

Absolute Punkt- und Streckensteuerung Typ BNC-3 – Aufbau und Anwendungsbeispiele

Die grundlegende Forderung der wissenschaftlich-technischen Revolution besteht in einer progressiven Steigerung der Arbeitsproduktivität. Zur Verwirklichung dieser Aufgabe trägt in ganz entscheidendem Maße der Einsatz numerischer Steuerungen in den verschiedensten Wirtschaftsbereichen bei. Der vorliegende Beitrag verfolgt den Zweck, nach einigen grundlegenden Erläuterungen über den Aufbau und die Wirkungsweise des numerischen Steuerungssystems vom Typ BNC-3 Anwendungsbeispiele aus dem Bereich des Werkzeugmaschinenbaues vorzustellen. Dabei können die dargestellten Beispiele ein nur unvollständiges Bild der tatsächlichen, vielfältigen Möglichkeiten skizzieren. Als Vertreter für Punktsteuerungsprobleme sollen Bohrmaschinen betrachtet werden.

Zur Bearbeitung prismatischer und rotationssymmetrischer Werkstücke wird die Verwendung von Streckensteuerungen zur Notwendigkeit. Besonderes Augenmerk verdient bei der gesamten Betrachtung der Baugruppencharakter dieses numerischen Steuerungssystems, durch den jedes Einzelproblem technisch und ökonomisch optimiert werden kann. Bereits in [1] wurde auf die beiden wesentlichen Typen numerischer Punkt- und Streckensteuerungen auf digitaler Basis hingewiesen, die sich durch die Art der Meßwertbildung und -erfassung unterscheiden. In diesem Beitrag ist ein Vertreter mit absolut arbeitendem Meßsystem zu beschreiben. Auf die serien-parallele Verrechnung der dezimal-binär co-

dierten Parameter wurde in [2] eingegangen. Dieses Rechenprinzip bildet die Grundlage für den zyklisch repetierenden Betrieb des gesamten Steuerungssystems, durch den ein Höchstmaß an Betriebssicherheit garantiert wird.

Funktioneller Aufbau

Das Wirkungsschema des Steuerungssystems BNC-3 gibt einen Überblick des prinzipiellen, schaltungstechnischen Aufbaues.

Die Darstellung läßt erkennen, daß die Zusammenschaltung einer Grundausrüstung und eines Eingabemittels bereits eine komplette numerische Steuerung ergibt. Die dargestellten Zusatzbaugruppen und Anzeigeeinheiten ermöglichen den weiteren Ausbau einer solchen Steuerungsvariante entsprechend den maschinentechnischen Erfordernissen. Nachfolgend werden die technischen Parameter der einzelnen Funktionsgruppen erläutert.

Grundausrüstungen

Eine der möglichen Grundausrüstungen ist grundsätzlich Bestandteil jeder Steuerungsvariante des Typs BNC-3. Diese Funktionsgruppen umfassen alle schaltungstechnischen Mittel, um die dezimal-binär codierten Parameter zu den be-

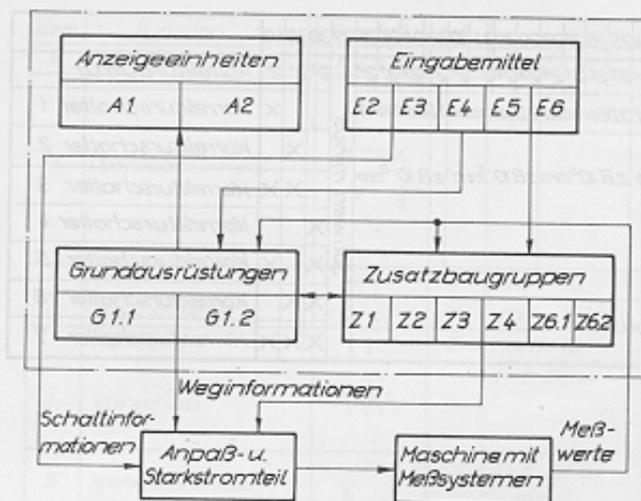


Bild 1: Wirkungsschema BNC-3

nötigen Weginformationen zu verarbeiten. Entsprechend [2] sind die Gleichungen

$$\Delta 1 = F + S + K - I \quad (1)$$

$$\Delta 2 = \Delta 1 - (V + 1) \quad (2)$$

hinsichtlich ihres Vorzeichens auszuwerten.

Der Festwert F kann zum Zwecke der Nullpunktfestlegung am Werkstück maximal sechs Dezimalstellen in jeder Koordinate erhalten. Nach einem eventuellen Netzspannungsausfall ist dieser Wert stets wieder wirksam.

Der Sollwert S muß stets mit sechs Dezimalstellen und einem Vorzeichen programmiert werden. Da das vorliegende Steuerungssystem ausschließlich für Bezugsmaßverarbeitung ausgelegt wurde, wird das Vorzeichen des Sollwertes zur Wahl des Bearbeitungsquadranten verwendet.

Die Korrekturwerte K können maximal fünf Dezimalstellen in Verbindung mit einem Vorzeichen aufweisen. Ihre Anzahl kann entsprechend dem Eingabemittel nach folgenden Gesichtspunkten projektiert werden:

1. Maximal 10 achsunabhängige Korrekturwerte als konstruktiver Bestandteil des Steuerungsschranks BNC-3. Weitere Korrekturwerte können extern realisiert werden.

F — Festwert (Abstand zwischen absolutem Nullpunkt des Meßsystems und Nullpunkt des Werkstückes).

S — Sollwert (programmierter, werkstückbezogener Positionswert).

K — Korrekturwert (z. B. Fräserradiuskompensation, Werkzeuglängenkorrektur).

I — Meßwert (vom Meßsystem übermittelter absolut-digitaler Wert).

V — Vorabschaltwert (dem Hauptkoinzidenzpunkt vorgelagerter Wert zur Genauigkeitspositionierung, bei dem eine Vorschubverminderung wirksam wird).

2. Maximal 6 achsabhängige Korrekturpaare als konstruktiver Bestandteil des Steuerungsschranks BNC-3, die zwei zu projektierenden Achsen zugeordnet werden.

Die Grundausrüstungen vermögen Meßwerte I von sieben Dezimalstellen zu verarbeiten. (Hierzu sind die Ausführungen über die Zusatzbaugruppen Z6.1 und Z6.2 zu berücksichtigen.) Auf Grund der absoluten Arbeitsweise des Steuerungssystems ist die Festlegung unterschiedlicher Meßgenauigkeiten ausschließlich von der Antriebsgeschwindigkeit der Meßsysteme abhängig. Im Normalfall wird mit einer Meßgenauigkeit von 0,01 mm gearbeitet, es sind aber auch Ausführungsbeispiele mit 0,001 mm Genauigkeit bekannt.

Die Vorabschaltwerte V können für maximal sechs Dezimalstellen festgelegt werden (weitere Angaben sind den Ausführungen über die Zusatzbaugruppen Z3 und Z4 zu entnehmen). In Auswertung der Gleichung (1) stellen die Grundausrüstungen die ermittelte Verfahrrichtung bzw. Hauptkoinzidenz zur weiteren Verarbeitung im Anpaß- und Starkstromteil potentialfrei bereit.

