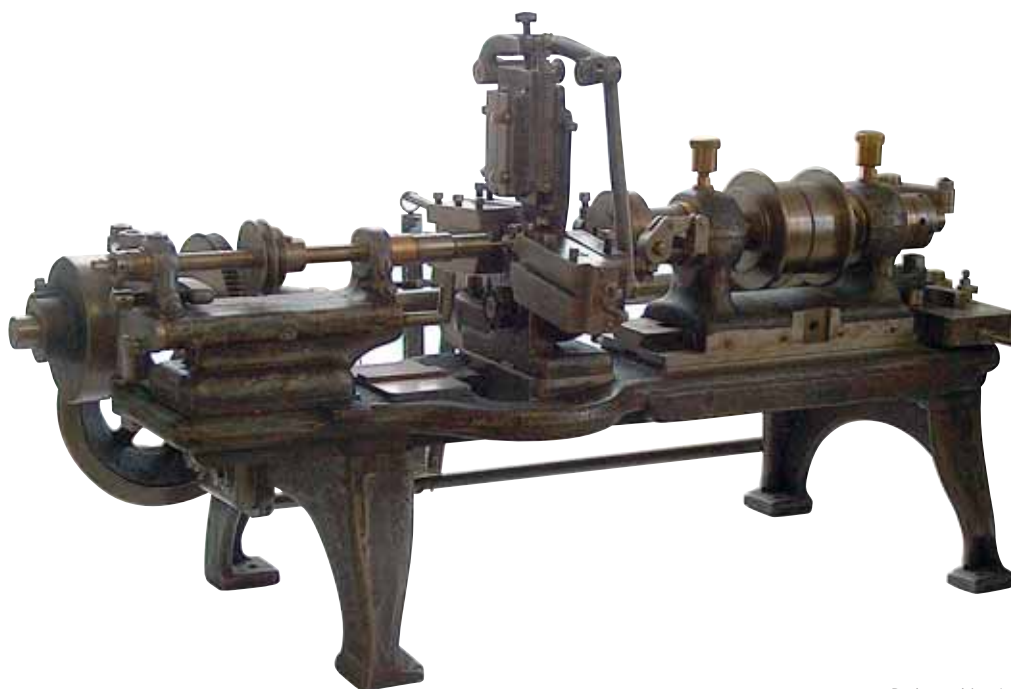




DIE WERKZEUGMASCHINEN INDUSTRIE IN DER SCHWEIZ: GESCHICHTE UND AUSSICHTEN

Die meisten Werkzeugmaschinenhersteller der Schweiz nahmen ihre Tätigkeit anfangs des 20. Jahrhunderts aufgrund einer lebhaften Nachfrage nach Präzisionsausrüstungen für die Serienproduktion von Uhrenbestandteilen auf. Die Wurzeln der Schweizer Werkzeugmaschinenhersteller gehen somit auf die Anfänge des letzten Jahrhunderts zurück. Sie bewährten sich zuerst im Schweizer Markt, um dann nach und nach in verschiedenen Märkten der Welt in der Fertigung mechanischer Präzisionsteile aktiv zu sein.

Edouard Huguelet, Redaktor MSM – Schweizer Maschinenmarkt



Drehmaschine Junker 1900

Der «fruchtbare Boden» für die Westschweizer Maschinenhersteller beruhte insbesondere auf einer bereits bestehenden florierenden Uhrenindustrie. Sie siedelten sich folglich vor allem dort an, wo diese bereits ansässig war: im Jura, auf dem Neuenburger Hochplateau (insbesondere in Le Locle), in Biel und in Genf.

Die Ursprünge der Werkzeugmaschinenindustrie sind jedoch in Grossbritannien, Deutschland, Frankreich und den USA zu suchen. Erst relativ spät (Ende des 19. und vor allem zu Beginn des 20. Jahrhunderts) siedelte sie sich in der Westschweiz an und dies, wie bereits im Lead dieses Artikels

erwähnt, vor allem angetrieben durch eine stark wachsende Uhrenindustrie, und entwickelte sich deshalb rasch vom Handwerk zur Industrie.

Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang, dass die meisten dieser Unternehmen die schwierige Zeit der anhaltend hohen Arbeitslosigkeit zwischen 1929 und 1940 überstanden hatten. Ab Ende der 30er Jahre und sogar während des Zweiten Weltkrieges explodierte die Industrie für Rüstungsteile geradezu (zum Beispiel Bestandteile für Raketengranaten, deren Mechanismus Parallelen zur Uhrmacherei aufweist). Viele kleine Industriebetriebe der Region Moutier konnten sich in dieser kurzen Zeit rasch ein



Fabrik Petermann 1918

Vermögen aufbauen (und verloren es manchmal auch genau so schnell wieder), indem sie ihre Produktion an die angehenden Krieg führenden Mächte verkauften, die mehr Wert auf Quantität und kurze Lieferfristen als auf den Preis legten. Böse Zungen meinten sogar, dass die präzise Bombardierung der Bahnhöfe Moutier und Renens durch die Alliierten am Ende des Krieges, deren Ziel insbesondere eine Wagenkette mit für Deutschland bestimmten Drehteilen war, ein «geplantes Versehen» gewesen sei.

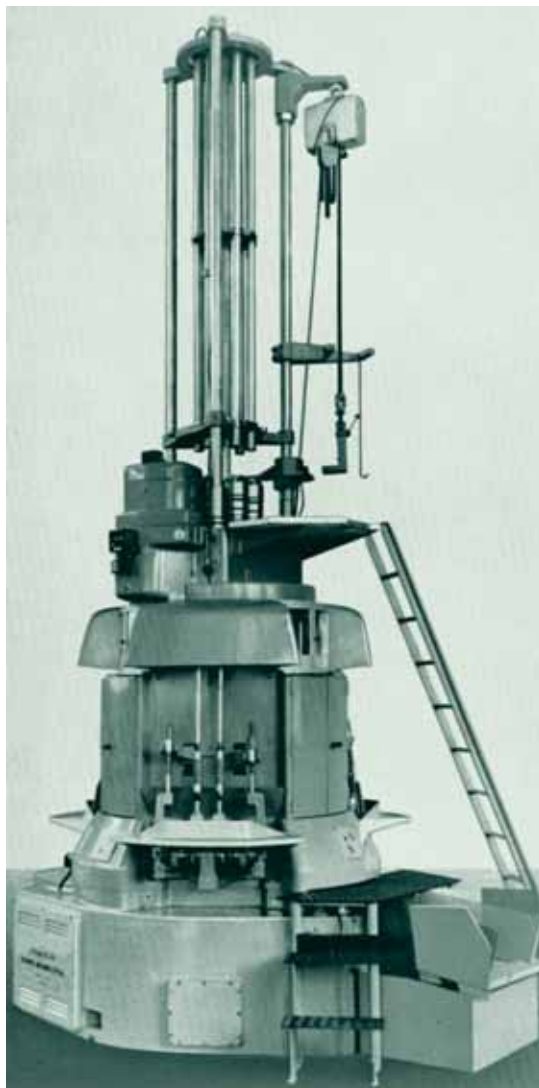
Die «erste Welle» von Maschinenherstellern

Unter diesen Umständen entstand in Moutier eine Industrie für Drehautomaten mit beweglichem Spindelstock (siehe Rahmen «Die Drehautomaten Swiss Automatic Lathe»), die von drei konkurrierenden Maschinenherstellern vertrieben wurden. Ebenfalls in Moutier machte sich ein anderer Maschinenhersteller, der zuvor in der Herstellung von Stanzformen und Rüstungsmaterial tätig war, daran, Tisch- und Sockelbohrmaschinen, Vertikalbohr- und ausbohrmaschinen, Langdrehmaschinen sowie Konsolfräsmaschinen zu entwickeln. Zwei weitere Unternehmen, die eine in der Herstellung von Bohr- und Fräsmaschinen und die andere in der

