

Ulrich Mang, Fellbach

Reglergehäuse flexibel bearbeiten

Es wird das Umstrukturieren einer feinmechanischen Fertigung mit konventionellen Maschinen zu einem flexiblen Fertigungssystem beschrieben. Die Fertigung bestand aus 17 Universal- und Sondermaschinen. Durch den stufenweisen Einsatz von im Endausbau vier horizontalen Bearbeitungszentren, einem fünfachsigen Portalsystem und einem Leitreechner, werden die 17 Maschinen ersetzt. Einzelkomponenten, Organisationsstruktur und Vorteile werden erläutert.

Flexible machining of controller housings. The article describes how a precision engineering production was restructured by means of conventional machinery to a flexible production system. The workshop comprised 17 universal and special machines. The 17 machines were replaced by the gradual application of ultimately four horizontal machining centres, a five-axes portal system and a master computer. Individual components, the structure of organization and advantages are explained.

1 Gründe zum Umstellen der Fertigung

Die Herion-Werke KG, Fellbach, ein Hersteller von elektromagnetisch betätigten Steuer- und Regelgeräten bzw. -systemen für Fluide hat einen hohen Bedarf an Gehäusen der kleineren und mittleren Größen (bis 100 mm × 100 mm × 150 mm) und unterschiedlichen Losgrößen (1 bis 5000 Stück). Im Werk I in Fellbach werden überwiegend Pneumatik- und Automatikgeräte (für Chemie- und Anlagentechnik) produziert (Bild 1). Die Gehäuse dieser Produktlinien wurden bisher auf Standardmaschinen und speziell konzipierten Sondermaschinen gefertigt. Die verstärkten Anforderungen an anspruchsvollere Technik, reduzierte Lieferzeiten bei kundenspezifischen Geräten und die Notwendigkeit von Ersatzinvestitionen legten es nahe, über neue Produktionsstrukturen nachzudenken. Nach umfangreichen Voruntersuchungen zeigte es sich, daß ein flexibles Fertigungssystem mit horizontalen Bearbeitungszentren für diese Aufgaben gut geeignet ist.

2 Auswahl der Fertigungseinrichtungen

Zum Einsatz kamen horizontale Bearbeitungszentren von Wahli Frères aus Bévillard in der Schweiz. Die Wahl dieser Maschine wurde vor allem von der Palettengröße (Teilegrößen von rd. 20 mm × 40 mm × 40 mm bis 100 mm × 100 mm × 150 mm) und der Art des Palettenwechslers (starre Übergabestation bei kurzer Wechselzeit) beeinflusst. Bei der Auswahl der Maschinen-(Paletten)-Größe ist zu beachten, daß verschiedene Faktoren sich gegenseitig negativ beeinflussen. Große Paletten ermöglichen die Aufspannung von mehreren Teilen, benötigen aber teure Vorrichtungen. Daraus ergibt sich eine schwer zu realisierende Mehrseitenbearbeitung, aber das Reduzieren von Nebenzeiten ist möglich. Beim Aufspannen eines Bauteils müssen lange Werkzeuge eingesetzt werden (geringe Stabilität).

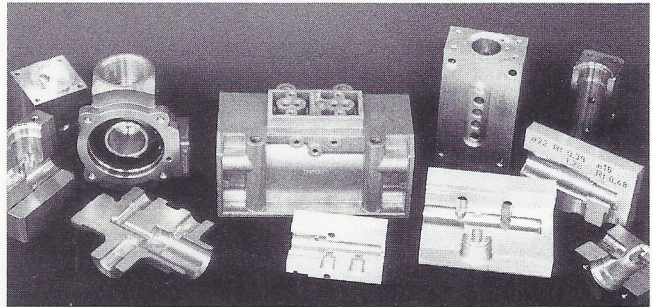


Bild 1. Automatikgeräte-Palette

Kleine Paletten ermöglichen dagegen eine einfache Mehrseitenbearbeitung mit kurzen Werkzeugen, relativ billigen Vorrichtungen und nur bedingter Mehrfachaufspannung.