Die Grundausrüstungen verfügen über einen einstellbaren Wert zur Spreizung des Hauptkoinzidenzpunktes. Die Verrechnung dieses Wertes, der für die zwei kleinsten Dezimalstellen realisiert wird, ist zu programmieren und der Steuerung in entschlüsselter Form bereitzustellen. Sind die Zusatzbaugruppen Z3 und Z4 projektiert worden, so ist diese Spreizung nur nach Erreichen der Vorabschaltswelle für den kleinsten Vorschub wirksam. Die beschriebene Einrichtung dient der Überlaufkompensation des kleinsten Vorschubes am Hauptkoinzidenzpunkt. Der eingestellte Wert ist ein Maß für die Wiederholgenauigkeit der betriebenen Maschine. Ein weiterer Wert zur Spreizung des Hauptkoinzidenzpunktes kann über maximal sechs Dezimalstellen an einer Matrix einmalig eingestellt werden. Er wird durch das vom Anpaßteil entschlüsselte und an die Steuerung gemeldete Programmwort „Ohne Vorabschaltung“ aufgerufen und verrechnet. Dieser Spreizungswert dient der Überlaufkompensation beispielsweise des Eilganges bei Grobpositionierung.

Die Grundausrüstungen können für zwei oder drei seriell zu verfahrenende Koordinaten projektiert werden. Für das vorliegende Steuerungssystem wurden die Grundausrüstungen G1.1 und G1.2 konzipiert. Beide Baugruppen enthalten die bisher beschriebenen technischen Parameter. In Abhängigkeit von dem eingesetzten, serienparallelen, rotatorischen, indirekten Meßsystem WMS 10⁵sp oder WMS 10⁶sp des VEB Carl Zeiss Jena müssen die Typen G1.1 oder G1.2 verwendet werden. Während das Meßsystem WMS 10⁵sp mit Germaniumbauelementen bestückt ist und einen Meßbereich von fünf Dezimalstellen überstreichen kann, beträgt der Meßbereich des WMS 10⁶sp sechs Dezimalstellen. Dieses System wurde mit Siliziumbauelementen ausgerüstet.

Die Grundausrüstungen enthalten weiterhin das Netzteil zur Stromversorgung des gesamten Steuerungsschranks. Als Netzspannung werden 380/220 V + 5 Prozent — 10 Prozent bei einer Frequenz von 50 Hz ± 1 Hz benötigt. Dabei wird die Leistungsaufnahme etwa 0,5 kW betragen. Das Netzteil stellt ebenfalls die Versorgungsspannungen für die Lichtquellen der Meßsysteme bereit. Dies sind für das Meßsystem WMS 10⁵sp 5,7 V ± 5 Prozent und für WMS 10⁶sp 6 V — ± 2,5 Prozent.

Spalten-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40									
Bedeutung	Programmierung Programmende Achse X Achse Y Achse Z empfohlene Spalten- belegung	Frei verfügbar für 10 Befehlsinformationen														z.B. 10 ³ z.B. 10 ² mm z.B. 10 ¹ mm z.B. 10 ⁰ mm z.B. 10 ⁻¹ mm z.B. 10 ⁻² mm														Sollwert minus		Sollwert		Korrekturaufwurf		Korrekturschalter 1		Korrekturschalter 2		Korrekturschalter 3		Korrekturschalter 4		Korrekturschalter 5		Korrekturschalter 6		Korrekturschalter 7	
																z.B. 10 ³ z.B. 10 ² mm z.B. 10 ¹ mm z.B. 10 ⁰ mm z.B. 10 ⁻¹ mm z.B. 10 ⁻² mm														Sollwert minus		Sollwert		Korrekturaufwurf		Korrekturschalter 1		Korrekturschalter 2		Korrekturschalter 3		Korrekturschalter 4		Korrekturschalter 5		Korrekturschalter 6		Korrekturschalter 7	
																z.B. 10 ³ z.B. 10 ² mm z.B. 10 ¹ mm z.B. 10 ⁰ mm z.B. 10 ⁻¹ mm z.B. 10 ⁻² mm														Sollwert minus		Sollwert		Korrekturaufwurf		Korrekturschalter 1		Korrekturschalter 2		Korrekturschalter 3		Korrekturschalter 4		Korrekturschalter 5		Korrekturschalter 6		Korrekturschalter 7	
																z.B. 10 ³ z.B. 10 ² mm z.B. 10 ¹ mm z.B. 10 ⁰ mm z.B. 10 ⁻¹ mm z.B. 10 ⁻² mm														Sollwert minus		Sollwert		Korrekturaufwurf		Korrekturschalter 1		Korrekturschalter 2		Korrekturschalter 3		Korrekturschalter 4		Korrekturschalter 5		Korrekturschalter 6		Korrekturschalter 7	
																z.B. 10 ³ z.B. 10 ² mm z.B. 10 ¹ mm z.B. 10 ⁰ mm z.B. 10 ⁻¹ mm z.B. 10 ⁻² mm														Sollwert minus		Sollwert		Korrekturaufwurf		Korrekturschalter 1		Korrekturschalter 2		Korrekturschalter 3		Korrekturschalter 4		Korrekturschalter 5		Korrekturschalter 6		Korrekturschalter 7	
																z.B. 10 ³ z.B. 10 ² mm z.B. 10 ¹ mm z.B. 10 ⁰ mm z.B. 10 ⁻¹ mm z.B. 10 ⁻² mm														Sollwert minus		Sollwert		Korrekturaufwurf		Korrekturschalter 1		Korrekturschalter 2		Korrekturschalter 3		Korrekturschalter 4		Korrekturschalter 5		Korrekturschalter 6		Korrekturschalter 7	
																z.B. 10 ³ z.B. 10 ² mm z.B. 10 ¹ mm z.B. 10 ⁰ mm z.B. 10 ⁻¹ mm z.B. 10 ⁻² mm														Sollwert minus		Sollwert		Korrekturaufwurf		Korrekturschalter 1		Korrekturschalter 2		Korrekturschalter 3		Korrekturschalter 4		Korrekturschalter 5		Korrekturschalter 6		Korrekturschalter 7	

Bild 2: Programmierung des Kugelschrittschaltwerkes

Eingabemittel

Diese Baugruppen dienen der Verarbeitung der Weg- und Befehlsinformationen, die von einem geeigneten Datenträger gespeichert werden.

Die erweiterte Handeingabe E2 ist die kleinste Ausbaustufe einer Eingabebaugruppe. Sie gestattet die Eingabe der Positions-Sollwerte für gleichzeitig zwei Koordinaten mit Hilfe von zwei maximal sechsstelligen Dekadenschaltern sowie zwei zugehörigen Vorzeichenschaltern. Die Vorwahl der den Sollwerten zugehörigen Achsen geschieht über zusätzliche Achswahlschalter, sofern mehr als eine Koordinate mit dem gleichen Schalter eingestellt werden müssen. Die Baugruppe E2 bedingt grundsätzlich den Einsatz der Zusatzbaugruppe Z2. Im praktischen Betrieb wirkt sich besonders vorteilhaft aus, daß nach Absetzen der eingestellten Sollpositionen in Vorbereitung der folgenden Positionierung bereits die neuen Sollwerte programmiert werden können.

Die Kugelschrittschaltwerkeingabe E3 gewährleistet mit einfachsten Mitteln einen vollautomatischen Bearbeitungsablauf. Als Informationseingabegerät wird ein vierzigspaltiges Kugelschrittschaltwerk verwendet, das die Programmierung von

Bild 3: Aufbau des Informationsblockes

Bedeutung	Zeich.-Nr.
X, Y, Z Achsadresse	1
+, - Vorzeichen	2
z.B. 10 ³ mm 6. Dezimalstelle	3
z.B. 10 ² mm 5. Dezimalstelle	4
z.B. 10 ¹ mm 4. Dezimalstelle	5
z.B. 10 ⁰ mm 3. Dezimalstelle	6
z.B. 10 ⁻¹ mm 2. Dezimalstelle	7
z.B. 10 ⁻² mm 1. Dezimalstelle	8
Korrekturschalter 1...9 Operationsbefehl	9
Frei wählbare Schaltbefehle z.B. Drehzahl, Vorschub, Werkzeug, Hilfs- u. Steuerbefehle	10 11 12 13 14
Blocknummer 2. Dezimalstelle	15
1. Dezimalstelle	16
Blockende	17

Weg- und Schaltungsinformationen entsprechend Bild 2 gewährleistet. Es sind maximal drei Koordinaten sowie sieben achsunabhängige Korrekturschalter oder sechs achsabhängige Korrekturschalterpaare projektierbar. Die Achsen sind ausschließlich seriell verfahrbar.

