

## **Produkt- und Prozeßinnovationen in der Produktion –**

### **Schlaglichter auf die Entwicklung der japanischen Fertigungstechnologie**

Einleitung .....	1
Automatisierung .....	3
Wirtschaftlicher Aufschwung Japans .....	5
Japan und die Anfänge der NC-Technologie .....	13
Tôkyô Institute of Technology .....	13
Fujitsu und Fanuc .....	18
Anwendungsforschung .....	20
Human Resource Management .....	21
Literaturverzeichnis .....	25

### **Einleitung**

Die Fähigkeit zu erfolgreicher technologischer Innovation, in ihrer Bedeutung für wirtschaftliches Wachstum und unternehmerische Wettbewerbsfähigkeit unbestritten, ist im Verlauf zunehmender Intensivierung des Globalisierungsprozesses wieder zu einem hochaktuellen Thema in Wissenschaft, Politik und in-

dustrieller Praxis geworden. Die Anforderungen an Unternehmen erhöhten sich durch eine beschleunigte und zunehmend komplexer werdende technologische Entwicklung, durch den Druck zu schnellerer Produktentwicklung, durch verkürzte Produktlebenszyklen und nicht zuletzt durch die Internationalisierung der Märkte. Historische und aktuelle Analysen des Phänomens Innovation finden auffallend häufig in wirtschaftlich schwachen Zeiten stärkere Beachtung. So auch in Japan im Laufe der neunziger Jahre.

Die Diskussion um nationale Strategien zur Sicherung technologischer Wettbewerbsfähigkeit und um die Intensivierung industrieller Produkt- und Prozessinnovationen als unternehmerisches Instrument zur Differenzierung auf internationalen Märkten unterstreicht den Stellenwert, den technische Innovationen bei den Regierungen der Industrienationen und bei den Unternehmen haben. Die Breite der wissenschaftlichen Ansätze und der industriellen und politischen Strategien basiert auch auf dem Fehlen einer allgemeingültigen und umfassenden Theorie der technischen Entwicklung. Trotz der langen Tradition empirischer Innovationsforschung fehlt es in vielen Bereichen immer noch an einer hinreichend empirischen Basis. Die Komplexität der Wirkbeziehungen technologischer Innovationsprozesse und die sich ständig wandelnden Rahmenbedingungen führen nicht zuletzt zu einer ständigen Überprüfung und Ergänzung von bereits abgeschlossenen Untersuchungen hinsichtlich der Gültigkeit ihrer Aussagen. Nur durch eine fortlaufende Aktualisierung der Forschung zum Phänomen Innovation besteht die Möglichkeit, zu allgemeinen Aussagen zu gelangen.

Ein besonderes Problem der empirischen Innovationsforschung ist im Zugang zu einschlägigen Unternehmensinformationen zu sehen. So können Innovationsprozesse bedeutender technologischer Neuerungen aus Unternehmenspolitik in der Regel erst nach einem längeren Zeitraum einer wissenschaftlichen Untersuchung unterzogen werden. Heutige Innovationsstudien gehen von einem breiten Untersuchungsspektrum aus und beziehen soziale, kulturelle und wirtschaftliche Einflußfaktoren in die analytische Betrachtung ein. Es geht um die ganzheitliche Untersuchung von Innovationen in der japanischen Fertigungstechnologie. In diesem Sinne öffnet das Working Paper durch Schlaglichter auf Entwicklungslinien der japanischen Fertigungstechnologie ein Fenster zu einer eher ganzheitlichen Betrachtung von Produkt- und Prozeßinnovationen in der Produktion.

### **Automatisierung**

Der wirtschaftliche und produktionstechnische Aufstieg der japanischen Industrie nach dem Zweiten Weltkrieg war nicht zuletzt eine Folge der erfolgreichen Übertragung und Weiterentwicklung fortschrittlicher Automatisierungstechnologien aus den USA und Westeuropa. Der Entwicklungs- und Durchsetzungsprozeß der Automatisierungstechnologie war entscheidend für den rasanten Aufstieg der japanischen Industrie in den ersten Dekaden nach 1945. Durch Steigerung von Produktivität und Flexibilität sowie durch Verbesserung der Fertigungsqualität von Produktionseinrichtungen bildete die Automatisierungstech-

nologie Grundlage und Motor des japanischen Wirtschaftswunders nach den verheerenden Zerstörungen der Kriegsjahre.

Das Engagement der japanischen Techniker und Ingenieure in den Betrieben der Elektrotechnik und des Maschinenbaus sowie in den Laboratorien produktionswissenschaftlicher Forschung um die Verbesserung des Vorgefundenen und die Anstrengungen zur Umsetzung der Erkenntnisse in praktische Anwendungen charakterisierten diesen frühen Entwicklungsprozeß. Die marktgerechte industrielle Integration innovativer Automatisierungstechnologie und neuer Formen der Arbeitsorganisation kennzeichnen noch heute das Technologiemanagement erfolgreicher japanischer Unternehmen.

Die produktionswissenschaftliche Forschung in Japan nach dem Zweiten Weltkrieg, insbesondere im Zuge des wirtschaftlichen Aufschwungs seit den frühen fünfziger Jahren, wurde durch die fortschreitende Automatisierung des Fabrikbetriebes bestimmt (1). Der Einsatz innovativer Automatisierungstechnologie in den sich wandelnden Produktionsprozess prägte nachhaltig die Arbeit des Produktionsmanagements und der Werkzeugmaschinenkonstrukteure (2). Dabei bereitete der rasche wirtschaftliche Aufschwung der japanischen Industrie den Boden für einen systematischen Übergang von der automatisierten Werkzeugmaschine, der Einzelmaschine oder auch Sondermaschine, zur Automatisierung des gesamten Fertigungsprozesses.

