ZUSE KG · BAD HERSFELD

Elektronische Rechenanlagen

Flußdiagramm und Erläuterungen zum
Übersetzerprogramm für den
GRAPHOMATEN ZUSE Z 64

Reg.Nr.:669

Flußdiagramm und Erläuterungen zum Übersetzerprogramm für den GRAPHOMATEN ZUSE Z 64

(s.auch Programmierung und Befehlscode ZUSE Z 64)

Interpolation von Kurvenpunkten.

Durch 3 aufeinanderfolgende Punkte P_o P_1 P_2 wird entweder eine Parabel oder eine Kurve 3. Grades gelegt und eine Reihe von Δx, Δy-Werten (im folgenden auf die Maschinentaktzeit bezogen als Geschwindigkeiten v_x, v_y bezeichnet) zwischen P_o und P_1 entsprechend dem Code der ZUSE Z 64 auf den Streifen gestanzt. Dabei wird parabolisch interpoliert, wenn die Tangente im Punkt P_o herrührend vom vorhergehenden Kurvenstück mit der Tangente der neuen Parabel im Punkt P_o hinreichend gut übereinstimmt. Andernfalls wird die Kurve 3. Grades dadurch bestimmt, daß die Tangenten übereinstimmen.

Es wird vorausgesetzt, daß der Punkt P_o mit dem Ursprung $\xi_o = o$, $\eta_o = o$ übereinstimmt. (Die Koordinaten seien schon durch Koordinatenverschiebung und Umrechnung mit den Maßstabsfaktoren auf das ξ, η-System bezogen. ξ und η seien ganzzahlige Vielfache der Elementarschrittweite von 1/16 mm).

Für die Parabel folgt aus:

$\eta=\Delta_1\xi+\xi(\xi-\xi_1)\Delta_2$, $\xi=\xi_1, \eta=\eta_1$; $\xi=\xi_2, \eta=\eta_2$

$\Delta_1=\frac{\eta_1}{\xi_1}$, $\Delta_2=(\frac{\eta_2-\eta_1}{\xi_2-\xi_1}-\frac{\eta_1}{\xi_1}):\xi_2$, $(\Delta_3=0)$

Die Tangentenrichtung im Punkte $\xi=0$ der Parabel ist $\eta_o'=\Delta_1-\xi_1\Delta_2$. Ist η_A' die Tangente im Punkte $\xi=0$ des vorangegangenen Kurvenstückes, so ist der Winkel α zwischen beiden Tangenten

$$\frac{\eta_o'-\eta_A'}{1+\eta_o'\eta_A'} = \mathrm{tg}\,\alpha \approx \alpha$$

Ist α zu groß, so wird der Ansatz gemacht

$\eta=\Delta_1\xi+\xi(\xi-\xi_1)\Delta_2+\xi(\xi-\xi_1)(\xi-\xi_2)\Delta_3$;

$\xi=\xi_1$, $\eta=\eta_1$; $\xi=\xi_2$, $\eta=\eta_2$; $\eta'_{(o)}=\eta_A'$

Daraus ergibt sich Δ_1 und Δ_2 wie oben und

$\eta_A'=\Delta_1-\xi_1\Delta_2+\xi_1\xi_2\Delta_3$ also $\Delta_3=\frac{\eta_A'-\eta_o'}{\xi_1\xi_2}$

Wählt man eine schrittweite $\Delta\xi=\pm 1=\varepsilon$ d.h. also $\varepsilon=1.\mathrm{sign}\,\xi_1$, so ergeben sich die zugehörigen Differenzen erster, zweiter und dritter Ordnung zu:

$$\Delta^1\eta_o=\varepsilon\left[\Delta_1+(\varepsilon-\xi_1)\Delta_2\right]+\varepsilon\left[1-\varepsilon(\xi_1+\xi_2)+\xi_1\xi_2\right]\Delta_3$$

$$\Delta^2\eta_o=2\Delta_2+\left[6\varepsilon-2(\xi_1+\xi_2)\right]\Delta_3$$

$$\Delta^3\eta_o=6\varepsilon\Delta_3$$

Ausgehend davon ergibt für $\xi=i$

$$\eta_i=\eta_{i-1}+\Delta^1\eta_{i-1}, \quad \Delta^1\eta_i=\Delta^1\eta_{i-1}+\Delta^2\eta_{i-1}, \quad \Delta^2\eta_i=\Delta^2\eta_{i-1}+\Delta^3\eta_{i-1}$$

Nun wird das Differenzenschema für $i=1,2,\dots\mu_1\dots$ $\mu_2\dots\mu_r\dots$

Wählt man jeweils μ_r derart, daß $\mu_r-\mu_{r-1}=V_\xi$ und $\eta_{\mu_r}-\eta_{\mu_{r-1}}=V_\eta$ und V_ξ, V_η beide absolut kleiner 15 sind, so können diese Werte als Geschwindigkeitskomponenten auf den Streifen gestanzt werden. Das Verfahren läuft so lange, bis der Punkt ξ_1 erreicht ist.

Das Programm ist so aufgebaut, daß zur Interpolation von den beiden eingegebenen Koordinaten x, y jeweils die als unabhängige Variable ξ ausgewählt wird, bei der die Koordinatenwerte x_o, x_1, x_2 oder y_o, y_1, y_2 monoton verlaufen. Sind beide monoton, so wird diejenige Achse ausgewählt, bei der der Anstieg kleiner 1 ist. Es ist also deshalb bei der Eingabe der Punkte zu beachten, daß die Koordinaten wenigstens bezüglich einer Achse monoton sind.

Lineare Interpolation (Geradensteuerung).

Es wird zunächst $\frac{\eta}{\xi}$ = $tg\phi$ gebildet, wobei η den kleineren und ξ den größeren Koordinatenunterschied der beiden Punkte darstellt. Von $|tg\phi|$ wird das ganze Vielfache λ von $\frac{1}{64}$ bestimmt, also $tg\phi=\frac{\lambda}{64}+r$, $|r|<\frac{1}{64}$.

Entsprechend λ wird tabellarisch ein V_ξ ermittelt, zu dem es ein ganzzahliges $|V_\eta|\leq 15$ ergibt, damit $V_\eta=tg\phi.V_\xi+r$ mit einem möglichst kleinen $|r|$ wird.

