitung, umgekehrt der ungeheure Sog, den dann die elektronische Datenverarbeitung in ihrer industriellen Dimension auf die Entwicklung der Integrierten Schaltkreise ausgeübt hat, stellt einen auffälligen Wechselwirkungsprozeß in der Entwicklung der Hochtechnologie seit den siebziger Jahren dar. Dabei ging es nicht nur um eine wechselseitige Steigerung der Produktionszahlen, sondern - in Gestalt computergestützter Entwurfs- und Simulationsverfahren - um die in einem tiefreichenden Rückkopplungsprozeß ablaufende Parallelentwicklung von Mikroelektronik und Datenverarbeitung. Diese Entwicklung erfaßte auch die Nachrichtentechnik, denn die Informationstechniken und die Kommunikationstechniken begannen spätestens nachdem sie in Gestalt digitaler Übertragungs- und Vermittlungstechniken technologisch niveaugleich geworden waren, regelrecht zu verschmelzen.

Aber auch die Seite der Produktionstechnik ist seit den 70er Jahren (?) geradezu durchdrungen von Elementen der Mikroelektronik und der elektronischen Datenverarbeitung. Und anders als in der Frühindustrialisierung, als etwa

fortgeschrittene Maschinen für den Fabrikbetrieb zunächst in überkommener handwerklicher Produktionsweise gefertigt wurden, wandelte sich die Produktionstechnik auch dort, wo die Mittel zum Wandel der Produktionstechnik bereitgestellt wurden.

Die für die Ausstrahlung der Mikroelektronik in die Datentechnik und in die Kommunikationstechniken zu beobachtende Tendenz, nämlich die rasche Reaktion auf Leistungssteigerung und Preisrückgang von Bauelementen, bestimmte nun auch die Anwendung der Mikroelektronik bei der weiteren Automatisierung der Produktionsprozesse. So wurden seit Ende der sechziger Jahre in England und in den USA bereits erste Werkzeugmaschinen mit Rechnerdirektsteuerung, die sogenannten **DNC-Maschinen** (DNC, von: **Direct Numerical Control**) entwickelt.

Bei den NC-Maschinen wurde der Rechner lediglich dazu benutzt, Programme für komplizierte Geometrien von Werkstücken und für bestimmte technologische Randbedingungen (Drehzahlen, Werkzeuge) zu erstellen. Die Programme wurden auf Zwischenträger, etwa auf das Speichermedium des Lochstreifens, übertragen. Erst mit Hilfe solcher Lochstreifen wurde dann die numerische Steuerung der Maschine in Gang gesetzt. Beim DNC-Verfahren wurden die Rechner dagegen nicht nur zur Programmerstellung, sondern auch zur direkten Eingabe des Bearbeitungsprogramms an die numerische Steuerung herangezogen. Ein besonderer wirtschaftlicher Anreiz war dabei, den Rechner als zentrales, aus der Fertigungshalle herausgenommenes und insofern besser geschütztes Steuerungsinstrument für mehrere Fertigungseinheiten einzusetzen. Typische **DNC-Rechner** Anfang der siebziger Jahre erlaubten so den Anschluß von etwa zehn bis weit über **hundert Maschinen**, wobei allerdings die ausgeführten Anschlüsse die Zahl zwanzig nicht überschritten.

Tatsächlich konnten sich die DNC-Maschinen wegen der hohen Kosten und wegen des typischen Nachhinkens der Programm-Entwicklung zunächst in der industriellen Anwendung nicht durchsetzen. Erst die weitere Verbesserung der Rechnertechnik, zunächst in Gestalt leistungsfähiger Minicomputer, insbesondere aber durch die Verfügbarkeit der ersten industriell verwendbaren Mikroprozessoren im Jahr 1975, brachte dann für die neuen durch **interne Mikroprozessoren** gesteuerten **CNC-Maschinen** (CNC, von: **Computerized Numerical Control**) den Durchbruch. Seit 1971/1972 hatte sich ja die Integrationsdichte in der Halbleitertechnik soweit erhöht, daß es möglich geworden war, sämtliche Bauteile und Leiterbahnen für die komplexen Schaltkreise eines Rechners auf einem Chip zu vereinigen.

Da die Mikroprozessoren der internen CNC-Steuerungen seit Anfang der achtziger Jahre mit einer Wortbreite von 32 bit die Leistungsfähigkeit großer externer Rechner erreicht hatten, wurde es möglich, die Programmierung der Steuerung mit Hilfe neuer Programmiersysteme in einem interaktiven Dialog zwischen Rechner und Bedienungspersonal im Werkstattbetrieb durchzuführen und vor allem auch die einzelnen Maschinen durch automatische Fördersysteme für Werkstücke und durch automatische Werkzeugwechsel in ganzen Fertigungszellen zu integrieren. Dabei konnte durch die verbesserte Meßtechnik die Fertigungsgenauigkeit verbessert, der Verschleiß von Maschine und Werkzeug reduziert und trotzdem die Arbeitsgeschwindigkeit gesteigert werden.