Wir entschieden uns für eine Palettengröße von 210 mm × 210 mm. Damit ist es möglich, Teile bis zu einer Größe von rd. 200 mm × 200 mm × 200 mm zu bearbeiten. Die ungenutzte Werkzeugauskragung beträgt maximal 110 mm. Es kann problemlos eine Vierseitenbearbeitung mit Einfachaufspannung oder Zweifachaufspannung und eine Dreiseitenbearbeitung mit Dreifachaufspannung oder Sechsfachaufspannung realisiert werden (Bild 2).

Die Bearbeitungszentren haben vier Achsen ($X=330$ mm, $Y=241$ mm, $Z=250$ mm, $B=3600 \times 0,001^\circ$). Das Werkzeugmagazin ist als Kettenmagazin ausgeführt, es stehen 64 Werkzeugplätze zur Verfügung. Die CNC-Steuerung ist eine Sinumerik 8M mit einer Speicherkapazität von 32000 Zeichen. Als Anpaßsteuerung ist eine Simatic S5 150 U eingesetzt. Der Palettenwechsler besteht aus einem Rundtisch mit zwei Stationen (180° -Schaltung). Auf Station 1 im Bearbeitungsraum der Maschine ist die vierte Achse angeordnet. Auf Station 2 kann die Palette mit den Werkstücken, während auf Station 1 bearbeitet wird, entnommen und durch eine neue ersetzt werden. Die beiden Stationen sind durch eine Scheibe getrennt. Diese Scheibe dreht sich beim Palettenwechsel mit.

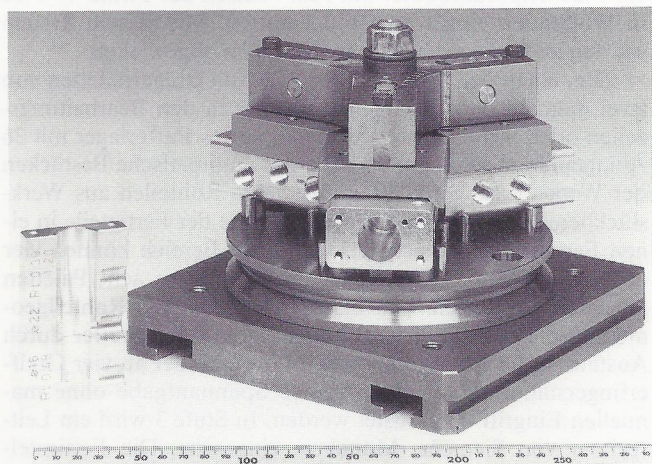


Bild 2. Werkstückträger mit Bauteilen

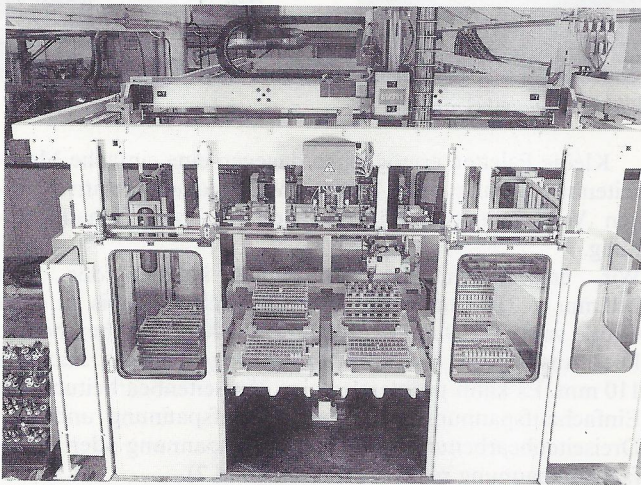
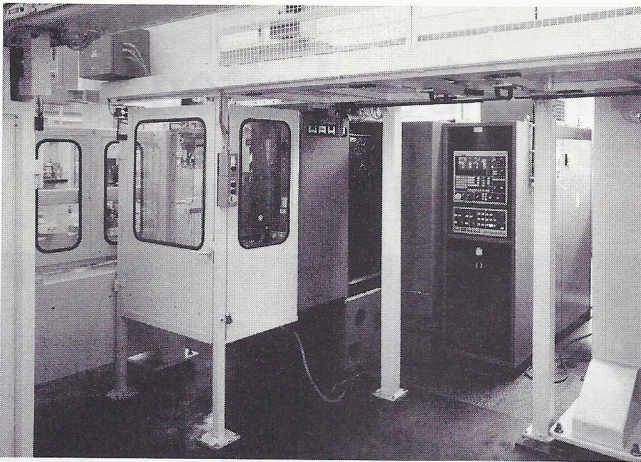