Herstellung von Feinbohrmaschinen tätig, nahmen ihre Tätigkeit in Le Locle auf. Das zweite erwähnte Unternehmen hatte zudem einen starken Konkurrenten in Genf. In Tavannes siedelte sich ein Hersteller von vertikalen Mehrspindeldrehautomaten (für die Herstellung von Uhregehäusebestandteilen sowie Geräte- und Rüstungsteilen) und Drehmaschinen mit beweglichem Spindelstock für die Fertigung langer Teile (insbesondere natürlich auch für Rüstungsteile) an. In Biel liess sich ein Hersteller von Fräsmaschinen nieder und in Bévillard ein Unternehmen, das Automaten für die Realisierung von Verzahnungen für Triebe für die Uhrenindustrie herstellte. In La Chaux-de-Fonds befand sich ein Hersteller von Rundschleifmaschinen und in Genf ein Unternehmen, das Elektroerodiermaschinen produzierte. Das dichte Industrienetz des Jurabogens war geboren. Es umfasste aber nicht nur die Uhrenindustrie mit ihren verwandten Zweigen (Drehteilfertigung, Fertigung von Rädern und Zahnrädern, Schneiden, Schruppen und Schlichten) und die Werkzeugmaschinenherstellung, sondern auch die Werkzeug-, Formmessgerät- und Messgerätherstellung. Im Zuge dieser Entwicklung siedelten sich auch verschiedene in der Herstellung von Werkzeugen und Maschinenausrüstungen tätige Industrieunternehmen an.



Drehautomat P16



Vertikal-Mehrspindeldrehmaschine

Interessanterweise waren die industriellen Spezialisierungen nach geografischen Kriterien aufgeteilt: Drehteilfertigung hauptsächlich in Court und Moutier, die Herstellung von Uhrenrädern und -trieben in Malleray und BÉvilard, die Uhrenmanufakturen im Vallée de la Suze, in Moutier, Tavannes, Reconvilier, im Vallée de Joux und in Tramelan sowie in den Städten Genf und Biel, die Pendeluhrherstellung in Moutier, in der Neuenburger Region La Béroche und Le Locle; die Musikwerkherstellung in Sainte-Croix und Umgebung, die Werkzeugmaschinenherstellung im Birstal (Moutier, BÉvilard, Tavannes), in Biel, in Genf und in den Neuenburger Bergen, die Uhrengewandherstellung im Sorneval und in Biel und die Polierereien und Uhrensteinhersteller in Ajoie.

Die «zweite Welle» und die NC-Steuerung

Die ersten Maschinen mit numerischer Steuerung entstanden in den frühen 70er Jahren. Im Bereich der Drehteilindustrie entwickelte Schaublin (BÉvilard) die erste CNC-Drehmaschine der Welt, in die eine «hausgemachte» Steuerung mit einem Mikrocomputer Data General Nova-II eingebaut war. (Der Verfasser dieses Artikels war übrigens an diesem Abenteuer beteiligt). Zuvor leistete SIP in Genf Pionierarbeit mit der Entwicklung einer Feinbohrmaschine, die ebenfalls mit einer «hausgemachten» numerischen Steuerung ausgerüstet war. Das Abenteuer kam dem Unternehmen jedoch so teuer zu stehen, dass es dadurch beinahe Konkurs anmelden musste.

Einige Hersteller jedoch liessen sich nicht schnell genug in den Wandel ein, der die Auffassung der Werkzeugmaschinen grundlegend veränderte. Sie verschwanden einer nach dem anderen, einige auch nach dem erfolglosen Versuch, in letzter Minute doch noch umzusteigen. Aber diejenigen, die die Situation frühzeitig erkannten, überlebten und entwickelten sich weiter. Im Bereich der Drehautomaten hielt man es zuerst für illusorisch, die kurvengesteuerten Maschinen durch numerisch gesteuerte zu ersetzen. André Bechler, zum Beispiel, sah kein Interesse darin, Drehautomaten herzustellen, die mindestens zwei- bis dreimal teurer als herkömmliche waren und für die geschulte Bediener für noch ungewöhnliche Techniken gebraucht wurden.