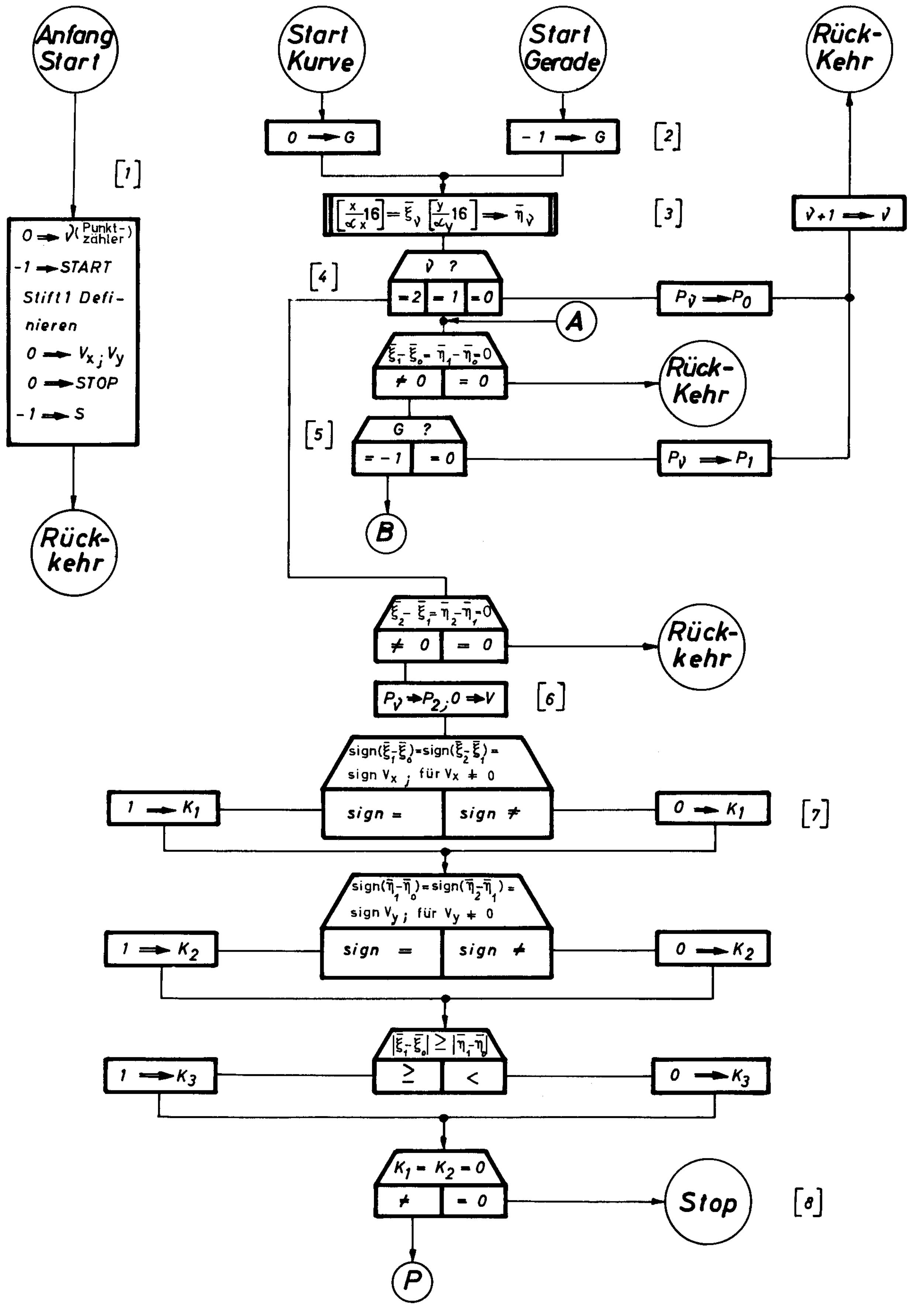
Nun wird die Gerade in eine Folge von Fahrkommandos für die ZUSE Z 64 (n_1, V_ξ, V_η); $(n_2, V_\xi, V_{\eta+1})$; (n_3, V_ξ, V_η) ; $(n_4, V_\xi, V_{\eta+1})$ ..... aufgelöst.

Dabei sind die n-Werte die Anzahl der Takte und die V-Werte die entsprechenden Geschwindigkeitskomponenten.

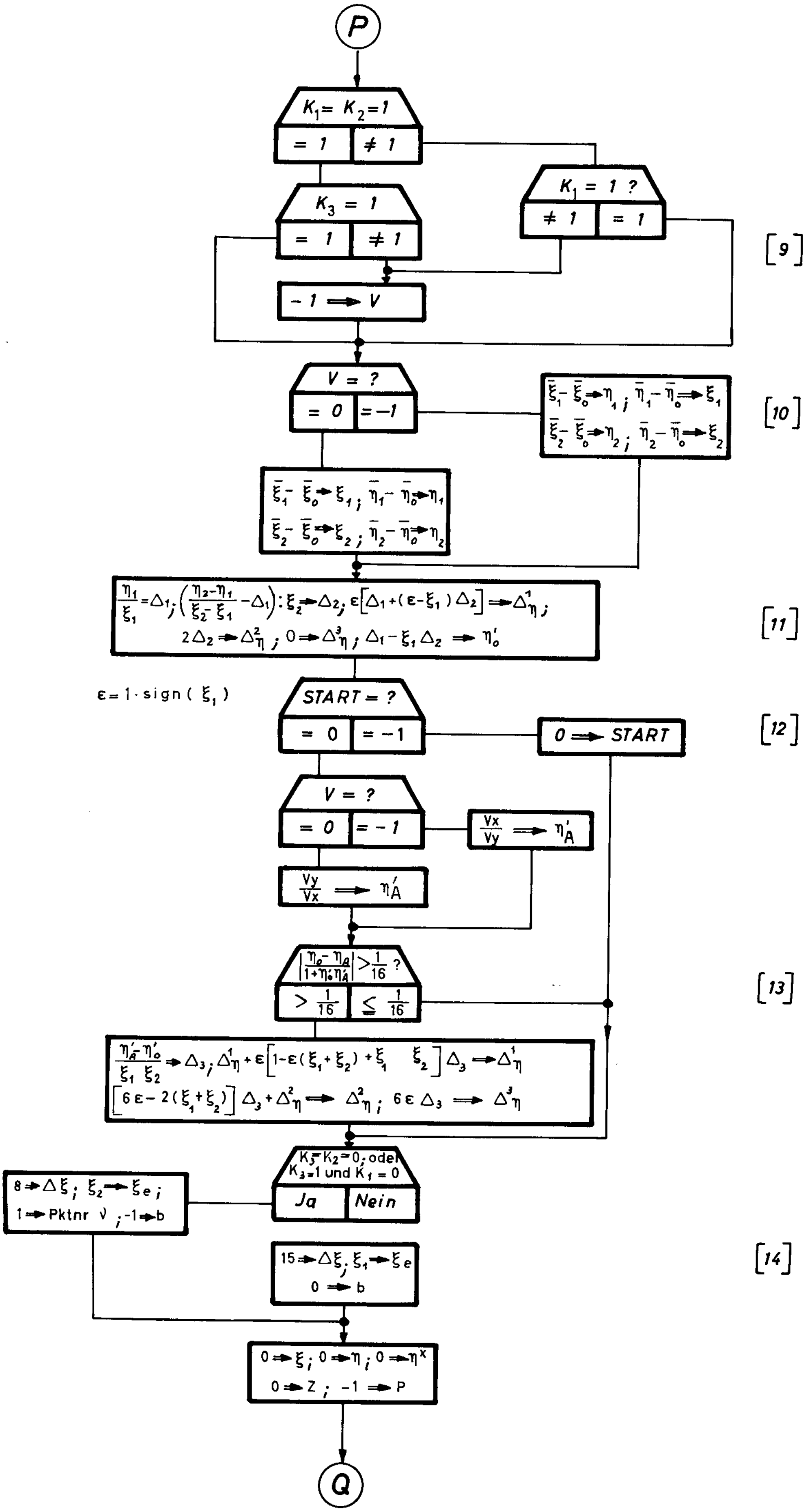
Nun stellt sich die Gerade dar aus der Summe der Vektoren
V_ξ, V_η
also $\sum V_\eta = tg\phi \sum V_\xi + \sum r$; $n.r = Rn$ stellt damit die Abweichung
parallel zur η-Achse von der Geraden an der Stelle
$\xi = nV_\xi$ dar. Um diese Abweichung auszugleichen, werden die
Größen n_1, n_2.... so gewählt, daß es bei denGrößen $R_1 \ldots R_{n1}$
keinen, bei $R_{n1+1} \ldots R_{n2}$ jeweils einen Übertrag auf die
erste Stelle vor dem Komma ergibt; bei $R_{n2+1} \ldots R_{n3}$ soll es
wiederum keinen, aber bei $R_{n3+1} \ldots R_{n4}$ einen Übertrag geben.

