
ZUSE

P 107

Befehlsdarstellung
und Programmaufbau
ZUSE Z64

Z U S E Z 64

Befehlsdarstellung und Programmaufbau

Ausgabe 1967

Befehlscode der Z U S E Z 64

Der GRAPHOMAT, ZUSE Z 64 ist ein von Lochstreifen bzw. Lochkarten gesteuerter Zeichentisch. Die Bewegungen der Zeichenstifte werden von zwei Spindeln gesteuert, die ihrerseits von einem Motor über zwei binäre Stufengetriebe angetrieben werden. Die Getriebe besitzen je 5 Stufen, die von Stufe zu Stufe im Verhältnis 2:1 untersetzt sind, und deren Wirkung sich entsprechend dem Binärsystem addieren.

$\frac{16}{16}$	+	$\frac{8}{16}$	+	$\frac{4}{16}$	+	$\frac{2}{16}$	+	$\frac{1}{16}$
-----------------	---	----------------	---	----------------	---	----------------	---	----------------

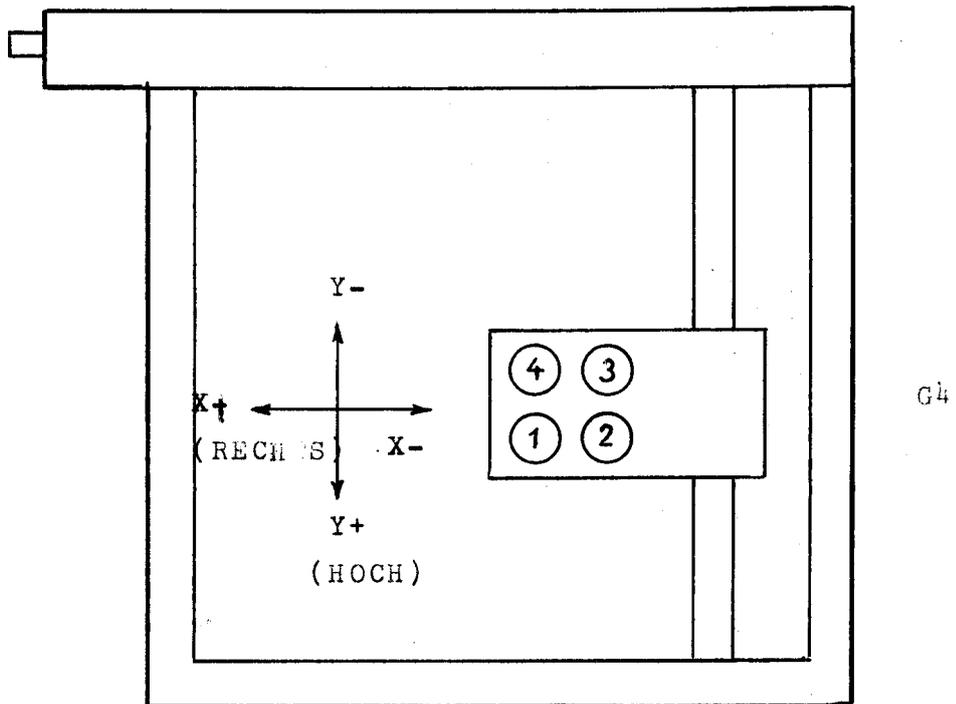
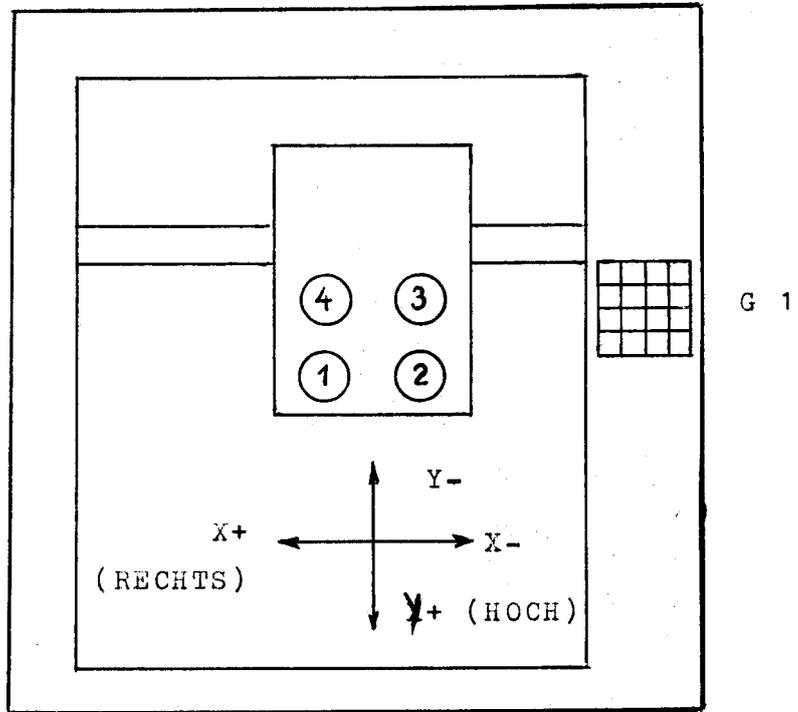
Die niedrigste Binärstufe bewirkt einen Stiftvorschub von $+1/16$ mm pro Arbeitstakt, die höchste positive einen von $+8/16$ mm, die negative Stufe einen von $-16/16$ mm. Die negative Stufe ist allein ohne irgendeine positive Stufe wegen des Befehlscodes (siehe unten) nicht möglich. Pro Arbeitstakt beträgt der größte Stiftvorschub in jeder Koordinatenrichtung somit $+ 15/16$ mm beim Zeichnen. In der Sekunde werden 24 Arbeitstakte ausgeführt, so daß in jeder Koordinate die größte Geschwindigkeit 22,5 mm pro Sekunde beträgt.