Bild 3. Bearbeitungszentrum (oben) und Transportsystem (unten)

Die Zeit für den Palettenwechsel beträgt rd. 8 s. Zur Palettenidentifikation ist an der Übergabestation des Bearbeitungszentrums (Bild 3 oben) je eine Lese- bzw. Schreib-Einrichtung Moby-M von Siemens, München, montiert. Mit dieser Einrichtung werden für den Transport und die Bearbeitung wichtige Daten berührungslos übertragen.

3 Transporeinrichtung

Um die Teilevielfalt von mehr als 120 Bauteilen flexibel und rüstzeitarm fertigen zu können, wurde in der zweiten Stufe ein Flächenportalroboter mit fünf Achsen der Firma W + M in Wiesbaden eingesetzt (Bild 3 unten). Mit diesem System werden zwei unterschiedliche Aufgaben abgewickelt.

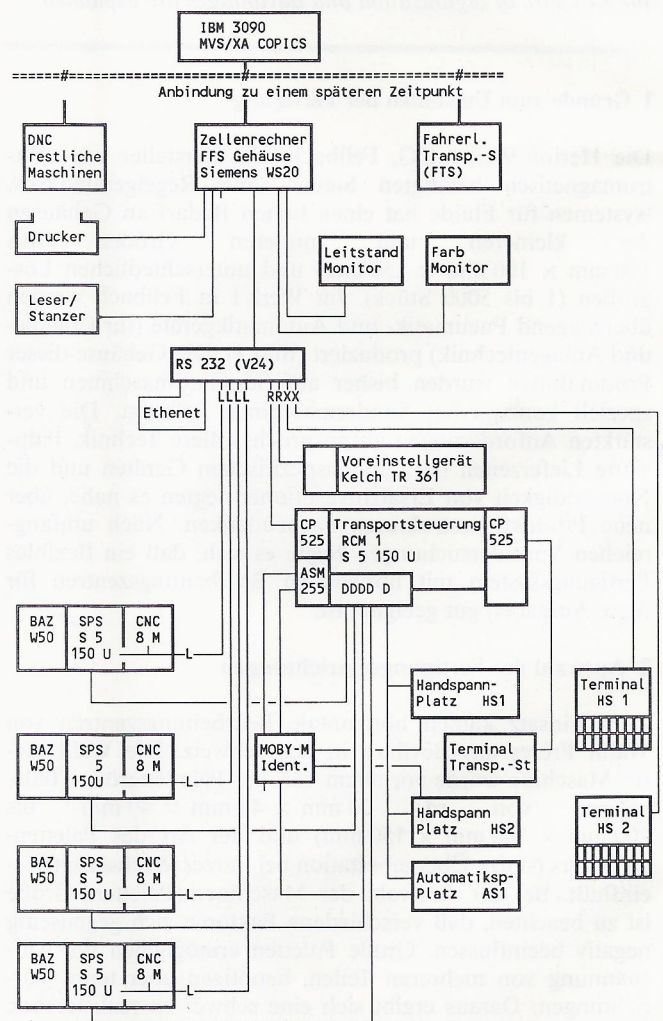
Zum einen der Transport der Werkstückträgerpaletten von zwei manuell bedienten Spannplätzen zu den Bearbeitungszellen oder, wenn diese belegt sind, in das Pufferlager mit 36 Ablageplätzen und zum anderen das automatische Bestücken der Werkstückträgerpaletten mit neuen Rohteilen aus Werkstückbereitstellungs-Paletten und Ablage der Fertigteile in einen Fertigteil-Palettenstapel. In diesem Bereich können vier unterschiedliche Teilearten in Stapeln von je acht Paletten abgearbeitet werden. Um bei unterschiedlichen Rohteilgeometrien die Teile greifen zu können, kann der Greifer durch Austausch der jeweils benötigten Greiferfinger an vier Greiferfingerstationen auf die jeweilige Spannaufgabe ohne manuellen Eingriff umgerüstet werden. In Stufe 3 wird ein Leit-rechner von Siemens, München, eingesetzt. Die Fertigstellung dieser Stufe ist für Mitte 1989 geplant (Bild 4). Um eine optimale Nutzung der Anlage zu erreichen, müssen im Vor-