5. Flexible Fertigung

Mit Blick auf die wirtschaftliche Fertigung von **Klein-** und **Mittelserien** ging es dabei jedoch nicht mehr nur um automatisch ablaufende Bearbeitungsgänge in Bearbeitungszentren oder Fertigungszellen, also um automatischen Werkzeug- und Werkstückwechsel, sondern um die seit 1970 theoretisch konzipierte "flexible Fertigung". Die "flexible Fertigung" stellt eine Synthese zwischen der Transferstraße dar, wie sie besonders in der Massenproduktion der Automobilindustrie eingesetzt wurden, und dem einzelnen, numerisch gesteuerten Bearbeitungszentrum. Bei der klassischen Automatisierung der amerikanischen Automobilindustrie der zwanziger und dreißiger Jahre, der "**Detroit automation**", waren noch automatisierte Werkzeugmaschinen für eine **einzige Fertigungsaufgabe** über ebenfalls automatisierte Fördereinrichtungen nach dem Vorbild des Fordschen Fließverfahrens verknüpft worden. Die Reihenfolge der Bearbeitungsschritte innerhalb solcher Transferstraßen und die Anforderungen an die einzelnen Werkzeugmaschinen war damit **festgelegt**, und zwar für die typischen Zeiträume von mindestens zehn und bis zwanzig Monaten [Ropohl]. In einem evolutionären Prozeß stellte General Motors dabei seine Produktion so um, daß eine gewisse Modellpalette und ein jährlicher Modellwechsel in möglichst kurzer Zeit vorgenommen werden konnte. Das hatte zur Folge, daß die von Ford noch ausschließlich verwendeten Einzweck-Werkzeugmaschinen (single purpose machines) durch stabile, standardisierte Mehrzweck-Werkzeugmaschinen von hoher Präzision ersetzt wurden. Außerdem wurde die Produktion aufgespalten (z. B. Motoren in Flint, Mass., Getriebe in Toledo, Montage u. a. in St. Louis, Miss. und in Oakland, Cal.) und im Sinne der eigenständigen Führung verschiedener Werke dezentralisiert. General Motors begann damit ab Mitte der zwanziger Jahre den Produktionsprozeß der Automobilindustrie bereits in Richtung einer Flexibilisierung der Massenproduktion zu verändern [Hounshell, David A.: From the American System to Mass Production, 1800-1932, Baltimore and London 1984, 263-267, zitiert von Suhling, inhaltlich korrekt von CL; falsch wohl bezüglich Werkzeugmaschinentyp von Berggren!].

Bei der "flexiblen Fertigung", wie sie um 1970 **theoretisch** konzipiert wurde, werden dagegen weder Einzweck-Maschinen noch starre Verkettungen der Maschinen über Fördereinrichtungen vorgesehen. Werkstücke können hier rechnergesteuert Materiallagern entnommen werden, zu ausgewählten NC-Maschinen befördert werden, dort in unterschiedlicher Weise bearbeitet werden, dann wahlweise Reinigungs- und Wärmebehandlungsanlagen zugeführt werden und schließlich wieder in ein Lager gebracht oder weiterbefördert werden.

Serien bis herab zu **kleinsten Stückzahlen**, einschließlich der Stückzahl Eins, lassen sich so wirtschaftlich fertigen. In einem tieferliegenden Sinn dominiert dabei die Informationsverarbeitung, denn die geometrische Information der Konstruktion wird zunächst in einem Fertigungsprogramm verschlüsselt und schließlich von Maschine, Werkzeug und Fördereinrichtung (unter Aufwand von Material und Energie) in einen materiellen Träger von Information, eben in das Werkstück, überführt. Entscheidend ist also die Steuerung des Bearbeitungsprozesses, sowie die Kontrolle des gesamten Material-, Energie- und Informationsflusses durch den Rechner. Gleichzeitig stellt diese zentrale Funktion des Rechners in der Fertigung die Einfallspforte für die direkte Übernahme von Daten aus der rechnergestützten Konstruktion (CAD, Computer Aided Design) und aus anderen rechnergestützten Betriebsbereichen dar.

Der Einsatz von Rechnern, beziehungsweise von Mikroprozessoren, dienen so heute ganz allgemein im Sinne von computergestützten Verfahren der Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit. Rechner können bei Großaufträgen mit knappen Zeitplänen helfen, Betriebsdaten (Zeitdaten, Fertigungsdaten, Qualitätsdaten) zu erfassen. Schließlich zeichnet sich in Ansätzen ab, Konstruktion, Entwicklung, Arbeitsvorbereitung (?) und Fertigung mit Hilfe von Rechnern und aufgrund von Datenbanken mit technischen und betrieblichen Inhalten im CIM-Verfahren (Computer Integrated Manufacturing) zusammenzufassen.