Tornos-Bechler hingegen entwickelte neue Drehautomatenfamilien, die Produktlinien ENC, und später TOP-100 sowie TOP-200. Der Erfolg war da, aber diese Maschinen waren noch keine Drehautomaten im eigentlichen Sinn und die Kunden zögerten, sie für die Produktion von Grossserien zu kaufen. In der gleichen Zeit kamen auch Mehrspindeldrehautomaten mit Trommelrevolvern mit 6 oder 8 Spindeln auf den Markt, die speziell für die Fertigung

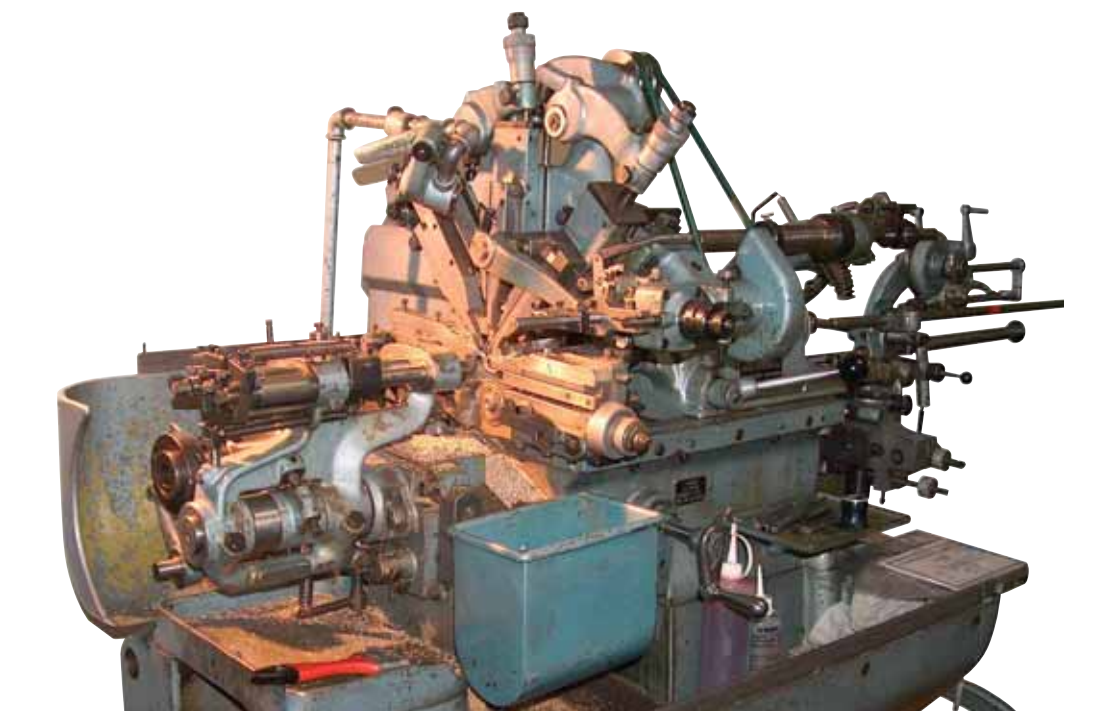
von Grossserien für die Geräte- und Automobilindustrie entwickelt waren. Tornos und insbesondere einige spezialisierte Unternehmen des Tals von Moutier und des Grand-Val überholten alte Drehautomaten von Tornos, Bechler und Petermann, indem sie sie mit Elektronikreglern für die programmierte Drehzahlregelung der Spindel und der Nockenwelle versahen, um die Produktivität der herkömmlichen Maschinen durch das Reduzieren von unproduktiven Zeiten zu steigern.

Zu dieser Zeit, als praktisch die Hälfte der Westschweizer Maschinenhersteller das Handtuch werfen mussten, profilierten sich einige neue Maschinenhersteller, insbesondere in der Fertigung von Uhrenbestandteilen verwandten Bereichen, die sich im Sorntal, im Val de Ruz, in Le Locle und in La Chaux-de-Fonds angesiedelt hatten. Esco in Les Genevez-sur-Coffrane, zum Beispiel, realisierte, ursprünglich für die Fertigung von relativ einfachen Werkstücken ab Profilstangen, Drehautomaten mit festem Spindelstock und drehenden Werkzeugen, wodurch die Drehung der Materialstangen vermieden und zugleich die benötigte Aufstellfläche der Maschinen verringert wurde.