Die Lochbandblockeingabe E4 stellt die kleinste Ausbaustufe von Eingabebaugruppen dar, die einen Lochstreifen als Informationsträger verwenden. Die Informationen werden dabei lageorientiert (Bild 3) in Form von Blöcken programmiert. Der Aufbau des Blocksystems erfordert die Programmierung sämtlicher notwendigen Informationen in jedem Block, also auch solcher, die sich gegenüber dem vorangegangenen Block nicht ändern. Analog zu E3 sind drei Koordinaten projektierbar und seriell zu verfahren. Die Maximalzahl der achsunabhängigen Korrekturschalter beträgt neun, während sechs achsabhängige Korrekturschalterpaare realisierbar sind.

Diese Baugruppe verfügt über eine zweistellige, dezimale Blocknummernanzeige. Daraus ergibt sich, daß maximal 99 Blöcke programmiert werden können. Eine Blocksuchlaufeinrichtung ermöglicht das Auffinden jedes gewünschten Blockes innerhalb des Programms. Die Kontrolleinrichtung überprüft den Lochstreifen ständig auf seine Parität sowie auf richtige Blocklänge. Festgelegte Betriebszeichen können an beliebiger Stelle des Programms stehen und werden nicht ausgewertet. Als Lochstreifencode kommt vorzugsweise die EIA-Codierung nach RS 244 in Anwendung, auf Kundenwunsch sind auch die Codierungen ISO und 8 B möglich. Die Einlesefrequenz des Lochstreifens beträgt 50 Hz — 20 Prozent.

Die Lochbandadresseneingabe E5 gestattet die Projektierung sämtlicher Zusatzbaugruppen. Die Programmierung der Wegworte erfolgt stets achtstellig. Das erste Zeichen des Wortes gibt Auskunft über die Wegadresse, darauf folgt das Vorzeichen des zu programmierenden Sollwertes und schließlich dieser Wert selbst sechsstellig. Die Befehlsspeicherkapazität dieser Eingabebaugruppen umfaßt 12 Dezimalstellen. Das Festlegen der Adressen und deren Wortlängen erfolgt mit Hilfe der Vordcodiertabelle. Bild 4 zeigt ein Beispiel einer solchen Programmervorschrift.

Aus Bild 5 ist die maximale Wortlänge der möglichen Befehlsadressen ersichtlich, die durch geeignete Projektierung bis auf zwei Stellen reduziert werden kann (1. Stelle: Adresse, 2. Stelle: zugehörige Dezimalzahl). Alle programmierten Informationen bleiben bis auf Widerruf gespeichert, wodurch ein optimaler Programmieraufwand erreicht wird.

Adr.Nr	Funktion	Symbol	Adr.	Numerische Zeichenbenennung																											
4	Satznummer	n·n+1	n	1.-3.Ziffer	000...999															2.Ziffer	1	3									
11	Operationsbefehl		h	1. Ziffer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	2.Ziffer	1	3														
				Korrektursch. 1	Korrektursch. 2	Korrektursch. 3	Korrektursch. 4	Korrektursch. 5	Korrektursch. 6	Korrektursch. 7	Korrektursch. 8	Korrektursch. 9	Korrektursch. 10	Korrekturaufauf				Minuskorrektur													
				Tisch	X	mm · 10 ⁻²	± 000000... ± 082000															Vorzeichenbelegung:									
				Kreuzschieber	Y	mm · 10 ⁻²	± 000000... ± 030000															+ Sollwert wird zum Festwert addiert									
				Konsol	Z	mm · 10 ⁻²	± 000000... ± 036000															- Sollwert wird vom Festwert subtrah.									
				3	Vorschub		f	1.-2. Ziffer	35	40	44	48	52	56				60	64	68	72	76	80	84	88	99	Eingang				
								X/Y	63	10	16	25	40	63				100	160	250	400	630	1000	1600	2500						
				5	Spindeldrehzahl		s	1.-2. Ziffer	65	68	71	74	77	80				83	86	89											
								min ⁻¹	180	250	355	500	710	1000				1400	2000	2800											
				6	Werkzeugwahl		t	1. Ziffer	1	2	3	4	5	6				Werkzeug 1	Werkzeug 2	Werkzeug 3	Werkzeug 4	Werkzeug 5	Werkzeug 6								
1.-2. Ziffer	04	10	Hilfskorrekturf. 2 ohne Vorabschaltung																												
1.-2. Ziffer	01	02						03	04	05	06	09	12	13	17	37	50							51	52	53	54	55	56		
7	Hilfsbefehle	m						Progr. unterbr.	Programmende	Sp. 1 Rechtslauf	Sp. 1 Linkslauf	Sp. 1 Aus	Kühlmittel Ein	Kühlmittel Aus	Sp. 2 Aus	Sp. 2 Ein	Progr.-anfang							Externer Abgl.	Steller I	Steller II	Steller III	Steller IV	Steller V	Steller VI	Steller VII
10	Steuerbefehle	g						Hilfskorrekturf. 2	ohne Vorabschaltung																						
7	Hilfsbefehle	m						Progr. unterbr.	Programmende	Sp. 1 Rechtslauf	Sp. 1 Linkslauf	Sp. 1 Aus	Kühlmittel Ein	Kühlmittel Aus	Sp. 2 Aus	Sp. 2 Ein	Progr.-anfang							Externer Abgl.	Steller I	Steller II	Steller III	Steller IV	Steller V	Steller VI	Steller VII

Bild 4: Beispiel einer Vordcodiertabelle

Die Baugruppe E5 kann maximal mit 10 achsunabhängigen Korrekturschaltern oder sechs achsabhängigen Korrekturschalterpaaren geliefert werden.

Bild 5: Schaltbefehle und deren Wortlängen in Abhängigkeit von dem Eingabemittel

Code	n	h	f	s	t	g	m	k	e												
EU(PS2732H)	N	H	F	S	T	G	M	K	E												
50(DIN66024)	N	H	F	S	T	G	M	K	E												
BB(VDI3256)	o	s	h	a	n	v	d	t	k												
Schaltbefehle	Block- bzw. Satznummer	Operationsbefehl	Vorschub	Spindeldrehzahl	Werkzeugwahl	Steuerbefehle	Hilfsbefehle	Reservebefehl	Reservebefehl												
Befehls-Nr.	4	11	3	5	6	10	7	15	9												
Dezimalstelle	41	42	43	11	12	13	31	32	51	52	61	62	63	101	102	11	12	151	152	192	
E4	X	X		X	X	X		X	X	X											
E5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Die Satznummernanzeige wird grundsätzlich dreistellig ausgeführt, so daß 999 Sätze programmiert werden können. Die Satzsuchlaufeinrichtung gewährleistet analog zu der bei E4 beschriebenen Blocksuchlaufeinrichtung das Auffinden beliebiger Sätze innerhalb des Programms sowie eine Kontrolle des Lochstreifens vor Beginn der Bearbeitung. Die Kontroll-einrichtung der Steuerung überprüft dabei die Informationen des Lochstreifens auf Parität sowie auf richtige Wortlänge. Angaben über die Verarbeitung von Betriebszeichen der Korrespondenzautomaten sowie über die möglichen Codierungen entsprechen denen der Baugruppe E4.

Die Einlesefrequenz des Lochstreifens beträgt ebenfalls 50 Hz - 20 Prozent. Die Lochbandadresseneingabe E5 enthält als Unterprogramm die Möglichkeit der Vierseitenbearbeitung, die besonders für Maschinen mit Rundtisch geeignet ist.