Historisch hatten es aber die computergestützten Verfahren in der Fertigung keinesfalls leicht, sich durchzusetzen. So gehörte zum Beispiel Renault zwar zu den Unternehmen, die seit Anfang der sechziger Jahre mit Blick auf die Karosseriefertigung an CAD/CAM-Systemen arbeiteten. Der als Fachmann für Automatisierung schon seit Ende der dreißiger Jahre ausgewiesene Fertigungsingenieur Pierre Bézier wurde jedoch mit seiner CAD-Entwicklung von der Direktion mehr unterdrückt als gefördert. Einem der Verfechter, dem Ingenieur F. Pruvot, wurde wegen seiner Vorschläge in Richtung CAM Mitte der siebziger Jahre sogar gekündigt. Durch das Primat des Marketing, der Produktentwicklung und des Verkaufs wurde die Innovationsphase um nahezu zwanzig Jahre verlängert [Jean-Pierre Poitou: Die Entwicklung von CAD/CAM am Beispiel der Fertigungspolitik bei Renault, Vortrag auf der 2. Jahrestagung der Gesellschaft für Technikgeschichte an der RWTH Aachen 1993, unveröff. Ms.]. Und wenn nicht alles täuscht, so besteht ganz allgemein bei den computerunterstützten Verfahren von CAD bis CIM bis heute noch ein deutlicher Abstand zwischen dem Stand der Technik und der tatsächlichen betrieblichen Nutzung.

Vor allem die Integration der gesamten rechnergestützten Betriebsbereiche im Computer Integrated Manufacturing (CIM) scheint vielfach noch eher deklamatorischen Charakter zu haben. Selbst das sehr handfeste Projekt der flexiblen Fertigung ist keinesfalls rasch und umfassend in die industrielle Realität umgesetzt worden. Obwohl es in den USA (1967), in Japan (1970) und in der Bundesrepublik (1971) schon früh rechnergestützte "Flexible Fertigungssysteme" gab, waren in der Bundesrepublik um 1990 etwa fünfzig solcher Fertigungssysteme eingesetzt. Weltweit werden, vornehmlich aufgrund der Entwicklung in Japan, etwa 1000 Installationen angenommen.

6. Fertigungstechnik und Produktionsmanagement in Japan

Die Entwicklung in Japan, der insgesamt eine hohe Leistungsfähigkeit der japanischen Maschinenbauindustrie und die enorme Produktivität der von Maschinen getragenen Fertigung - etwa in der Automobilindustrie - entspricht, kommt natürlich nicht aus einem industriepolitisch leeren Raum. So haben zwar die europäischen Maschinenbau-Nationen, also Großbritannien, Frankreich, Italien, die Schweiz und besonders die Bundesrepublik in den sechziger Jahren mit den USA gleichziehen können und sich bei Maschinen für spezielle Anforderungen sogar Vorteile erarbeiten können. Bis in die achtziger Jahre profitierte besonders der **deutsche** Werkzeugmaschinenbau, der etwa im Jahr 1979 mit 15% den größten Anteil an der Industriebeschäftigung hielt [Piore, Sabel, 241], von der Nachfrage nach Präzisions**spezial**maschinen für die sich in andere Bereiche der Technik ausbreitende Massenproduktion und für

Rationalisierungsinvestitionen im Rahmen bestehender Produktionsverfahren. Seit den siebziger Jahren stellt jedoch die **japanische Maschinenbauindustrie** durch die wachsende Stärke der Hersteller von **universell** einsetzbaren **NC-Maschinen** auch auf dem Sektor Werkzeugmaschinen eine besondere Herausforderung dar, allerdings mit der charakteristischen Fähigkeit, neue, von der **Massenproduktion abweichende** Verfahren in der metallverarbeitenden Industrie, in der Chemie und im Textilbereich zu versorgen [Vgl. auch Michael J. Piore, Charles F. Sabel: Das Ende der Massenproduktion [1984], Frankfurt a. M. 1989, 240-244].