Die Maschinen mit NC-Steuerung zeichneten sich durch eine vereinfachte Kinematik aus: Verzahnungen, Antriebswellen, Vorgelege, Schaltgetriebe und Riemenscheiben wurden überflüssig. Die Maschinen waren von der Mechanik her gesehen viel einfacher, wurden aber in Bezug auf die Steuerungen und NC-Software immer komplexer,

dadurch aber auch schneller und leistungsstärker, insbesondere aufgrund der Fortschritte, die im Bereich der Schneidwerkzeuge dank neuer Schneidmaterialien aus Hartmetall, mit Beschichtungen, CBN, Cermet usw. erzielt wurden, die Schnittwerte ermöglichten, die bis dahin unmöglich waren. Die Spindeldrehzahl und die Schnittgeschwindigkeit konnten dadurch erhöht werden, was jedoch auch dazu führte, dass die Maschinenhersteller steifere Maschinen herstellen mussten. Oftmals verschwand die Motor-Spindel-Verbindung mit Riemenscheiben zugunsten von Motorspindeln - eine kompakte und direkte Lösung. Begriffe wie Flexibilität, Vibration, Resonanz, Harmonie, Deformation, Steifigkeit und viele mehr erhielten eine neue Bedeutung. Das IWF (Institut für Werkzeugmaschinen der ETHL) setzte 1980 unter der Schirmherrschaft von Professor François Pruvot die Grundsteine für die Regeln einer wissenschaftlichen Konzeption von Werkzeugmaschinen. Die Fachzeitschrift MSM – Schweizer Maschinenmarkt hatte damals zum Thema, eine umfassende Serie von Techniktransfer-Studien unter dem Titel «Zukunft der Maschinen-Maschinen der Zukunft» veröffentlicht.

Ende der 90er Jahre entwickelte Tornos im Bereich Automatendrehen das Konzept DECO 2000. Die Idee bestand darin, das Know-how des Bedieners in die NC-Steuerung zu übertragen, anstatt ihn zu Techniken zu verpflichten, die er weder anwenden wollte noch konnte. In Zusammenarbeit mit GE-



Drehmaschine Bechler 1950



Tornos 2007, vor dem Bau des neuen Gebäudes.

Fanuc wurde unter dem Namen TB-DECO eine Lösung entwickelt, ein mit einer CNC verbundenes, lizenzpflichtiges Software-System, das sowohl bei Einspindel- als auch Mehrspindeldrehmaschinen verwendet werden konnte. Die neue Maschinenproduktreihe DECO leitete neue Wege ein und löste gerade im richtigen Moment die kurvengesteuerten Maschinen ab. Das unersetzliche System mit dem beweglichen Spindelstock wurde beibehalten. Der Bediener orientierte sich neu an den in der numerischen Steuerung eingegebenen «virtuellen Steuerkurven» in Form von «Rechenblättern». Die Kosten einer solchen Maschine waren erschwinglich. Zudem konnte deren Ausrüstung je nach der durchzuführenden Komplexität modular angepasst werden. Der Erfolg war garantiert. Die Produktreihen reihten sich aneinander und die neuen CNC-Maschinen lösten immer mehr die kurvengesteuerten Maschinen im gesamten, weltweit verteilten und enormen Maschinenpark von Bechler-Tornos-Petermann (und auch deren Konkurrenten) ab.