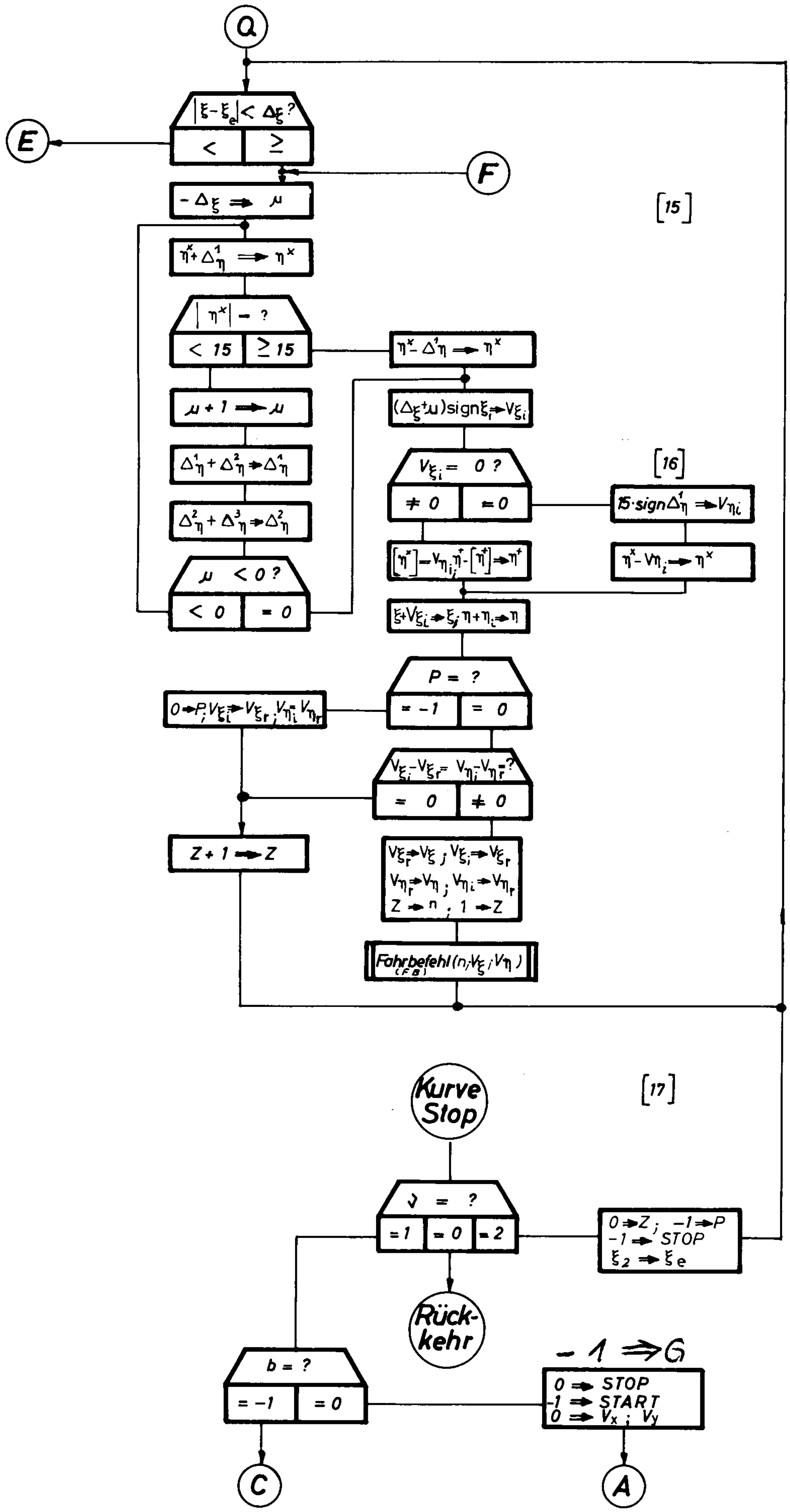
Die Überträge werden jeweils dem V_η zum Ausgleich zugeschlagen. Dadurch wird erreicht, daß die Gerade näherungsweise
durch einen Polygonzug ersetzt wird, dessen Eckpunkte nicht
mehr als 1/16 mm von der Geraden abweichen.