Die Lochbandadresseneingabe E6 stellt die größte Ausbaustufe einer Lochstreifeneingabe dar. Ihre Befehlsspeicherkapazität wurde auf 18 Dezimalstellen erhöht (Bild 5). Alle übrigen Parameter der Baugruppe E5 gelten uneingeschränkt, so daß mit Hilfe von E6 komplizierteste Steuerungsprobleme gelöst werden können.

Zusatzbaugruppen

Diese Baugruppen dienen der funktionellen Komplettierung der bisher beschriebenen Grundausrüstungen und Eingabemittel. Sie sind entsprechend Bild 6 einsetzbar.

	B11	B12	Z1	Z2	Z3	Z4	Z6.1	Z6.2	A12
E2	x		x	x	x	x	x		x
E2		x	x	x	x	x		x	x
E3	x		x		x		x		x
E3		x			x			x	x
E4	x				x		x		x
E4		x			x			x	x
E5/6	x		x	x	x	x	x		x
E5/6		x	x	x	x	x		x	x

Bild 6: Kombinationsmöglichkeiten der Baugruppen

Mit der Zusatzbaugruppe Z1 werden die Voraussetzungen geschaffen, um die von den Grundausrüstungen maximal drei seriell steuerbaren Koordinaten um weitere drei zu ergänzen. Diese sechs Achsen sind ausnahmslos seriell verfahrbar, wobei der Funktionsgehalt der Grundausrüstungen, wie z. B. Verarbeitung von Fest-, Soll-, Korrektur-, Vorabschalt- und Meßwerten, auf alle Koordinaten übertragen wird.

Die Zusatzbaugruppe Z2 muß projektiert werden, wenn z. B. zum Zweck der Optimierung der Positionierzeit bei Punktsteuerungen zwei Koordinaten gleichzeitig positioniert werden sollen. Die vorhandenen Achsen werden in zwei Achsgruppen aufgeteilt. Gleichzeitig können nur solche Koordinaten positioniert werden, die unterschiedlichen Achsgruppen angehören. Die Achsen einer Achsgruppe sind seriell positionierbar.

Für die beiden Achsgruppen erfolgt eine getrennte Bereitstellung der errechneten Verfahrrichtungen bzw. des Hauptkoizidensignales über potentialfreie Kontakte.

Mit Hilfe der Zusatzbaugruppe Z3 werden drei Vorabschaltgruppen mit je drei Vorabschaltwerten realisiert. Die seriell zu positionierenden Koordinaten, bei Projektierung mit Z2 die Koordinaten einer Achsgruppe, sind den drei Vorabschaltgruppen zuzuordnen. Die Bereitstellung der durch die drei Vorabschaltwerte gebildeten vier Vorschubbereiche erfolgt über potentialfreie Kontakte.

Der Bildung von zwei Vorabschaltgruppen mit je drei Vorabschaltwerten für die Koordinaten der zweiten Achsgruppe bei Einsatz der Zusatzbaugruppe Z2 dient die Zusatzbaugruppe Z4. Analog zu Z3 erfolgt die Zuordnung der Koordinaten zu den Vorabschaltgruppen sowie die Bereitstellung der Ausgangssignale über getrennte, potentialfreie Kontakte.

Mit Hilfe der Zusatzbaugruppe Z6.1 kann eine Meßbereichserweiterung für das Meßsystem WMS 10⁵sp durchgeführt werden. Da das Meßsystem einen Meßbereich von maximal fünf Dezimalstellen aufweist, erstreckt sich die Bereichserweiterung auf die 6. und 7. Dezimalstelle. Im einzelnen sind maximal folgende Projektierungsbeispiele realisierbar:

eine Achse um 4 bit in der 6. Dezimalstelle und um 2 bit in der 7. Dezimalstelle sowie eine Achse um 3 bit in der 6. Dezimalstelle oder	} Variante 1	

eine Achse um 4 bit in der 6. Dezimalstelle und um 3 bit in der 7. Dezimalstelle sowie eine Achse um 2 bit in der 6. Dezimalstelle oder	} Variante 2	

eine Achse um 4 bit in der 6. Dezimalstelle sowie eine Achse um 3 bit in der 6. Dezimalstelle und eine Achse um 2 bit in der 6. Dezimalstelle.	} Variante 3	

Die Meßpunkte sind an der Maschine mittels Nocken und Endschalter darzustellen.

Für das Meßsystem WMS 10⁵sp bildet die Zusatzbaugruppe Z6.2 die Meßbereichserweiterung. Die vom Meßsystem erfaßten sechs Dezimalstellen können in der 7. Dezimalstelle maximal für eine Achse um 2 bit und für eine Achse um 1 bit erweitert werden. Die Ausbildung der Meßpunkte an der Maschine erfolgt analog zu Z6.1.

Anzeigeeinheiten

Die Anzeigeeinheit A1 bildet eine sechsstellige, dezimale Ziffernanzeige mit Vorzeichen für die Wegpositionen. Diese Baugruppe ist im Steuerungsschrank montiert und bei Anwesenheit der Block- bzw. Satznummernanzeige mit dieser kombiniert. Während des Positioniervorganges kann nach (1) die Differenz A1 für alle Achsen sichtbar gemacht werden, wobei die Achsumschaltung automatisch erfolgt, falls Z2 nicht projektiert ist, eine spezielle Betriebsart gestattet weiterhin die Anzeige des programmierten Sollwertes sowie des relativen und absoluten Meßwertes.

Anzeigeeinheit A2 stellt eine konstruktiv getrennte Lösung des Anzeigeteiles von der Steuerung dar. In dieser Ausführung, die sich funktionell nicht von A1 unterscheidet, ist die Anzeige für die Wegpositionen beispielsweise an der Maschine montierbar. Bei Steuerungen, die zunächst ohne Anzeigeeinheit projektiert wurden, besteht jederzeit die Möglichkeit der nachträglichen Ausrüstung mit A2.

Konstruktiver Aufbau

Die Grundlage für den konstruktiven Aufbau des Steuerungssystems BNC-3 bildet ein Schaltschrank des Gefäßsystems „ursamat“ nach TGL 22521. Die Abmessungen dieses Schrankes betragen 1600 × 700 × 500 mm. Außerdem kommt ein Filteruntersatz von 100 × 700 × 500 mm sowie ein Belüftungsaufsatz mit den Abmessungen 150 × 700 × 500 mm zum Einsatz. Die Gesamtabmessungen betragen somit 1850 × 700 × 500 mm. Der Schaltschrank enthält einen um 120° schwenkbaren Drehrahmen sowie eine Tür, die sich beide zur Rückseite des Schrankes hin öffnen lassen. Dadurch wird eine gute Zugänglichkeit zu allen Bauelementen der Steuerung gewährleistet. Die benötigte Aufstellfläche unter Berücksichtigung von herausgeschwenktem Rahmen und geöffneter Tür beträgt etwa 1 m². Um die notwendige Standsicherheit zu erreichen, ist der Schrank mit Hilfe von Steinschrauben im Boden zu verankern. Die vom Steuerungsschrank wegführenden Kabel werden luftdicht durch dessen Boden nach unten geführt.