Angeregt durch Berichte über die amerikanische Entwicklung von NC-Maschinen wurde in Japan, ähnlich wie in der Datenverarbeitung, in den frühen fünfziger Jahren die amerikanische Technik **adaptiert**. Es folgten erste eigenständige Einzelentwicklungen, wobei von besonderer Bedeutung die Entwicklung des elektrohydraulischen Schrittmotors durch die Firma Fujitsu/Fanuc 1959 war. Neben dieser für die Antriebstechnik präziser, leistungsstarker und preiswerter NC-Maschinen bedeutsamen Komponente stellten die nun mit Europa und mit den USA konkurrenzfähigen japanischen Maschinenbauunternehmen schon in der zweiten Hälfte der sechziger Jahre NC-Steuerungen mit eingebauten Minicomputern her. Durch die ausschließliche Verwendung japanischer Steuerungen kann die japanischen Hersteller von NC-Maschinen zudem in eine Position, aus einem besonders starken Binnenmarkt heraus in andere Märkte hinein expandieren zu können.

Ähnlich wie in der Datentechnik stand im Hintergrund ein ganzes Bündel administrativer und finanzieller Förderungsmaßnahmen. So förderte das berühmte-berühmte **MITI** (Ministry of International Trade and Industry) über sein dem "Electrotechnical Laboratory" vergleichbaren "Mechanical Engineering Laboratory" bereits Ende der fünfziger Jahre die Entwicklung erster NC-Maschinen. Gleichzeitig wurden durch steuerliche Erleichterungen, durch wettbewerbspolitische Maßnahmen und durch zinsgünstige Kredite versucht, Maschinenbau und Elektrotechnik zu entwickeln, seit Anfang der siebziger Jahre auch mit dem Ziel, Maschinenbau und Elektrotechnik zu integrieren.

Während das MITI industriepolitische Zielvorgaben formulierte, geeignete Organisationsstrukturen für Forschung und Entwicklung anregte und - besonders in der Zeit zwischen 1978 und 1984 - auch beträchtliche finanzielle Mittel bereitstellte, schufen die Hersteller und die Verwender von NC-Maschinen ein Umfeld, das die Einführung dieser Technologie begünstigte. Die Praxisnähe von Forschung und Entwicklung in Japan, der Einsatz junger und hochqualifizierter Ingenieure in der Fertigung und die Betreuung der Verwender von NC-Maschinen in der Einführungsphase durch Ingenieure des Herstellers gehören in diesen Zusammenhang. Sehr deutlich haben amerikanische Untersuchungen der seit den siebziger Jahren sprunghaft gestiegenen Produktivität der japanischen Automobilindustrie gezeigt, daß es **nicht** allein die **Fertigungstechnik** ist, die die hohe Produktivität bestimmt, sondern vor allem die Art und Weise, wie die Produktion organisiert wird und wie die Arbeitnehmer in der Produktion geführt werden. Demnach sind es nur zu einem Teil der höhere Automatisierungsgrad, die Nutzung von Rechnern und die Berücksichtigung der Fertigungsprobleme schon bei der Konstruktion, sondern die bessere Qualitätssicherung, die größere Einsatzflexibilität der Arbeiter, die geringeren Fehlzeiten und besonders der höhere Nutzungsgrad der Maschinen und Anlagen, die als wesentliche Faktoren zur Erklärung der Produktivität herangezogen werden müssen.

Selbst die Verwendung der in der Öffentlichkeit immer als besonders spektakulär empfundenen Industrie-Roboter, die vorwiegend in der Automobilindustrie und hier wiederum zu 90 Prozent bei der Punktschweißung im Karosserierohbau verwandt werden, zeigt weniger zahlenmäßige Unterschiede [Jürgens/Malsch/Dohse, 52], als eine andere Einbettung in das Produktionsmanagement. Während im Westen die an sich sehr **flexiblen Roboter** oft auf unwirtschaftliche Weise während der Laufzeit eines Automodells als **Einzweckanlage** genutzt werden, schöpfen die japanischen Hersteller seit Anfang der achtziger Jahre die Anpassungsfähigkeit der speicherprogrammierbaren Roboter zwar nicht vollständig, aber doch bedeutend besser aus als die westlichen Konkurrenten.

Herausragendes Beispiel für das Produktionsmanagement in der japanischen Automobilindustrie ist das von Taiichi **Ohno** eingeführte Produktionssystem bei der **Toyota** Motor Corporation. Das von Ohno eingeführte System ist zwar nach wie vor am Fließverfahren Fords orientiert, es löste sich aber von der Produktstandardisierung und von der Einzweck-Bearbeitungsmaschine. Ohno übernahm auch die auf Taylor zurückgehende optimale Nutzung der Zeit und der Arbeitskraft des Arbeiters, er beendete jedoch die Zergliederung in immer kleinere und einfachere Teilarbeitsgänge.