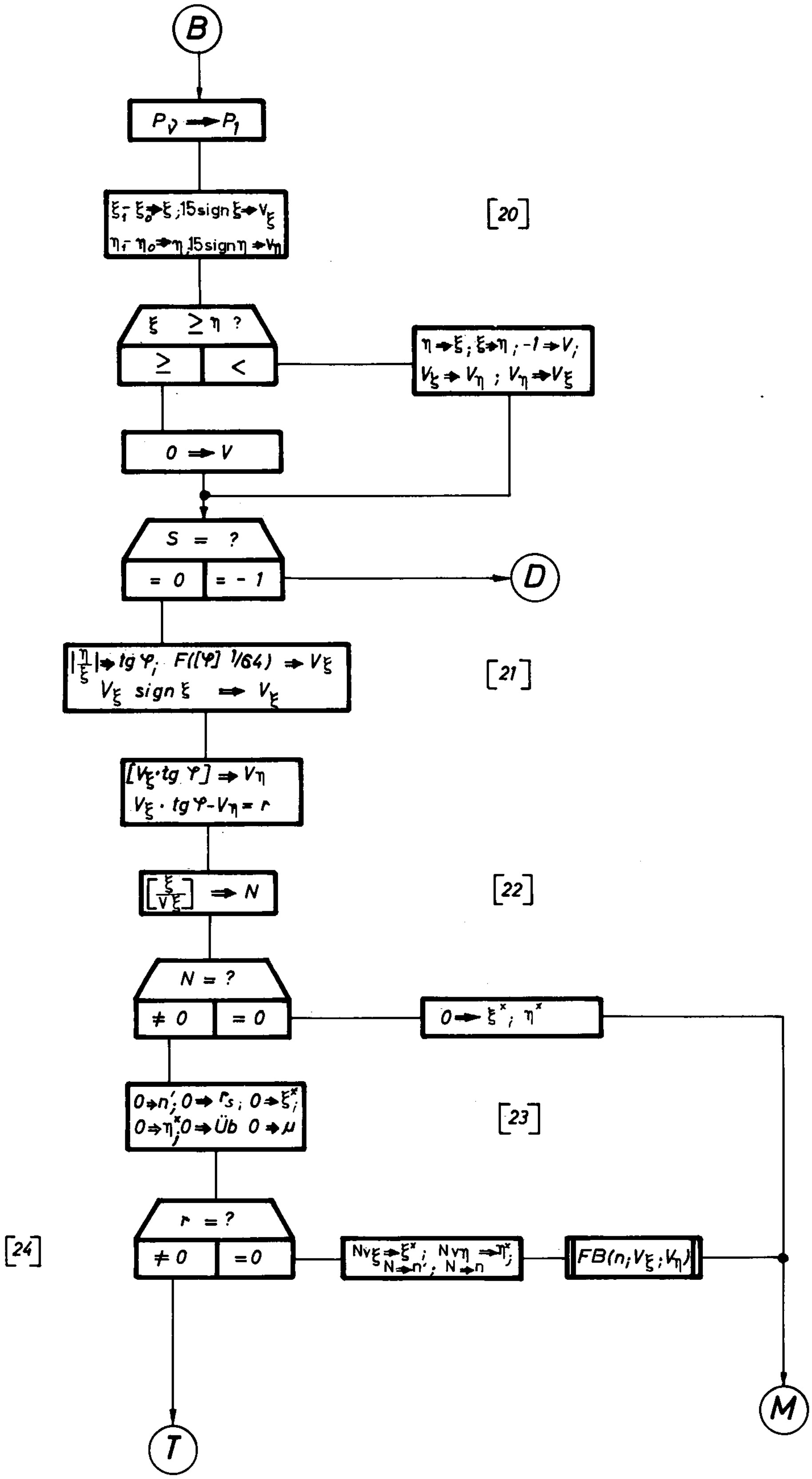
Flußdiagramm mit Erläuterung (s. Fußnotizen)