## **Wirtschaftlicher Aufschwung Japans**

Unmittelbar nach dem Zweiten Weltkrieg war Japan mit dem Aufbau und Gestaltung neuer Wirtschaftsstrukturen beschäftigt (3). In wirtschaftlicher und technologischer Hinsicht stand zunächst die Rekonstruktion der Wirtschaft im Vordergrund (4). Preiskontrollen, Subventionen und Rohstoffzuteilungen zählten kurz nach dem Krieg zu den wichtigsten industriepolitischen Instrumenten, mit denen die Regierung zunächst die Förderung der Kohle und Stahlproduktion unterstützte (5).

Der wichtigste Faktor für die rasante Wirtschaftsentwicklung Japans war der rapide industrielle Aufschwung bis in die frühen siebziger Jahre (6), der im Kern durch Massenproduktion und Automatisierungstechnologie getragen wurde (7). Für die weitere dynamische Entwicklung der japanischen Wirtschaft hatten vor allem die Reformen im Verlauf der amerikanischen Besatzungszeit Bedeutung (8). Die Dekonzentrationsmaßnahmen fanden ihren Niederschlag in der kapitalmäßigen, organisatorischen und personellen Entflechtung der zehn großen Wirtschaftskonglomerate (zaibatsu) und schufen somit wesentliche Voraussetzungen für den Wettbewerb, der die Wiederaufbau- und Hochwachstumsphase bis Anfang der 70er Jahre trug (9).

Darüber hinaus stimulierte und beschleunigte vor allem die ausländische Nachfrage nach japanischen Gütern die wirtschaftliche Entwicklung der frühen fünfziger Jahren (10). Beeinflusst wurde die Entwicklung der japanischen Werk-

zeugmaschinenindustrie durch ein dramatisches weltpolitisches Ereignis, den Ausbruch des Koreakrieges am 25. Juni 1950, der im Spannungsfeld des Kalten Krieges zu einer weltweiten Nachfragesteigerung führte. Als besonders durchschlagend wirkte er sich für den japanischen Maschinenbau aus, da er über mehrere Jahre hinweg zu umfangreichen US-amerikanischen Aufträgen führte. Dieser Nachfrageboom trug zur Erholung der japanischen Wirtschaft bei, die sich noch zu Beginn der fünfziger Jahre in einem labilen Zustand befand (11).

Nach einer kurzen Phase, in der sich nach dem Korea-Boom die Wachstumsrate etwas verringerte, vor allem bedingt durch die nachlassenden privaten Anlageinvestitionen, begann von 1956/57 an die Periode des sogenannten Investitionsbooms, der das *kôdo seichô* (rapides Wachstum) brachte. Die hohen Investitionssummen waren auf die Entwicklung der Schwerindustrie ausgerichtet. Die Produktionskapazitäten sollten gesteigert, die Modernisierung und Rationalisierung der Produktionsanlagen weiter vorangetrieben werden. Die Wirtschaftspolitik war auf Wachstum festgelegt (12).

Das reale Wirtschaftswachstum lag in Japan zwischen 1955 und 1960 bei 8,6 Prozent<sup>1</sup>, zwischen 1960 und 1965 bei 10,6 Prozent und von 1965 bis 1970 erreichte es sogar den durchschnittlichen Spitzenwert von 11,2 Prozent Wachstum (13). Auch wenn die Hochwachstumsphase der japanischen Wirtschaft bis zur ersten Ölkrise 1973/74 nicht frei von konjunkturellen Schwankungen war, so

---

<sup>1</sup> Jährliche Wachstumsraten des Bruttoinlandsprodukts in Prozent.

war die wirtschaftliche Expansion in den sechziger Jahren nicht zuletzt in Anbetracht der Zerstörungen im Verlauf des Zweiten Weltkrieges doch erstaunlich (14).

Bis in die fünfziger Jahre hinein überwogen im verarbeitenden Gewerbe jene Zweige, die auch in der Vorkriegszeit vorherrschend waren beispielsweise die Textilindustrie. Doch zu den Hauptträgern der Hochwachstumsphase entwickelten sich neben den Grundstoffindustrien vor allem die Montageindustrien (15), wie der Automobilbau, die Elektrotechnik, der Maschinenbau, besonders der Werkzeugmaschinenbau, und die Feinmechanik (16). In diesen Industriezweigen waren die Anforderungen an die Automatisierungstechnik besonders hoch. Diese Branchen wurden durch den wechselseitigen Austausch mit der nationalen und internationalen fertigungstechnischen Forschung zum Träger und Motor der japanischen Automatisierungsanstrengungen (17).

Der japanische Staat förderte bestehende und neue Industriezweige durch steuerliche Vergünstigen und durch die Vergabe günstiger Kredite. Für den Import von Rohstoffen und fortschrittlicher Maschinentechologie wurden gezielt Devisen zugewährt. Darüber hinaus wurde der Inlandsmarkt gegenüber Importen und Direktinvestitionen geschlossen, um so, „einerseits die im Aufbau befindliche heimische Industrie“ zu schützen, andererseits erleichterte die Abschottung „den Technologieimport, weil sie die Optionen ausländischer Unternehmen, am japanischen Markt zu partizipieren, auf die Lizenzierung von

pansichen Markt zu partizipieren, auf die Lizenzierung von Technologie reduzierte.“ (18)

In der japanischen Industrie dienten die Investitionsmittel in erster Linie der Rationalisierung und Modernisierung von Produktionsanlagen mit entsprechenden Anforderungen an die Werkzeugmaschinenindustrie (19). Als Produktionsmittellieferant stellte der Werkzeugmaschinenbau die technologischen Entwicklungsgrundlagen für andere Industriebereiche bereit. So profitierte vor allem die japanische Automobilindustrie von den technologischen Fortschritten in der Werkzeugmaschinenbranche (20).