Die Getriebe des GRAPHOMAT werden in jedem Arbeitstakt über die Transistorsteuerung von binären Fahrkommandos eingestellt, die bei Nichtbenutzung des als Zusatz vorgesehenen Transistorrechners entweder in Lochstreifen oder Lochkarten bereits in der binären Form gestanzt sind. Darüberhinaus gibt es gewisse Sonderkommandos zum Bedienen der Stifte, die, ebenfalls verschlüsselt, auf den Lochstreifen oder der Lochkarte stehen.

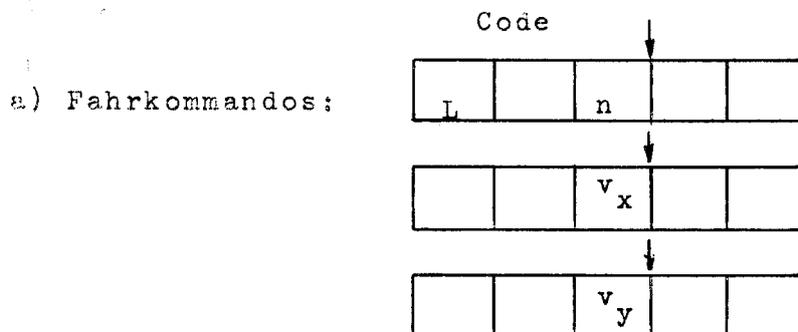
Die Fahrbefehle werden durch 3 Fünflochkombinationen, die Sonderkommandos durch eine Fünflochkombination im Fünfkana-Lochstreifen dargestellt. Im folgenden bedeutet L eine Lochung,

ANORDNUNG DER ACHSEN

UND STIFTE BEI DER Z 64



0 keine Lochung an der betreffenden Stelle. Die Anordnung ist so getroffen, daß das Transportloch im Fünfkanalstreifen zwischen der 3. und 4. Binärstelle von links gerechnet (siehe Pfeil) liegt.



Das erste Bit der ersten Lochreihe steht auf L. Dies ist das Kennzeichen dafür, daß es sich um einen Fahrbefehl handelt. Die nächsten 4 Bits enthalten die Zahl n rein binär verschlüsselt, die angibt, über wieviel Arbeitstakte die nachfolgend angegebenen Geschwindigkeiten v_x , v_y beibehalten werden sollen. $n=0$ ist sinnlos, deshalb ist dem Wert 0 der Wert 16 zugeordnet. Für n sind also die Werte 1 bis 16 möglich. Die beiden nächsten Lochreihen enthalten die Geschwindigkeiten v_x und v_y im Binärsystem. Das erste Bit enthält das Vorzeichen und ist 0 oder L, je nachdem die Geschwindigkeit positiv oder negativ (binäres Komplement) ist. Die nächsten 4 Bits enthalten die Geschwindigkeiten rein binär. Negative Werte von v werden durch das Komplement $16-|v|$ dargestellt ($1 \leq |v| \leq 15$). Der Wert $v=0$ wird jedoch durch die Kombination L0000 dargestellt.

Die Einheit beträgt $1/16$ mm Zeichenvorschub pro Arbeitstakt. Der Zeichenkopf bewegt sich in x- und y-Richtung gleichzeitig, so daß je Fahrbefehl eine kleine Strecke gezeichnet wird, deren Neigung und Länge durch v_x und v_y gegeben sind.