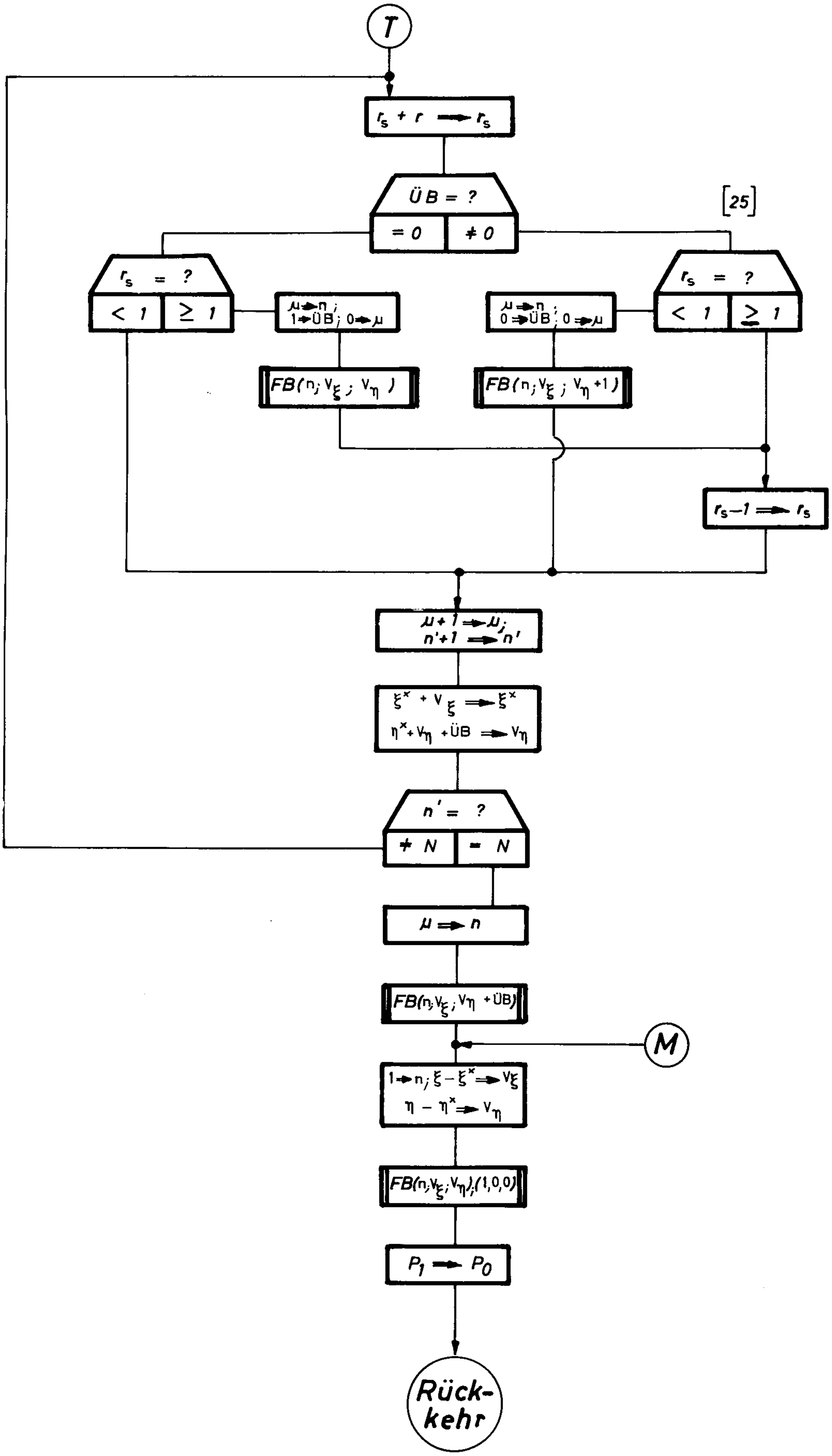


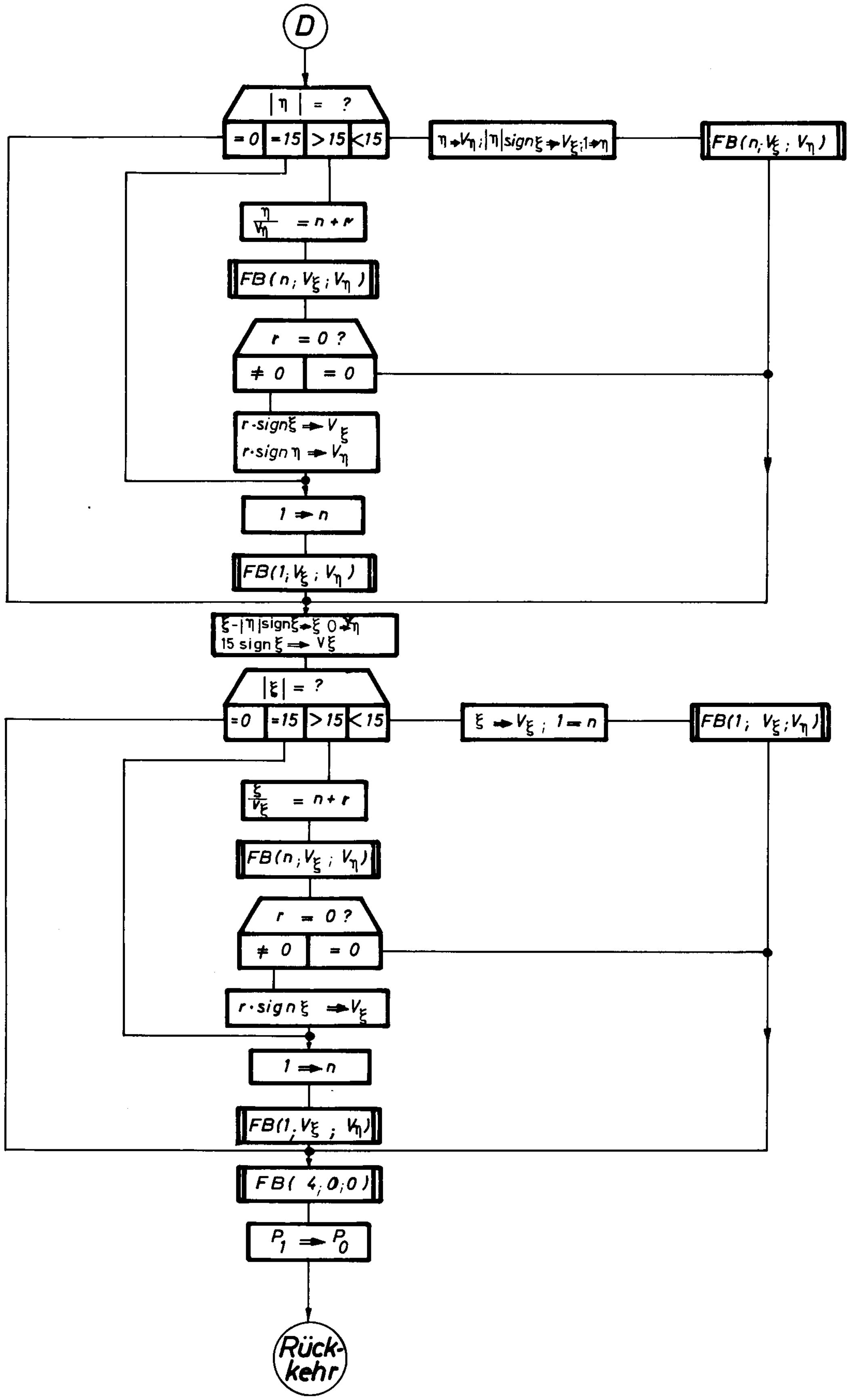
14.4.64 KL.


P
$K_1 = K_2 = 1$
$= 1$ | $\neq 1$
$K_3 = 1$
$= 1$ | $\neq 1$
$K_1 = 1$?
$\neq 1$ | $= 1$
[9]
$-1 \Longrightarrow V$
$V = ?$
$= 0$ | $= -1$
$\bar{\xi}_1 - \bar{\xi}_0 \rightarrow \eta_1$; $\bar{\eta}_1 - \bar{\eta}_0 \rightarrow \xi_1$
$\bar{\xi}_2 - \bar{\xi}_0 \rightarrow \eta_2$; $\bar{\eta}_2 - \bar{\eta}_0 \rightarrow \xi_2$
[10]
$\bar{\xi}_1 - \bar{\xi}_0 \rightarrow \xi_1$; $\bar{\eta}_1 - \bar{\eta}_0 \rightarrow \eta_1$
$\bar{\xi}_2 - \bar{\xi}_0 \rightarrow \xi_2$; $\bar{\eta}_2 - \bar{\eta}_0 \rightarrow \eta_2$
$\frac{\eta_1}{\xi_1} = \Delta_1$; $\left(\frac{\eta_2 - \eta_1}{\xi_2 - \xi_1} - \Delta_1\right) : \xi_2 \rightarrow \Delta_2$; $\varepsilon\left[\Delta_1 + (\varepsilon - \xi_1)\Delta_2\right] \rightarrow \Delta^1_\eta$;
$2\Delta_2 \rightarrow \Delta^2_\eta$; $0 \rightarrow \Delta^3_\eta$; $\Delta_1 - \xi_1 \Delta_2 \rightarrow \eta'_0$
[11]
$\varepsilon = 1 \cdot \mathrm{sign}(\xi_1)$
START = ?
= 0 | = −1
$0 \Longrightarrow$ START
[12]
$V = ?$
$= 0$ | $= -1$
$\frac{Vx}{Vy} \Longrightarrow \eta'_A$
$\frac{Vy}{Vx} \Longrightarrow \eta'_A$
$\left|\frac{\eta_0 - \eta_A}{1 + \eta_0 \eta_A}\right| > \frac{1}{16}$?
$> \frac{1}{16}$ | $\leq \frac{1}{16}$
[13]
$\frac{\eta'_A - \eta'_0}{\xi_1 \ \xi_2} \rightarrow \Delta_3$; $\Delta^1_\eta + \varepsilon\left[1 - \varepsilon(\xi_1 + \xi_2) + \xi_1 \ \ \xi_2\right]\Delta_3 \rightarrow \Delta^1_\eta$
$\left[6\varepsilon - 2(\xi_1 + \xi_2)\right]\Delta_3 + \Delta^2_\eta \Longrightarrow \Delta^2_\eta$; $6\varepsilon\Delta_3 \Longrightarrow \Delta^3_\eta$
$K_1 = K_2 = 0$; oder $K_3 = 1$ und $K_1 = 0$
Ja | Nein
$8 \rightarrow \Delta\xi$; $\xi_2 \rightarrow \xi_e$;
$1 \rightarrow$ Pktnr ν ; $-1 \rightarrow b$
$15 \rightarrow \Delta\xi$; $\xi_1 \rightarrow \xi_e$
$0 \Longrightarrow b$
[14]
$0 \rightarrow \xi$; $0 \rightarrow \eta$; $0 \rightarrow \eta^x$
$0 \rightarrow Z$; $-1 \rightarrow P$
Q