Für die japanische Werkzeugmaschinenindustrie kamen Wachstumsimpulse sowie spezifische produktionstechnische Anforderungen an das System Werkzeugmaschine in der ersten Zeit nach dem Weltkrieg zum großen Teil aus der nationalen Industrie. Erst später, mit dem Beginn der siebziger Jahre bildeten allmählich westeuropäische und amerikanische Unternehmen für japanische Werkzeugmaschinen größere Kundengruppen (21). Doch zunächst mußten in den fünfziger und sechziger Jahren durch die Einfuhr fortschrittlicher Werkzeugmaschinentechnologie grundlegende technologische Lücken geschlossen werden. Interessant ist die Tatsache, daß ab 1957 die japanische Industrie als Nachfragefaktor für den deutschen Werkzeugmaschinenbau an Bedeutung gewann. Sie bildete sogar kurzzeitig in den Jahren 1961 und 1962 die weltweit größte Käuferfraktion deutscher Werkzeugmaschinen (22).

Die Einkäufer der großen japanischen Handelshäuser trafen in der Bundesrepublik Deutschland auf eine breite Angebotspalette. Anwendungsorientierte konstruktive Lösungen in Verbindung mit solider fertigungstechnischer Forschung und ein hoher Qualitätsstandard bildeten grundlegende Stärken des bundesdeutschen Werkzeugmaschinenbaus. Von der japanischen Industrie erkannt, richteten sie Ende der fünfziger Jahre und zu Beginn der sechziger Jahre ihre Einkaufsstrategien auf den bundesdeutschen Werkzeugmaschinenbau aus.

Zu den wichtigsten Stimuli für die Inangriffnahme und Durchsetzung produktionstechnischer Innovationen im Werkzeugmaschinenbau zählte die durch die wirtschaftliche Entwicklung Japans bedingte zunehmende Nachfrage an Werkzeugmaschinen. Aufgrund der Einfuhr modernster Werkzeugmaschinentechnologie, vor allem aus Westeuropa und den USA, engen Kooperationen zwischen japanischen Werkzeugmaschinenbetrieben und ihren Zulieferern, und einer langfristigen Zusammenarbeit mit der produktionswissenschaftlichen Hochschulforschung verfügte die japanische Werkzeugmaschinenindustrie Ende der sechziger und zu Beginn der siebziger Jahre über die technologischen Grundlagen, um den gestiegenen nationalen und internationalen Markterfordernissen entsprechen zu können (23).

Aufgrund der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen jener Jahre konzentrierten sich die Bemühungen zur Automatisierung der Fertigung in Japan mittels konventioneller Werkzeugmaschinen überwiegend auf Anwendungen im Bereich

der Großserien- und Massenfertigung. Die Automatisierung des Fertigungsprozesses bei den Anwendern von Werkzeugmaschinen, insbesondere in der Automobilindustrie, wurde durch Entwicklung und Durchsetzung des Baukastensystems (24) im Zuge des wirtschaftlichen Booms mit seiner enormen Nachfrage vorangetrieben.

In sogenannten Maschinenfließstraßen wurden mehrere Werkzeugmaschinen, im wesentlichen hochproduktive Sondermaschinen, nach dem Fließprinzip miteinander verkettet und bei automatisierter Werkstückhandhabung mehrere Fertigungsvorgänge in einer Station zusammengefaßt (25). In den fünfziger und sechziger Jahren dominierte in der japanischen Industrie zunächst die starre Verkettung von Fertigungseinrichtungen, die dadurch charakterisiert war, daß der automatische Transport des Werkstückes durch gemeinsam gesteuerte Zübringeinrichtungen in einem festgelegten Takt erfolgte, der durch die längsten Arbeitszyklen festgelegt war (26). Der Einsatz starrer Maschinenfließstraßen fand aufgrund der großen Stückzahlen der jeweiligen Werkstücke in erster Linie in der Kraftfahrzeugindustrie statt. Kurbel- und Nockenwellen, Ventile, Achsschenkel und Getriebegehäuse, um nur einige Beispiele zu nennen, wurden in dieser Zeit bereits auf starren Maschinenfließstraßen produziert.

Seit den späten fünfziger Jahren wurden elektrische Steuerungen, die das Kernstück einer Transferstraße bildeten (27), eingesetzt, so daß die Entwicklung von Maschinenfließstraßen auch von Fortschritten in der Elektroindustrie abhängig

wurde. Technologische Innovationen der japanischen Werkzeugmaschinenzulieferer wurden damit für den technologischen Stand der Werkzeugmaschinen zu einer dominierenden Einflußgröße. Das grundlegende Element einer jeden Maschinenfließstraße war die Steuerung, die zum Gegenstand vertiefter Forschungsanstrengungen amerikanischer, westeuropäischer und japanischer Ingenieure wurde (28).

Unterstützt und ermöglicht wurde die technologische Realisierung starrer und später flexibler Maschinenfließstraßen (29) durch die sich rasch entwickelnde Zulieferindustrie, die in Japan durch die spezifischen Formen der Keiretsu wichtige Impulse erhielt. Aus dem Bereich der Elektrotechnik kamen in Japan grundlegende innovative Anstöße (30).

Beim Einsatz von Werkzeugmaschinen in automatischen Maschinenfließstraßen bestand die vorwiegende Aufgabe der Steuerung darin, gleichbleibende Bewegungsabläufe schnell und präzise zu wiederholen, so daß Massenprodukte mit einheitlicher Qualität ohne den Eingriff des Menschen in den Produktionsprozeß entstanden (31). Für den automatischen Fertigungsprozeß sorgte eine den jeweiligen produktionstechnischen Bedingungen angepaßte Steuerung, wobei zwischen mechanischen, elektrischen, pneumatischen oder auch hydraulischen Steuerungskomponenten unterschieden wurde (32).

Während die Einführung und Verbreitung der Maschinenfließstraße in erster Linie durch die Anforderungen der Massen- und Großserienfertigung bedingt

waren, diente die numerische Steuerung der Werkzeugmaschinen in den späten fünfziger und sechziger Jahren vorwiegend der Einzel- und Kleinserienfertigung. Zuvor hatte man für die Einzel- und Kleinserienfertigung mechanische, elektrische und hydraulische Kopiersteuerungen mit Schablonen als starren Programmträger benutzt. Der Einfluß der numerischen Steuerungstechnologie auf den Werkzeugmaschinenbau führte in Japan im Verlauf von wenigen Jahren zu völlig neuen Maschinentypen. Neue konstruktive Lösungen wurden von den Konstrukteuren und Fertigungsingenieuren gefordert. Die numerische Steuerungstechnik, welche die technologische Weiterentwicklung der Werkzeugmaschine grundlegend bestimmte, wurde zum Motor in der gesamten Produktionstechnik (33).