feld und fertigungsbegleitend umfangreiche Planungsaufgaben erledigt werden:

- rüstzeitoptimale Auftragsreihenfolge-Planung
- Berücksichtigen unterschiedlicher Materialien zur Späneentsorgung
- Werkzeugbereitstellung über das angeschlossene Werkzeugvoreinstellgerät
- Überwachen des Werkzeugaustauschs durch Verschleiß
- Erfassen und Auswerten der Betriebsdaten.

4 Fertigungsablauf und Randbedingungen für die Planung

Je Bearbeitungszentrum werden minimal drei Aufträge (mit jeweils unterschiedlichen Bauteilen) geplant. Dadurch wird vermieden, daß bei Störung an einem Bauteil ein Bearbeitungszentrum nicht weiterarbeiten kann. Auf einem Bearbeitungszentrum können bis zu fünf Aufträge (in unregelmäßigem Wechsel) ohne Umrüsten des Werkzeugmagazins bearbeitet werden. Die Werkstückträger werden an zwei manuellen Spannplätzen (HS1 und HS2) durch das Personal mit neuen Werkstücken bestückt und danach vom Transportsystem an die Bearbeitungszentren transportiert. Sind die Übergabepunkte der Bearbeitungszentren belegt, werden sie im Pufferregal abgelegt. Zusätzlich zu den manuellen Spannplätzen können vom Transportsystem mit einem Greifer (mit automatischem Greiferfingerwechsel) die Werkstücke in ei-



L = LSV2-Prozedur D = Digitale Datenleitung

Bild 4. Organisationsstruktur des Flexiblen Fertigungssystems

ner weiteren automatischen Spannstation (AS1) ohne Personal gespannt werden.

Die für das automatische Spannen benötigten Werkstücke werden in Einviertel-Europapaletten bereitgestellt. Der Ablauf sieht während des normalen Betriebs folgendermaßen aus: Das Transportsystem bringt die fertig bearbeiteten Werkstückträger vom Bearbeitungszentrum an den geplanten Spannplatz. Dies können die manuellen Spannplätze HS1 und HS2 oder der automatische Spannplatz AS1 sein. Wenn der entsprechende Spannplatz nicht belegt werden kann, wird der Werkstückträger alternativ im Lager abgelegt.

4.1 Manueller Spannplatz

Die Spannung des Werkstückträgers wird gelöst, die Teile entnommen, die Vorrichtung gereinigt, danach Rohlinge (unbearbeitete Teile) des gleichen Typs in die Vorrichtung eingelegt und von Hand gespannt. Wenn am Handspannplatz schneller Teile ausgetauscht werden als die Bearbeitungszentren bearbeiten, kann das Pufferregal gefüllt werden und somit ein Arbeitsvorrat für Pausendurchlauf, Verteilzeiten und sonstige kurze Fehlzeiten geschaffen werden.

4.2 Automatischer Spannplatz

Während des Ablaufs wird geprüft, ob ein Auftrag zum Transport ansteht. Wenn dies nicht der Fall ist, wird ein Werkstückträger, der für den Spannplatz AS1 geplant ist, von der Maschine oder dem Regal geholt und abgelegt.

Der Ablauf sieht folgendermaßen aus:

- Werkstückträgergreifer wird abgelegt (währenddessen wird die Spannung automatisch gelöst),
- Teilegreifer wird aus dem Regal aufgenommen,
- das erste Teil wird aus der Vorrichtung entnommen,
- das aufgenommene Teil wird in der Fertigteilpalette abgelegt,
- aus der Rohteilpalette werden Rohteile entnommen und in der Vorrichtung abgelegt.