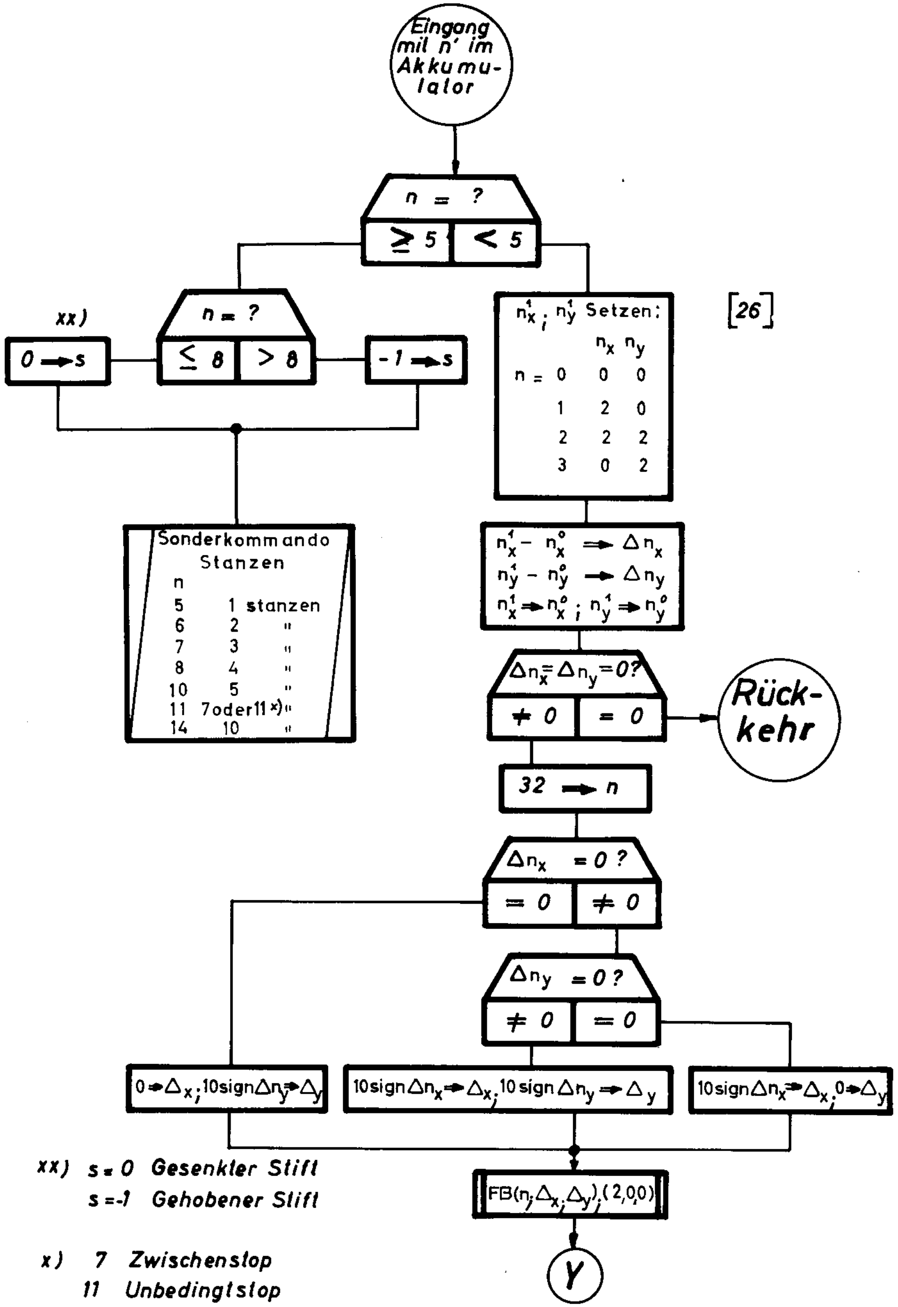

Q
E
F
[15]
[16]
[17]
Kurve Stop
Rückkehr
-1 ⇒ G
C
A
Fahrbefehl (FB)
0 ⇒ STOP
-1 ⇒ START
0 ⇒ Vx ; Vy
0 ⇒ Z ; -1 ⇒ P
-1 ⇒ STOP
Z + 1 ⇒ Z
b = ?
P = ?


B
P_ν ⇒ P_1
[20]
S = ?
= 0
= - 1
D
[21]
[22]
N = ?
≠ 0
= 0
[23]
r = ?
[24]
T
M


T
$r_s + r \Rightarrow r_s$
ÜB = ?
= 0
≠ 0
[25]
r_s = ?
< 1
≥ 1
$\mu \Rightarrow n$; $1 \Rightarrow$ ÜB; $0 \Rightarrow \mu$
FB(n; v_ξ; v_η)
$\mu \Rightarrow n$; $0 \Rightarrow$ ÜB; $0 \Rightarrow \mu$
FB(n; v_ξ; $v_\eta + 1$)
r_s = ?
< 1
≥ 1
$r_s - 1 \Rightarrow r_s$
$\mu + 1 \Rightarrow \mu$; $n' + 1 \Rightarrow n'$
$\xi^x + v_\xi \Rightarrow \xi^x$
$\eta^x + v_\eta$ + ÜB $\Rightarrow v_\eta$
n' = ?
≠ N
= N
$\mu \Rightarrow n$
FB(n; v_ξ; v_η + ÜB)
M
$1 \Rightarrow n$; $\xi - \xi^x \Rightarrow v_\xi$
$\eta - \eta^x \Rightarrow v_\eta$
FB(n; v_ξ; v_η); (1,0,0)
$P_1 \Rightarrow P_0$
Rück-kehr


D
|η| = ?
= 0
= 15
> 15
< 15
η → Vη ; |η| sign ξ → Vξ ; 1 → η
FB(n; Vξ; Vη)
η/Vη = n + r
FB(n; Vξ; Vη)
r = 0 ?
≠ 0
= 0
r·sign ξ → Vξ
r·sign η → Vη
1 → n
FB(1; Vξ; Vη)
ξ - |η| sign ξ → ξ 0 → η
15 sign ξ → Vξ
|ξ| = ?
= 0
= 15
> 15
< 15
ξ → Vξ ; 1 → n
FB(1; Vξ; Vη)
ξ/Vξ = n + r
FB(n; Vξ; Vη)
r = 0 ?
≠ 0
= 0
r·sign ξ → Vξ
1 → n
FB(1; Vξ; Vη)
FB(4; 0; 0)
P1 → P0
Rück-
kehr

Unterprogramm für Sonderbefehle und Positionierung der Stifte

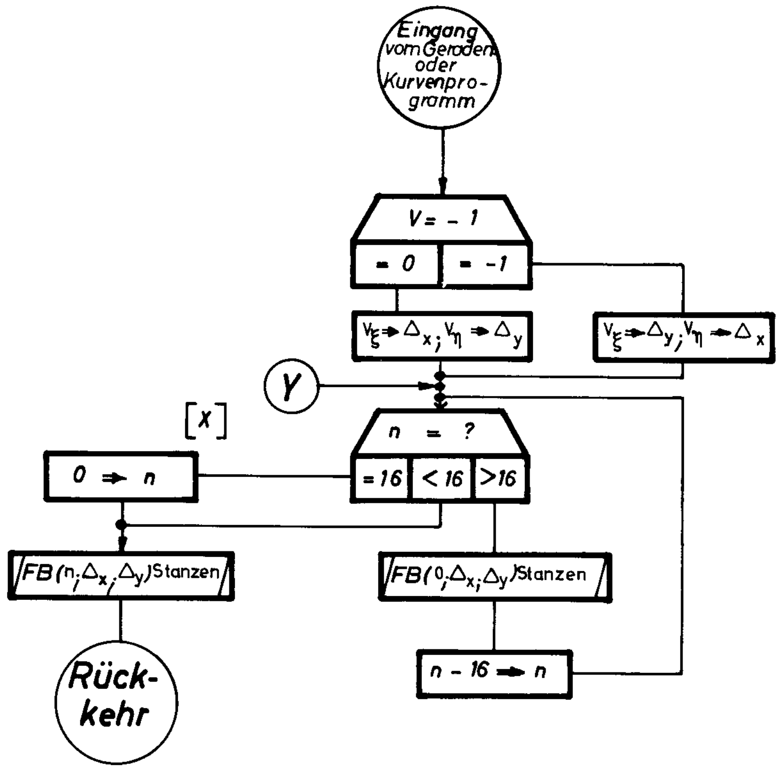


xx) s = 0 Gesenkter Stift
s = -1 Gehobener Stift

x) 7 Zwischenstop
11 Unbedingtstop

18. 4. 64 KL.

