

DEUTSCHE GEODÄTISCHE KOMMISSION
bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Reihe C: Dissertationen – Heft Nr. 57

ZVONKO ANTON KREVELJ

**Das automatische Korrigieren
optischer Systeme
auf der Rechenanlage Zuse Z 11**

München 1963

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München



Diss. 1964/180

Diss. 1964/180

DEUTSCHE GEODÄTISCHE KOMMISSION

bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Reihe C: Dissertationen – Heft Nr. 57

**Das automatische Korrigieren
optischer Systeme
auf der Rechenanlage Zuse Z 11**

Von der
Fakultät für Bauwesen
der Technischen Hochschule München
zur Erlangung des Grades eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Dissertation

Vorgelegt von Diplom-Ingenieur

ZVONKO ANTON KREVELJ

geboren zu Sevnica / Jugoslawien

München 1963

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München

Adresse der Deutschen Geodätischen Kommission:

DEUTSCHE GEODÄTISCHE KOMMISSION
München 22, Marstallplatz 8



I. Berichterstatter: o. Prof. Dr.-Ing. habil., Dr.-Ing. E. h. M. Kneißl

II. Berichterstatter: Prof. Dr. F. I. Havliček; o. Prof. Dr.-Ing. R. Sigl

Tag der Einreichung der Arbeit: 16. Juli 1962

Tag der Annahme der Arbeit: 23. Juli 1962

Dr. F. I. Havliček

Copyright 1963 by Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut München

Alle Rechte vorbehalten. Ohne Genehmigung der Herausgeber ist es auch nicht gestattet, die Veröffentlichung oder Teile daraus auf photomechanischem Wege (Photokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.
Druck und Reproduktionen: Gebr. Brunner, München

Inhaltsverzeichnis:

I.	EINLEITUNG	1
II.	DIE RECHENANLAGE ZUSE Z 11	4
III.	DIE PROGRAMMIERUNG	5
	1. Darstellung von Befehlen	6
	2. Die Symbole der Logik	6
	3. Erläuterungen	7
IV.	DAS ANALYTISCHE KORRIGIEREN OPTISCHER SYSTEME.	9
	1. Einführung in das Korrigieren	9
	2. Das achromatisierte Simplet	11
	a) Allgemeines	11
	b) Die Rechenformeln	12
	c) Das Programm KS	19
	3. Das Duplet	41
	a) Allgemeines	41
	b) Die Rechenformeln	41
	c) Das Programm KD	52
	d) Druckanordnung	83
	4. Das Triplet	84
	a) Allgemeines	84
	b) Rechenformeln	85
	c) Das Programm KT	98
V.	ABLAUF DES MASCHINENRECHNENS BEIM KONSTRUIEREN OPTISCHER SYSTEME	105
VI.	LITERATURVERZEICHNIS	108

I. EINLEITUNG

Das Konstruieren optischer Systeme ist durch den Einsatz der programmgesteuerten Rechenanlagen in den letzten zwei Jahrzehnten in eine neue Phase eingetreten. Das klassische Rechenverfahren hat sich bei Berechnungen mit der Rechenanlage geändert.

Bei komplizierten optischen Systemen ist beim Konstruieren der Rechenaufwand zur Erzielung eines Optimums für das betreffende System sehr groß. Bisher war der Optiker bestrebt, die Zahl der Variationen beim Korrigieren sowie die Zahl der Strahlen bei der Berechnung so klein wie möglich zu halten.

Die programmgesteuerten Rechenanlagen erlauben weitgehend Iterationen anzuwenden, weil wegen der großen Rechengeschwindigkeit im Vergleich zur Papier-Bleistift-Methode die Zahl der Iterationsschritte nicht so sehr maßgebend ist. Der Rechenablauf mit Entscheidungen auf Grund der Kennzeichnung und der Abfragen während der Berechnung ist den Automaten überlassen. Der Mensch wurde dadurch entlastet.

Der Rechner mit klassischen Rechenhilfsmitteln und die Rechenanlage können sich für die Lösung mathematischer Probleme nur teilweise vergleichen. Der Rechenautomat ist nur den physikalisch-technischen Bedingungen unterworfen, der Mensch dagegen den biologischen Gesetzen. Der Rechenautomat ist theoretisch nach diesem Vergleich zu jeder Zeit verwendbar und, da er die Fähigkeiten besitzt, mit großer Geschwindigkeit einzelne arithmetische Operationen und logische Entscheidungen durchzuführen, ist es möglich geworden, die Probleme, die vor kurzem nicht lösbar waren, zu bewältigen. Durch diese Tatsache ergaben sich in der Optik Möglichkeiten, neue Verfahren beim Konstruieren optischer Systeme zu entwickeln.

Großen Zeitaufwand verlangt bei Lösung wissenschaftlich-technischer Probleme die Herstellung der Rechenpläne, die den Rechenablauf steuern. Man ist jetzt nicht nur bestrebt, einen

automatischen Rechenablauf für eine bestimmte Rechenanlage zu programmieren, sondern Strukturdiagramme und algorithmische Darstellung so aufzustellen, daß sie mit relativ kleinem Zeitaufwand für Rechenanlagen verschiedener Herkunft programmiert werden können. Der Fortschritt geht hier noch weiter und zwar so, daß die Programme auch von anderen ähnlichen Rechenautomaten mit Hilfe eines Programmumsetzers eingelesen, und die Probleme selbst dann auf dieser Maschine berechnet werden können. Die Maschinensprache "Algol 60" ist dafür sehr geeignet und wird nach Überwindung der Anfangsschwierigkeiten auch in der Optik große Verwendung finden.

Die Rechenanlage Z11 gestattet infolge ihres Aufbaus und ihrer Befehlsliste solche universelle Programme nicht aufzustellen. Deswegen sind in dieser Abhandlung die Rechenprogramme für das Korrigieren amorpher optischer Systeme, vor allem um Verkürzungen zu ermöglichen, in erster Linie für diese Rechenanlage bearbeitet.

Die Schnelligkeit und das Speichervermögen eines Rechenautomaten diktieren, welche Methoden für die Berechnungen und das Korrigieren optischer Systeme geeignet sind. Für die Rechenanlage Z11 ist das Korrigieren des amorphen Systems günstig, da hier der Rechenaufwand nicht so groß ist wie etwa beim Korrigieren mit Hilfe der Differentialkoeffizienten¹⁾. Trotzdem bietet die Z11, wenn das Konstruieren in einzelne Etappen eingeteilt ist, die Möglichkeit optische Systeme automatisch zu konstruieren.

In der Optik haben sich die Methoden der Matrixberechnungen und das Korrigieren durch Differentiale sowie Iterationsver-

1) Als weitere DGK-Veröffentlichung ist vorgesehen: "Das automatische Korrigieren optischer Systeme auf der Rechenanlage ZUSE Z 23".

fahren weitgehend entwickelt und bei der Maschinenberechnung bewährt. Für das Konstruieren auf Rechenautomaten ist auch wichtig, solche Methoden zu verwenden, die eine Häufung von Rechenfehlern nicht gestattet bzw. diese in einem Mindestmaß halten.

Die verschiedenen Methoden für das maschinelle Konstruieren sind in den letzten 12 Jahren zahlreich im Jl.opt.Soc.Amer. sowie teilweise in der Revue d'optique veröffentlicht worden.

II. DIE RECHENANLAGE ZUSE Z 11

Die programmgesteuerte Relais-Rechenanlage Z11 ist ein digitaler Rechenautomat, der in seiner ursprünglichen Form vor allem für den Gebrauch in der Geodäsie und der Optik mit fest verdrahteten Programmen gebaut wurde. Die Verwendbarkeit hat sich erweitert, als die Bandsteuerung dazu entwickelt wurde. Der Rechenautomat wird mit festem oder gleitendem Komma hergestellt.

Der Aufbau der Maschine ist nach bekannter Gliederung für Rechenautomaten in:

- Eingabewerk
- Befehlswerk
- Rechenwerk
- Speicherwerk
- Ausgabewerk

zusammengesetzt. Die Anlage arbeitet im reinen Binärsystem auf der Basis: Relais angezogen oder abgefallen. Der Rechenvorgang in der Maschine ist durch logische Verknüpfungen nach der Schaltungsalgebra ermöglicht.

Das feste Maschinenkomma (MK) liegt intern hinter der zweiten Binärstelle. Extern sind die ganzen Dezimalzahlen, in Bezug auf das MK, im Bereich $-4 < a < +4$ darstellbar. Die 25 binären Stellen hinter dem MK ergeben 7,53 dezimale Stellen. Durch Berücksichtigung beim Programmieren lässt sich die Kommalage bis auf 7 Stellen vom MK nach rechts verschieben.

Ausführliche Beschreibungen des Rechengerätes sind aus /4/, /12/, /19/, /25/ zu entnehmen. Die Rechenbesonderheiten der Z11 für Probleme aus der praktischen Optik sind in /12/, /13/ beschrieben und werden teilweise auch in dieser Arbeit angewendet.

III. DIE PROGRAMMIERUNG

Teilweise müssen für das Konstruieren optischer Systeme auf den Rechenanlagen neue Verfahren entwickelt werden. Die Verfahren sind von Aufbau und Befehlsliste der betreffenden Maschine abhängig.