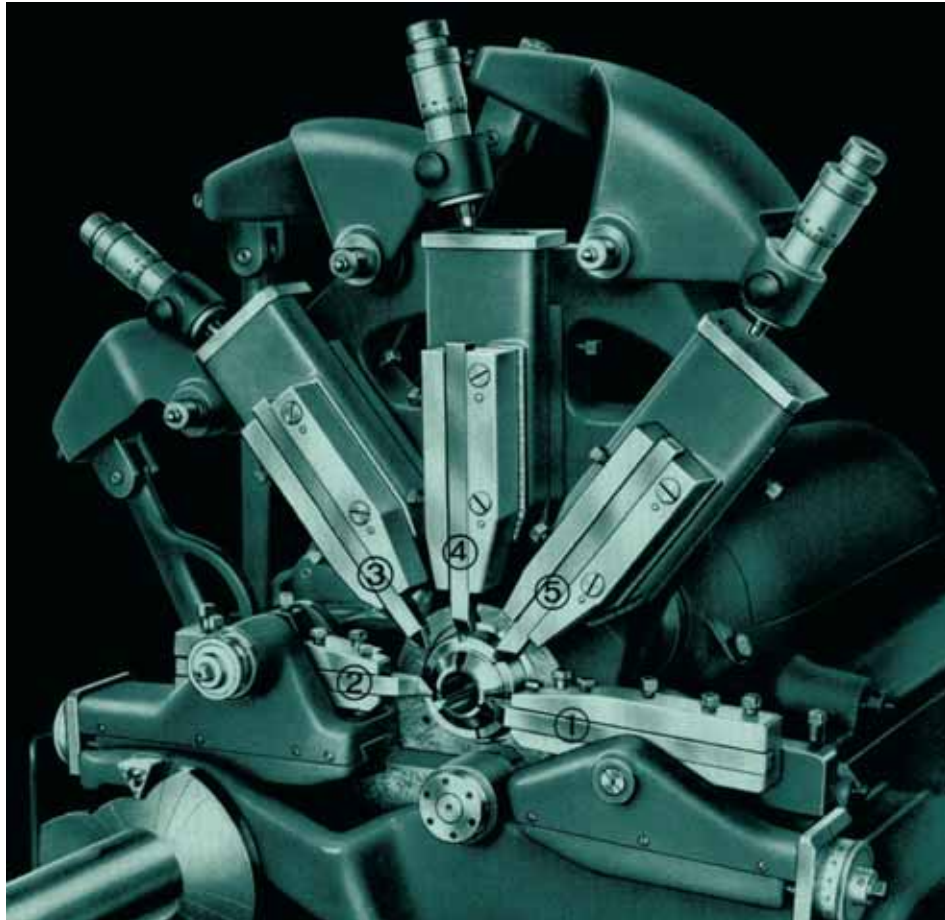
Im Bereich der 3D-Bearbeitung entstanden die ersten «Bearbeitungszentren» und «Transfer-Maschinen» für die komplette Bearbeitung von mechanischen oder Uhrenpräzisionsteilen. Sie verfügten über immer mehr numerische Achsen sowie verschiedenste Ausrüstungen wie Werkzeugmagazine und –wechsler, In-situ-Messung und Palettierung für ein äusserst flexibles Bearbeiten. Die «hausgemachten» CNC-Steuerungen wurden durch speziell angefertigte Ausrüstungen aus den Häusern GE-Fanuc,

Siemens, Heidenhain und NUM abgelöst. Aufgrund der steigenden Komplexität und ständigen Entwicklung der Systeme mit CNC-Steuerung entwickelten die Maschinenhersteller diese nicht mehr selbst. Die Werkzeugmaschinen wurden immer steifer, um immer höheren Bearbeitungsanforderungen zu entsprechen, insbesondere auch seit dem Erscheinen der HSC-Technik (High Speed Cutting). Ausserdem blieb die Schweiz in diesem Markt nicht das einzige aktive Land. Zu den herkömmlichen Konkurrenten (Deutschland und Italien) zählten nun auch die USA, Japan, Taiwan, Südkorea und bald wohl auch Kontinentalchina. Diese Länder stellen Qualitätsprodukte her, die sich gut nach Europa, auch in die Schweiz, exportieren lassen.

Aussichten und Zukunft

Die Aussichten für die Werkzeugmaschinenbranche stehen in der Schweiz gut, unter der Voraussetzung, dass sie sich nicht auf ihren Lorbeeren ausruht. Es wurde aufgezeigt, dass das Erscheinen der CNC-Technik vom Verschwinden von rund der Hälfte der Schweizer Werkzeugmaschinenhersteller begleitet war, und dies innerhalb einer kurzen Zeitspanne von gerade mal 10 Jahren. Die Technik wächst immer schneller.