Nach dem Einlegen des letzten Rohteils wird der Teilegreifer gegen den Werkstückträgergreifer ausgetauscht (parallel wird die Vorrichtung automatisch gespannt) und der Werkstückträger an das Zielbearbeitungszentrum oder ins Pufferregal gebracht. Dieser Ablauf wird durch keine Aktion innerhalb des FFS (außer NOTAUS) abgebrochen. Es können für den automatischen Spannplatz maximal vier Rohteilpalettenstapel mit je acht Paletten (entspricht maximal vier unterschiedlichen Werkstücken) bereitgestellt werden.

5 Programmierung

Die NC-Programme werden in der Fertigungsplanung auf einem Tischrechnersystem HP 9845 von Hewlett Packard, Böblingen, mit dem Programmiersystem ELAN 45 und selbsterstellten Programmierhilfsmitteln geschrieben. Noch in diesem Jahr wird auf das neu eingeführte System Exapt auf IBM 3090 umgestellt. Besonderes Augenmerk wurde auf die Änderungsfreundlichkeit und Strukturierung der NC-Programme gelegt. Alle Unterprogramme sind standardisiert und fest in der Steuerung hinterlegt. Vorschub, Drehzahl, Einstellmaße und Geometriewerte werden durch Parameter übergeben.

Als Problem stellte sich die Nullpunktverwaltung der Werkstücke heraus. Im Palettenidentifikationssystem (moby-M) werden u.a. die NC-Programm-Nummer und für jedes Teil ein Nullpunkt gespeichert. Die für die unterschiedlichen Bearbeitungslagen benötigten Nullpunkte werden in

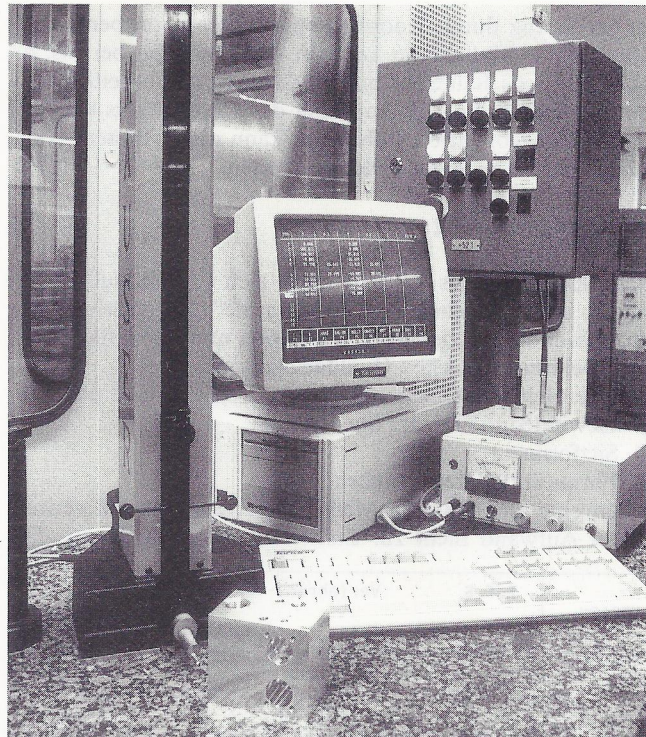


Bild 5. Meßplatz

POS-	X	φ X	Y	φ Y	Z	φ Z
1	-26.002	20.196	26.894	20.203	-54.176	
2	17.014	22.317	26.893	22.320	-54.168	
3	-42.002		9.921		-54.186	
4	-41.948		34.902		-54.181	
5	-3.967	6.037	26.953	6.057	-54.179	
6	37.994		9.868		-54.192	
7	37.994		34.926		-54.172	
8	-26.018	15.209	26.894	15.208	-95.361	
9	16.998	17.961	26.900	17.949	-108.352	
10	-39.960		40.948		-108.352	
11	-39.962		13.062		-108.352	
12	-12.074		12.926		-108.352	
13	6.657		33.646		-108.352	
14	6.466		20.224		-108.352	
15	27.445		20.222		-108.352	