Der Gang für die Vorbereitung der Rechenpläne ist in /10/ ausführlich angegeben und eingeteilt in:

- Mathematische Formulierung: Dieser erste Schritt der Vorbereitungen verlangt gute Kenntnisse des Problems sowie die Kenntnis des Programmierens und der Rechenanlage selbst. In der Optik ist die mathematische Formulierung als Synthese für die Berechnungen auf der Rechenanlage aufzufassen.
- Bereitstellung numerischer Verfahren: Hier sind die bekannten Verfahren zu verwenden oder neue Verfahren zu entwickeln. Die Aufgabe ist vom Standpunkt der praktischen Mathematik zu lösen.
- Herstellung des Rechenprogramms: Das Problem, das in statischer Form gegeben ist, soll in eine dynamische Form umgewandelt werden. Das Rechenprogramm muß die arithmetischen und logischen Operationen verknüpfen. Dies ist die algorithmische Darstellung des Programms.

Wenn das Rechenprogramm schwierig durchzuführen ist, bietet die geometrische Darstellung des Rechenablaufes, die als Strukturdiagramm (Fluß-, Ablauf- oder Blockdiagramm) /22/ bezeichnet wird, eine große Hilfe.

In der Literatur besteht eine Trennung der algortithmischen Darstellung und des Strukturdiagramms von der Befehlsreihe der betreffenden Maschine. Bei der Herstellung der algorithmischen Darstellung und des Strukturdiagramms ist es mit Rücksicht auf die Z11 sehr vorteilhaft, sich etwas an die Eigenschaften dieser Maschine zu lehnen.

Die algorithmische Darstellung wird bei großen und komplizierten Programmen umfangreich. Es ist vorteilhaft, die Darstellung in einer größeren Form durchzuführen, in der nur charakteristische Formeln anzugeben sind und in denen die Hilfsformeln und -Ausdrücke schon inbegriffen sind.

- Aufstellen der Befehlsreihe: Das Strukturdiagramm und die algorithmische Darstellung sind als allgemeine und abgekürzte Formen des Programms anzusehen. Die Aufstellung der Befehlsreihen ist sehr zeitraubend und umfangreich. Die Programme selbst werden in Befehlsreihen selten veröffentlicht; wenn diese für eine bestimmte Rechenanlage veröffentlicht werden, ist die algorithmische Darstellung überflüssig.

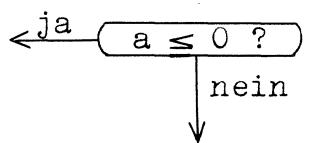
1. Darstellung von Befehlen.

Die Kriterien zur Aufstellung der Befehlsreihen für die Z11 sind eingehend in /19/, /25/ angegeben. In dieser Abhandlung ist die Beschreibung der Befehle, nach der Befehlsliste der Z11, im ganzen ausgelassen.

2. Die Symbole der Logik.

Die in den Strukturdiagrammen und algorithmischen Darstellungen auftretenden Symbole der Logik dieser Arbeit sind folgende:

- <m> Inhalt der Speicherzelle, die durch die Adresse m aufgerufen werden kann.
- <m>→ n Der Inhalt m geht in den Variablerspeicher n.
- .. → .. Ergibt - Zeichen bedeutet die operative Überführung der linken in die rechte Seite der Plangleichung. Das Zeichen ist von K. Zuse /22/ eingeführt worden.
- ∧ Konjunktion (&); es ist als "und - auch" zu verstehen. Z.B. a ∧ b < c bedeutet a < c sowie b < c .

- ∨ Disjunktion "oder (und)", umfaßt mehrere Bedingungen, wovon wenigstens eine wahr sein muß. Z.B. $a \vee b < c$ bedeutet $a < c$ oder (und) $b < c$.
 - symbolisiert "entweder - oder" und vereinigt mehrere Bedingungen zusammen, von denen nur eine erfüllt sein muß.
 - (i) Sprungbefehl innerhalb des OP bzw. UP in algorithmischer Darstellung /2/ , /22/ .
 - (.....i)↓ Sprungbefehl vom OP ins UP und umgekehrt.
 - ($a \geq 0$) ? Bedingung in algorithmischer Darstellung; wenn die Bedingung nicht erfüllt ist, wird der folgende Befehl ausgeführt.
- 
- Abfrage oder Bedingung im Strukturdiagramm.

3. Erläuterungen.

Bei der algorithmischen Darstellung sind nach /4/ noch folgende Symbole eingeführt:

- (Ri) Relaisbedingung wird gebracht.
- (Ri) → Lösung der Relaisbedingung
- (i) Symbol für "entweder - oder" unter Berücksichtigung der Bedingung (i); verbindet zwei Rechenoperationen, von denen nur eine ausgeführt werden muß.

In Strukturdiagrammen und algorithmischen Darstellungen sind Relaisbedingungen der Z11 wie folgt bezeichnet:

- Die Steuerposition LF als Q_1
- Die Steuerposition KF als Q_2
- Die Relaisbedingungen Gs, F_1 , F_2 , F_3 , F_4 als Ro, R_1, R_2, R_3, R_4
- Die automatischen Zählungen, die in Programmen ausgeführt wer-

den, sind durch Kennzeichnung mittels einer von beiden Steuerpositionen Q_1 oder Q_2 ermöglicht.

Eine Bereichsüberschreitung kann während der Berechnung nur vorkommen wenn :

$$\begin{array}{ll} |\Sigma P|, |\Sigma A|, |\Sigma B|, |\Sigma \Gamma|, |\Sigma E| & \geq 400 \text{ oder} \\ |\varphi_1|, |\varphi_2| & \geq 40 \text{ usw. ist.} \end{array}$$

In diesem Fall stoppt die Maschine. Bei Zwischenwerten und Endresultaten, die verschiedene Größenordnungen einnehmen können, wird im Maschinenkomma (MK) gerechnet. Wenn $|a| \leq 4$ ist, wird eine von beiden Steuerpositionen Q_1 oder Q_2 beigefügt /13/. Wegen Platzersparnis ist dies bei zusammengesetzten Formeln meistens weggelassen, muß aber bei der Programmierung berücksichtigt werden.

IV. DAS ANALYTISCHE KORRIGIEREN OPTISCHER SYSTEME.

1. Einführung in das Korrigieren.

Das Auffinden der brauchbaren Methoden für das Konstruieren optischer Systeme auf Rechenanlagen soll in einer allgemeinen Form dargelegt werden. Das Problem kann weitgehend vom Standpunkt der praktischen Optik bearbeitet und in anschaulicher Form dargestellt werden. Wenn aber die Arbeitsweise der Rechenanlage spezifisch ist, wird es vorteilhaft sein, sich schon bei der Auffindung und Herstellung der brauchbaren Methoden an diese Rechenanlage zu binden.

In dieser Arbeit ist die Darstellung der Methoden sowie die Herstellung der Rechenprogramme für das Korrigieren speziell für die Rechenanlage Z11 durchgeführt. Es ist das analytische Korrigieren mittels Durchbiegung der Äquivalentlinsen auf Iterationsbasis bearbeitet. Das Problem des Korrigierens ist in ausführlicher Form vom Standpunkt der Rechenanlage aus dargestellt.

Das analytische Korrigieren ist in drei unabhängigen aber ähnlichen Arbeitsweisen der einzelnen Systemeinteilungen zusammengefaßt. Der Grundgedanke der Durcharbeitung der brauchbaren Methoden ist bei allen drei Systemeinteilungen derselbe. Die Einteilung ist in

- das Simplet
- das Duplet
- das Triplet

und ihre modifizierten Formen durchgeführt. Durch diese Aufteilung zerfallen die Programme für das Korrigieren in drei unter sich unabhängige Teile. Dadurch kann das Problem des Korrigierens in übersichtlicher Form dargestellt und in einfacher Form gelöst werden.

Jedes Glied des Systems kann bis zu drei Äquivalentlinsen eingliedern, die nach der Umwandlung in das dicke System

freistehend, total oder nur zu zweien gekittet sein können. Innerhalb dieser Zusammenstellung können für jedes Glied weiterhin 7 (beim Simplet 6) Fälle bestehen. Mit Hilfe der vier Abtastköpfe der Rechenanlage sowie der dargebotenen Verschachtelungsmöglichkeiten ist eine solche Aufgliederung auch vom praktischen Standpunkt ausführbar.

Das Korrigieren und alle damit verbundenen Berechnungen sind für die Objektlage, die im Unendlichen liegt, also für

$$\zeta_{1,1} = 0$$

durchgeführt.

Der erste Schritt der Synthese optischer Systeme ist die Vorrechnung. In der Literatur ist die Vorrechnung nur selten in ausführlicher Form bearbeitet, es ist vor allem auf die Veröffentlichungen von /1/ , /2/ , /7/ hinzuweisen. Diese Vorrechnung, auch Auslegung genannt, ist für die Konstruktion der optischen Systeme maßgebend. Das Verfahren des Korrigierens soll dagegen in der Lage sein, alle dargebotenen Kombinationsmöglichkeiten durch Änderungen der einzelnen Größen zu erschöpfen. Die Auslegung fällt aus dem Rahmen dieser Arbeit und wird für das Korrigieren vorausgesetzt.

Die Rechenformeln, die bei den einzelnen Fällen als Systemkonstanten, Festwerte oder als unveränderliche Ausdrücke in dieser Abhandlung für alle Systemeinteilungen vorkommen, sind hier angegeben.