Unterprogramm für Fahrbefehle Stanzen ($n; V_\xi; V_\eta$)



[X] n = 16 wird im Code der ZUSE Z64 mit n = 0 dargestellt !

Fußnotizen zum Flußdiagramm.

1) Hierhin erfolgt der Sprung vom Hauptprogramm her mit F(m+2). Rspg. bezeichnet den Rücksprung zum Hauptprogramm. Es werden Punktzähler ν, ν_x, ν_y auf 0 gesetzt. Ferner werden Start-, Stopzeichen und S, deren Bedeutung aus dem weiteren Programm hervorgehen, gesetzt bzw. gelöscht. Außerdem wird die Position des Stiftes 1 als Ursprung definiert.

2) Hier sind die verschiedenen Einsprünge bei Kurve und Gerade (Fm, F(m+1)) dargestellt. Je nachdem wird die Weiche G auf 0 oder -1 gestellt.

3) Es erfolgt die Maßstabsumrechnung auf ganze Vielfache von 1/16 mm.

4) Sofern es sich um den ersten Punkt $\nu = o$ handelt, werden die Koordinaten nur weggespeichert und der Punktzähler um 1 erhöht. Es erfolgt gleich der Rücksprung zum Hauptprogramm. Ist $\nu = 1$, wird geprüft, ob die Punkte gleich sind; sind sie gleich, so erfolgt Rückkehr, um einen neuen Punkt zu holen.

5) Handelt es sich um den zweiten Punkt $\nu = 1$, so wird gefragt, ob es ein Kurvenpunkt ist (G = o). Wenn ja, so wird analog 4) verfahren. Ist es ein Geradenpunkt (G = -1), so wird ins Programm Geradensteuerung gesprungen.

6) Der 3. Punkt wird ebenfalls weggespeichert. Es wird die Weiche V = o gesetzt. Es bedeutet stets V = o keine Vertauschung der Koordinatenrichtungen, V = -1 Vertauschung.

7) Hier wird zunächst gefragt, ob die Koordinatenunterschiede der 3 Punkte auf der x-Achse gleiches Vorzeichen haben und gleichzeitig ν_x dasselbe Vorzeichen hat, sofern $\nu_x \neq o$ ist. Wenn jedoch $\nu_x = o$ ist, so werden nur die Koordinatenunterschiede auf Vorzeichengleichheit geprüft. Sofern dies zutrifft, wird die Weiche K_1 auf 1 gesetzt. In diesem Fall ist es möglich, durch die 3 Punkte eine Kurve 2. bzw. 3. Ordnung unter Beibehaltung der Tangente des vorangegangenen Kurvenstückes zu legen, die in der y-Richtung eindeutig ist. Dieselbe Frage wird anschließend für die y-Achse gestellt.

K_3 wird auf 1 gesetzt, wenn der Anstieg der Sehne zwischen den ersten beiden Punkten kleiner 1 ist.

8) $K_1 = K_2 = o$ kennzeichnet den Fall, daß die Punkte bezüglich keiner Achse monoton liegen, die Maschine stoppt mit PPQQZo+3, (PPQQZo+3), [128, Bereich 0] und {143r}

9) Die Weiche V wird auf -1 (Vertauschung von ξ- und η-Richtung) gestellt, wenn nur Monotonie bezüglich der η-Richtung (K_1=o, K_2=1) oder wenn der Anstieg zwischen den ersten beiden Punkten >1 (K_1=1, K_2=1, K_3=o) ist.

Für die Benutzer der ZUSE Z 23:
Das 1. Bit des Akkus <a>$_1$ soll nicht eingetastet werden, außer wenn bei großer Steigung die Punkte soweit auseinanderliegen, so daß der GRAPHOMAT keine glatte Kurve hindurchlegen kann.
Das Eintasten <a>$_1$ (Vorzeichen) bewirkt, daß nur dann Achsenvertauschungen vorgenommen werden, wenn die Koordinaten in einer Richtung nicht monoton sind.
Wird <a>$_1$ nicht eingetastet, dann werden außerdem noch dann Achsenvertauschungen vorgenommen, wenn der Tangens der Kurventangente >1 wird.
In ähnlicher Weise bei der ZUSE Z 25, wenn Bedingungsschalter eingetastet.

10) Die Koordinaten werden auf den ersten Punkt P_o bezogen. Bei V = -1 werden außerdem die Koordinaten vertauscht.

11) Es werden die Differenzen 1. und 2. Ordnung (s.Seite 2) für die Parabel zwischen den 3 Punkten gebildet.

12) Wenn Start auf 1 steht, so wurde die Kurve begonnen. Es besteht keine Vorschrift für die Anfangstangente, und es wird mit der Parabel weitergerechnet. Die Startweiche wird gelöscht. Steht Start auf O, so ist ein Kurvenstück vorausgegangen; die Endtangente steht in Parameterdarstellung durch v_x, v_y in Speichern bereit.

13) Entsprechend der Weiche V wird die alte Tangentenrichtung berechnet. Es erfolgt der Vergleich mit der Richtung η'_o der Parabeltangente. Ist der Winkel zwischen beiden >1/16, so werden die Differenzen 1. bis 3. Ordnung für die kubische Parabel gerechnet, derart, daß diese Kurve mit der alten Tangentenrichtung beginnt.

14) Tritt der Fall auf, daß die Interpolationskurve steil ($\eta'>1$) ansteigt und ein Maximum besitzt (keine Monotonie der abhängigen Variablen), so wird die maximale Schrittweite auf der ξ-Achse auf 8/16 mm festgesetzt. Außerdem wird die Weiche b auf -1 gesetzt. Dadurch soll die Kurve in der Nähe des Maximums mit kleineren Vektoren gezeichnet werden. Außerdem soll in diesem Fall die ganze Kurve bis zum Punkt (ξ_2 η_2) in Vektoren zerlegt werden, um das Zusammensetzen der Interpolationskurven in der Nähe eines Maximums möglichst zu vermeiden. Diese Regelung ergab sich aus den bisherigen Erfahrungen mit dem Programm.

15) ξ, η sind die laufenden Koordinatenwerte der Interpolationskurve, die jeweils um die ausgestanzten Komponenten $V\xi_i$, $V\eta_i$ erhöht werden (Positionierung). η^x ist der Funktionswert, der sich aus dem Differenzenschema mit der Schrittweite ± 1 ergibt. μ ist der Schrittzähler für das Differenzenschema. Die Programmschleife für das Differenzenschema darf höchstens 15 bzw. 8mal ausgeführt werden; dann ist nämlich die größtmögliche Geschwindigkeit $V\xi_i$ erreicht. Bei größerer Steigung der Kurve muß das Differenzenschema bereits unterbrochen werden, wenn η^x größer als 15 wird. Der ganzzahlige Teil von η^x wird als Geschwindigkeitskomponente $V\eta_i$ genommen und bei η^x gelöscht, so daß nur die Stellen nach dem Komma bleiben. Diese Stellen verbleiben zum Ausgleich bei η^x für die Fortsetzung des Differenzenschemas nach dem Stanzen des Fahrkommandos.