Die Anfänge der rechnergeführten automatisierten Fertigung gehen auf die Entwicklung der numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine in den USA zurück, die ausführlich dokumentiert ist. Die numerische Steuerung als erfolgreiche Innovation und grundlegendes technologisches Paradigma geht auf das von Parsons erdachte und mit dem MIT entwickelte System einer digitalen Werkzeugmaschinensteuerung zurück (34). Die grundlegende Idee zur Steuerung einer Werkzeugmaschine nach Zahlen, also die numerische Steuerung, reifte im Zusammenhang mit dem Herstellungsprozeß von Rotorblättern heran (35).

## **Japan und die Anfänge der NC-Technologie**

Einschneidend für die Gestaltung des japanischen Fabrikbetriebes seit den späten sechziger Jahren und war die Entwicklung der numerischen Steuerung von Werkzeugmaschinen, die sich hauptsächlich auf die schnell fortschreitende Entwicklung der Rechnertechnik und der Elektronik in den USA und Japan stützte (36).

Im Jahre 1952 wurde das technologische Konzept der numerischen Steuerung in Japan erstmals bekannt. Über die Entwicklung von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen in den Vereinigten Staaten berichtete Professor Takahashi von der Tôkyô Universität. Kurze Zeit später begann eine intensive Forschung in den japanischen Werkzeugmaschinenbetrieben und in der Elektroindustrie sowie an Universitäten und staatlichen Institutionen auf diesem neuen Gebiet der Produktionstechnik. Erstes Ergebnis der gemeinsamen Anstrengungen war eine 1956 von der Firma Fujitsu vorgestellte numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine, eine Revolverlochstanmaschine (37).

### **Tôkyô Institute of Technology**

In schneller Folge ergaben sich weitere Entwicklungen auf dem Gebiet der NC-Technologie. Das Tôkyô Institute of Technology gab schon 1957 den Aufbau einer numerisch gesteuerten Drehmaschine für Versuche und weiterführende Un-

tersuchungen bekannt. Der Werkzeugmaschinenhersteller Makino Milling Machine entwickelte bald darauf die erste japanische Vertikalfräsmaschine mit numerischer Steuerung in Kooperation mit Fujitsu.

In den Anfängen der japanischen NC-Technologieentwicklung waren die numerisch gesteuerte Drehmaschine der Firma Ikegai und ein vom Mechanical Engineering Laboratory des MITI im Rahmen eines dreijährigen Forschungsprojektes konstruiertes Lehrenbohrwerk weitere wichtige Entwicklungsschritte. Im Jahre 1958 hatte Hitachi Seiki eine hydraulisch getriebene numerisch gesteuerte Fräsmaschine konstruiert, ebenfalls in Kooperation mit Fujitsu, von der zwei Stück an die Heavy Industries Nagoya Aircraft Plant geliefert wurden.

Hitachi Seiki, gegründet 1936 unter dem Namen Kokusan Seiki in Tôkyô, gehört zu den ältesten und traditionsreichsten Werkzeugmaschinenproduzenten Japans. Das Unternehmen begann mit der Herstellung von Revolverdrehbänken und wurde schnell zum Technologieführer in diesem Geschäftsfeld. Ende der dreißiger Jahre gelangte das Unternehmen unter die Leitung von Hitachi Ltd. und wurde im Verlauf des Zweiten Weltkrieges durch zahlreiche Fusionen zum größten Hersteller von Werkzeugmaschinen in Japan. Die sechs Fabriken des Unternehmens produzierten gegen Ende des Zweiten Weltkrieges mit etwa 10 000 Mitarbeitern in erster Linie Dreh- und Fräsmaschinen. Im Zuge der Entflechtungspolitik verblieb dem nun wieder selbständigen und 1953 an der Börse notierten Unternehmen nur noch eine Fabrik (38).

Zwischen 1953 und den frühen siebziger Jahren konzentrierte sich Hitachi Seiki, wie so viele andere japanische Werkzeugmaschinenhersteller auch, auf die Fertigung von preiswerten Standard- und Allzweckwerkzeugmaschinen zur Massenfertigung im Schiffsbau, von Haushaltsgeräten, von Dieselmotoren und für den Einsatz von Maschinenfließstraßen besonders im Automobilbau. Seine konstruktiven Anstrengungen richtete das Unternehmen besonders auf die serienmäßige Herstellung von Standardmaschinen. Hierzu zählten automatische Fräsmaschinen und Revolverdrehmaschinen, Technologiefelder, die das Unternehmen schon lange beherrschte und auf vielfältige wirtschaftliche und produktionstechnologische Erfolge zurückblicken konnte.

Neben den eigenen konstruktiven Werkzeugmaschinenlösungen nahm Hitachi Seiki ab 1963 die Lizenzfertigung für Mehrspindeldrehautomaten von Gildemeister auf, in jener Zeit deutscher Technologieführer. Hitachi Seiki konnte in den sechziger und siebziger Jahren schnell wachsen, nicht zuletzt aufgrund der dauerhaft hohen Nachfrage nach hochwertigen und produktiven Werkzeugmaschinen. Mit 2200 Beschäftigten gehörte das Unternehmen 1970 zum Spitzenniveau des japanischen Werkzeugmaschinenbaus, der sich anschickte weitere internationale Märkte zu durchdringen.