Die Charakteristiken der Gläser nach /1/ sind aus folgenden Ausdrücken

$$A'_{g,l} = \frac{n_{g,l+2}}{n_{g,l}} \quad (1.1)$$

$$B'_{g,l} = \frac{n_{g,l}}{n_{g,l-1}} \quad (1.2)$$

$$C'_{g,l} = \frac{n_{g,l+1}}{n_{g,l}} \quad (1.3)$$

zu gewinnen.

Die Petzval-Summe ist aus

$$\sum P_v = \sum_1^k \left(\frac{\varphi}{n} \right)_l \quad (1.4)$$

zu bestimmen.

Die Seidelschen Ausgangskoeffizienten für die Äquivalentlinsen der einzelnen Glieder sind:

$$a_{g,l} = \frac{\varphi_{g,l}}{4} / A'_{g,l} \cdot \mu_{g,l}^2 - 2 \Psi_{g,l} \cdot \mu_{g,l} + (\varphi \cdot B')_{g,l}^2 \quad (1.5)$$

$$b_{g,l} = - \frac{\varphi_{g,l}}{2} (\Psi_{g,l} - C'_{g,l} \cdot \mu_{g,l}) \quad (1.6)$$

Die Radienkehrwerte sind aus den beiden Formeln in allgemeiner Form

$$\rho_{g,l} = \frac{1}{2} (\mu_{g,l} + \Psi_{g,l} + \frac{\varphi_{g,l}}{n_{g,l} - 1}) \quad (1.7)$$

$$\rho_{g,l} = \frac{1}{2} (u_{g,l} + \Psi_{g,l} - \frac{\varphi_{g,l}}{n_{g,l} - 1}) \quad (1.8)$$

zu berechnen.

Die Grundform des maschinellen Korrigierens amorpher optischer Systeme in dieser Abhandlung bildet die Monographie von F. I. Havliček /7/, der in anschaulicher Form die Methoden des Korrigierens bearbeitet. Weiterhin ist auch auf die Arbeiten von /5/, /9/, /17/ hinzuweisen.

2. Das achromatisierte Simplet.

a) Allgemeines

Unter der Bezeichnung Simplet ist ein optisches System zu verstehen, das sich aus einer oder mehreren Linsen zusammensetzt. Für ein amorphes System sind die einzelnen Abstände der Äquivalentlinsen zu deren Brennweite so klein, daß man sie vernachlässigen kann; demzufolge sind auch w-Quotienten der einzelnen Äquivalentlinsen unter sich praktisch gleich groß. Weil für die erste Linse $w = 1$ gewählt wird, sind beim Simplet auch für die

folgenden Linsen die w gleich eins. Über das Simplet ist auf die Veröffentlichungen /1/, /2/, /7/ hinzuweisen.

Für das automatische Korrigieren des Simplets auf der Rechenanlage soll das Programm KS (Korrektur des Simplets) folgende Fälle umfassen und bearbeiten:

I. Gruppe:

- Fall A - gekitteter Zweilinser
- Fall B - gekitteter Dreilinser

II. Gruppe:

- Fall C - Dreilinser nicht gekittet

III. Gruppe:

- Fall D - Zweilinser nicht gekittet
- Fall E - Dreilinser davon 1. und 2. Linse gekittet
- Fall F - Dreilinser hier 2. und 3. Linse gekittet

b) Die Rechenformeln

Die Grundlage bilden die Durchbiegungsformeln, die durch Weiterentwicklung brauchbare Ausdrücke geben, die für das Korrigieren des Simplets notwendig sind.

Die Formeln für das Simplet lauten allgemein:

$$\begin{aligned}\sum A_v &= \sum_{l=1}^k a_l \\ \sum B_v &= \sum_{l=1}^k b_l \\ \sum \Gamma_v &= \sum_{l=1}^k \varphi_l \\ \sum E_v &= 0\end{aligned}\tag{2.1}$$

Die letzte Formel gilt nur, wenn die Blende praktisch im System liegt.

Es ist zweckmäßig, die Formeln in bezug auf die einzelnen Gruppen und die Fälle anzugeben.

I. Gruppe:

- Fall A -

Die Charakteristiken Ψ_1 für den verkitteten Zweilinser sind:

$$\begin{aligned}\Psi_{1,1} &= \varphi_{1,1} \\ \Psi_{1,2} &= 2\varphi_{1,1} + \varphi_{1,2}\end{aligned}\quad (2.2)$$

Die erste Durchbiegungsformel ist

$$\Sigma A_v = a_{1,1} + a_{1,2} \quad (2.3)$$

Weil das System nach Umwandlung in dicke Linsen verkittet werden soll, ist der Funktionswert $u_{1,2}$ durch die Verkittungsbedingung

$$\mu_{1,2} = \mu_{1,1} - t_{1,2} \quad (2.4)$$

zu ersetzen, worin

$$t_{1,2} = B_{1,1} \cdot \varphi_{1,1} - B_{1,2} \cdot \varphi_{1,2} \quad (2.5)$$

ist.

Nach Berücksichtigung der Verkittungsbedingung ist der zweite Koeffizient durch

$$\begin{aligned}a_{1,2} &= \frac{\varphi_{1,2}}{4} / A'_{1,2} (\mu_{1,1} - t_{1,2})^2 - \\ &\quad - 2\Psi_{1,2} (\mu_{1,1} - t_{1,2}) + (B' \cdot \varphi)_{1,2}^2 / \end{aligned}\quad (2.6)$$

zu ersetzen. Der Koeffizient $a_{1,1}$ ergibt sich aus der Formel (1.5). Nach Einsetzung in die Formel (2.3) und Zusammenfassung ergibt sich zur Bestimmung der Argentieri-Parameter $\mu_{1,1}$ die Gleichung 2. Grades:

$$k'_A \cdot \mu_{1,1} - k''_A \cdot \mu_{1,1} + k'''_A = 0 \quad (2.7)$$

Die abgeleiteten Koeffizienten sind:

$$k'_A = \frac{1}{4} \sum_{l=1}^2 (\varphi \cdot A')_l \quad (2.8)'$$

$$k''_A = \frac{1}{2} / \sum_{l=1}^2 (\varphi \cdot \Psi)_l + (\varphi \cdot A' \cdot t)_{1,2} / \quad (2.8)''$$

$$k'''_A = \frac{1}{4} / \sum_{l=1}^2 (B'^2 \cdot \varphi^3)_l + (\varphi \cdot A' \cdot t^2)_{1,2} + 2(\varphi \cdot \Psi \cdot t)_{1,2} / \quad (2.8)'''$$

$$K_A = k''_A - \sum A_v \quad (2.8)$$

Zur Bestimmung der Wurzeln $\mu'_{1,1}$ und $\mu''_{1,1}$ sind die Koeffizienten k'_A , k''_A und K_A in die quadratische Gleichung (2.7) einzusetzen.

Die zweite Durchbiegungsformel lautet

$$\sum B_v = b_{1,1} + b_{1,2} \quad (2.9)$$

Der Koeffizient $b_{1,1}$ ist aus (1,6) und der zweite Koeffizient aus dem Ausdruck

$$b_{1,2} = -\frac{\varphi_{1,2}}{2}/\Psi_{1,2} - c'_{1,2}(u_{1,1} - t_{1,2})/ \quad (2.10)$$

zu berechnen.

- Fall B -

Beim verkitteten Triplet sind die Charakteristiken Ψ_1 der Äquivalentlinsen durch die Ausdrücke

$$\begin{aligned} \Psi_{1,1} &= \varphi_{1,1} \\ \Psi_{1,2} &= 2\varphi_{1,1} + \varphi_{1,2} \\ \Psi_{1,3} &= 2\varphi_{1,2} + \varphi_{1,2} + \varphi_{1,3} \end{aligned} \quad (2.11)$$

zu bestimmen.

Für die 1. und 2. Linse ist die erste Verkittungsbedingung (2.4) und für die 2. und 3. Linse die zweite:

$$\mu_{1,3} = \mu_{1,1} - t_{1,3} \quad (2.12)$$

anzuwenden, worin

$$t_{1,3} = B'_{1,1} \cdot \varphi_{1,1} + 2B'_{1,2} \cdot \varphi_{1,2} + B'_{1,3} \cdot \varphi_{1,3} \quad (2.13)$$

ist.

Auch in diesem Fall soll das erste Parameterpaar durch Lösung der quadratischen Gleichung bestimmt werden. Die erste Durchbiegungsformel lautet dann

$$\sum A_v = a_{1,1} + a_{1,2} + a_{1,3} \quad (2.14)$$

Der Koeffizient $a_{1,1}$ ist aus der Formel (1.5) zu berechnen. Bei Berücksichtigung der beiden Verkittungsbedingungen ergibt sich

der Koeffizient $a_{1,2}$ aus (2.6) und der dritte ist dann aus

$$a_{1,3} = \frac{\varphi_{1,3}}{4} / A'_{1,3} (\mu_{1,1} - t_{1,3})^2 - 2\psi_{1,3} (\mu_{1,1} - t_{1,3}) + (B' \cdot \varphi)_{1,3}^2 /$$

zu bestimmen. (2.15)

Nach Einsetzung in die Formel (2.14) und Umformung ergibt sich die quadratische Gleichung:

$$k'_B \cdot \mu_{1,1}^2 + k''_B \cdot \mu_{1,1} + K_B = 0 \quad (2.16)$$

Die einzelnen Koeffizienten lauten:

$$k'_B = \frac{1}{4} \sum_{l=1}^3 (\varphi \cdot A')_l \quad (2.17)'$$

$$k''_B = \frac{-1}{2} / \sum_{l=1}^3 (\varphi \cdot \psi)_l + \sum_{l=2}^3 (\varphi \cdot A' \cdot t)_l / \quad (2.17)''$$

$$k'''_B = \frac{1}{4} / \sum_{l=1}^3 (B'^2 \cdot \varphi^3)_l + \sum_{l=2}^3 (\varphi \cdot A' \cdot t^2)_l + 2 \sum_{l=2}^3 (\varphi \cdot \psi \cdot t)_l / \quad (2.17)'''$$

$$K_B = k'''_B - \sum A_v \quad (2.17)$$

Wie im Fall A ist es möglich, aus $\mu'_{1,1}$ und $\mu''_{1,1}$ zwei Systeme zu berechnen. Die Funktionswerte μ für die 2. und 3. Linse sind aus den Formeln (2.4) und (2.12) zu ermitteln.