Ein wesentliches Element des Produktionssystems von Toyota ist die Reduktion des Personaleinsatzes und die Reduktion des in Bearbeitung befindlichen Materials. Voraussetzung für die Minimierung dieser personellen und materialmäßigen "Puffer" ist wiederum ein konsequent durchgeführtes "just-in-time"-Verfahren, und zwar von den - oft am Ort ansässigen! - Zulieferern bis hinein in sämtliche Stufen des internen Produktionsprozesses. Die Fertigungsmenge auf jeder Produktionsstufe wird demnach gerade so bemessen, daß sie in der nächsten Produktionsstufe sofort und vollständig verarbeitet werden kann. Notwendig verknüpft mit dem Null-Puffer-Prinzip ist das Null-Fehler-Prinzip. Bei Fehlern wird nämlich der Fertigungsprozeß unterbrochen, wobei bei personellen Engpässen andere Arbeiter der Gruppe einspringen müssen. Entstehende Lücken in der täglichen Produktion werden dann durch Mehrarbeit über die reguläre Arbeitszeit hinaus geschlossen.

Da bei anhaltender Rationalisierung durch Personalabbau eine ganze Gruppe unter Druck gerät, entsteht eine starke Motivation, die Arbeitsgestaltung so zu verbessern, daß die Arbeit unter Wahrung der Qualität bei der vorgegebenen Personalstärke zu leisten ist. Dabei kann die unter Rationalisierungsdruck stehende Gruppe nicht in Richtung Qualitätsminderung ausweichen. Im nächsten Bearbeitungsabschnitt würden die Qualitätsmängel nämlich zwangsläufig zum Bandstopp und zur Rückgabe der fehlerhaften Teile führen. Die **Qualitätskontrolle** findet demnach **kontinuierlich** und über Rückkoppelungsvorgänge reguliert während des Produktionsprozesses statt und nicht, wie in den noch stark an Ford orientierten Arbeits- und Produktionsprozessen der deutschen Automobilindustrie, am Ende. Das Null-Puffer-Prinzip und das Null-Fehler-Prinzip erlauben es also wegen dieser Selbstregulierungsmechanismen bei gleichbleibend hohen Qualitätsforderungen Rationalisierung im Personaleinsatz durchzusetzen. Die Bezeichnung "Schlanke Produktion" (von "**lean production**") zeugt insofern nicht unbedingt von besonderer sozialpolitischer Sensibilität.

Aufgefangen wird der Druck der enormen Arbeitsleistung einmal durch das bis vor wenigen Jahren unbestrittene Prinzip der lebenslangen Bindung an einen Arbeitgeber. Außerdem wird ein guter Teil des Drucks auf den individuellen Arbeitnehmer durch die fachliche, betriebliche und soziale Einbindung in eine **Gruppe** kompensiert.

Gewerkschaften nach westlichem Muster, die eine stärkere Vertretung der Interessen der Arbeiter als soziale Gruppe wahrnehmen können, gab - und gibt - es in Japan nicht. Die Organisation der Arbeiterschaft ist auf das einzelne Unternehmen beschränkt. Schließlich hat in Japan die Fertigung, und dies ist natürlich in der Automobilindustrie von besonderer Bedeutung, offenbar ein sehr viel höheres Prestige als im Westen. Trotzdem ist das Aushalten dieses enormen Leistungsdrucks, - ein Verhalten, das sich nicht von den industriepolitischen und industriellen Faktoren abtrennen läßt - , ohne die **sozio-kulturellen** und politischen Voraussetzungen nicht zu verstehen.

Es wäre sicher vermessen, hier in wenigen Sätzen die enorme Produktivität Japans, den hohen technischen Standard, das häufig besonders gute Preis-Leistungs-Verhältnis japanischer Technik und auch den starken (gelegentlich auch die Grenzen überschreitenden) technischen "Reiz" japanischer Produkte am Markt erklären zu wollen.

Einige Aspekte des Hintergrundes der industriellen Entwicklung sollen aber dennoch beleuchtet werden, denn vieles spricht dafür, daß sehr viel ältere kulturelle und religiöse Prägungen maßgeblich auch bei der Leitung des technisch-industriellen Handelns im modernen Japan mitgewirkt haben. Schon alleine die japanische Sprache und die komplizierte japanische Schrift waren wichtige Randbedingungen für die Entwicklung der Technik. Im Austausch mit dem Westen waren sie zunächst sicher hemmende Faktoren. Die aus der chinesischen Schrift weiterentwickelte japanische Schrift besitzt heute immerhin 1850 Schriftzeichen, wobei alleine 881 seit 1948 zum Lehrumfang der Elementarschulen gehören. Trotzdem geht offenbar gerade auch von Sprache und Schrift eine starke Motivation für die Entwicklung fortgeschrittener Technologien im Umkreis der Verarbeitung von Daten aus. Tatsächlich hatte man schon seit 1971 mit dem MITI-Programm "PIPS" ("Pattern Information Processing System", Mustererkennungssystem), zwar auf amerikanische Vorarbeiten aufbauend, aber doch auf die japanischen Bedürfnisse zugeschnitten, begonnen, Fragen aus dem Umkreis der sogenannten Künstlichen Intelligenz zu bearbeiten. Das kommerziell wichtigste Ergebnis war dabei charakteristischerweise das erste von Toshiba entwickelte Textverarbeitungsprogramm für japanische Schriftzeichen [Flamm, 191]. Aber ganz allgemein bieten Sprache und Schrift in Japan einen starken Anreiz, das Erkennen komplizierter Muster, visuelles Lernen und die Gedächtnisleistung zu trainieren. Dies spiegelt sich nicht nur in den fortgesetzten Aktivitäten auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz, etwa in der Entwicklung von Spracherkennungs- und Bildverarbeitungssystemen, sondern ganz unmittelbar in der Förderung computergestützter Konstruktionsverfahren sowie in der Entwicklung von Scannern und Telefax-Systemen [Tatsuno, 59].