Der Zeichenkopf des GRAPHOMAT trägt 4 im Quadrat von 20 mm Seitenlänge angeordnete Stifte zum Zeichnen oder Gravieren. Anstelle einzelner Stifte können auch Stichel zum Stechen von

Punkten in den Zeichenkopf eingesetzt werden. Durch gewisse Sonderkommandos können die Stifte gehoben oder gesenkt werden. Es können Stifte verschiedener Stärke und verschiedener Farbe benutzt werden. Der Positionswechsel der Stifte wird durch Parallelverschiebung des Zeichenkopfes durch zweimaliges Geben des Fahrbefehls ($n=16$, $v_x = \underline{+ 10}$, $v_y = \underline{+ 10}$) durchgeführt.

Ein weiterer Sonderbefehl "Zwischenstop" veranlaßt, den GRAPHOMAT an bestimmten Stellen der Zeichnung zu stoppen, sobald ein bestimmter Stop-Schalter des GRAPHOMAT eingeschaltet ist. Anderenfalls wird dieser Sonderbefehl wirkungslos übergangen.

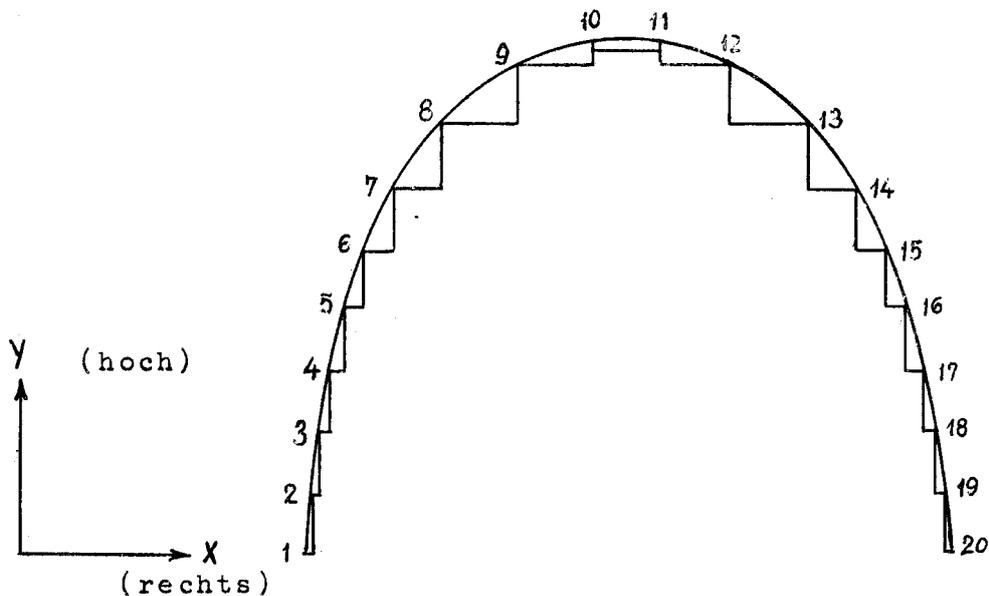
Sonderbefehle

0	0	0	0	L	Stift 1 senken
0	0	0	b	0	Stift 2 senken
0	0	0	L	L	Stift 3 senken
0	0	L	0	0	Stift 4 senken
0	0	L	0	L	alle Stifte heben
0	0	L	L	L	Zwischenstop
0	L	0	L	0	Gravierstift Nullkreis drehen
0	L	0	L	L	absoluter Stop

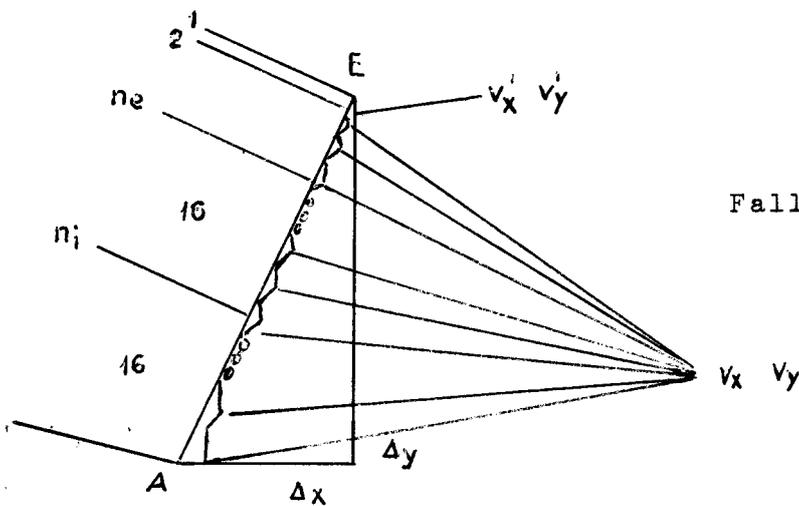
Zur Durchführung von Schichtgravuren auf bestimmten Spezialplatten (z.B. Astralon) wird der GRAPHOMAT mit Gravierstiften ausgestattet. Einer der Gravierstifte kann so geschliffen sein, daß durch Drehen des Stiftes Nullkreise gezeichnet werden können.