Entsprechend wird dann die $\sum B_v$ aus

$$\sum B_v = b_{1,1} + b_{1,2} + b_{1,3} \quad (2.18)$$

berechnet.

Die Koeffizienten $b_{1,1}$, $b_{1,2}$ und $b_{1,3}$ sind aus der Formel (1.6), die in allgemeiner Form gegeben ist, zu bestimmen. In beiden Fällen A und B wird die Iteration durch Variation der $\sum A_v$ nach der Formel

$$\sum A_{(v)i+1} = \sum A_v \pm \Delta \sum A_v \quad (2.19)$$

durchgeführt.

II. Gruppe :

- Fall C -

In diesem Fall sind die Ψ_l -Werte aus den Formeln (2.11) zu be-

rechnen. Um den Korrektionsablauf zu vereinfachen, ist in der ersten Näherung wie beim gekitteten Dreilinser im Fall B vorzugehen. Durch Berücksichtigung der beiden Verkittungsbedingungen ergeben sich die beiden Wurzeln des Parameters $\mu_{1,1}$, durch Lösung der quadratischen Gleichung (2.16). Die Koeffizienten k_C' , k_C'' und K_C sind aus den Formeln (2.17)', (2.17)'' und (2.17) zu berechnen. Die Parameter $\mu_{1,2}$ und $\mu_{1,3}$ lassen sich danach aus (2.4) und (2.12) bestimmen. Die ΣB_v und die darin enthaltenen Koeffizienten sind aus den Formeln wie im Fall B zu ermitteln.

Das endgültige System lässt sich aus einer Näherungslösung durch iterieren der Parameter μ bestimmen. Bei der Iteration werden der Reihe nach die Parameter $\mu_{1,2}$, $\mu_{1,1}$ oder $\mu_{1,3}$ variiert. Die einzelnen Umänderungen der Parameter μ sind jeweils nach einem von folgenden Ausdrücken

$$\mu_{(1,1)i+1} = \mu_{1,1} \pm \Delta\mu_{1,1} \quad (2.20)'$$

$$\mu_{(1,2)i+1} = \mu_{1,2} \pm \Delta\mu_{1,2} \quad (2.20)''$$

$$\mu_{(1,3)i+1} = \mu_{1,3} \pm \Delta\mu_{1,3} \quad (2.20)'''$$

durchzuführen. Jeweils sind ΣA_v aus der Formel (2.14) und deren Koeffizienten aus (1.5) zu berechnen. Nach der Iteration erfolgt ΣB_v aus der Formel (2.18). Die Koeffizienten $b_{1,1}$, $b_{1,2}$ und $b_{1,3}$ sind aus (1.6) zu bestimmen. Nach Bedarf kann für die Iteration auch ΣA_v nach der Formel (2.19) variiert werden. Der ganze Rechenablauf wird dann mit einer neuen Näherungslösung nach oben angegebenen Formeln wiederholt.

III. Gruppe :

Im Gegensatz zu den Gruppen I und II sind in dieser Gruppe beim ersten Rechenablauf die bestimmten μ -Werte zu wählen.

- Fall D -

Für den nicht verkitteten Zweilinser sind $\Psi_{1,1}$ und $\Psi_{1,2}$ aus den Formeln (2.2) zu berechnen. Bei voraus gewählten Funktionswerten $\mu_{1,1}$ und $\mu_{1,2}$ lassen sich die ΣA_v und ΣB_v aus (2.3) und (2.9) sowie die Koeffizienten $a_{1,1}$, $a_{1,2}$, $b_{1,1}$ und $b_{1,2}$ aus den allgemeinen Formeln (1.5) und (1.6) berechnen.

Die Iteration wird durch die Variation des Parameters $\mu_{1,1}$ und danach $\mu_{1,2}$ mittels der Formel (2.20)' oder (2.20)" durchgeführt. Während und nach der Iteration sind $\Sigma A_{(v)i+1}$ und $\Sigma B_{(v)i+1}$ aus den oben angegebenen Formeln zu bestimmen.

- Fall E -

Beim Dreilinser mit verkitteter 1. und 2. Linse werden Ψ_1 -Werte, wie im Fall B, aus (2.11) berechnet. In diesem Fall sind für den ersten Rechengang die Parameter $\mu_{1,1}$ und $\mu_{1,3}$ zu wählen.

Die ΣA_v ist nach der Formel (2.14) zu berechnen. Die dazugehörigen Koeffizienten $a_{1,1}$, $a_{1,3}$ ergeben sich aus (1.5) und $a_{1,3}$ aus der Formel (2.6).

Die ΣB_v wird aus der Formel (2.18) bestimmt. Die Koeffizienten $b_{1,1}$ und $b_{1,3}$ ergeben sich aus (1.6). Der Koeffizient $b_{1,2}$ lässt sich aus

$$b_{1,2} = - \frac{\varphi_{1,2}}{2} / \Psi_{1,2} - c'_{1,2} (\mu_{1,1} - t_{1,2}) / \quad (2.21)$$

berechnen.

Für die Iteration sind $\mu_{(1,1)i+1}$ und $\mu_{(1,3)i+1}$ jeweils aus (2.20)' und (2.20)"" zu ermitteln. Nach jedem Iterationsschritt berechnet man $\Sigma A_{(v)i+1}$ und $\Sigma B_{(v)i+1}$ wie für ΣA_v und ΣB_v oben beschrieben wurde. Nach der Iteration ergibt sich der Parameter $\mu_{1,2}$ aus der Formel (2.4).

- Fall F -

Die Ψ_1 -Werte sind in diesem Fall aus (2.11) zu berechnen. Es

sind für den ersten Rechenablauf die Parameter $\mu_{1,1}$ und $\mu_{1,2}$ zu wählen. Hier ist $\sum A_v$ und $\sum B_v$ aus den Formeln wie im Fall E zu bestimmen. Die Koeffizienten $a_{1,1}$, $a_{1,2}$ ergeben sich aus der allgemeinen Formel (1.5); ferner wird

$$a_{1,3} = \frac{\varphi_{1,3}}{4}/A'_{1,3}(\mu_{1,2}-t'_{1,3})^2 - 2\psi_{1,3}(\mu_{1,2}-t'_{1,3}) + (B' \cdot \varphi)_{1,3}^2 /$$

wenn

$$t'_{1,3} = B'_{1,2} \cdot \varphi_{1,2} + B'_{1,3} \cdot \varphi_{1,3} \quad (2.22)$$

ist. Für die B_v sind $b_{1,1}$, $b_{1,2}$ nach (1.6) und für die dritte Äquivalentlinse aus

$$b_{1,3} = -\frac{\varphi_{1,3}}{2}/\psi_{1,3} - C'_{1,3}(\mu_{1,2}-t'_{1,3}) / \quad (2.24)$$

zu ermitteln.

Beim Iterieren ist $\mu_{(1,1)i+1}$ oder $\mu_{(1,2)i+1}$ jeweils nach der Formel (2.20)' oder (2.20)'' zu variieren. Nach jedem Iterations- schritt wird $\sum A_{(v)i+1}$ und $\sum B_{(v)i+1}$ wie oben berechnet. Wenn $\sum A_v$ im verlangten Intervall liegt, ist der dritte Parameter aus der Formel

$$\mu_{1,3} = \mu_{1,2} - t'_{1,3} \quad (2.25)$$

zu berechnen

Im weiteren Verlauf des Korrigierens ist in einzelnen Fällen des Simplets die asymmetriefehlerfreie Blendenlage aus

$$z_1 = \frac{\sum B_v}{\sum A_v} \quad (2.26)$$

bzw. ihr Kehrwert aus

$$1/z_1 = \frac{\sum A_v}{\sum B_v} \quad (2.27)$$

zu bestimmen. Gleichzeitig soll das System bei beseitigtem Asymmetriefehler noch einen zweiten Bildfehler eliminieren. Zur Be- seitigung des zweiten Bildfehlers sollen in das Programm KS, von mehreren möglichen, folgende drei Bedingungen eingegliedert wer- den:

a - Bedingung: Bildfeldkrümmungsfreiheit

$$(\sum B_v)^2 - K_v \cdot \sum A_v = 0 \quad (2.28)$$

worin $K_v = \sum \Gamma_v + 1/3 \sum P_v$ und $\sum P_v$ sich aus der Formel (1.4) ergibt.

b - Bedingung: Astigmatismusfreiheit

$$(\sum B_v)^2 - \sum A_v \cdot \sum \Gamma_v = 0 \quad (2.29)$$

c - Bedingung: Verzeichnungsfreiheit

$$z_1 = 0 \quad (2.30)$$

Auch durch Variation des Bildfehlerkoeffizienten $\sum A_v$ kann das System korrigiert werden. Hier wird die $\sum A_v$ nach der Formel (2.19) sukzessive geändert.

