

Automatisierung der Fertigung

- Eine japanische Erfolgsgeschichte: Steuerungstechnologische Innovationen
bei Fujitsu und FANUC –

von René Haak

In der Automatisierungstechnik der Fertigung lassen sich in allgemeiner Betrachtung unabhängig von den spezifischen Entwicklungen in den verschiedenen Nationen unterschiedliche Entwicklungsschritte feststellen. Die Automatisierung des Fertigungsprozesses konzentrierte sich zunächst auf die einzelne Werkzeugmaschine und den eigentlichen Bearbeitungsprozeß. Im Anschluss daran weitete sich die Automatisierung auf den Bereich des Materialflusses aus. Die Verkettung verschiedener Produktionsmaschinen stand im Zentrum produktionstechnischer Forschung an den Hochschulen und privatwirtschaftlichen Forschungseinrichtungen. Erst im dritten Schritt erfolgte die Automatisierung im Bereich des Informationsflusses. Entscheidend für den Automatisierungsgrad war jedoch immer die Form der Steuerung des Fertigungsprozesses.

Automatisierung der Fertigung

Aufgrund der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen in den ersten Dekaden nach dem Zweiten Weltkrieg konzentrierten sich die Bemühungen zur Fertigungsautomatisierung in Japan mittels konventioneller Werkzeugmaschinen überwiegend auf Anwendungen im Bereich der Großserien- und Massenfertigung. Die Automatisierung des Fertigungsprozesses bei den Anwendern von Werkzeugmaschinen, besonders in der Automobilindustrie wurde durch Entwicklung und Durchsetzung des Baukastensystems im Zuge des wirtschaftlichen Booms mit seiner enormen Nachfrage vorangerieben.

In sogenannten Transferstraßen wurden mehrere Werkzeugmaschinen nach dem Fließprinzip miteinander verkettet und bei automatisierter Werkstückhandhabung mehrere Fertigungsvorgänge in einer Station zusammengefasst. In den fünfziger Jahre dominierte in der japanischen Industrie die starre Verkettung von Fertigungseinrichtungen, die dadurch charakterisiert war, dass der automatische Transport des Werkstückes durch gemeinsam gesteuerte Zubringeinrichtungen in einem festgelegten Takt erfolgte, der durch die längsten Arbeitszyklen festgelegt war.

Seit Mitte der fünfziger Jahre bildeten dann elektrische Steuerungen das Kernstück einer

Transferstraße, so dass die Entwicklung von Maschinenfließstraßen auch von Fortschritten in der Elektroindustrie und deren Zulieferindustrie abhängig wurde. Technologische Innovationen der Produktionsmaschinenzulieferer wurden damit für die Weiterentwicklung der Bearbeitungsmaschinen zu einer dominierenden Einflussgröße. Die engen Kontakte zwischen fertigungstechnischer Hochschul- und Industrieforschung sowie häufig ein Stamm gut ausgebildeter und erfahrener Techniker und Ingenieure waren verantwortlich für die schnelle industrielle Umsetzung theoretisch-konstruktiver Lösungen.

Rechnergeführte automatisierte Fertigung

Beim Einsatz von Werkzeugmaschinen in automatischen Maschinenfließstraßen bestand die vorwiegende Aufgabe der Steuerung darin, gleichbleibende Bewegungsabläufe schnell und präzise zu wiederholen. So entstanden ohne den Eingriff des Menschen in den Fertigungsprozess Massenprodukte mit einheitlicher Qualität. Für den automatischen Fertigungsprozess sorgte eine den jeweiligen produktionstechnischen Bedingungen angepasste Steuerung, wobei zwischen mechanischen, elektrischen, pneumatischen oder auch hydraulischen Steuerungskomponenten unterschieden wurde. Bei diesen Steuerungen waren die Funktionsabläufe durch Schaltung bzw. Verdrahtung festgelegt, so dass bei Veränderungen oder Umstellungen des Produktionsprozesses auf ein neues Produkt längere Stillstandszeiten zur Umrüstung der Werkzeugmaschinen und der Steuerungen nötig wurden.