Die Nullkreise können einen Durchmesser von 0,8 oder 1,5 mm haben. Durch den Sonderbefehl "Nullkreis drehen", kann der

Gravierstift zweimal automatisch gedreht werden, um den Kreis eindeutig zu gravieren. Um bestimmte Kurvenzüge darzustellen, ist eine Folge von Befehlen notwendig, durch die ein Polygonzug gezeichnet wird. Die Längen der Polygonseiten sind so klein zu wählen, daß sich das Polygon der kontinuierlichen Kurve hinreichend gut nähert und eine Abweichung nicht mehr visuell feststellbar ist. Das Getriebe des GRAPHOMAT ist außerdem so gebaut, daß ein stoßfreies Aus- und Einkuppeln von der alten auf die neue Geschwindigkeit erfolgt, so daß die Polygonecken überdies noch automatisch abgerundet werden. Z. B. könnten zum Zeichnen eines Kurvenbogens folgende Fahrbefehle gegeben werden:



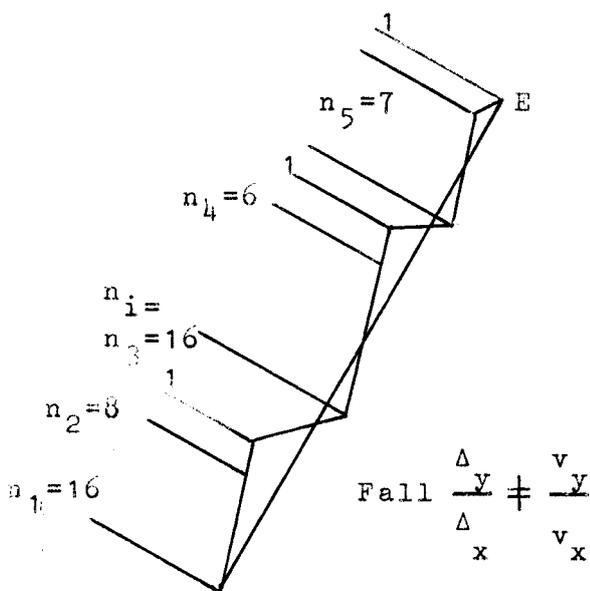
Punkte	Δx in 1/16mm	Δy	Anz.			zusätzlich	
			Takte n	v_x	v_y	1 Takt (n=1) v_x	v_y
1 - 2	66	165	11	6	15	-	-
2 - 3	64	160	10	6	15	4	10
3 - 4	60	130	8	7	15	4	10
3 - 5	45	65	5	9	13	-	-
5 - 6	42	60	6	7	10	-	-
6 - 7	40	30	3	12	9	4	3
7 - 8	31	16	2	11	6	9	4
8 - 9	30	10	2	15	5	-	-
9 - 10	20	0	2	10	0	-	-
10 - 11	18	-16	2	9	-8	-	-
.
.



Fall $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{v_y}{v_x}$

Entsprechend können auch längere Strecken mit einer Folge von Fahrbefehlen dargestellt werden. Lassen sich zu dem Verhältnis der Koordinatenunterschiede zwischen Anfangs- und Endpunkten Geschwindigkeitskomponenten v_x und v_y (beide kleiner als 15) finden, deren Verhältnis dem der Geraden entspricht, so genügt es, mehrmals die Kommandos (n_1, v_x, v_y) , $(n_2, v_x, v_y) \dots (n_e, v_x, v_y)$ mit gleichem v_x und v_y zu geben.

Die n -Werte sind so zu wählen, daß $(n_1 + n_2 \dots + n_e) \cdot v_x$ noch kleiner als der Unterschied der Koordinaten in der x -Richtung zwischen Anfangs- und Endpunkt der Strecke ist. Entsprechendes gilt für die y -Richtung. Die restliche Strecke von dem durch die Folge der Kommandos erreichten Punkt zu dem Endpunkt der Strecke kann dann mit einem zusätzlichen



Befehl wie oben kommandiert werden. Man wird, um möglichst wenig Kommandos zu haben, $n_i=16$ und n_e so groß setzen, daß man mit gleichem v_x und v_y möglichst nahe an den Endpunkt kommt, diesen aber nicht überschreitet.