Die aktuelle Tendenz besteht darin, vollständig auf die Produktion angepasste Maschinen zu entwickeln (und nicht umgekehrt), was eine modulare Konstruktion bedingt. Das Zeitalter der Herstellung



Sternwerkzeugvorrichtung

von universalen Werkzeugmaschinen in grossen Serien ist vorbei, denn der Benutzer will nicht mehr für Funktionen bezahlen, für die er keine Verwendung hat. Vermehrt wird hingegen Wert auf Dienstleistungen im Zusammenhang mit dem Produkt gelegt. Dabei gilt es, einen PLM-Ansatz zu übernehmen. Dieses Akronym steht für «Product Lifecycle Management» (Produkt-Lebenszyklus-Management). Diese Strategie unterstützt die Unternehmen in der gemeinsamen Anwendung von Produktdaten und Prozessen sowie im Zusammentragen von Informationen für die Produktentwicklung, von der Werkstückkonzeption bis zum Teileausschuss. Ein weiteres wichtiges Detail stellt die Instandhaltung dar. Eine Maschine sollte keine Panne haben. Wenn dies trotzdem einmal vorkommt, dann sollten die Reparaturen so rasch wie möglich ausgeführt werden. Aus diesem Grund wird der Ferndiagnose und dem weltweiten Verkaufs-, Reparatur- und Beratungsnetz ein hoher Stellenwert eingeräumt. Dazu gehört auch die gute Schulung des Personals für den Betrieb und die Instandhaltung der Werkzeugmaschinen. Es müssen auswärtige Schulungen gewährleistet sein oder zumindest DVD-Unterstützung mit interaktiven Übungen zur

Verfügung gestellt werden. CAM-Programmiersysteme müssen intuitiv und objektbasiert sein, denn die Programmierung der Maschinen wird von Mechanikern und Bedienern und nicht Mathematikern oder Informatikern vorgenommen. Besonderen Wert ist auf die Elemente-Bibliothek zu legen, insbesondere bei den Werkzeugen sowie Spann- und Aufspannvorrichtungen. Die Referenzdokumentation (Serviceinstruktionen) hat bedienerfreundlich und wirklichkeitsnah zu sein. Dabei darf nicht vergessen werden, dass die Dienstleistungen integrierter Bestandteil des Produkts und oft sogar der entscheidende Verkaufsfaktor sind.

Und damit noch nicht genug: Die Funktion des «Produktverantwortlichen» muss vermehrt verteilt werden, um Kadern Verantwortung zu übergeben, damit sie in der Lage sind, wie echte integrierte Unternehmer zu handeln. Der Maschinenhersteller im weissen Arbeitskittel in seinem Forschungs- und Entwicklungselfenbeinbüro soll in die Schublade alter Fossilien abgelegt werden: Der Konstrukteur der Zukunft wird ein Drittel seiner Zeit bei seinen Kunden (zum Beispiel in Begleitung eines Verkaufingenieurs oder eines Technikers aus dem

Aussendienst), ein Drittel in den Produktions- und Montagestätten und lediglich ein Drittel an seinem CAD-Arbeitsplatz verbringen, was sowohl für seine Augen als auch für die Qualität seiner Leistung besser ist!

Die Zukunft des Werkzeugmaschinenbereichs wird vermutlich eine Fortsetzung der heutigen Tendenz sein: Maschinen, die noch schneller, präziser und steifer sind, noch ausgeklügeltere Spann- und Aufspannsysteme, noch bedienerfreundlichere CNC-Schnittstellen und noch geringere Kosten der Maschinen, jedoch nicht auf Kosten der Qualität, sondern dank kluger Herstellungs- und Bestandteilmontagetechniken. Vor zehn Jahren erwarteten wir alle einen allgemeinen Durchbruch der Linearmotorantriebe, der aber nie kam. Diese Lösung, die auf den ersten Blick zwar durchaus verlockend klang (keine Umrechnungen von Kreis- in Linearbewegungen und dadurch eine Vereinfachung der kinematischen Kette sowie kein Trägheitsmoment drehender Körper), wurde schliesslich nur für ein paar spezifische Fälle angewendet. Das erinnert auch an den mässigen Erfolg der Wankel-Motoren (bei denen man damals glaubte, sie würden das Ende der herkömmlichen Motoren einläuten). Dies zeigt einmal mehr, dass sich auch noch so geniale Ideen nicht immer auf dem Markt durchringen können. Das mit Wasserstoff betriebene Auto scheint eine gute Zukunft vor sich zu haben. Diese Entwicklung kann aber durchaus zu anderen, neuen Generationen an Bestandteilen für Motoren führen, insbesondere was Einspritztechniken anbelangt, was wiederum zu neuen Anwendungen führen kann und unter Umständen auch die Zukunft der Werkzeugmaschinen beeinträchtigen könnte. Die Zukunft wird es uns zeigen. In den Konstruktionsbüros ist ein solider CAD-Lösungsansatz zu privilegieren. Bereits beim Zeichnen der Maschinenkomponenten ist es unerlässlich, die vorteilhafteste Herstellungsmethode in Bezug auf den Gestehungspreis zu berücksichtigen.