Unter Berücksichtigung des betreffenden Falles sind die Radienkehrwerte der Äquivalentlinsen des Systems nach den Formeln (1.7) und (1.8) zu berechnen.

c) Das Programm KS

Um das automatische Korrigieren des Simplets zu ermöglichen, ist das Programm KS in ein Oberprogramm sowie in bezug auf die drei Gruppen in drei Unterprogramme eingeteilt. Durch Kennzeichnung der Gruppe und auch des Falles wird das Korrigieren im entsprechenden Unterprogramm gesteuert.

Die einzelnen Fälle sind wie folgt in Unterprogrammen vereinigt:

- Unterprogramm I ; umfaßt die Fälle A und B
- Unterprogramm II ; umfaßt den Fall C
- Unterprogramm III; umfaßt die Fälle D , E und F

Die Kennzeichnung der Unterprogramme I, II und III sowie einzelner Fälle ist durch Bedingungsschalter und die beiden Steuerpositionen ermöglicht, und zwar

- P1*30 eingeschaltet - Fall A
 - und mit gespeicherter Steuerposition Q₁- Fall B
 - oder " gespeicherter Steuerposition Q₂- Fall C
- P1*31 eingeschaltet - Fall D
 - und mit gespeicherter Steuerposition Q₁- Fall E
 - oder " gespeicherter Steuerposition Q₂- Fall F

Auch die Kennzeichnung der Bedingungen a, b und c ist durch die Bedingungsschalter ermöglicht, und zwar

- P1*32 eingeschaltet: es wird der Ausdruck für die Bildfeldkrümmungsfreiheit berechnet.
- P1*33 eingeschaltet: es wird der Ausdruck für Astigmatismusfreiheit berechnet.
- P1*32 und P1*33 nicht eingeschaltet: es ist die Bedingung für Verzeichnungsfreiheit da.

Die Lochstreifen mit den Eingabewerten sind in die beiden Köpfe des Binärabtasters einzulegen. Nach den Berechnungen im Oberprogramm ist eine Auswechselung des Streifens im Vorderkopf erforderlich, und zwar durch den zyklischen Streifen, der während der Rechnung gelocht wurde. Der hintere Abtastkopf ist für die Eingabe der Grenzwerte der Bedingungen vorgesehen. Auch dieser Lochstreifen ist zyklisch einzulegen. Für die Berechnungen mit doppelter Zahlenlänge der Konstanten 0,01 und 0,001 sind in beide Köpfe des Dezimalabtasters die zyklischen Streifen mit den Unterteilen der Zahlen 0,01 und 0,001 einzulegen, siehe auch /13/.

Die Ausgabe erfolgt durch elektrisch gesteuerte Schreibmaschine. Die Tabulierung hat folgende Form:

$$\varphi_v = \sum \Gamma_v$$

$$\begin{array}{ccccc} \varphi_{1,1} & & n_{1,1} & & \\ \Sigma P_v & \Sigma A_v & \Sigma B_v & z_1 & z_{(1)x} \\ \varphi'_{1,1} & & \varphi'_{1,1} & & \end{array}$$

Wenn sich für ein achromatisiertes Simplet mit denselben Systemkonstanten φ_1 und n_1 durch das Iterieren beim Korrigieren mehrere Systeme ergeben, werden diese herausgeschrieben ohne wiederholte Ausgabe der Systemkonstanten.

- Programmablauf -

Das Oberprogramm ist beim ersten Rechenablauf als

linearer Teil des Programms aufzufassen. Wenn sich dagegen durch das Korrigieren mehrere Systeme ergeben, ist es im Programm als kombinierter Zyklus anzusehen. Es liest vom vorderen Binärbatster die Systemkonstanten φ_1 und die Brechungsindices n_1 ein. Gleichzeitig werden die Brechkräfte gelocht. Nach Berechnung der Charakteristiken Ψ_1 und A'_1 , B'_1 und C'_1 werden die Werte C'_1 ge- locht.

Wenn die erste Bedingung zur Beseitigung des zweiten Bildfehlers zu erfüllen ist, wird K_v berechnet. Falls die dritte Bedingung zu erfüllen ist, wird entsprechend $\Sigma \Gamma_v$ bestimmt ($\Sigma \Gamma_v = \varphi$).

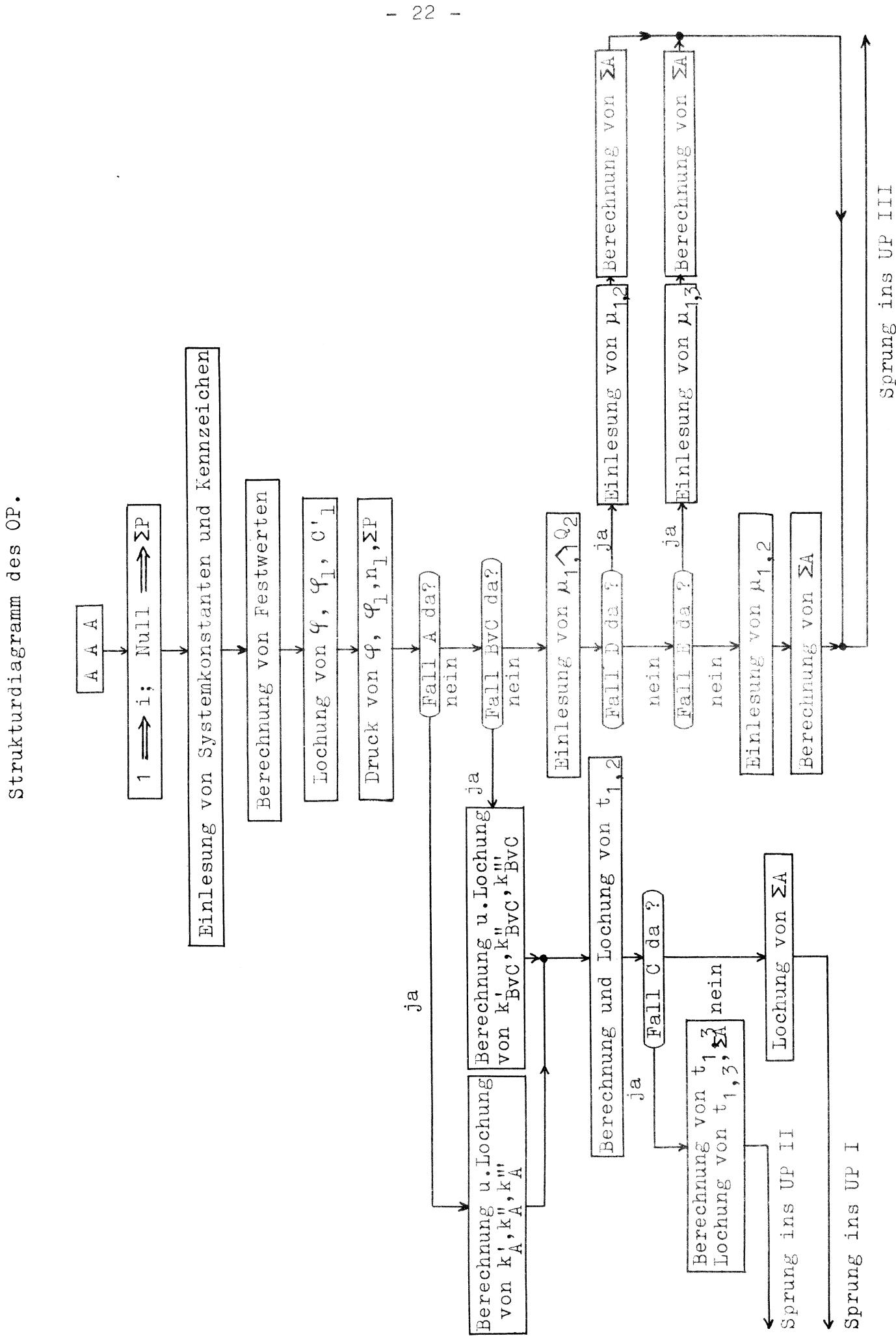
Der weitere Rechengang wird in bezug auf die einzelnen Fälle durchgeführt. In beiden Fällen A und B sind die Koeffizienten k' , k'' , k''' und $t_{1,2}$ zu berechnen und zu lochen. Weiter ist ΣA_v zu lochen, danach erfolgt der Sprung ins Unterprogramm I. Beim Fall C ist vor Lochung von ΣA_v noch $t_{1,3}$ zu berechnen und zu lochen, dann folgt der Sprung ins Unterprogramm II.

Bevor nach dem Fall D abgefragt wird, ist $\mu_{1,1}$ einzulesen und mit Steuerposition Q_2 zu speichern. Beim Fall D und F ist $\mu_{1,2}$ und beim Fall E $\mu_{1,3}$ einzulesen. In allen drei Fällen wird dann auf verschiedenen Wegen ΣA_v berechnet. Danach Sprung ins Unter- programm III.

Die Systemkonstanten φ , φ_1 und n_1 werden während der Berechnung herausgeschrieben.