Für den Fall, daß sich zum Anstieg der Gerade keine passenden Geschwindigkeitskomponenten finden lassen, setzt man $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{v_y}{v_x}$

und versucht v_y und v_x so zu bestimmen, daß r möglichst klein wird. Man setzt einen Wert $r=0$ (s.u.) und gibt zunächst die Kommandos (n_1, v_x, v_y) $(n_2, v_x, v_y) \dots$ wie im obigen Beispiel. Hierbei werden die n_i -Werte so bestimmt, daß die dabei auf-

tretende Abweichung von der Geraden in bezug auf die y-Richtung, also der Rest $R=(n_1+n_2\dots)\cdot r+r_s$, kleiner als 1 ist, aber $R+r$ größer als 1 ist. Um diese Abweichung von der Geraden (nur 1/16 mm) auszugleichen, schiebt man je nach Vorzeichen von R (+ oder (-)) den Befehl(1, v_x , v_y (F)1) ein und setzt $R+r$ (\bar{r}) $=r_s$. Anschließend wiederholt sich der Vorgang solange, bis man den Endpunkt nahezu erreicht. Das evtl. fehlende Streckenstück wird dann, wie oben, durch ein zusätzliches Kommando ausgefahren. Wie man sieht, wird dadurch der Fehler restlos ausgeglichen. Die kleinen Sprünge von 1/16 mm treten durch die Strichstärke nicht in Erscheinung. Die gemachten Ausführungen sind nur dazu gedacht, dem Leser einen Überblick über die Wirkungsweise des GRAPHOMAT zu verschaffen. Dem Benutzer des GRAPHOMAT werden jedoch diese Überlegungen durch Standardunterprogramme abgenommen, die sowohl die lineare Interpolation (Strecken) als auch die kubische Interpolation (Kurven) vornehmen und das Stanzen der Fahr- und Sonderbefehle durchführen. Diese Unterprogramme werden bei der Grundauführung des GRAPHOMAT für die ZUSE Z 22, ZUSE Z 23, ZUSE Z 31 und ZUSE Z 25 bereits mitgeliefert. Bei der Benutzung anderer Elektronenrechner in Verbindung mit dem GRAPHOMAT können diese Unterprogramme nach Absprache auch für diese Rechner programmiert werden. Die Zusammenarbeit im Elektronenrechner mit dem genannten Übersetzerprogramm geht wie folgt vor sich:

In einem übergeordneten Hauptprogramm des Programmierers werden die Koordinaten x, y^{+} der Punkte des zu zeichnenden Gebildes errechnet, bzw. durch eine Schleife von gewissen Speicherplätzen abgerufen. An den Stellen des Programms, wo diese Werte x, y zur Verfügung stehen, werden sie in vorgesehenen Zellen des Unterprogrammes gespeichert und das Unterprogramm wird aufgerufen. Das Unterprogramm stanzt nur

- a) im Fall der linearen Interpolation die Fahrbefehle

⁺) In dieser Beschreibung wird die mathematische Bezeichnung gebraucht. (+x=rechts, +y=hoch)

für die gradlinige Verbindung vom Ausgangspunkt bis zum Endpunkt der Strecke. Anschließend wird der Endpunkt anstelle des Ausgangspunktes gesetzt und ins Hauptprogramm zur Errechnung des nächsten Endpunktes zurückgesprungen;

- b) im Fall kubischer Interpolation aus den drei Koordinatenwertepaaren für 3 aufeinanderfolgende Punkte P_0 , P_1 und P_2 und der Tangentenrichtung bei P_0 als Bestimmungsstücke für die Kurve 3. Grades die Fahrbefehle für das Kurvenstück von P_0 bis P_1 . Anschließend werden die Punkte P_1 und P_2 anstelle der Punkte P_0 und P_1 gesetzt und ins Hauptprogramm zur Errechnung des nächsten Punktes zurückgesprungen. Die Tangentenrichtung bei P_0 ergibt sich jeweils aus dem vorangegangenen Kurvenstück. Für das erste Kurvenstück wird jedoch quadratisch interpoliert.

Außerdem sind im Hauptprogramm noch die Sonderkommandos zum Bedienen der Stifte z.B. "Stiftheben", "Stiftsenken" oder "Heranholen des Stiftes" (Parallelversetzung des Schreibkopfes) zu programmieren. Auch diese Befehle werden im Hauptprogramm nur durch Geben eines einzigen Rufbefehles auf kleine Unterprogramme ausgelöst, die das Stanzen der Parallelversetzung bzw. des Sonderkommandos vornehmen. Beiliegende schematische Skizzen mögen den Sachverhalt näher veranschaulichen.