Die Fertigung von Revolverdrehmaschinen und Fräsmaschinen bildete doch weiterhin das Kerngeschäft. Schon unmittelbar nach dem Zweiten Weltkrieg widmete sich Hitachi Seiki dem Bau von Sondermaschinen für Transferstraßen,

die vor allem in der japanischen Lastwagen- und PKW-Produktion zum Einsatz kamen. Getragen von den besonderen Nachfragebedingungen im Verlauf des Koreakrieges schuf sich das Unternehmen ein weiteres produkt- und produktionstechnologisches Standbein: die Herstellung großer Werkzeugmaschinen und die Bereitstellung von Sondermaschinen für Transferlinien.

Hitachi Seki zählte, und dies macht das Unternehmen besonders interessant, in den sechziger Jahren zu den Pionieren der numerischen Steuerungstechnologie im Werkzeugmaschinenbau. Angesichts hoher Entwicklungskosten und der unzureichenden Leistungsfähigkeit der ersten numerischen Steuerungen sah man von weiteren Entwicklungsanstrengungen in diesem Technologiefeld jedoch ab. Für das Unternehmen was das in den späten siebziger Jahren mit erheblichen Problemen verbunden. Hitachi Seiki konnte mit der schnellen Entwicklung nicht schritthalten. Der Boom der NC-Technologie, getragen von dynamischen Unternehmen wie Yamazaki Mazak oder Mori Seiki, überforderten die halbherzigen Anstrengungen von Hitachi Seiki (39). Erst in den späten siebziger Jahren gelang es Hitachi Seiki sich eine führende Position im Markt für NC-gesteuerte Drehmaschinen zu sichern.

Betrachtet man den Fall Mori Seki so konnte sich dieses Unternehmen anders als Hitachi Seiki schon frühzeitig als Spezialist für numerische Steuerungen durchsetzen. Gegründet im Jahre 1948 wurde zunächst der Bau von Textilmaschinen forciert. Rund eine Dekade später gab der Familienbetrieb das Textil-

maschinengeschäft auf und konzentrierte sich von nun an auf die Herstellung konventioneller Werkzeugmaschinen (40). Zu Beginn der sechziger Jahre konnte sich das Unternehmen mit seinen Produkten schon gut im Markt behaupten, Drehmaschinen mit hoher Fertigungsgenauigkeit bildeten das Kerngeschäft. Als Mori Seiki dann im Jahre 1968 eine numerisch gesteuerte Drehmaschine auf den Markt brachte, gehörte es neben den Werkzeugmaschinenherstellern Makino Milling, Okuma, Hitachi Seiki, Ikegai und Yamazaki Mazak zu den japanischen Vorreitern der numerischen Steuerungstechnologie (41).

Obwohl sich die japanischen Hersteller von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen zu Beginn der sechziger Jahre noch mit erheblichen Entwicklungskosten und enormen Qualitätsproblemen kämpfen mußten trat doch Ende der sechziger Jahre eine Trendwende ein. Die Marktwiderstände wurden allmählich gebrochen, die schnell wachsenden Märkte verlangten nach flexibler Fertigungstechnik, und der japanische später vor allem der amerikanische und westeuropäische Markt wurden für numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen aus Japan aufnahmefähig.

## **Fujitsu und Fanuc**

Eine der zentralen Innovationen für die japanische NC-Maschinenindustrie war die Entwicklung des elektrischen und elektrohydraulischen Schrittmotors durch die Firmen Fujitsu und FANUC<sup>2</sup> (42).

Der große Vorteil der Schrittmotoren gegenüber konventionellen Antriebstechniken bestand darin, daß sie die Konstruktion präziser, zuverlässiger, leistungstarker und in erster Linie vergleichsweise preiswerter numerisch gesteuerter Maschinen, die auch in größeren Serien herstellbar waren und nicht zuletzt den großen wirtschaftlichen Erfolg der japanischen Werkzeugmaschinenindustrie begründeten, ermöglichten (43). Aber nicht nur auf dem für die Produktionstechnik so wichtigem Gebiet der Antriebstechnik erarbeiteten sich die japanischen Ingenieure in kurzer Zeit schnell ein eigenes Know-how. Auch in der Steuerungskonstruktion gewannen sie sehr schnell Anschluß an die US-amerikanischen und westeuropäische Entwicklung. So stellten japanische Werkzeugmaschinenbetriebe zwischen 1965 und 1969 erste NC-Steuerungen mit eingebautem Minicomputer vor (44).

Der Aufstieg der Firma FANUC kann als Beispiel für eine japanische Erfolgsgeschichte in der Entwicklungslinie der Automatisierungstechnologie angesehen werden. FANUC entstand 1972 als Ausgründung aus der Mutterfirma Fujitsu. Das Unternehmen Fujitsu hatte wesentlichen Anteil an der Entwicklung und Verbreitung der NC-Technologie in Japan. Bereits im Jahre 1956, als Folge ei-

ner Strategieentscheidung der Geschäftsführung von Fujitsu, konzentrierte sich die Firma auf das Geschäftsfeld Rechner und Steuerungen. Das Unternehmen begann damit eine langfristig angelegte produktionswissenschaftliche Entwicklung zu forcieren, die erst eine Dekade später zu geschäftlichen Erfolgen führte.

Auch heute noch gehört FANUC zu den Technologieführern der Automatisierungstechnik. Neben CNC-Steuerungen fertigt das Unternehmen Schrittmotoren, Industrieroboter, Präzisionsmaschinen wie Drahterodiermaschinen, CNC-Bohrmaschinen, Kunststoffformmaschinen und Laserbearbeitungsmaschinen. Die Unternehmensstrategie der Firma ist darauf ausgerichtet, einen Technologievorsprung zu erarbeiten und gleichzeitig ein moderates Preisniveau zu halten. Ein wesentliches Ziel der Unternehmensstrategie ist die weltweite Vermarktung von Produkten der Fertigungsautomatisierung, in weiterer Perspektive der Fabrikautomatisierung, um so zum globalen Technologieführer im Markt für Fabrikautomatisierung zu werden.