Der Drehrahmen des Schrankes nimmt die Einsatzrahmen nach TGL 22508 auf und diese die geschützten und ungeschützten Karten- und Netzteilbausteine. Dazu werden geeignete Plastführungsschienen sowie Befestigungsmittel für die Steckverbindungen benötigt. Die eingesetzten Bausteine entsprechen, bedingt durch das Gefäßsystem, dem Modul 20 (Bild 7). Für die logischen Funktionsgruppen kommen un-

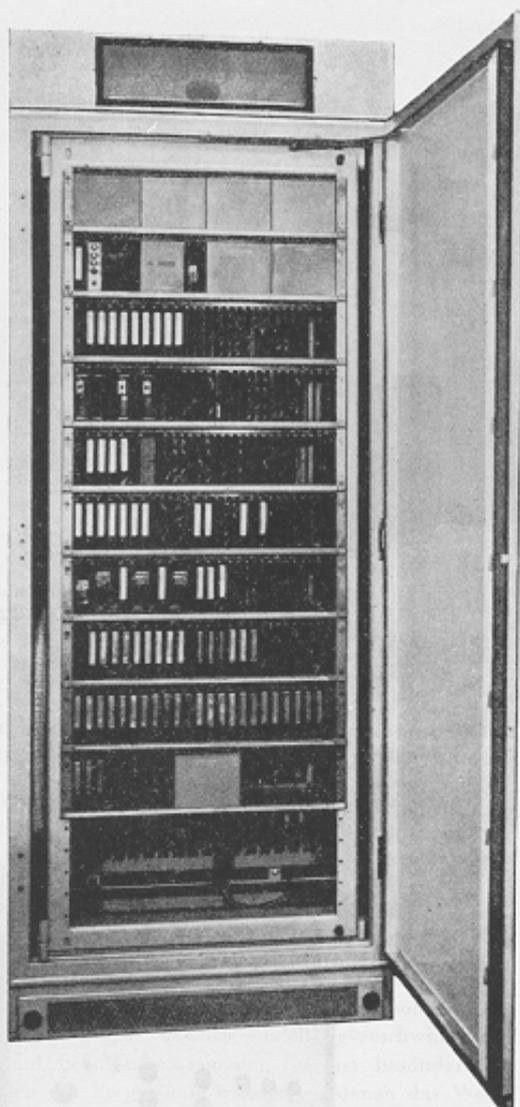


Bild 7: Ansicht des Drehrahmens – Bausteinseite; Werkfoto

geschützte Kartenbausteine der Systeme „Wemalog 2“ und „ursalog“ zur Anwendung. Maschinen- und codeabhängige Funktionen werden auf speziellen Matrixbausteinen gebildet. Für die Stromversorgung wurden geschützte Netzteilbausteine entwickelt, der Stabilisierung dienen Typen des „ursalog“-Systems.

Die Verdrahtung des Steuerungsschranks (Bild 8) erfolgt mit Hilfe der erprobten Wickeltechnik. Gegenüber der konventionellen Löttechnik sind besonders die Erhöhung der Betriebssicherheit sowie die Rationalisierung der Verdrahtungstechnologie besonders vorteilhafte Merkmale. Zur Aufnahme der Verdrahtung dienen Leitungskämme aus PVC, die jeweils V-förmig zwischen den Einsatzrahmen angeordnet sind. Die Verdrahtungsdichte wird so beeinflusst, daß jeder Anschlußpunkt gut zugänglich ist. Die den Drehrahmen verlassenden Leitungen bilden in der Nähe des Drehpunktes einen Stamm, so daß sie mühelos zur Bedientafel bzw. zu den Steckverbindungen geführt werden können.

An der Bedienseite des Steuerungsschranks wurden mit Hilfe einer zweckmäßigen Formgestaltung gleichzeitig funktionelle Elemente geschaffen. Der die Bedienfläche in drei Abschnitte gliedernde Rahmenaufbau aus Aluminium nimmt

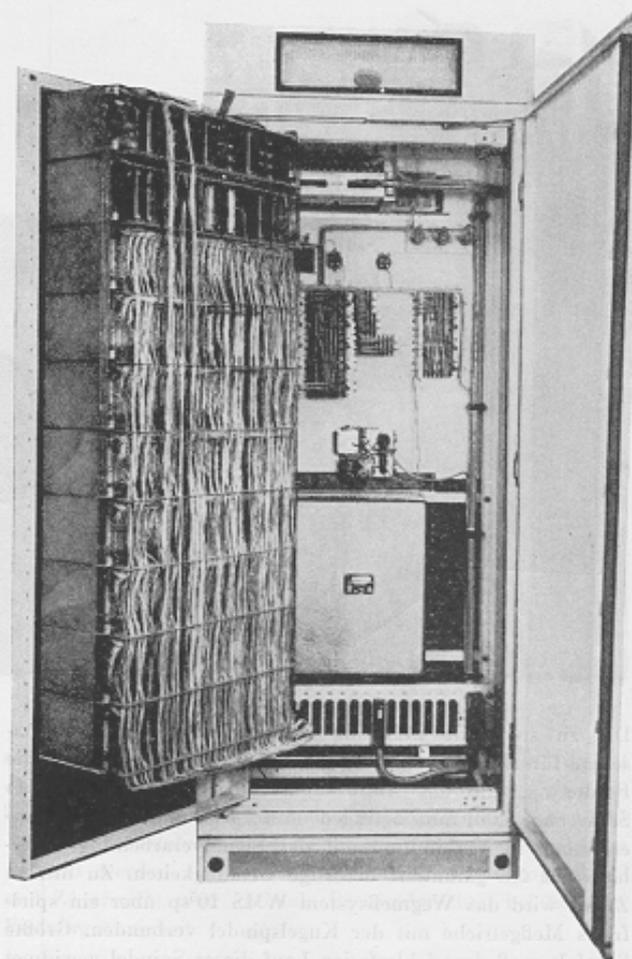


Bild 8: Ansicht des Drehrahmens – Verdrahtungsseite; Werkfoto

die Lochstreifenkassette sowie die Schiebetür zur Sicherung des Lochstreifenlesers und wichtiger Bedienelemente auf. Im Zusammenwirken mit den übrigen Anzeige- und Bedienelementen gewährleistet das Bedientableau durch seine übersichtliche und zweckmäßige Anordnung ein Höchstmaß an Komfort für den Bedienenden.

Anwendungsbeispiele

Diese Ausführungen sollen dem Leser die vielfältigen Probleme verdeutlichen helfen, die mit Hilfe einer numerischen Steuerung vom Typ BNC-3 gelöst werden können. Dabei erheben die dargestellten Beispiele keinen Anspruch auf Vollständigkeit, da wir ständig an der Projektierung dieses Steuerungssystems für weitere Maschinentypen arbeiten.

Maschinentyp BKOZ 900 × 1400 NC 2

Maschinenhersteller: VEB Mikromat Dresden

Diese Maschine wurde mit einer numerischen Steuerung des Systems BNC-3 ausgerüstet. Sie besteht aus den Baugruppen:

E2; G1.1; Z2, Z3, Z4, Z6.1; A1.