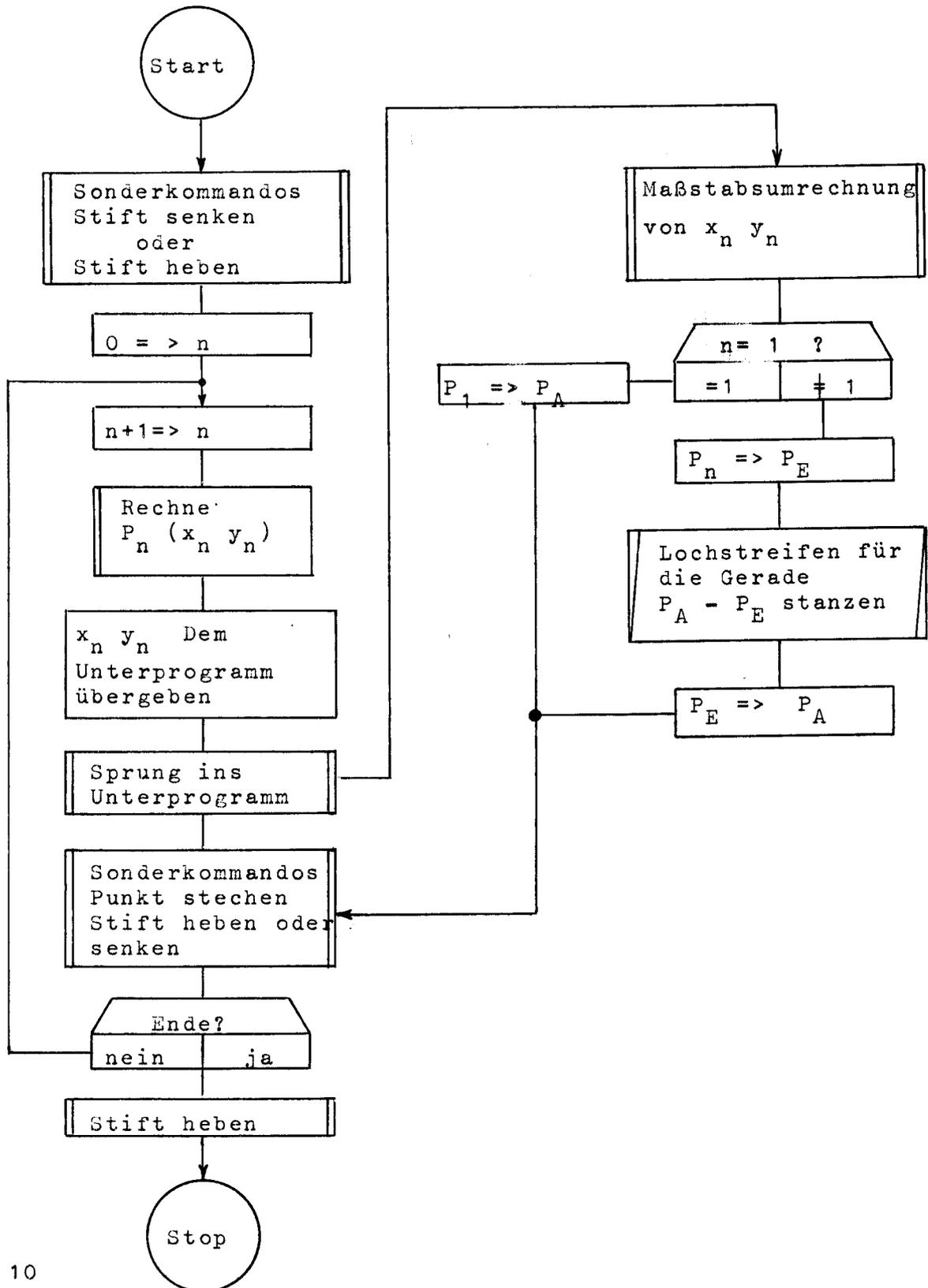
In die 80-spaltige Lochkarte werden die Fahrbefehle und Sonderkommandos für die ZUSE Z 64 in binärer Form gestanzt. Von den 80 Spalten können die Spalten 1-78 zum Stanzen von Befehlen und Sonderkommandos genutzt werden. Die letzten bei den Spalten-Nrn. 79 und 80 dürfen nicht mit Befehlen und Sonderkommandos belegt werden. Dort stehende Information wird als wirkungslos überlesen.