Die Idee zur Entwicklung einer NC-Steuerung wurde in der Firma Fujitsu in erster Linie von Dr. Inaba propagiert, der auch im wesentlichen mit ihrer Ausführung beauftragt wurde. Die Entwicklung der Steuerung warf für das Forschungs- und Entwicklungsteam erhebliche technische Probleme auf. An erster Stelle ist hierbei der Aufbau von Rechnerschaltkreisen zu nennen. Es gelang jedoch nach zehnjähriger Entwicklungszeit, eine kostengünstige, leistungsfähige numerische Steuerung herzustellen. Die NC-Steuerung FANUC

---

<sup>2</sup> FANUC (Fujitsu Automatic Numerical Control)

Steuerung herzustellen. Die NC-Steuerung FANUC 260 für die Punkt- und Streckensteuerung war mit drei elektrohydraulischen Motoren gekoppelt. Ihre Vorstellung Ende der sechziger Jahre in Japan löste einen erheblichen Verkaufsbumm aus (45).

### **Anwendungsforschung**

In den späten sechziger und frühen siebziger Jahren konzentrierten sich die japanischen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten vor allem auf die Anwendungsforschung und den Transfer der neuen numerischen Steuerungstechnologie in die industrielle Praxis der verarbeitenden Industrie. Im Werkzeugmaschinenbau, in der Automobilproduktion und der Elektroindustrie gelangten erste numerisch gesteuerte Maschinen zum Einsatz. Jedoch erst mit der wachsenden Erfahrung gewann die eigene Erschließung neuer Technologien an Bedeutung für die Produktionstechnik.

Der Technologietransfer aus Westeuropa und den USA vollzog sich in den frühen Jahren der NC-Technologie sehr unterschiedlich. So nutzte die japanische Maschinenbauindustrie intensiv die Möglichkeit, Patente und Lizenzen zu erwerben sowie Kooperationsverträge mit technologisch führenden Unternehmen des Maschinenbausektors und der Elektroindustrie abzuschließen (46).

Die Kooperation mit europäischen und amerikanischen Unternehmungen erleichterte nicht nur den Technologietransfer, sondern vereinfachte zusätzlich die Erschließung fremder Märkte.

## **Human Resource Management**

Die japanischen Unternehmen zeigten sich für die NC-Technik sehr aufnahmebereit. Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß der mit der Einführung der neuen NC-Technologie in den Fertigungsprozeß verbundene Fort- und Weiterbildungsbedarf in den japanischen Unternehmungen im Vergleich zu deutschen Betrieben nur ein geringes Hindernis darstellte. Dies resultierte einerseits aus der Tatsache, daß die japanischen Fertigungsingenieure zu Beginn ihrer beruflichen Laufbahn zunächst im Unternehmen im Bereich der Fertigung eingesetzt wurden und damit auch auf der Benutzerebene eine hohe Qualifikation erwarben (47). Darüber hinaus führten die Steuerungs- und Maschinenhersteller zu Beginn der NC-Entwicklung intensive Schulungs- und Betreuungsprogramme durch, im Rahmen derer die Mitarbeiter der Kunden über den Zeitraum eines halben Jahres geschult und betreut wurden. Vor allem in der Einführungsphase standen dem Kunden Ingenieure des Herstellers zur Unterstützung der ersten Anwendungsschritte sowie bei der Problemanalyse zur Seite. In produktionstechnischer und arbeitsorganisatorischer Hinsicht leisteten die Japaner vor allem seit den

siebziger Jahren erhebliche Beiträge zur Automatisierung des Produktionsprozesses, die sich in der Weiterentwicklung der numerischen Steuerungstechnologie manifestierten.

So läßt sich festhalten, daß seit Mitte der sechziger Jahre der Einfluß von Automatisierung, Rechnertechnik (NC-Technologie), Flexibilisierung und Dezentralisierung der Fertigungsprozesse, zu einem grundlegenden Wandel des betrieblichen industriellen Arbeitssystems und seiner wissenschaftlichen Reflexion führte. Neue Formen der Arbeitssystemgestaltung gewannen in jenen Jahren in der japanischen Industrie an Bedeutung, die durch integrativen Aufgabenzuschnitt auf eine Verringerung funktionaler Arbeitsteilung zielten (48). Durch die Rechnerunterstützung in der Fabrik, insbesondere durch den Einsatz von CNC gesteuerten Maschinen, ergaben sich seit dem Ende der siebziger Jahre und mit Beginn der achtziger Jahre neue Möglichkeiten einer sozio-technischen Arbeitssystemgestaltung. Verschiedene Formen und Spielarten der Gruppenarbeit konnten sich in der Fabrik, genauer im automatisierten Fertigungsprozeß, erst mit der Verbreitung rechnerunterstützter Produktionsmittel als rationale arbeitsorganisatorische Alternative behaupten.

Festhalten läßt sich, daß die sozio-technische Arbeitssystemgestaltung seit den siebziger Jahren nicht nur durch innovative Fortschritte in den USA und Westeuropa geprägt wurde, sondern nachhaltig auch durch eigenständige japanischen

Entwicklungen in der Fertigungstechnologie und im Produktions- und Personalmanagement.

Heute sind Entwicklung und Einsatz moderner Produktionsmittel in der japanischen und deutschen Industrie durch Integration der Informationstechnik geprägt, die in erster Linie auf amerikanische Basisentwicklungen und auf japanische und westeuropäische produkt- und prozeßorientierte Anwendungen zurückzuführen sind. Aus dieser Entwicklung resultierten einschneidende Veränderungen der herkömmlichen Organisationsweise. Die verschiedenen Möglichkeiten fertigungstechnischer und organisatorischer Gestaltung des automatisierten oder teilautomatisierten Fertigungsprozesses sind eine Herausforderung an die produktionswissenschaftliche Forschung und an die industrielle Praxis. Es gilt, unter dem Blickwinkel der gestiegenen Anforderungen im Zuge der Globalisierung, internationale Wettbewerbsvorteile durch die marktgerechte und integrative Gestaltung von Arbeitsorganisation und Automatisierungstechnik zu realisieren.