T	I	HAND	KALIBR	NULL	ERWEIT	ABST	MENUE	ENDE	??
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10

EINH= mm/°C ♦ DEZI=3 ♦ WINK=DEG ♦ TR=20.000 ♦ TB=20.000 ♦ αt=11.100

W A E H L E :

Bild 6. Bildschirmmaske des Meßprotokolls (Hardcopie)

HERION Stuttgart		Messbericht - Nr :001/88	
KONTROLLE		Prüfer :Leisen	
Lieferant :Flexible Fertigung Gehäuse	Menge :1	Datum :16.09.88	
Lieferschein Nr:-----	Auftrags Nr:-----	Auftrags Datum :-----	
Benennung :Gehäuse		Zeichnungs Nr :0557876	
Prüfergebnis: x Freigabe bedingte Freigabe Rückweisung		Artikel Nr :0704072	
		Änderungs Index:c	

Erläuterungen	
Messung eindimensional	
1	Koordinate X 1.Dimension
0	Koordinate X 1.Dimension
0	Koordinate X 1.Dimension
26.001001	2.Dimension
-26.894999	2.Dimension
54.175901	2.Dimension
0	2.Dimension
0	2.Dimension
0	2.Dimension
0	3.Dimension
0	3.Dimension
33	3.Dimension
3	Anzahl Messwerte
X	Y
Z	φ

Bild 7. ASCII-Datei der Meßwerte

der Steuerung durch Koordinatentransformation berechnet. Durch diese Maßnahme konnten die Probleme bei bis zu maximal sechs Bauteilen pro Werkstückträger beseitigt werden. Sobald die Speicherkapazität des Datenträgers bei gleicher Außengeometrie erhöht wird, kann dieses System Nullpunkte für bis zu zwölf Teile verarbeiten.

6 Qualitätssicherung

Nach Einführen des Systems zeigte sich schnell, daß bei einem so umfangreichen Teilespektrum der Qualitätssicherung eine besondere Bedeutung zukommen muß. Die für dieses Teilespektrum typischen Qualitätsmerkmale wie:

- Oberflächengüte zwischen kleiner 2 bis kleiner 8 µm,
- Gewindedurchmesser und Tiefen,
- Sitzformen,
- Form- und Lagetoleranzen

lassen eine automatische Meßwertüberwachung mit vertretbarem Aufwand nicht zu. Erschwerend kommt hinzu, daß

HERION	F F S Verfahrens-Vergleich	
	Gehäuse	0566631
" neue " Methode		"alte" Methode
Sägen		Sägen
# - Bohren/Fräsen 1.Sp FFS		# - Bohren/Fräsen 2421
# - Bohren/Fräsen 2.Sp FFS		# - Bohren Konv. 4202
		# - Senken Konv. 4021
Auswaschen		Auswaschen
- Entgraten außen 9113		- Entgraten innen 7001
Auswaschen		
- Bohren konvent. 4601		- Bohren konv. 4601
		# - Tieflochbohren 4611
		Auswaschen
- Entgraten innen 7001		- Entgraten 9104
Auswaschen		Auswaschen
- Entgraten ECM 9121		- Entgraten ECM 9121
Auswaschen		Auswaschen
		- Entgraten außen 9113
		# - Bürsten 4021
		# - Rollieren 4151
		Auswaschen
Kontrolle		Kontrolle
Eloxieren		Eloxieren
Kontrolle		Kontrolle
Rüstzeit ges. Teil 63 %		100 %
nur Fertigung FFS 28 %		
Stückzeit ges. Teil 46 %		
FFS 41 %		
Durchlaufzeit in % 75 %		
# Arbeitsfolgen die vom FFS betroffen sind		MF871012