Ein jeder Fahrbefehl umfaßt grundsätzlich 2 Spalten. Kennzeichen dafür ist ein Loch in der ersten Spalte und kein Loch in

Polygon zeichnen bzw. stechen

Rechenprogramm

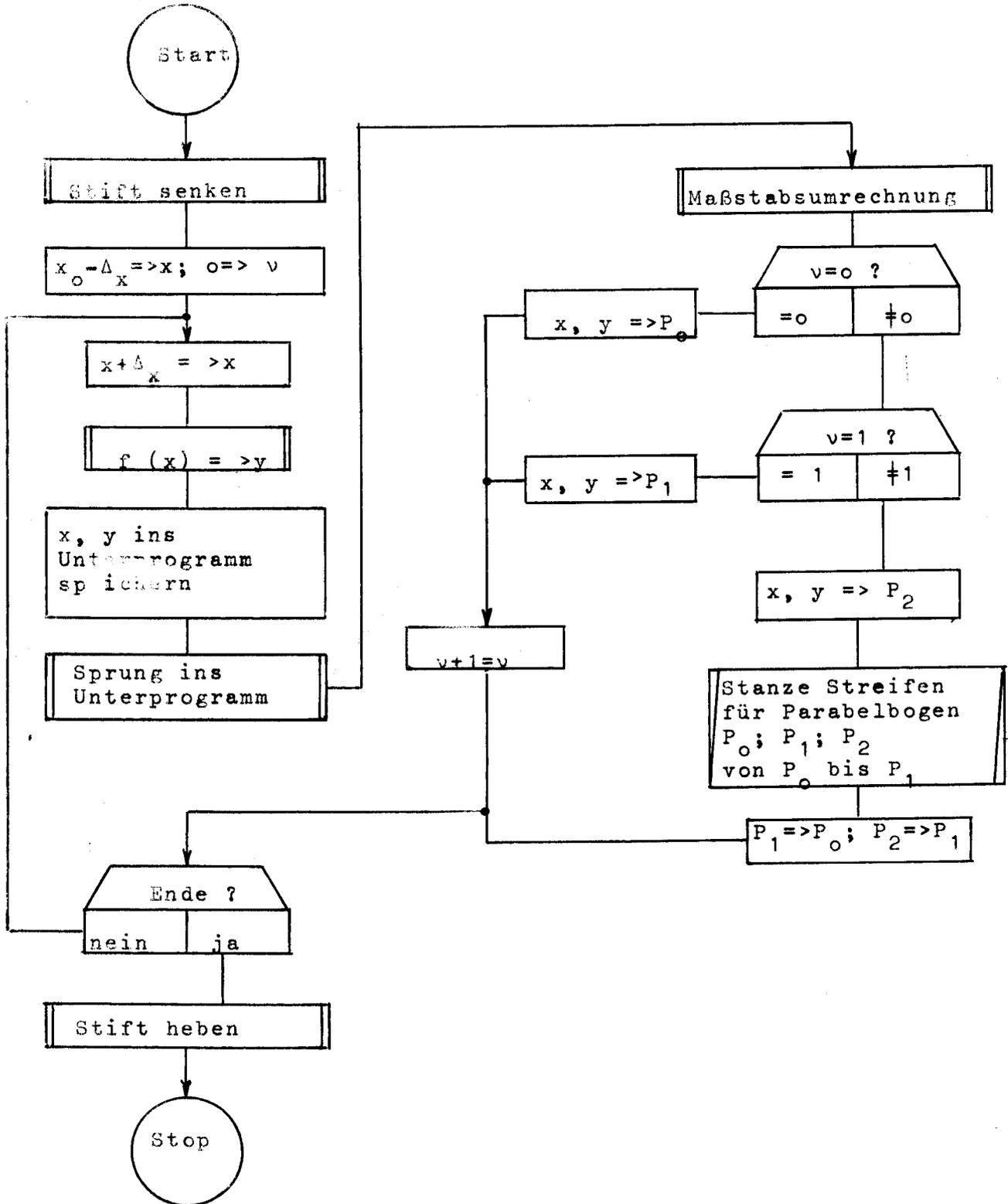
Übersetzerunterprogramm



Kurvenzeichnen

Rechenprogramm

Übersetzerunterprogramm



Binärer Lochkarten-Code zur Steuerung des
Graphomaten ZUSE Z 64

Zone 2		Zone 1								
Zeile										
12		Q	Q			Q	Q		Q	Quersummen bit
11		↑	○			↑	○		○	16
10		↑	○			↑	↑		↑	1
9		n	○			k	k		k	2
8		↓	○			↓	↓		↓	4
7		↓	○			↓	↓		↓	8
6		L	○			L	○		○	Kennzeichen
5		↑	↑			↑	↑		○	$\frac{1}{16}$
4		↓	↓			↓	↓		○	$\frac{2}{16}$
3		v _x	v _y			v _x	v _y		○	$\frac{4}{16}$
2		↓	↓			↓	↓		○	$\frac{8}{16}$
1		↓	↓			↓	↓		○	$\frac{16}{16}$

Fall a)
Fahrbefehl n, v_x, v_y

Fall b)
Fahrbefehl n, v_x, v_y
und Sonderkommando k

Fall c)
Sonderkommando k

L = Lochung
○ = keine Lochung

der zweiten Spalte in der Zeile 4. Bei jedem Fahrbefehl kann zusätzlich noch ein Sonderkommando gelocht werden oder nicht (Fall a und b). Das Sonderkommando wird auf der Z 64 nach Ausführung des Fahrbefehls ausgeführt.