Seit den sechziger Jahren erweitern neue rechnerunterstützte Produktionsmittel den arbeitsorganisatorischen Spielraum. Es galt, die Arbeitsorganisation in Abstimmung mit der Produktionstechnik dem Kriterium der Wirtschaftlichkeit folgend so zu gestalten, daß sich technische, wirtschaftliche und personelle Potentiale im Fabrikbetrieb entfalten konnten. Die verschiedenen Möglichkeiten fertigungstechnischer und arbeitsorganisatorischer Gestaltung des Fertigungsprozesses

ses stellen Herausforderungen an Forschung und industrielle Praxis dar, um die in Zukunft zu lösenden Probleme industrieller Produktion erfolgreich zu bewältigen.

Die zukünftige fertigungstechnische und wirtschaftswissenschaftliche Forschung umfaßt, insbesondere unter dem Gesichtspunkt der internationalen Wettbewerbsfähigkeit, die Aufgabe, mannigfaltige Erscheinungsformen moderner Fabrikbetriebe zu erforschen und Modelle für ihre optimale produktionstechnische und organisatorische Gestaltung zu entwickeln. Hierbei sollte der Fabrikbetrieb als sozio-technisches System begriffen werden, wobei insbesondere die natürlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen auf der einen, sowie die personellen, technischen und organisatorischen Komponenten auf der anderen Seite wissenschaftliche Beachtung finden müssen, um die Gesamtheit der den Produktionsprozeß determinierenden Bedingungen für seine zweckbewußte Gestaltung zu erschließen. Dafür erscheinen historische Vergleiche hilfreich, so daß auch die historische Wissenschaft, insbesondere die Wirtschafts- und Technikgeschichte, Beiträge für eine zukunftsorientierte Gestaltung des Fabriksystems leisten sollte.

## Literaturverzeichnis

- 1 Dolezalek, C. M.: Grundlagen und Grenzen der Automatisierung. In: VDI-Z 98 (1956) 12, S. 564-569.
- 2 Dolezalek, C. M.: Einfluß der Automatisierung auf die Entwicklung der Werkzeugmaschinenindustrie. In: VDI-Nachrichten 14 (1960) 24, S. 1-4.
- 3 Freedman, David: The misunderstood miracle – Industrial Development and political change in Japan. Ithaca, London 1988.
- 4 Itô, Takatoshi: The Japanese Economy. Cambridge und London. The MIT Press 1992.
- 5 Vestal, James E.: Planing for Change. Industrial Policy and Japanese Economic Development 1945-1990. Oxford 1993.
- 6 Tsuruta, Toshimasa: The Rapid Growth Era. In: Komiya, Ryûtarô; Okuno, Masahoro; Suzumura, Kôtarô (Hg.): Industrial Policy in Japan. Tôkyô 1988, S. 49-87.

- 7 Park, Sung-Jo: Die Wirtschaft seit 1868. In: Hammitz, Horst (Hg.): Japan. Nürnberg 1975, S. 123-144, insbesondere S. 41ff. sowie Nakamura, Takafusa: Lectures on Modern Japanese Economic History 1926-1994. Tôkyô 1996.
- 8 Waldenberger, F.: Grundzüge der Wirtschaftspolitik. In: Die japanische Wirtschaft heute. Miscellanea, Nr. 10, Tôkyô, DIJ, 1994, S. 23-44, hier S. 23.
- 9 Beason, Richard; Weinstein, David E.: Growth, economies of scale, and industrial targeting in Japan (1955-1990). Harvard Institute of Economic Research Discussion Paper 1644, Boston, June 10, 1994.
- 10 Abegglen, James C.; Stalk, George Jr.: Kaisha – Das Geheimnis des japanischen Erfolgs. Düsseldorf und Wien 1986.
- 11 Itô, Takatoshi: The Japanese Economy. Cambridge und London. The MIT Press 1992, S. 11.
- 12 Chalmers, Johnson: MITI and the Japanese Miracle. The Growth of the Industrial Policy, 1925-1975. Stanford 1986.
- 13 Itô, Takatoshi: The Japanese Economy. Cambridge und London. The MIT Press 1992, S. 45 sowie Berechnungen nach Keizai Kikakuchô: Kokumin keizai keisan nenpô (Annual report on National Accounts). Tôkyô, Keizai Kikakuchô keizai Kenkyujo 1994, S. 46-47.

- 14 Hemmert, M. Lützeler, R.: Einleitung: Landeskunde und wirtschaftliche Entwicklung seit 1945. In: Die japanische Wirtschaft heute. Miscellanea, Nr. 10, Tôkyô, DIJ, 1994, S. 23-44.
- 15 Waldenberger, F.: Die Montageindustrien als Träger des japanischen Wirtschaftswunders. Die Rolle der Industriepolitik. In: Schaumann, Werner (Hg.): Gewollt oder Geworden. Planung, Zufall und natürliche Entwicklung in Japan. München 1996, S. 259-271.
- 16 Nakamura, Takafusa: Lectures on Modern Japanese Economic History 1926-1994. Tôkyô 1996.
- 17 Spur, G.: Intensive Zusammenarbeit: Werkzeugmaschinenbau und Produktionswissenschaft. In: Industrie-Anzeiger 113 (1991) 14, S. 16-18.
- 18 Waldenberger, F.: Wirtschaftspolitik. In: Deutsches Institut für Japanstudien (Hg.): Die Wirtschaft Japans. Strukturen zwischen Kontinuität und Wandel. S. 19-54, hier S. 47.
- 19 Nihon Kosaku Kikai Kogyokai : Haha-naru kikai – 30 nen no ayumi (Japan Machine Tool Builders Association: Die Mutter der Maschinen. 30 Jahre Verbandsgeschichte), Tôkyô, 1982, S. 81-83.
- 20 Takayama, Kazue.: Machine Tool Industry. In: Ifo Institute for Economic Research and Sakura Institute of Research (Hg.): A Comparative Analysis of Japanese and German Economic Success, Tôkyô u. a. O. 1997, S. 427-440.