Nach Ablauf des Oberprogramms stoppt die Maschine. Die gelochten Werte sind dann als Zyklus in den vorderen Abtastkopf einzulegen. Durch Betätigung der Taste "Weiterfahren" wird die Rechnung fort- gesetzt.

Strukturdigramm des OP.



Die algorithmische Darstellung des OP hat folgendes Aussehen:

1. AAA
2. Null $\Rightarrow \Sigma P_v$
3. Einlesen und Druck φ
4. Einlesen und Druck φ_1, n_1
5. (1.1), (1.2), (1.3) $\Rightarrow A'_1, B'_1, C'_1$
6. Lochen: φ_1, C'_1
7. $\varphi_1/n_1 \Rightarrow \Sigma P_1$
8. $\sum_{l=0}^{k-1} P_v + \Sigma P_1 \Rightarrow \sum_0^1 P_v$
9. ($k \geq 1$) ? $\textcircled{11} \downarrow$
10. $\textcircled{4} \downarrow$
11. (2.2) v (2.11) $\Rightarrow \Psi_1$
12. Druck ΣP_v
13. (A) da ? $\textcircled{27} \downarrow$
14. (B v C) da ? $\textcircled{30} \downarrow$
15. Einlesen $\mu_{1,1} \wedge Q_2$
16. (D) da ? $\textcircled{24} \downarrow$
17. (E) da ? $\textcircled{21} \downarrow$
18. Einlesen $\mu_{1,2}$
19. (2.14) $\Rightarrow \Sigma A_v$
20. $\textcircled{26} \downarrow$
21. Einlesen $\mu_{1,3}$
22. (2.14) $\Rightarrow \Sigma A_v$
23. $\textcircled{26} \downarrow$
24. Einlesen $\mu_{1,2}$
25. (2.3) $\Rightarrow \Sigma A_v$
26. (UP III) \downarrow
27. (2.8)', (2.8)'' , (2.8)''' $\Rightarrow k'_A, k''_A, k'''_A$
28. Lochen k'_A, k''_A, k'''_A
29. $\textcircled{32} \downarrow$
30. (2.17)', (2.17)'', (2.17)''' $\Rightarrow k'_{BvC}, k''_{BvC}, k'''_{BvC}$
31. Lochen $k'_{BvC}, k''_{BvC}, k'''_{BvC}$
32. (2.5) $\Rightarrow t_{1,2}$
33. Lochen $t_{1,2}$

34. (C) da ? \downarrow 37
35. Lochen ΣA_v
36. (UP I) \downarrow
37. (2.13) $\Rightarrow t_{1,3}$
38. Lochen $t_{1,3}, \Sigma A_v$
39. (UP II) \downarrow

Das Unterprogramm I ist ein kombinierter Zyklus, der die automatische Steuerung des Korrigierens in Gruppe I übernimmt.

Nach Einlesung von Festwerten und Koeffizienten durch den vorderen Binärbabtaster wird der dritte Koeffizient K_A der quadratischen Gleichung berechnet. Nach Berechnung der Diskriminante wird durch Abfrage der Maschine die Anweisung gegeben, ob die quadratische oder die lineare Gleichung zu lösen ist. Wenn die Wurzeln komplexe Zahlen sind, wird die Iteration durch Variation der ΣA_v durchgeführt usw. Bei Abfrage nach dem Fall sind im Fall A $\mu_{1,2}$ und im Fall B zusätzlich noch $\mu_{1,3}$ sowie in beiden Fällen ΣB_v zu berechnen. Dann wird die komafreie Blendenlage z_1 bzw. $1/z_1$ oder $1/z_1$ mit Q_1 berechnet. Wenn $1/z_1$ mit Q_1 da ist oder die Bedingung $z_{1,min} \leq z_1 \leq z_{1,max}$ oder $1/z_{1,min} \leq 1/z_1 \leq 1/z_{1,max}$ nicht erfüllt ist (hier sind $z_{1,min}$ und $z_{1,max}$ die beiden Grenzwerte) wird ΣA_v durch $\Delta \Sigma A$ vergrößert bzw. bei $\bar{\Sigma A}_v$ durch $\Delta \Sigma A$ verkleinert und mit neuberechnetem Wert K_{i+1} die quadratische Gleichung gelöst. Dies wird so oft wiederholt, bis die Bedingung $\Sigma A_{(v)min} \leq \bar{\Sigma A}_{(v)i+1} \leq \Sigma A_{(v)max}$ erfüllt ist. Wenn nicht, stoppt die Maschine. Es ist eine neue Auslegung erforderlich. Bei Erfüllung der Bedingung für z_1 bzw. $1/z_1$ wird der Ausdruck $z_{(1)x}$ bzw. $1/z_{(1)x}$ für die Bedingung a bzw. c berechnet. Wenn bei der b-Bedingung z_1 im verlangten Intervall liegt, ist die Bedingung $z_{1,min}$ erfüllt. Dagegen wenn $z_{(1)x}$ nicht erfüllt ist, oder $z_{1,min}$ nicht da ist, dann die Iteration durch Variation der ΣA_v solange wiederholen, bis die Bedingung für $\Sigma A_{(v)i+1}$ erfüllt wird. Wenn aber durch Iteration die Bedingung für $\bar{\Sigma A}_{(v)i+1}$ bzw. $\Sigma A_{(v)i+1}$ nicht erfüllt wird, dann stoppt die Maschine; hier ist eine neue

Auslegung durchzuführen. Bevor in allen drei oben beschriebenen Fällen die Maschine stoppt, schreibt sie in Rotdruck eine Null mit Q_1 heraus.

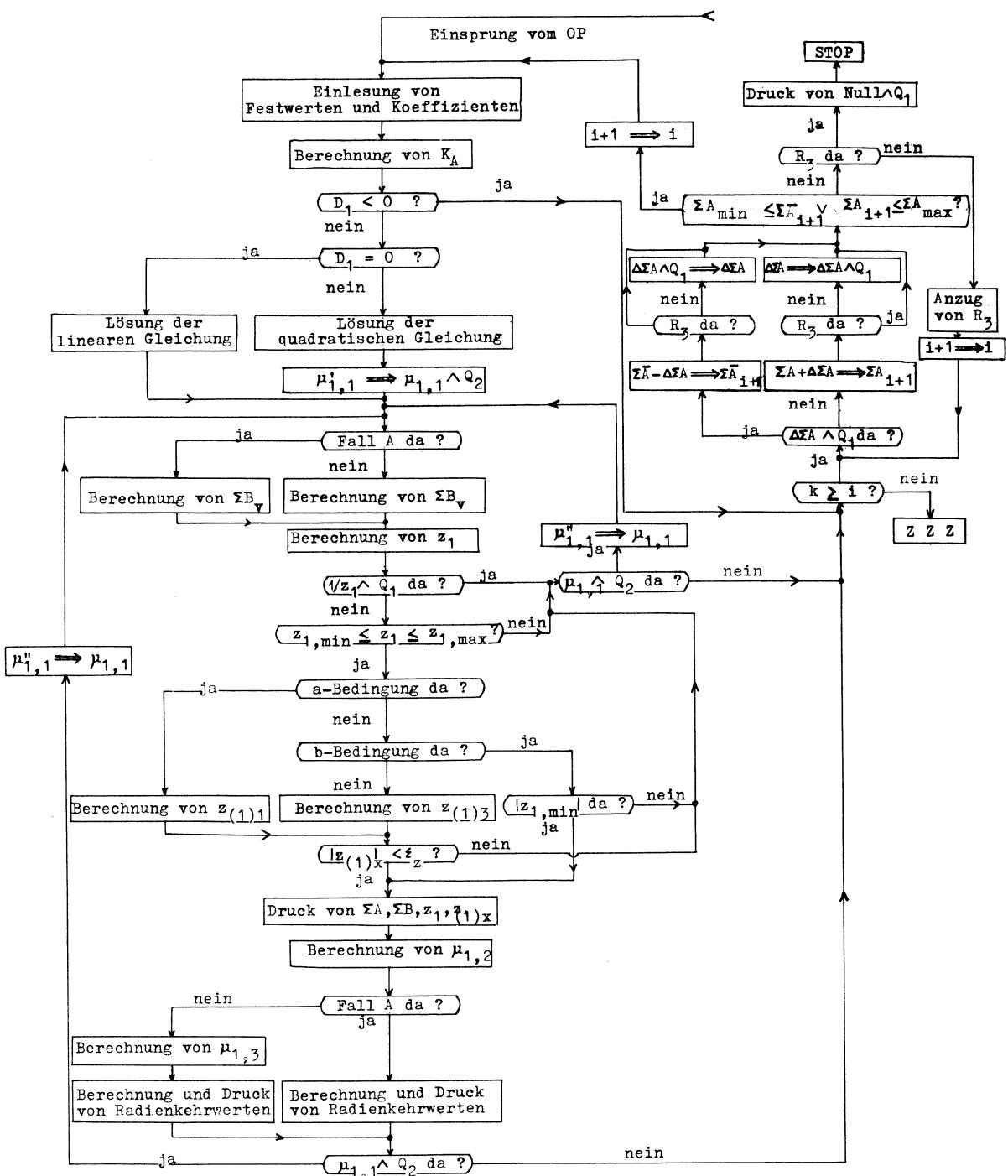
Die Grenzwerte für die einzelnen Bedingungen werden vom hinteren Binärabstaster laufend eingelesen. Wenn die verlangten Bedingungen erfüllt sind, werden die ΣA_v , ΣB_v , und $z_{(1)x}$ herausgeschrieben. Danach werden die Radienkehrwerte für den Fall A bzw. B berechnet und ausgedruckt.