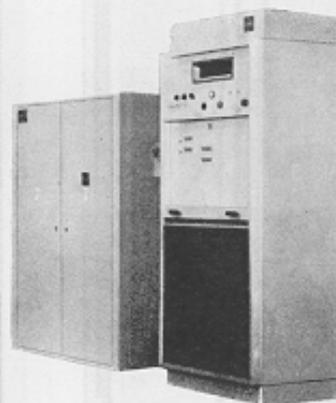
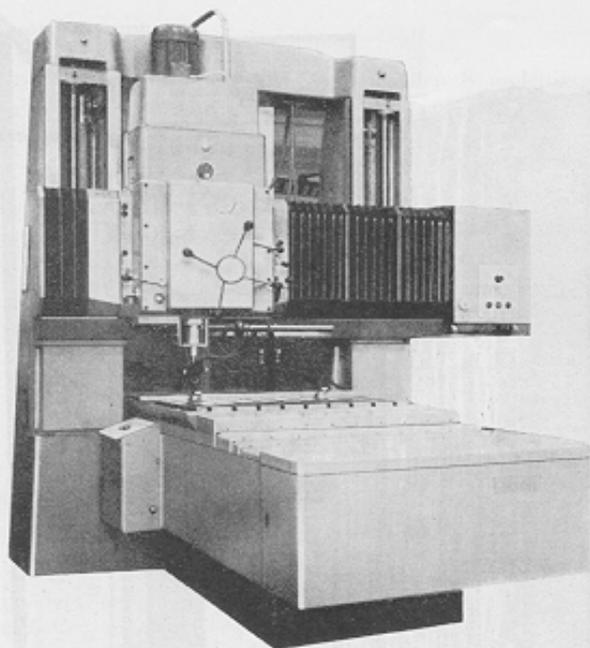


Bild 9: Koordinatenbohrmaschine
BkoZ 900 X 1400 NC 2 mit BNC3;
Werkfoto

Die zu steuernde Maschine ist eine Koordinatenbohrmaschine für Hochgenauigkeitsbearbeitung. Daraus resultiert die Forderung, daß das Auflösungsvermögen der numerischen Steuerung 0,001 mm betragen muß. Die digitale Meßwert- erfassung in Verbindung mit der Signalverarbeitung innerhalb der NC garantiert derartige Genauigkeiten. Zu diesem Zweck wird das Wegmeßsystem WMS 10³sp über ein spiel- freies Meßgetriebe mit der Kugelspindel verbunden. Größte Sorgfalt muß dem fehlerfreien Lauf dieser Spindel gewidmet werden. Eine weitere meßtechnische Besonderheit stellt der Meßbereich der x-Koordinate von 1400,000 mm und 900,000 mm der y-Koordinate dar. Wegen der Verwendung des Meßsystems WMS 10³sp macht sich der Einsatz der Zusatzbaugruppe Z6.1 mit der 6. und 7. Dezimalstelle erforderlich. Zweckmäßig angeordnete Endschaltergruppen an der Maschine liefern die Informationen für diese Zusatzbau- gruppe.

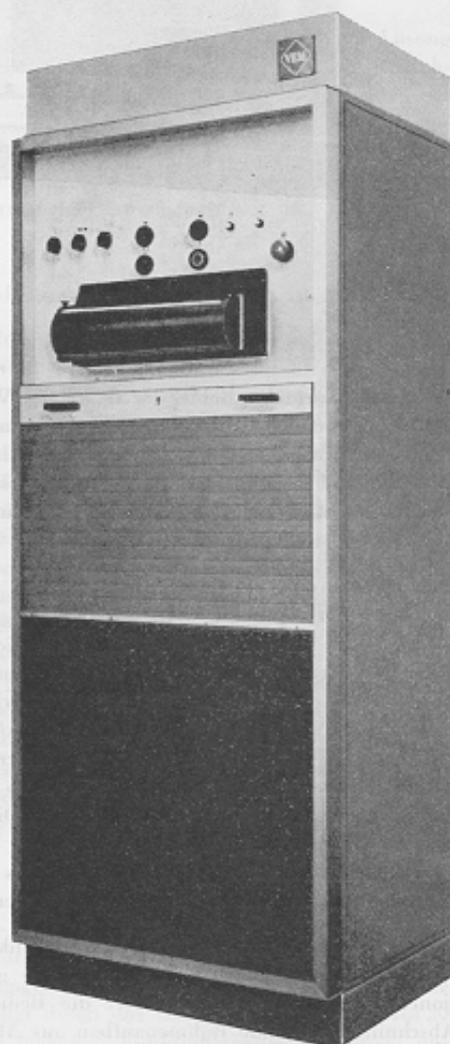
Den bisherigen Ausführungen sowie dem Bild 9 ist zu ent- nehmen, daß es sich bei dieser Anlage um eine Positionier- steuerung für zwei Achsen handelt. Diese werden mit Hilfe der erweiterten Handeingabe E2 programmiert. Dabei muß als besonderer ökonomischer Vorteil betrachtet werden, daß die zu verarbeitenden Sollwerte voreinstellbar sind. Dieser Vorgang ist wie folgt zu beschreiben:

Die in den beiden Schaltergruppen eingestellten Sollwerte der zwei Koordinaten werden durch Betätigen des Start- tasters in den Sollwertspeicher zur Abarbeitung übernom- men. Während der nun ablaufenden Positionierung können an den Sollwertschaltern bereits die Koordinatenwerte für die folgende Positionierung vorgewählt werden. Dadurch ist die Anlage nach der Ausführung der Weg- und Schaltinfor- mationen sofort wieder startbereit.

Die konstruktiv im Steuerungsschrank angeordnete Anzeige für die Wegpositionen A1 gilt als wichtiges Hilfsmittel für die Kontrolle der Genauigkeitspositionierung sowie bei Ver- wendung der Anlage als Meßmaschine.

Beim Einsatz der Maschine für Bohrarbeiten wird die NC als Punktsteuerung verwendet. Da auch Fräsarbeiten ausge- führt werden können, macht sich die Auslegung des Steue- rungssystems als Streckensteuerung zusätzlich erforderlich.

Bild 10: Steuerungsschrank Typ BNC-3 für die Maschine DP 630/1 NC;
Werkfoto

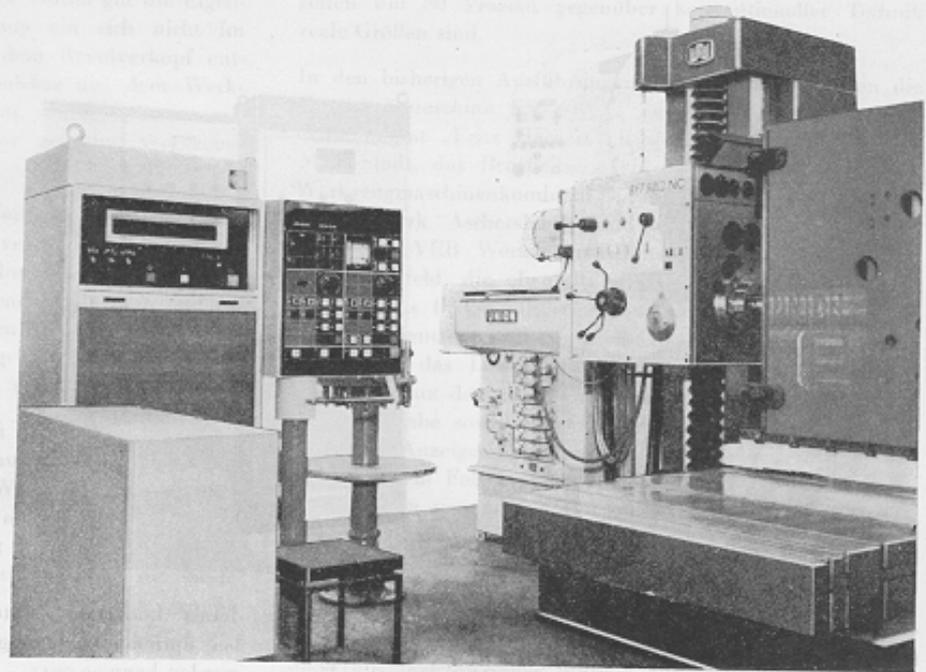


derplatten ausgerüstet. Als besondere Vorteil gilt die Eigenschaft, daß während der Bearbeitung die sich nicht im Eingriff befindendes Werkzeug aus dem Revolverkopf auszuwechseln und an diese Stelle zu stellen, an dem Werkzeugschritt eingewechselt werden kann.

Erzwingend zu dem automatisierten Vorgehen ist die ständige Überwachung des Werkzeugverschleißes durch die Werkzeugverschleißmeßvorrichtung, die zusammen mit dem Werkzeugverschleißmeßsystem die automatische Steuerung vom Fein- bis zum grob- und mittel- bis feinstschneidenden Werkzeugverschleiß ermöglicht.