- 21 Collis, David J.: The machine tool industry and industrial policy 1955-1988. In: Spence, Michael, E.; Hazard, Heather A. (Hg.): International competitiveness, Center of Business and Government at the John F. Kennedy School of Government, Harvard University, New York 1988, S. 75-114.
- 22 Haak, R.: Die Entwicklung des deutschen Werkzeugmaschinenbaus in der Zeit von 1930 bis 1960. Berlin 1997, S. 130.
- 23 Fischer, W.: Die Weltwirtschaft im 20. Jahrhundert. Göttingen 1979.
- 24 Spur, G.: Produktionstechnik im Wandel. München, Wien 1979.
- 25 Spur, G; Ebert, J. u. a.: Automatisierung und Wandel der betrieblichen Arbeitswelt. Berlin, New York 1993, S. 28.
- 26 Chôichi, Toshiaki: A History of the Machine Tool Industry in Japan. In: Fransman, Martin (Hg.): Machinery and Economic Development. New York 1986, S. 124-152.
- 27 Griffin, G. C.: Maschinensteuerung - die Grundlage der Automatisierung. In: Mach. shop. Mag. 16 (1955), S. 46-50 und Kennedy, P.: Automatic controls takes over in automotive Manufacturing. In: Automotive Industry 111 (1954), S. 62-67 und S. 138-144.
- 28 Spur, G.: Vom Wandel der industriellen Welt durch Werkzeugmaschinen. Eine kulturgeschichtliche Betrachtung der Fertigungstechnik. München, Wien 1991, S. 498f.

- 29 Adler, Paul S.: Managing flexible automation. In: California Management Review, Vol 30, No. 3 Spring 1988, S. 34-56.
- 30 Asanuma, Banri: Manufacturer-supplier relationships in Japan and the concept of relation-specific skills. In: Journal of the Japanese and International Economies, Vol 3, 1989, S. 1-30.
- 31 Mommertz, K. H.: Bohren, Drehen und Fräsen. Geschichte der Werkzeugmaschinen. Reinbek bei Hamburg 1981.
- 32 Simon, W.: Steuerungsprinzipien an Werkzeugmaschinen. In: Werkstatt und Betrieb 90 (1957) 11, S. 791-798.
- 33 Simon, W.: (Hg.): Produktivitätsverbesserungen mit NC-Maschinen und Computern. München 1969.
- 34 Kief, H. B.: Von der NC zur CNC: Die Entwicklung der numerischen Steuerungen. In: Werkstatt und Betrieb 124 (1991) 5, S. 385-391.
- 35 Hirsch-Kreinsen, H.: Entwicklung einer Basistechnik. NC-Steuerung von Werkzeugmaschinen in den USA und der BRD. In: Düll, K.; Lutz, B. (Hg.): Technikentwicklung und Arbeitsteilung im internationalen Vergleich. München 1989 und Hirsch-Kreinsen, H.: NC-Entwicklung als gesellschaftlicher Prozeß. Amerikanische und deutsche Innovationsmuster der Fertigungstechnik. Frankfurt/New York. Campus 1993 sowie Spur, G.: Vom Wandel der industriellen Welt durch Werkzeugmaschinen. Eine

- kulturgeschichtliche Betrachtung der Fertigungstechnik. München, Wien 1991.
- 36 Behrendt, W. K.: Die frühen Jahren der NC-Technologie: 1954 bis 1963. In: Technische Rundschau (1982) 19, S. 19-21.
- 37 Hoffmann, J.: Erfolgsbedingungen des Innovationsprozesses der numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine in Japan. Diplomarbeit. Berlin TU IWF 1990.
- 38 Raupach-Sumiya, Jörg: Anpassungsstrategien des japanischen Maschinenbaus unter besonderer Berücksichtigung konjunktureller Zyklen. Baden-Baden 1999, S. 200.
- 39 Hitachi Seki Kabushiki Kaisha: hito ni yasashii gijutsu – Chie to sôï no 55 nen – Sôïstu 55 shûnen. (Hitachi Seki Co., Ltd. Menschenfreundliche Technologie – 55 Jahre Erfahrung und Kreativität, Schrift zum 55 jährigen Unternehmensbestehen), Tôkyô 1991, S. 16.
- 40 Mori Seiki Co. Ltd.: Mori Seiki no ayumi (Mori Seiki: Die Geschichte von Mori Seiki). Nara 1995, S. 1.
- 41 Kuba, Yasunori: Meister der Fertigungstechnologie – die 70 jährige Geschichte von Mazak. Tôkyô 1989.
- 42 Schröder, Sascha: Innovation in der Produktion. Berlin 1995.
- 43 Brödner, Peter: Maschinenbau in Japan – Nippons Erfolgskonzept: so einfach wie möglich: In: Technische Rundschau, Heft 37, 1991, S. 54-62.

- 44 Spur, G.: Vom Wandel der industriellen Welt durch Werkzeugmaschinen. Eine kulturgeschichtliche Betrachtung der Fertigungstechnik. München, Wien 1991.
- 45 Schröder, Sascha: Innovation in der Produktion. Berlin 1995. S. 147f. sowie Spur, G.; Specht, D. u. a.: Die Numerische Steuerung - Fallstudie einer erfolgreichen Innovation aus dem Bereich des Maschinenbaus. Forschungsbericht. Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1990.
- 46 Nonaka, Ikujiro: Redundant, overlapping organization: A Japanese approach to managing the innovation Process. In: California Management Review, Vol. 32, Nr. 3, 1990, S. 27-38.
- 47 Kôshirô, Kazutoshi: The employment system and human resource management. In: Imai, Kenichi; Koyama, Ryûtarô: Business enterprises in Japan – Views of leading Japanese economists. Cambridge, Massachusetts, London 1994, S. 247-249.
- 48 Spur, G. (Hg.): Fabrikbetrieb. Handbuch der Fertigungstechnik. Band 6. München, Wien 1994, S. 217ff.