Derselbe Rechenzyklus erfolgt dann mit $\mu''_{1,1}$ (wenn da ist). So entsteht das zweite amorphe System, dessen Daten auch herausgeschrieben werden. Danach wird die Iteration für ΣA_v fortgesetzt. Auf diese Weise entstehen mehrere Systeme. Man kann den weiteren Rechengang nach jedem herausgeschriebenen System unterbrechen oder nach Betätigung der Taste "Weiterfahren" das nächste System berechnen lassen usw., bis alle Möglichkeiten erschöpft sind und die Maschine vom Programm her gestoppt wird.

Bei allen herausgeschriebenen Systemen ist es leicht, sich zu entschließen, welches je nach Verwendungszweck am besten für die Umwandlung in das dicke System entspricht.

Im weiteren ist durch das Strukturdiagramm eine grobe und durch algorithmische Darstellung eine genaue Verfolgung des Korrigierens angegeben.

Strukturdiagramm des UP I.



Die algorithmische Darstellung des UP I :

1. Eingabe: $\varphi_1, c'_1, k'_A, k''_A, t_1$
2. $k''_A - \sum_{v \in V} A_v \Rightarrow K_A$
3. $k''_A^2 - 4 k'_A \cdot K_A \Rightarrow D_1$
4. $(D_1 < 0) ? \quad (18) \downarrow$
5. $(D_1 = 0) ? \quad (9) \downarrow$
6. $\frac{-k''_A \pm \sqrt{D_1}}{2k'_A} \Rightarrow \mu_{1,1}, \mu''_{1,1}$
7. $\mu'_{1,1} \Rightarrow \mu_{1,1} \wedge Q_2$
8. $\begin{array}{l} (10) \downarrow \\ k''_A \end{array}$
9. $-\frac{k''_A}{2k'_A} \Rightarrow \mu_{1,1}$
10. $(A) \text{ da?} \quad (13) \downarrow$
11. $(2.18) \Rightarrow \sum_{v \in V} B_v$
12. $(14) \downarrow$
13. $(2.9) \Rightarrow \sum_{v \in V} B_v$
14. $\sum_{v \in V} B_v : \sum_{v \in V} A_v \quad (Q_1) \quad \sum_{v \in V} B_v : \sum_{v \in V} A_v \Rightarrow z_1 \quad (Q_1) \quad 1/z_1$
15. $(1/z_1 \wedge Q_1) \text{ da?} \quad (17) \downarrow$
16. $z_{1,\min} \leq z_1 \leq z_{1,\max} ? \quad (37) \downarrow$
17. $(\mu_{1,1} \wedge Q_2) \text{ da?} \quad (55) \downarrow$
18. $(k \geq i) ? \quad (19) \downarrow$
19. ZZZ
20. $(\Delta \sum A \wedge Q_1) \text{ da?} \quad (25) \downarrow$
21. $\sum_{v \in V} A_v + \Delta \sum A \Rightarrow \sum_{(v)i+1} A$
22. $(R_3) \text{ da?} \quad (28) \downarrow$
23. $\Delta \sum A \Rightarrow \Delta \sum A \wedge Q_1$
24. $(28) \downarrow$
25. $\sum_{v \in V} A - \Delta \sum A \Rightarrow \sum_{(v)i+1} \bar{A}$
26. $(R_3) \text{ da?} \quad (28) \downarrow$
27. $\Delta \sum A \wedge Q_1 \Rightarrow \Delta \sum A$
28. $\sum_{(v)\min} A \leq \sum_{(v)i+1} \bar{A} \vee \sum_{(v)i+1} \bar{A} \leq \sum_{(v)\max} A ? \quad (35) \downarrow$
29. $(R_3) \text{ da?} \quad (32) \downarrow$
30. $\rightarrow R_3$
31. $i+1 \Rightarrow i$
32. $(20) \downarrow$

33. Druck: Null $\wedge Q_1$
34. Stop
35. $i + 1 \implies i$
36. $(1) \downarrow$
37. (a-Bedingung) ? $(41) \downarrow$
38. (b-Bedingung) ? $(44) \downarrow$
39. $\sum B_v^2 - \sum A_v \cdot \sum \Gamma_v \implies z_{(1)3}$
40. $(42) \downarrow$
41. $\sum B_v^2 - \sum A_v \cdot (\sum \Gamma_v + \frac{1}{3} \sum P_v) \implies z_{(1)1}$
42. $|z_{(1)x}| < \varepsilon_z$? $(46) \downarrow$
43. $(17) \downarrow$
44. $|z_{(1)\min} - z_{(1,\min)i-1}| < 0$? $(46) \downarrow$
45. $(17) \downarrow$
46. Druck: $\sum A_v, \sum B_v, z_1, z_{(1)x}$
47. (2.4) $\implies \mu_{1,2}$
48. (A) da ? $(52) \downarrow$
49. (2.12) $\implies \mu_{1,3}$
50. (1.7), (1.8) $\implies \rho_{1,1}, \rho_{1,2}, \rho_{1,3}, \rho'_{1,3}$
51. $(53) \downarrow$
52. (1.7), (1.8) $\implies \rho_{1,1}, \rho_{1,2}, \rho'_{1,2}$
53. $(\mu_{1,1} \wedge Q_2)$ da ? $(55) \downarrow$
54. $(18) \downarrow$
55. $\mu''_{1,1} \implies \mu_{1,1}$
56. $(10) \downarrow$

Das Unterprogramm II ist auch ein kombinierter Iterationszyklus, der das automatische Korrigieren für den Fall C ermöglicht.

Nach Lösung der quadratischen Gleichung ergibt sich $\mu'_{1,1}, \mu''_{1,1}$ und nach Lösung der linearen Gleichung $\mu_{1,1}$. Durch Berechnung der Parameter $\mu_{1,2}$ und $\mu_{1,3}$ entsteht ein Ausgangssystem für das Korrigieren. Der Iterationsvorgang soll mit Parameter $\mu_{1,2}$ angefangen werden. Wenn die Bedingung $\mu_{(1,2)\min} \leq \mu_{(1,2)i+1} \leq \mu_{(1,2)\max}$ nicht erfüllt ist, wird ein neuer Wert $\mu_{1,2}$ gebildet, und zwar durch Addition von $\Delta \mu_{1,2}$. Im weiteren Verlauf wird $\sum A_{(v)i+1}$