Als steuerungs-technische Besonderheiten sind die entsprechenden Korrekturschalter, um die Möglichkeiten für die Verstellung der Werkzeugverschleißmeßvorrichtung zu gewährleisten.

Bild 11: Waagrecht-Bohr- und Fräsmaschine BFT 90/3 NC mit BNC-3; Werkfoto



Maschinentyp DP 630/1 NC

Maschinenhersteller: VEB Werkzeugmaschinenfabrik Zerbst
 Diese Maschine ist ebenfalls mit einer numerischen Steuerung des Systems BNC-3, bestehend aus folgenden Baugruppen, ausgerüstet:
 E3; G1.1; Z3.

Es handelt sich hier um eine Plandrehmaschine. Drehmaschinen stellen an numerische Steuerungen besondere Anforderungen hinsichtlich der Bereitstellungsgeschwindigkeit der Weg- und Schaltinformationen. Das ist besonders an solchen Stellen des Programms wichtig, an denen das Werkzeug nach Erreichen der Sollposition in freischneidendem Eingriff verbleibt. Die Kugelschrittschaltwerkeingabe E3 bietet sich für derartige Einsatzgebiete an, da sie die Informationen in kürzester Zeit blockweise bereitstellt.

Bild 10 zeigt ein Beispiel für die Eingabebaugruppe E3. Hier werden zwei Koordinaten mit Hilfe einer Streckensteuerung positioniert. Die sieben zur Verfügung stehenden Korrekturschaltergruppen werden vom Programmträger aufgerufen und gestatten umfassende Korrekturmöglichkeiten. Das vierzigspaltige Kugelschrittschaltwerk gewährleistet die Programmierung umfangreicher Weg- und Befehlsinformationen, so daß mit der Eingabebaugruppe E3 ein vollautomatischer Bearbeitungsablauf ausgeführt werden kann.

Maschinentyp BFT 90/3 NC

Maschinenhersteller: VEB Werkzeugmaschinenkombinat Union Gera, Werk Karl-Marx-Stadt

Die Waagrecht-Bohr- und Fräsmaschine BFT 90/3 NC erfordert zur Realisierung ihrer Funktionen die Ausrüstung mit den Baugruppen

E6; G1.1; Z2, Z3, Z4 und A1.

Die Maschine verfügt über drei translatorische Koordinaten sowie über einen Drehtisch für diskrete Winkellagen von 0°, 90°, 180° und 270°. Die vierte Dimension wird durch

weisen von 20 Programmen gegenüber der Standard-Tafelwahl möglich sind.

In den bisherigen Ausführungen wurde die

einen festgelegten Befehl gesteuert. Die Drehachse versetzt den Betreiber in die Lage, Werkstücke von vier Seiten zu bearbeiten. Bei Verwendung als Punktsteuerung können mit Hilfe der Zusatzbaugruppe Z2 gleichzeitig zwei Koordinaten verstellt werden. In Verbindung mit den Baugruppen Z3 und Z4 erreicht man optimale Positionierzeiten bei höchster Einfahrgenauigkeit.

Bild 11 zeigt den Steuerungsschrank in verschlossenem Zustand. Unter dieser Abdeckung befinden sich die bekannten Bedienelemente für die Nullung und die Korrektur der Werkzeuge, die Handeingabe der Sollwerte, die Koizidenzfälschung und die Satznummernvorwahl sowie der Lochstreifenleser. Die Ausführung von Fräsarbeiten erfordert auch von dieser Anlage eine Auslegung als Streckensteuerung, während die Bohrzyklen durch Positionierung mittels Punktsteuerung verwirklicht werden.

Diese Maschine garantiert durch die Ausrüstung mit einer numerischen Steuerung vom Typ BNC-3 einen hohen Automatisierungsgrad und wird damit der Forderung nach ständiger Steigerung der Arbeitsproduktivität in vollem Umfang gerecht.

Maschinentyp FSRS 250 x 1000 NC

Maschinenhersteller: VEB Werkzeugmaschinenkombinat „Eritz Heckert“ Karl-Marx-Stadt, Werk Auerbach

Wir stellen eine weitere Maschine mit numerischer Steuerung des Systems BNC-3 mit den Baugruppen

E5; G1.2; Z3 vor.

Diese Konsollfräsmaschine mit einem sechsfachen Sternrevolverkopf sowie einem siebenten Werkzeug an einer Waagrechtspindel gestattet im Zusammenwirken mit der numerischen Steuerung die dreidimensionale Bearbeitung außerordentlich komplizierter Werkstücke.

Die Besonderheit dieser Anlage besteht darin, daß die Wegmeßsysteme WMS 10^{sp} des VEB Carl-Zeiss Jena zum Einsatz kommen. Auf Bild 12 sind diese Meßsysteme deutlich

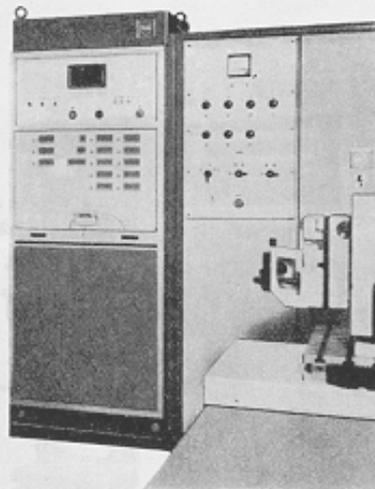
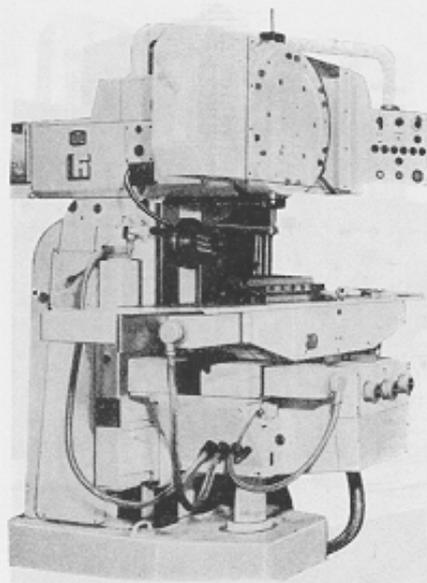


Bild 12:
Konsolfräsmaschine FSR5 250 × 1000 NC
mit BNC-3; Werkfoto

zu sehen. Sie stellen gegenüber WMS 10⁵sp eine bedeutend platzsparendere Konstruktion bei erweitertem Meßbereich dar. Die projektierte Grundausrüstung G1.2 läßt die Verwendung der Meßsysteme WMS 10⁵sp bereits erkennen. Die Anlage wird grundsätzlich als Streckensteuerung betrieben. Die Fräserradienkompensation sowie die Werkzeuglängen- und -durchmesserkorrekturen sind mit Hilfe von zehn frei programmierbaren Korrekturschaltergruppen ausführbar.

Mit dieser numerisch gesteuerten Maschine wird ein Werkstück bearbeitet, wofür alle sieben Werkzeuge erforderlich sind. Das Programm umfaßt 150 Sätze, die auf Grund der Optimierung des Positionierverhaltens mit der Baugruppe Z3 in nur 30 Minuten abgearbeitet werden. Für einen Satz verbleiben mithin durchschnittlich 12 Sekunden Einlese- und Positionierzeit. Aus dieser Problematik wird deutlich, welche Steigerung der Arbeitsproduktivität mit

derart hochgradig automatisierten Verarbeitungsmaschinen bei optimaler Nutzung ihres Funktionsvermögens erreicht werden kann.