Es geht hier aber auch vor allem um die tieferen Schichten der Kultur. Und zu den tieferen Schichten der Kultur gehört - wie im Westen - das religiöse Denken. Eine der Quellen der kulturellen Entwicklung Japans war seit dem 14. und 15. Jahrhundert der Zen Buddhismus. Seine Bevorzugung des eher gesamtheitlichen Denkens, des intuitiven Verstehens, sein Streben nach geistiger Erleuchtung, nach Beherrschung, Zurückhaltung und Einfachheit hat von der Tee-Zeremonie über die Architektur bis hin zum Theater und zur Malerei die japanische Kultur geprägt [Tatsuno, 45f]. Aber auch die moderne Technik und die Art und Weise, wie diese Technik entstanden ist, scheinen Züge dieser Kultur zu tragen. So wird etwa das auf kleine und beherrschte Formen und auf eine hochentwickelte und zugleich sparsame Ästhetik ausgerichtete Kunsthandwerk Japans in Verbindung gebracht mit der Tendenz zur Miniaturisierung und zur Verfeinerung technischer Gegenstände. Obwohl allzu einfache Gleichungen

(wie Bonsai = Mikroelektronik) das Ziel sicher verfehlen, ist es andererseits auch wieder ungemein reizvoll, die Ausstrahlung, die allein von der im Westen bekannten Gartenkunst Japans ausgeht, mit dem Charakter japanischer Hochtechnik in Beziehung zu setzen [Tatsuno, 57].

Die Synthese von Überkommenem und von Neuem spielt auch eine bedeutende Rolle in der Struktur der japanischen Unternehmens-Landschaft. Bis heute ist für das japanische Wirtschaftsleben bestimmend, daß neben modernen Unternehmungen die eher traditionellen Industriezweige erhalten bleiben [Thomas, 2.7., 2.8]. Außerdem fördert das MITI - entsprechend dem Klientel der bis zu den Wahlen 1993 führenden liberaldemokratischen Partei [Piore, Sabel, 247; Georg Blume: Frischer Wind im Zentrum der Macht, Wie sich Japans Superministerium Miti [sic!] mit der Reformpolitik der neuen Regierung arrangiert, in: Die Zeit, Nr. 33, 13. August 1993, S. 2] - neben den schwerfällig gewordenen großen Unternehmen in den technisch-wirtschaftlichen Schlüsselbereichen ausdrücklich eine Vielzahl kleiner und kreativer Unternehmen. Die Erwartung ist vor allem, daß in Zusammenarbeit der kleinen Unternehmen durch die Verschmelzung einer großen Zahl unverbundener, auch älterer Technologien neue Technologien geschaffen werden können [Tatsuno, 37]. Dies spiegelt wiederum die typische japanische Variante der Kreativität. Nicht der in einer geradlinig verlaufenden Entwicklungsanstrengung fast abrupt erzielte Durchbruch, wie er im Westen angestrebt wird, sondern das breit angelegte und geduldige Suchen, das intuitive Denken, das Wiederaufgreifen älterer Gedanken, das Verfeinern, das einer aufwärts gerichteten Spirale gleichende, schrittweise Vorgehen, gefördert durch vielfache Rückkoppelungseffekte, ist das Merkmal japanischer Kreativität in der Technik. Allerdings ist diese Kreativität dann eben auch zwangsläufig nicht der gedankliche Ausbruch eines Individuums, sondern der Verschmelzungsprozeß der innerhalb einer Gruppe entstehenden Gedanken.