Eine gute Organisation in den Produktions- und Montagestätten ermöglicht zusätzlich erhebliche Einsparungen. Dies hat zum Beispiel ein neuer amerikanischer Hersteller bestens verstanden. Dank einer beeindruckenden Effizienz seiner Produktionsorganisation produziert er seine Werkzeugmaschinen (Fräsmaschinen, CNC-Drehmaschinen, Bearbeitungszentren) praktisch ein Drittel günstiger und mit der gleichen Qualität wie seine Konkurrenten in Europa und Asien.

Ein Wunsch für die Zukunft...

Es ist aber weiterhin unbedingt notwendig, Werkzeugmaschinen herzustellen, die auf wissen-

schaftlichen und rigorosen Kriterien beruhen, ohne dabei den berufsausgerichteten praktischen Aspekt zu vernachlässigen. Deshalb wäre es durchaus zweckdienlich, an der ETHL (Eidgenössische technische Hochschule Lausanne) nebst dem LCSM (Laboratoire de Conception de systèmes Mécaniques) das Institut für Werkzeugmaschinen (IWF) wieder ins Leben zu rufen, das sich vollumfänglich mit spanabhebenden Werkzeugmaschinen, Schneidwerkzeugen und Bearbeitungstechniken (inklusive CAM) beschäftigen würde, um die zukünftige Konstrukteurelite auszubilden und gleichzeitig in der angewandten Forschung sowie Grundlagenforschung tätig zu sein, gegebenenfalls auch in Zusammenarbeit mit Schweizer Industriepartnern.

Bei den Herausforderungen der Zukunft liegt es nicht mehr drin – jedenfalls nicht im Bereich der Werkzeugmaschinen –, sich in den Konstruktionsbüros verschiedener Industriebetriebe mit Feuereifer in die Grundlagenforschung zu stürzen. Wenn hingegen ein solches Labor an der ETHL wieder ins Leben gerufen würde, wäre es keine Frage, dass die grossen Werkzeugmaschinenhersteller junge promovierende Ingenieure, wissenschaftliche Mitarbeiter sowie Nachdiplomstudenten mit nicht nur spannenden, sondern auch zukunftsstragenden Forschungsthemen für die zukünftigen Generationen des Werkzeugmaschinenbereichs betreuen würden.

...und sogar Anliegen

Und warum könnte die Schweizer Werkzeugmaschinenindustrie ihren Pionier- und Innovationsgeist nicht wie in vergangenen Zeiten erneut unter Beweis stellen, wie sie es zu Beginn des 20. Jahrhunderts mit den Drehautomaten getan hatte? Schliesslich – und warum eigentlich nicht – könnte eine feste Idee des Autors dieses Artikels umgesetzt werden, der früher (zur Kreide- oder Jurazeit?) im Konstruktionsbüro bei Tavannes Machines Co. arbeitete, einem Unternehmen, das heute nicht mehr existiert und damals vertikale Mehrspindel-drehautomaten herstellte, die Gyromatic hiessen und für eine Stangenkapazität von 40 mm bzw. 60 mm konzipiert waren. Ich bin davon überzeugt, dass diese Maschinengeometrie von der CNC-Generation übernommen werden könnte. Aufgrund der Tatsache, dass das Stangenmaterial vertikal geführt wird und durch die simple Schwerkraft nach unten geht, wird die Reibung im Stangenlager durch die vertikale Führung verringert, die Späne durch die Erdanziehung auf natürliche Weise entsorgt und die Aufstellfläche der Maschine halbiert. Wer ist bereit, diese Herausforderung anzunehmen?