Maschinentyp C 400/01 NC

Maschinenhersteller: VEB Werkzeugmaschinenkombinat „Fritz Heckert“ Karl-Marx-Stadt, Werk Karl-Marx-Stadt

Ein weiteres Beispiel für den Einsatz des numerischen Steuerungssystems BNC-3 für die Automatisierung von Werkzeugmaschinen zeigt das Bearbeitungszentrum C 400/01 NC in Bild 13. Für die umfangreichen steuerungstechnischen Aufgaben werden die Baugruppen

E6; G1.1; Z1, Z3, Z6.1; A1

benötigt.

Diese Werkzeugmaschine ist mit einem sechsspindeligen Revolverkopf sowie einem Werkzeugmagazin mit zwölf Spei-

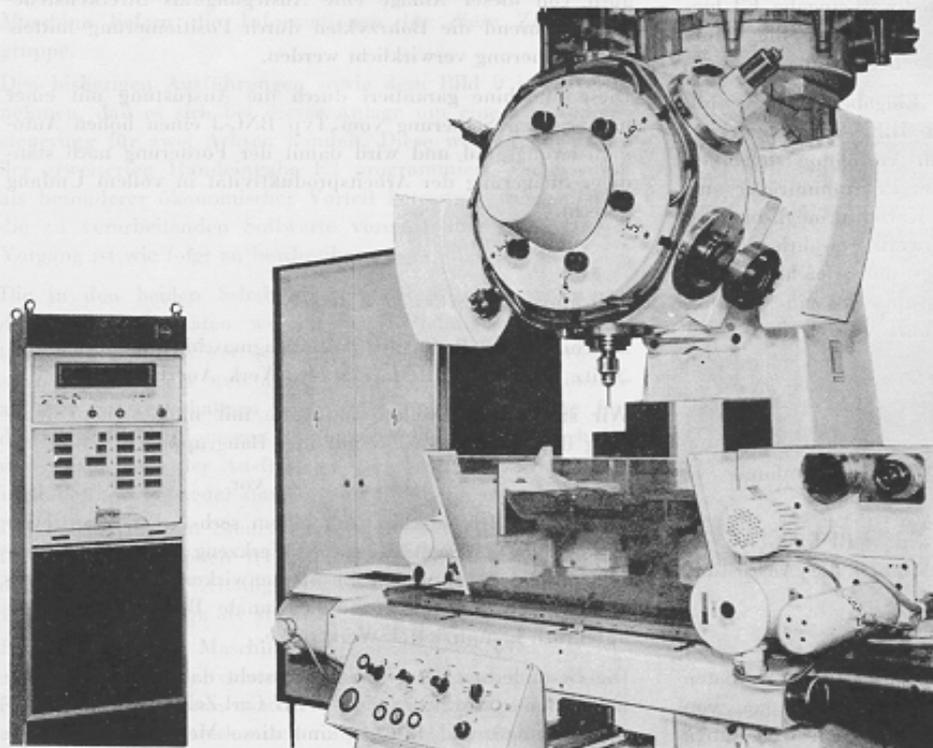


Bild 13: Bearbeitungszentrum C 400/01
mit BNC-3; Werkfoto

derplätzen ausgerüstet. Als besonderer Vorteil gilt die Eigenschaft, daß während der Bearbeitung ein sich nicht im Eingriff befindendes Werkzeug aus dem Revolverkopf entnommen und an diese Stelle ein solches aus dem Werkzeugmagazin eingesetzt werden kann. Es entfallen somit sämtliche Werkzeugumrüstzeiten, der gesamte Werkzeugwechsel ist programmierbar.

Ergänzend zu dem umfangreichen Werkzeugangebot vervollständigt eine um beliebige Winkel verstellbare Werkstückschwenkeinrichtung mit waagrecht liegender Schwenkachse diese Werkzeugmaschine zu einem Bearbeitungszentrum. Die beschriebenen Einrichtungen gestatten in Verbindung mit der numerischen Steuerung vom Typ BNC-3 eine automatische, allseitige Komplettbearbeitung der Werkstücke.

Als steuerungstechnische Besonderheit gelten die 15 extern angeordneten Korrekturschalter, um ausreichende Korrekturmöglichkeiten für die Vielzahl der Werkzeuge zu schaffen. Der Aufruf dieser Schalter erfolgt analog zu den steuerung-internen durch Programmierung im Lochstreifen. Die Drehachse der Werkstückschwenkeinrichtung stellt die vierte Bewegungsdimension dar, weswegen die Zusatzbaugruppe Z1 Verwendung fand.

Der Verstellweg der Längsachse beträgt 1120,00 mm, so daß für die Messung der 6. Dezimalstelle die Zusatzbaugruppe Z6.1 projektiert werden mußte. Als außerordentlich zweckmäßig für die Nullung und die Kontrolle der Bearbeitungsgenauigkeit hat sich der Einsatz der Anzeigeeinheit A1 erwiesen. Die Positionsanzeige ist im oberen Teil des Steuerungsschranks konstruktiv mit der Satznummernanzeige vereinigt.

Die Eingabebaugruppe E6 gewährleistet die umfangreiche Programmierung der drei translatorischen sowie der rotatorischen Koordinaten. Außerdem werden sämtliche Befehlsinformationen für den komplizierten Bearbeitungsablauf von der größten Ausbaustufe der Lochstreifeneingabe des Steuerungssystems BNC-3 bereitgestellt.

Als Resümee des numerisch gesteuerten Bearbeitungszentrums kann eingeschätzt werden, daß eine Stückzeitsenkung, z. B. bei der Komplettbearbeitung eines Lagers, um 78 Prozent und eine Reduzierung der Vorbereitungs- und Abschluß-

zeiten um 80 Prozent gegenüber konventioneller Technik reale Größen sind.

In den bisherigen Ausführungen nicht erwähnt wurden die *Konsolfräsmaschine FSS 400/XI* des VEB Werkzeugmaschinenkombinat „Fritz Heckert“ Karl-Marx-Stadt, Werk Karl-Marx-Stadt, das *Bearbeitungszentrum HFZ 1600* des VEB Werkzeugmaschinenkombinat „Fritz Heckert“ Karl-Marx-Stadt, Werk Aschersleben und das *Bearbeitungszentrum C 200* des VEB Werkzeugmaschinenkombinat Union Gera, Werk Saalfeld, die ebenfalls mit numerischen Steuerungen des Systems BNC-3 ausgerüstet wurden. Die genannten Bearbeitungszentren stellten dabei besonders hohe Anforderungen an das Leistungsvermögen des Steuerungssystems. Durch Einsatz der umfangreichsten Ausbaustufen der Lochstreifeneingabe sowie aller zweckmäßigen Zusatzbaugruppen und einer Anzeigeeinheit konnten die gestellten Anforderungen in jedem Fall befriedigt werden. Insbesondere galt es, Verfahrenswege von etwa 10 m und über 100 Werkzeuge zu programmieren und zu positionieren.

Die dargestellte Palette der mittels BNC-3 numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen gibt einen Einblick in die außerordentlich vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten dieses Steuerungssystems. Seine optimal ausgelegte innere logische Struktur, gepaart mit einer modernen Verdrahtungstechnologie, ermöglicht ein Höchstmaß an Betriebssicherheit. Der schaltungstechnische und konstruktive Aufbau nach einem Baukastensystem schafft die Voraussetzungen für eine den Bedingungen angepaßte und deshalb ökonomische Lösung jedes Steuerungsproblems für Be- und Verarbeitungsmaschinen.

Literatur

- [1] Wernsing, E.: „Inkrementale Punkt- und Streckensteuerung Typ IS 110 bis IS 220“. Der VEM-Elektro-Anlagenbau 5 (1969) Messe-Sonderheft, S. 7-15
- [2] Roland, G.: „Verrechnung dezimal-binär codierter Parameter in numerischen Steuerungen“. Der VEM-Elektro-Anlagenbau 5 (1969) Messe-Sonderheft, S. 18-23