Ein Sonderkommando kann aber auch in einer Einzelspalte gelocht sein. Kennzeichen dafür ist, daß kein Loch in Zeile 4 ist. (Fall c)

Zur Vercodung der Fahrbefehle in Sonderkommandos wird die Karte in 2 Zonen eingeteilt. Zone 1 umfaßt die Zeilen 9, 8, 7, 6 und 5; Zone 2 die Zeilen 4, 3, 2, 1, 0, 11 und 12. In Zone 1 werden bei den Fahrbefehlen in die Zeilen 9, 8, 7, 6 und 5 die Werte für v_x und v_y in binärer Form gelocht (vgl. hierzu Tab. 1). Zu beachten ist besonders, daß für $v=0$ Zeile 9, also nur die negative Stufe gelocht ist. Im Falle eines Fahrbefehls muß also für v irgendeine Lochung vorgenommen werden. Falls dies nicht geschieht, werden von dieser Spalte ab die Lochungen falsch interpretiert.

Die Zeile 4 ist die oben beschriebene Kennzeichenstelle. In der Zone 2 ist die Taktzahl in der Spalte für v_x in die Zeilen 4, 3, 2, 1, 0 und 11 zu lochen. Dabei entsprechen die Zeilen 3, 2, 1 und 0 den Wertigkeiten 8, 4, 2 und 1 und die Spalte 11 der Wertigkeit 16 (vgl. auch Tab. 2).

In Spalte 12 wird ein Quersummenbit gelocht, das die Anzahl der Löcher in der Spalte auf eine gerade Anzahl ergänzt.

Im Fall eines in einer Spalte alleinstehenden Sonderbefehls bleiben Zeile 9, 8, 7, 6 und 5 gelocht.

In der Spalte für v_y bzw. in der alleinstehenden Spalte eines Sonderkommandos ist das Sonderkommando in die Zeilen 3, 2, 1 und 0 entsprechend der Tabelle 3 einzulochen. Ist dort keine Lochung vorgenommen, so wird kein Sonderbefehl ausgeführt. Die Zeile 11 ist bei den Sonderbefehlen frei.

In jeder Spalte muß etwas gelocht sein.

Der Kartenleser besitzt ferner eine Einrichtung, durch die angegeben werden kann, ob mehr als die letzten beiden Spalten

keine Fahrbefehle enthalten.

Die nicht für Fahrbefehle benutzten Spalten können für eine fortlaufende Numerierung benutzt werden.

Jede dieser Spalten müssen mindestens eine Lochung enthalten.

Tabelle 1		L = Loch, 0: kein Loch
v	Spalte	<u>9 8 7 6 5</u>
-1		L L L L L
-2		L L L L O
-3		L L L O L
.		usw. binär
-15		L O O O L
0		L O O O O
1		O O O O L
2		O O O L O
3		O O O L L
.		usw. binär
.	
15		O L L L L

Tabelle 2		
n	Spalte	<u>4 3 2 1 0 11</u>
1		L O O O L O
2		L O O L O O
.		usw. binär bis n=15
15		L L L L L O
16		L O O O O L
17		L O O O L L
18		L O O L O L
.		usw. binär bis n=31
31		L L L L L L
32		L O O O O O

Tabelle 3

Spalte

Sonderbefehle

<u>4</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>11</u>	Sonderbefehle
0	0	0	0	0	0	kein Sonderbefehl
0	0	0	0	L	0	Stift 1 senken
0	0	0	L	0	0	Stift 2 senken
0	0	0	L	L	0	Stift 3 senken
0	0	L	0	0	0	Stift 4 senken
0	0	L	0	L	0	alle Stifte heben
0	0	L	L	0	0	Punktstecken
0	0	L	L	L	0	Zwischenstop
0	L	0	0	0	0	Gravierstift links drehen
0	L	0	0	L	0	" rechts drehen
0	L	0	L	0	0	" Nullkreis drehen
0	L	0	L	L	0	absoluter Stop

ZUSE

ZUSE KG · BAD HERSFELD
Datenverarbeitungsanlagen
Telefon 841 · Telex 04 93329