Ein wesentlicher Anteil der Umrüstzeiten entfiel dabei auf die Umstellung der Abfolge des Produktionsprozesses und der einzelnen Bewegungslängen. Dazu wurden beispielsweise justierbare Nocken und Nockenleisten verwendet, um Bewegungen an genau definierten Positionen über Endschalter abzuschalten. Die Nockensteuerung, eine einfache Programmsteuerung, wurde vielfach bei Drehautomaten für große Stückzahlen eingesetzt. Häufige Produktionsumstellungen, wie sie im Verlauf der sechziger Jahre im zunehmenden Maße durch veränderte Marktbedingungen erforderlich wurden, waren mit diesen Werkzeugmaschinen betriebswirtschaftlich nicht vertretbar. 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 Programmträgern benutzt. Schließlich setzten sich aber die numerischen Steuerungen durch. Ihr Einfluß auf den Werkzeugmaschinenbau führte in Japan im Verlauf von wenigen Jahren zu völlig neuen Maschinentypen. Im-

mer neue konstruktive Lösungen forderten die Anwender von den Konstrukteuren der japanischen Werkzeugmaschinenbetriebe. Die numerische Steuerungstechnik (NC), welche die technologische Weiterentwicklung der Werkzeugmaschine in der japanischen Industrie bestimmte, wurde zum Motor in der gesamten Produktionstechnik. Die Entwicklung der NC-Steuerung bei Fujitsu und FANUC (Fujitsu Automatic Numerical Control) hatte daran entscheidenden Anteil.

Fujitsu und FANUC – eine japanische Erfolgsgeschichte

In der Hochwachstumsphase der japanischen Wirtschaft zwischen 1953 und den frühen siebziger Jahren konzentrierten sich verschiedene japanische Unternehmen auf die Entwicklung von numerisch gesteuerten Bearbeitungsmaschinen. Neben den Werkzeugmaschinenherstellern Makino Milling, Okuma, Hitachi Seiki, Ikegai, Yamazaki Mazak und Mori Seiki gehörte in erster Linie das Unternehmen Fujitsu-FANUC zu den japanischen Vorreitern der numerischen Steuerungstechnologie. Die Entwicklung des elektrischen und elektrohydraulischen Schrittmotors durch die Firmen Fujitsu und FANUC unter der Leitung von Dr. Inaba stellte eine zentrale Innovation für die japanische NC-Maschinenindustrie dar. Die Entwicklung der Schrittmotoren erfolgte in Zusammenarbeit mit Forschern des Tōkyō Institute of Technology und der Universität Tōkyō.

Die Konstruktion präziser, zuverlässiger, leistungsstarker und vor allem relativ preisgünstiger numerisch gesteuerter Maschinen wurde durch die Innovation der Schrittmotoren bei Fujitsu und FANUC erst ermöglicht. In größeren Serien herstellbar, begründeten nicht zuletzt die Schrittmotoren den großen wirtschaftlichen Erfolg der japanischen Werkzeugmaschinenindustrie in den siebziger und achtziger Jahren.

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 einer 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, Präzisi-

onsmaschinen 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.

Innovation

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. Hierbei erhielt er vom Unternehmen weitgehend freie Hand. Dr. Inaba stand im Verlauf des Innovationsprozesses mit anderen Forschern, Fachkollegen und Unternehmen in regem wissenschaftlichen Austausch. Ein besonderes Merkmal zeichnete diese Personen aus: Alle Wissenschaftler hatten die Universität Tôkyô besucht und anschließend ein zunächst informelles, dann wissenschaftlich fundiertes Netzwerk aufgebaut: Abschlussjahr an der Universität Tôkyô: Prof. Tosa 1937; Mr. Ikai 1942; Dr. Inaba 1946 und Prof. Sata 1947.

Diese Forscher vertraten die Auffassung, dass die amerikanische Entwicklung der numerischen Steuerung nicht in gleicher Form in Japan zu wiederholen sei. Es setzte sich die Einsicht durch, dass ein Nachvollzug unter japanischen Verhältnissen viel zu aufwendig sei. Die amerikanische Entwicklung der numerischen Steuerung wurde mit dem Ziel eingeleitet, sehr komplexe dreidimensionale Geometrien in wiederholbaren Bearbeitungsverfahren herzustellen. Die japanischen Ingenieure erkannten die Vorteile dieser Entwicklung in der Speicherung des Bearbeitungsablaufes für die konventionelle Fertigung. Dementsprechend setzten sich die Wissenschaftler um Dr. Inaba das Ziel, eine möglichst einfache Steuerung für japanische Produktionsverhältnisse zu entwickeln.