Die nach außen dominierende Rolle der **Gruppe**, hinter der der Einzelne mit seinen Ideen zurücktritt [Tatsuno, 12f], die bis zur Selbstaufopferung reichende Arbeitsethik, die lebenslange Bindung an die Firma und das Senioritätsprinzip bei Beförderungen und bei der Bemessung von Gehältern haben ihre Wurzeln wohl eher in der Ethik der **konfuzianischen** Philosophie. Offenbar sind im heutigen Japan der Buddhismus und der Schintoismus, selbst das Christentum, stark überlagert von der konfuzianischen Morallehre. Anders als bei dem auf Meditation und geistige Erleuchtung zielenden Buddhismus war das zentrale Anliegen der Philosophie des Konfuzius das menschliche Verhalten im praktischen Leben. Da aber die konfuzianische Philosophie den Menschen nie nur als Individuum, sondern immer in den sozialen Bezügen von Familie, Gesellschaft und Staat betrachtete, war der Konfuzianismus gleichzeitig auch Sozialethik und politische Ethik [Störig; 54-56].

Die im Konfuzianismus geforderten menschlichen Tugenden, nämlich Liebe, Rechtschaffenheit, Weisheit, Sittlichkeit und Aufrichtigkeit sollten sich deshalb in charakteristischen, meist hierarchischen sozialen Konstellationen beweisen, wie etwa im Verhältnis von Vater und Sohn, in der Beziehung der Eltern und der Geschwister untereinander oder in der Beziehung von Herrscher und Staatsdiener. In dem Maße, wie die Struktur der Familie Vorbild für den Verband des Staates war, galten eben die ethischen Forderungen an den Einzelnen genauso für den Staat und das Verhalten der diesen Staat Regierenden [Meyer, Störig]. Für den Einzelnen wie für den Staat war ein Grundzug der konfuzianischen Ethik bestimmend, nämlich der Respekt vor dem Alter, die Wahrung des Althergebrachten und die Erhaltung der traditionellen moralischen

Bindungen [Störig].

Die konfuzianische Ethik mit ihrer Betonung der Einbindung des Einzelnen in die verschiedenen sozialen Bezüge [Tatsuno, 47] stand zwar der Entwicklung einer individuellen Kreativität, wie sie im Westen vorherrscht, im Wege. Andererseits brachte sie mit ihrem intellektuellen und rationalen Charakter ein starkes Gegengewicht zu den Beschwörungsformeln und zum Mystizismus der anderen Religionen. Insofern war die konfuzianisch geprägte Bildung ein wesentlicher Faktor bei der raschen Aufnahme westlicher Wissenschaft und Technik seit den Meiji-Reformen im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts [Thomas, 1.1; Tatsuno]. Ohne den anhaltenden Einfluß der konfuzianischen Ethik lassen sich aber vor allem die Firmentreue, die Disziplin und das Ertragen enorm langer Arbeitszeiten bei den japanischen Arbeitnehmern kaum erklären.

Allerdings haben sich - folgt man Berichten der westlichen Presse - in den letzten Jahren die Anzeichen vermehrt, daß die japanischen Arbeitnehmer nicht länger gewillt sind, für den Erfolg ihrer Firmen ihre Freizeit zu opfern, auf Familienleben zu verzichten und ihre Gesundheit zu gefährden. Der Stimmungsumschwung zeigt sich etwa darin, daß heute über fast zwei Drittel der Arbeitnehmer eine Verringerung ihrer Arbeitszeit wünschen, auch um den Preis einer Kürzung ihrer Einkommen. Die Fluktuation hat sich in den vergangenen zehn Jahren fast verdreifacht. Von den 1987 neu eingestellten Hochschulabsolventen hat, anders als noch vor zehn Jahren, nach drei Jahren ein Drittel den Arbeitgeber gewechselt. Die Abkehr vom Senioritätsprinzip zeichnet sich ebenfalls bereits ab. Da wegen der niedrigen Geburtenrate in den nächsten Jahren mehrere Millionen Arbeitskräfte fehlen werden, ist es denkbar, daß ausgehend von den jüngeren Arbeitnehmern sich die Struktur des japanischen Arbeitsmarktes deutlich ändern wird und sich die Mentalität der japanischen Arbeitnehmer von den traditionell, kulturell und religiös geprägten Verhaltensmustern lösen wird. Ob die momentanen Schwächeerscheinungen in der japanischen Automobilindustrie, in der Konsumelektronik und in der Halbleitertechnik einen entgegengesetzten, restaurativen Trend auslösen werden, läßt sich schwer beurteilen.

7. "Lean production" in Asien und "low production" im Westen?