16) Erfolgt der Ausgang aus dem Differenzenschema schon beim ersten Schleifendurchgang ($V\xi_i = o$), so ist der Anstieg der Kurve größer als 15; deshalb wird $V\xi_i = o$ und $V\eta_i = \pm 15$ gesetzt.

17) Hier erfolgt der Einsprung in das Programm bei Kurvenstop Fm+3.

ν = o Rücksprung

ν = 1 und b=o Geradeverbindung, weil es nur 2 Punkte zum Interpolieren gibt

ν = 1 und b=-1 Sprung nach C, dann Rückkehr, weil es interpoliert war bis zum letzten Punkt

ν = 2 Stopzeichen setzen und Interpolation bis zum Punkt P_2 fortsetzen, weil es 3 Punkte gibt.

18) Wurde die Interpolation bis zum 2. bzw. 3. Punkt durchgeführt und ist die Stopweiche O, so wird der Punkt P_o der erreichte Punkt (Positionierung). Außerdem ergibt das zuletzt erreichte $\Delta^1{}_\eta$ die Komponenten (V_y, V_x) der Endtangente des Kurvenstückes. Punkt P_2 wird nach Punkt P_1 umgespeichert. Es erfolgt der Rücksprung ins Hauptprogramm.

19) Steht die Stopweiche auf -1, so wird, sofern die Koordinate ξ_e nocht nicht erreicht ist, die Interpolation genau bis dahin durchgeführt. Ist dies der Fall, so wird der Befehl "4 Takte Geschwindigkeit = 0" gegeben; der Punkt P_o auf Punkt P_2 umgespeichert; Punktnummer auf 1 gesetzt und die Speicher wie bei "Start" auf den Anfangszustand gesetzt.

20) Es werden die Koordinatenunterschiede zwischen Anfangs- und Endpunkt der Gerade mit η und ξ bezeichnet, und zwar ggf. durch Vertauschung der Koordinaten derart, daß der Anstieg der Gerade kleiner als 1 wird.
Außerdem wird gefragt, ob die Weiche S auf -1 steht (Stift gehoben). In diesem Fall Sprung nach Programmteil D, wo unter 45° gefahren wird.

21) Vom tgϕ ergeben die ersten 6 Dualstellen nach dem Komma eine Relativadresse, in deren Zelle die diesem Anstieg zugeordnete Geschwindigkeit V_ξ steht (s.Seite 3). V_ξ mit tgϕ multipliziert, ergibt das ganzzahlige V_η und den Rest r.

22) N ist die Anzahl der Fahrbefehle mit V_ξ, die in der Gerade ganzzahlig enthalten sind.

23) Es bedeuten im folgenden

ξ, η = Koordinatenunterschiede zwischen Anfangs- und Endpunkt der Geraden.

ξ^x, η^x = Positionskoordinaten innerhalb der Geraden vom Anfangspunkt an gerechnet.

n' = Zähler für die Anzahl der Fahrbefehle für die Gerade. Zählt von 1 bis N.

r_s = Teilsumme der Reste r, die bei jedem V_η entstehen.

μ = Zähler für die Anzahl der Fahrbefehle mit gleichen V_η. Zählt so lange, bis bei r_s ein Übertrag auf die erste Stelle vor dem Komma entsteht.

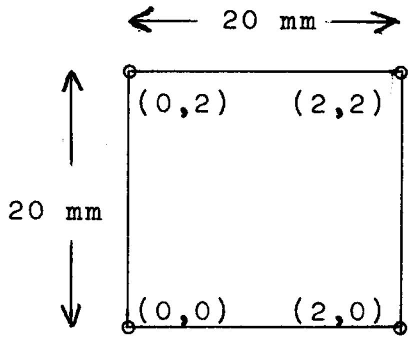
Üb = 1 oder 0, je nachdem, ob bei r_s ein Übertrag entsteht oder nicht.

24) $r = o$ entsteht, wenn sich der Anstieg der Geraden aus dem Quotient ganzzahliger V_η, V_ξ (zwischen 1 und 15) ergibt. In diesem Fall kann die Gerade mit Konstanten V_ξ, V_η durchfahren werden. N gibt an, wie oft es geschieht. Sofern $N>16$, so wird das Kommando (N, V_ξ, V_η) noch in weitere Kommandos mit kleineren N mittels Unterprogramm zerlegt.

25) Diese Schleife (bei $r \neq o$) addiert jeweils die Geschwindigkeitskomponenten V_ξ, V_η zu den Positionskoordinaten ξ^x, η^x und summiert den Rest r zu r_s. Mit μ und n' werden die Durchläufe gezählt. Wird $r \geq 1$, so wird der Fahrbefehl (μ, V_ξ, V_η) (μ evtl. wie oben noch zerlegt) gestanzt. Üb. wird zu 1 gemacht zum Zeichen, daß das nachfolgende V_η um 1 zu erhöhen ist. Der Zähler μ wird wieder auf 0 gesetzt. Von nun ab wird die rechte Seite der Schleife durchlaufen. Jedesmal wird der entstehende Übertrag bei r_s abgeschöpft und bei V_η berücksichtigt. Dies geschieht so oft, bis $r_s<1$ wird, d.h. kein Überlauf stattfindet. Es wird der Fahrbefehl mit der aufgelaufenen Anzahl μ gestanzt und Üb. sowie $\mu = o$ gesetzt und die Schleife wieder links durchlaufen. Dies geht so lange, bis der Taktzähler n' N erreicht hat. Es wird der letzte Fahrbefehl mit der Taktanzahl μ gestanzt. Anschließend wird der Fahrbefehl für das Reststück der Geraden sowie ein Stopkommando mit den Geschwindigkeiten 0

gegeben. Es wird der Endpunkt auf den Anfangspunkt gesetzt und in das Hauptprogramm zurückgesprungen.

26) Hier erfolgt der Einsprung vom Hauptprogramm her zum Stanzen von Sonderkommandos. n' kennzeichnet die Art des Sonderkommandos.
Den Stiften des Schreibkopfes werden im Programm Wertepaare (n_x, n_y) wie folgt zugeordnet.



(n_x^o, n_y^o) bezeichnet den in Position gefahrenen Stift.
Bei Start (s.Fußnote 1) wird der linke untere Stift (0,0) als Ursprung definiert.
(n_x^1, n_y^1) bezeichnet den in Position zu fahrenden Stift.
Das Vorzeichen der Δn-Werte gibt die Richtung der Stiftversetzung an; der Betrag beider Δn-Werte gibt die Anzahl der Takte an; also 32mal ±10/16 mm sind zu fahren.

Bad Hersfeld, Aoril 1964