Bild 8. Vergleich zwischen bisheriger und neuer Fertigung

durch Mehrfachaufspannung jeweils zwei bis drei Werkstückträger je Auftrag und vier bis zwölf parallel laufende Aufträge bei einer durchschnittlichen Laufzeit von 7,5 min je Werkstückträger manuell kaum noch eine Übersicht über die zu messenden Teile zu behalten ist. Um diesen Problembereich zu entschärfen, ist seit November 1988 ein Meßsystem (Bild 5) von Mauser, Oberndorf, im Testeinsatz. Das System besteht aus einer eindimensionalen Meßsäule mit motorischem Antrieb des Meßtasters. Die Meßsäule wird von einem Rechner gesteuert, so daß über Funktionstasten die jeweilige Meßaufgabe angewählt werden kann. Um zum Beispiel den Durchmesser einer Bohrung und den Abstand zum Teil-Nullpunkt zu ermitteln, wird der Meßtaster von Hand in die Bohrung geführt, die Funktion „Bohrung messen“ gedrückt, dann steuert der Rechner den Meßtaster nach oben, der Bediener verfährt mit dem Teil oder der Meßsäule so, daß der Taster den höchsten Punkt der Bohrung überfährt. Wenn dieser überfahren ist, ertönt ein akustisches Signal. Der Meßtaster wird vom Rechner nach unten gesteuert und der obige Vorgang wiederholt. Am Bildschirm werden nun der Bohrungsdurchmesser und der Abstand zum Bezugspunkt im Meßprotokoll angezeigt (Bild 6). Alle Meßwerte werden in einer ASCII-Datei (Bild 7) gespeichert und sind für weitere Auswertungen innerhalb des Qualitätssicherungssystems verfügbar. Zu einem späteren Zeitpunkt soll noch ein Rauhtiefenmeßgerät und ein Gewindemeßgerät (wenn ein geeignetes auf dem Markt verfügbar ist) angeschlossen werden.

7 Vorteile und Ausblick

Die bisherigen Ergebnisse zeigen eine erhebliche Beschleunigung der Gehäusefertigung vor allem bei Neuentwicklungen. Eilaufträge und Sonderausführungen können schneller und reibungsloser durchgeführt werden. Stillstandszeiten infolge Werkzeug- oder Ablaufstörungen können weitgehend vermieden werden, da parallel über das jeweilige Bearbeitungszentrum mehrere Aufträge gefertigt werden. Die effektive Nutzung der Bearbeitungszentren konnte, obwohl erst die zweite Stufe realisiert ist, auf über 80% gehoben werden. Rüstzeiten wurden bei Wiederholteilen auf weniger als 20 min reduziert (Bild 8).

Obwohl die Einführung nicht ohne Probleme vor allem bei der Abstimmung der Schnittstellen und Termine durchgeführt werden konnte, zeigt sich immer deutlicher, daß die Anforderungen des Markts mit flexiblen Systemen besser gelöst werden können.

Der Autor dieses Beitrags

Ulrich Mang, Jahrgang 1946, war nach einer Ausbildung zum Maschinenbautechniker und REFA-Techniker bis 1980 Gruppenleiter der Zeitwirtschaft bei der Herion-Werke KG, Fellbach. Heute ist er dort Leiter der Mechanischen Fertigung.

Info 001

Spritzgießen und Sintern komplexer Bauteile

Das Verfahren der *Moldinject AG, Lyss, Schweiz*, ist eine Verbindung von Pulver- und Spritzguß-Technologie. Mit dem Moldinject-Verfahren können Mikrolegierungen oder feinste Dotierungen erreicht werden, die eine hohe Reproduzierbarkeit und Formstabilität garantieren. So lassen sich bedeutend kleinere Toleranzen als beim Sintern üblich einhalten. Sehr komplexe Teile mit vielfältiger Geometrie, mit Gewinden,

Hinterzügen und Profilen in verschiedenen Axialrichtungen sowie scharfen Kanten und unterschiedlichen Wandstärken werden in einem einzigen Arbeitsgang hergestellt. Der Anwendungsbereich dieses Verfahrens erstreckt sich auf Maschinen- und Apparatebau, Textil- und Automobilindustrie, Zahnmedizin, Chirurgie, Elektronik und Elektrotechnik, Mikromechanik und Optik.

Info 002