Zurück in die harten Realitäten der westlichen Industriewelt: Die durch die hohe Produktivität in Fernost und durch die allgemeine Rezession ausgelösten Kämpfe um die Märkte werden zur Zeit auf dem Rücken der Firmen und der Arbeitnehmer in Europa und in den USA ausgetragen. Die charakteristischen Folgen zeitigte etwa die weltweite Flaute im Computergeschäft bei IBM. Angesichts eines scharfen Umsatzrückganges und eines Verlustes von 2,8 Milliarden Dollar im Jahr 1991 wurde versucht, durch den Abbau von Stellen den Ertrag des Konzerns zu stabilisieren [Gunhild Lütge, Erika Martens, Signal aus Sindelfingen, Die ZEIT, Nr. 28, 3.7.1992, S. 23]. Die Sorgen der Verfechter einer aktiven europäischen **Industriepolitik**, mit dem Hohenlied der freien Marktwirtschaft den Anschluß an die Entwicklung der Schlüsseltechnologien, der "**strategischen Industrien**" zu verlieren, sind also nach wie vor begründet.

Aber auch in der "klassischen" Automobilindustrie wird es um die Zahl der Arbeitsplätze gehen. Die auf den japanischen Produktivitätssprung folgende

Neuverteilung des Weltautomobilmarktes wird nicht nur für die amerikanischen, sondern auch für die europäischen Länder und zuletzt auch für die Bundesrepublik gravierende soziale Folgen haben. Wegen der koreanischen Kleinwagenkonkurrenz weicht Japan bereits jetzt auf die Mittelklasse und die gehobene Klasse aus. Über die mit der hohen japanischen Produktivität arbeitenden Produktionsstätten in den USA und in Großbritannien, den "transplants", und durch "joint ventures" wird es weiter protektionistische Maßnahmen teilweise unterlaufen und die Entwicklung von technischem Wissen dominieren können. Durch die Verkleinerung des Marktanteils und durch die als Gegenmaßnahme unabdingbare weitere Automatisierung wird sich also auf allen Ebenen der Betriebe die Zahl der Arbeitsplätze in der amerikanischen, europäischen, und auch in der deutschen Automobilindustrie verringern.

So ist man in der deutschen Automobilindustrie entschlossen, mit verschiedenen Maßnahmen sich der Herausforderung der "lean production" der japanischen Industrie zu stellen. Dazu gehört eine die Modernität der Produkte verbessernde Reduktion der Produktzyklen, also im Falle der Automobilindustrie ein Modellwechsel nach durchschnittlich sechs, anstelle der seitherigen acht Jahre. Außerdem soll die Entwicklung bereits von Anfang an die Belange einer kostengünstigen Produktion in ihre Arbeit miteinbeziehen. Neben diesem "simultaneous engineering" genannten Verfahren wird offenbar versucht, Elemente der eigentlichen "lean production", also die Gruppenarbeit und die aus dem Verantwortungsbewußtsein der Gruppe hervorgehende ständige Verbesserung von Produkt, Qualität und Produktion für die europäischen Verhältnisse zu adaptieren. Offenbar gelingt dies aber nur dort leicht, wo jüngere und belastbarere Arbeiter zur Verfügung stehen, oder in strukturschwachen Regionen - den typischen Ansiedlungsgebieten der japanischen "transplants"! -, wo die Motivation und die Toleranz gegenüber dem enormen sozialen Druck [Berggren, 52-55] aufgrund vorausgegangener Arbeitslosigkeit besonders hoch ist. Das auf Gruppenarbeit basierende, von der Monotonie des Fließbandes wegführende ganzheitliche schwedische Montagekonzept war am erfolgreichsten bei der Kleinserienherstellung von spezialisierten Nutzfahrzeugen [Christian Berggren: Von Ford zu Volvo, Automobilherstellung in Schweden, Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, New York...1991, pass., Fazit 334], und zwar unter den Bedingungen des angespannten Arbeitsmarktes im Schweden den achtziger Jahren. Die Fusion Renault-Volvo und die bei Saab unter Freisetzung von fast 50% der Arbeiter erfolgte Reduktion der Arbeitsstunden pro Auto von 110 auf 30 bis 35 nach dem Einstieg von General Motors [ADAC-Motorwelt, 9/1993, 30] deutet darauf hin, daß das schwedische Modell unter den verschärften Marktbedingungen der neunziger Jahre kaum Bestand haben wird. In den traditionellen deutschen Automobilfabriken werden ebenfalls im Endeffekt durch die im Kampf um Marktanteile notwendige Umgestaltung der Produktion die Mitarbeiterzahlen deutlich gesenkt werden.

Denkbar ist allenfalls, daß angesichts der ökologisch auch wieder ungemein bedenklichen Autoflut in den Industrieländern die Automobilindustrie allmählich ihre volkswirtschaftliche Leitfunktion verliert und insofern die Karten der Unternehmens- und Industriepolitik vollständig neu gemischt werden müßten. Angesichts der Schwächeerscheinungen in den verliebenen starken Branchen Maschinenbau, Elektrotechnik und Großchemie muß man aber feststellen, daß wir zur Zeit in der Bundesrepublik generell nicht sonderlich gute Karten haben.