Die Anforderungen an die Bearbeitungsgenauigkeit wurde erheblich geringer gewählt als dies bei der amerikanischen Entwicklung der Fall war. Dies entsprach auch eher den Anforderungen der japanischen Industrie. Dadurch entfiel auch ein Großteil des Anpassungsaufwandes, um Werkzeugmaschinen mit hoher Bearbeitungsgenauigkeit für den neuen numerisch gesteuerten Betrieb umzurüsten. Darüber hinaus war auch der Qualifizierungsaufwand für den Arbeiter in der Produktion bei der japanischen Lösung erheblich geringer.

Das Forschungs- und Entwicklungsteam der Firma Fujitsu begann als kleine Gruppe von gerade fünf Mitarbeitern mit Qualifikationen als Maschinenbauer und Elektrotechniker. Sowohl

die NC-Steuerung als auch der servohydraulische Antrieb der Maschinen mussten neu entwickelt werden. Während sich die amerikanischen Wissenschaftler auf die neuesten Technologien am Massachusetts Institute of Technology (MIT) stützen konnten, mussten sich die japanischen Entwickler der NC-Steuerung zu Beginn der Forschungsarbeiten auf die damals bekannten, eher konventionellen Techniken stützen. So wurden die ersten japanischen Steuerungen noch mit Ionenröhrenschaltung ausgestattet, Transistorschaltungen folgten erst erheblich später.

In japanischer Eigenentwicklung entstand als Vorläufer des Schrittmotors ein Impulsmotor, der zur Steuerung des Hydraulikmotors genutzt wurde. Die mechanische Kopplung zwischen Impulsmotor und gesteuertem Servomotor ersetzte den in den USA üblichen Messkreis durch eine zwar nicht so genaue, aber sehr viel einfachere Lösung. Die Patente für diese Lösung verhalfen Fujitsu während der dreizehnjährigen Laufzeit der Patente von 1959 bis 1972 zu einer dominierenden Stellung auf dem Weltmarkt.

Die Entwicklung der Steuerung warf erhebliche technische Probleme auf. An erster Stelle ist hierbei der Aufbau von Rechnerschaltkreisen zu nennen. Nach zehnjähriger Entwicklungszeit gelang es, eine kostengünstige, leistungsfähige und auch von den Anwendern akzeptierte numerische Steuerung herzustellen. Die NC-Steuerung FANUC 260 für Punkt- und Streckensteuerung war mit drei elektrohydraulischen Motoren gekoppelt. Ihre Vorstellung 1966 löste in Japan einen Verkaufsboom aus.

Obwohl japanische Hersteller von NC-Werkzeugmaschinen zu Beginn der sechziger Jahre noch mit erheblichen Entwicklungskosten und enormen Qualitätsproblemen kämpfen mussten, trat doch Ende der sechziger Jahre, nicht zuletzt durch die Entwicklungen bei Fujitsu und FANUC, eine Trendwende ein. Die Marktwiderstände wurden allmählich gebrochen, und der japanische, und später vor allem der amerikanische und westeuropäische Markt, verlangte nach numerisch gesteuerten Maschinen made in Japan. Sei Ende der sechziger Jahre wuchs der Markt in Japan für NC-gesteuerte Maschine jährlich um 21% und erreichte im Jahre 1975 ein Volumen von 2200 verkauften Maschinen allein in diesem Jahr.

Die Firma FANUC erreichte nach der Ausgliederung aus dem Mutterunternehmen Fujitsu frühzeitig durch die Spezialisierung auf Steuerungs- und Antriebstechnologie einen Standard weltweiter Wettbewerbsfähigkeit. Durch die Einfachlösung der Bahnsteuerung mit elektrohydraulischen Schrittmotoren standen in der Frühphase der NC-Entwicklung erstmals anwendertaugliche und verhältnismäßig preisgünstige Lösungen für die Fertigung von NC-Standardmaschinen zur Verfügung. Die Beschränkung auf einen kleinen Kreis von Kunden

mit einem großen Einkaufsvolumen und die Spezialisierung auf Standardmaschinen eröffnete FANUC frühzeitig die Möglichkeit der Erzielung von Kostenvorteilen durch Massenproduktion. Die einfache Bedienung war Hauptgrund für eine nachhaltige Durchsetzung am Markt. Darüber hinaus erweiterte ein umfangreiches Servicenetz den Bekanntheitsgrad des Unternehmens. FANUC eroberte sich, vielleicht vergleichbar zu der Entwicklung von IBM im Markt der informationsverarbeitenden Systeme, eine international marktbestimmende Stellung durch innovative Technologieführerschaft.

Dr.-Ing. René Haak

Deutsches Institut für Japanstudien, Tôkyô