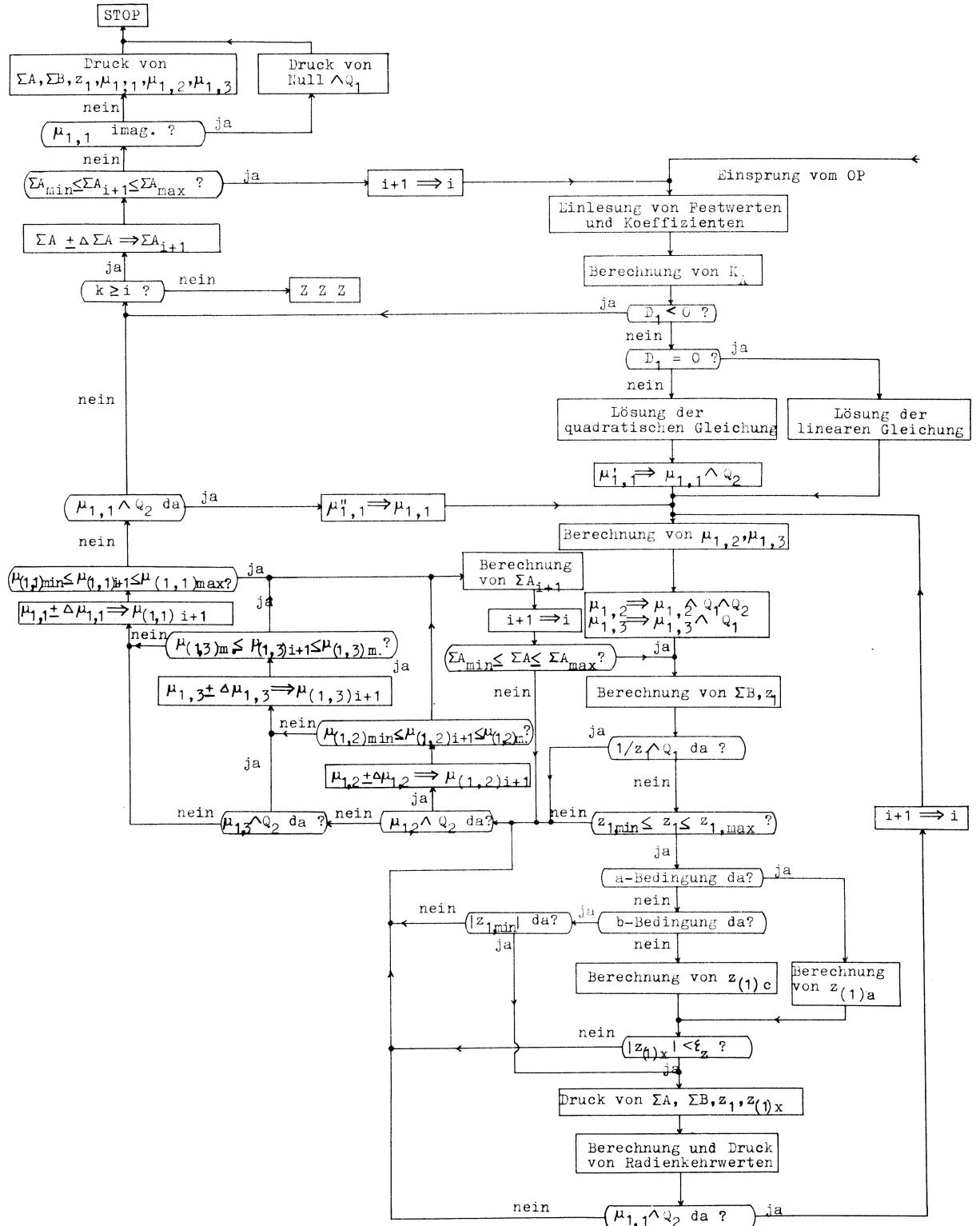
berechnet und nach Abfrage $\Sigma A_{(v)min} \leq \Sigma A_v \leq \Sigma A_{(v)max}$ der Parameter $\mu_{1,2}$ durch $\pm \Delta \mu_2$ so oft geändert, bis $\mu_{(1,2)min} \leq \mu_{(1,2)i+1} \leq \mu_{(1,2)i+1} \leq \mu_{(1,2)max}$ nicht mehr erfüllt ist. Durch bedingten Sprung wird die Iteration mit $\mu_{1,1}$ fortgesetzt. Im ersten Schritt soll $\Delta \mu_{1,1}$ dazu addiert werden. Danach zur $\mu_{1,1}$ die Steuerposition Q_2 beigefügt, und die bei $\mu_{1,2}$ gelöscht werden. Dann ist $\Sigma A_{(v)i+1}$ zu berechnen und abzufragen ob $\Sigma A_{(v)min} \leq \Sigma A_v \leq \Sigma A_{(v)max}$ ist. Wenn die Bedingung für ΣA_v nicht erfüllt ist, soll die Iteration mit $\mu_{1,2}$ fortgesetzt werden, bis $\Sigma A_{(v)min} \leq \Sigma A_v \leq \Sigma A_{(v)max}$ erfüllt wird, oder $\mu_{(1,1)min} \leq \mu_{(1,1)i+1} \leq \mu_{(1,1)max}$ wird. Wenn das letzte der Fall ist, wird die Iteration mit $\mu_{1,3}$ durchgeführt, angefangen und fortgesetzt, wie oben für $\mu_{1,2}$ beschrieben wurde. Im Falle, daß der Ausgangswert $\mu_{1,2}$ des Näherungssystems nicht im Intervall $\mu_{(1,2)min} \leq \mu_{(1,2)i+1} \leq \mu_{(1,2)max}$ liegt sucht, und dann speichert die Maschine den dem Parameter $\mu_{1,2}$ am nächsten liegenden Grenzwert. Nach dem bedingten Sprung wird die Iteration mit dem Parameter $\mu_{1,3}$ fortgesetzt. Wenn auch $\mu_{1,1}$ bzw. $\mu_{1,3}$ nicht im verlangten Intervall liegen, wird der selbe Rechenablauf durchgeführt, wie oben für $\mu_{1,2}$ beschrieben. Bei Nichterfüllung der Bedingung für Parameter $\mu_{1,3}$ ist eine neue $\Sigma A_{v(i+1)}$ zu bilden, und zwar nach der Formel:

$$\Sigma A_{(v)i+1} = \Sigma A_v + \Delta \Sigma A.$$

Mit neu berechnetem Wert K_A ist die quadratische Gleichung zu lösen. So entsteht eine neue Ausgangslösung des Systems. Das Korrigieren wird wieder nach oben beschriebenem Ablauf durchgeführt. Wenn auch jetzt die Bedingung für ΣA_v nicht erfüllt ist, soll von ΣA_v der Wert $\Delta \Sigma A$ subtrahiert werden usw. Die Iteration ist so oft zu wiederholen, bis nach wechselnder Addition und Subtraktion durch $\Delta \Sigma A$ sich $\Sigma A_{(v)i+1}$ ergibt, der die Bedingung $\Sigma A_{(v)min} \leq \Sigma A_{(v)i+1} \leq \Sigma A_{(v)max}$ nicht mehr genügt. Wenn das der Fall ist, stoppt die Maschine. Es ist eine neue Auslegung erforderlich.

Wenn während der Iteration die Bedingung $\Sigma A_{(v)min} \leq \Sigma A_{(v)i+1} \leq \Sigma A_{(v)max}$ einmal erfüllt ist, wird ΣB_v und z_1 für die asymmetrie-fehlerfreie Blendenlage berechnet. Weiterer Ablauf beim Korrigieren ist derselbe, wie beim UP I beschrieben wurde.

Strukturdiagramm des UP II.



Die algorithmische Darstellung des UP II:

1. Eingabe $\varphi_1, c_1^1, k_A^1, k_A^2, t_1$
2. $k_A^2 = \sum A_V \Rightarrow K_A$
3. $k_A^2 - 4k_A^1 \cdot K_A \Rightarrow D_1$
4. $(D_1 < 0) ? \quad \textcircled{85} \downarrow$
5. $(D_1 = 0) ? \quad \textcircled{9} \downarrow$
6. $\frac{-k_A^2 + \sqrt{D_1}}{2k_A^1} \Rightarrow \mu_{1,1}^1, \mu_{1,1}^2$
7. $\mu_{1,1}^1 \Rightarrow \mu_{1,1} \wedge Q_2$
8. $\textcircled{10} \downarrow$
9. $-\frac{k_A^2}{2k_A^1} \Rightarrow \mu_{1,1}$
10. $(2.4), (2.12) \Rightarrow \mu_{1,2}, \mu_{1,3}$
11. $\mu_{1,2} \Rightarrow \mu_{1,2} \wedge Q_1 \wedge Q_2, \mu_{1,3} \Rightarrow \mu_{1,3} \wedge Q_1$
12. $(2.18) \Rightarrow \sum B_V$
13. $\sum B_V : \sum A_V \stackrel{Q_1}{\textcircled{0}} \sum A_V : \sum B_V \Rightarrow z_1 \stackrel{Q_1}{\textcircled{0}} 1/z_1$
14. $(1/z_1 \wedge Q_1) \text{ da?} \quad \textcircled{16} \downarrow$
15. $z_{1,\min} \leq z_1 \leq z_{1,\max} ? \quad \textcircled{107} \downarrow$
16. $(\mu_{1,2} \wedge Q_2) \text{ da?} \quad \textcircled{15} \downarrow$
17. $\textcircled{35} \downarrow$
18. $(\mu_{1,2} \wedge Q_1) \text{ da?} \quad \textcircled{23} \downarrow$
19. $\mu_{1,2} + \Delta \mu_{1,2} \Rightarrow \mu_{(1,2)i+1}$
20. $(R_3) \text{ da?} \quad \textcircled{26} \downarrow$
21. $\mu_{1,2} \Rightarrow \mu_{1,2} \wedge Q_1$
22. $\textcircled{26} \downarrow$
23. $\bar{\mu}_{1,2} - \Delta \mu_{1,2} \Rightarrow \bar{\mu}_{(1,2)i+1}$
24. $(R_3) \text{ da?} \quad \textcircled{26} \downarrow$
25. $\mu_{1,2} \wedge Q_1 \Rightarrow \mu_{1,2}$
26. $\mu_{(1,2)\min} \leq \mu_{(1,2)i+1} \vee \bar{\mu}_{(1,2)i+1} \leq \mu_{(1,2)\max} ? \quad \textcircled{66} \downarrow$
27. $(R_3) \text{ da?} \quad \textcircled{31} \downarrow$

28. $\rightarrow (R_3)$
29. $i + 1 \Rightarrow i$
30. $(18) \downarrow$
31. $\mu_{1,2} \wedge Q_1 \wedge Q_2$ oder $\mu_{1,2} \Rightarrow \mu_{1,2} \wedge Q_1 \vee \mu_{1,2}$
32. $\mu_{1,3} \wedge Q_1 \Rightarrow \mu_{1,3} \wedge Q_1 \wedge Q_2$
33. $(R_3) \rightarrow$
34. $(37) \downarrow$
35. $(\mu_{1,3} \wedge Q_2)$ da ? $(37) \downarrow$
36. $(53) \downarrow$
37. $(\Delta \mu_{1,3} \wedge Q_1)$ da ? $(42) \downarrow$
38. $\mu_{1,3} + \Delta \mu_{1,3} \Rightarrow \mu_{(1,3)i+1}$
39. (R_3) da ? $(45) \downarrow$
40. $\Delta \mu_{1,3} \Rightarrow \Delta \mu_{1,3} \wedge Q_1$
41. $(45) \downarrow$
42. $\bar{\mu}_{1,3} - \Delta \mu_{1,3} \Rightarrow \bar{\mu}_{(1,3)i+1}$
43. (R_3) da ? $(45) \downarrow$
44. $\Delta \mu_{1,3} \wedge Q_1 \Rightarrow \Delta \mu_{1,3}$
45. $\mu_{(1,3)\min} \leq \bar{\mu}_{(1,3)i+1} \vee \mu_{(1,3)i+1} \leq \mu_{(1,3)\max}$? $(70) \downarrow$
46. (R_3) da ? $(50) \downarrow$
47. $\rightarrow (R_3)$
48. $i + 1 \Rightarrow i$
49. $(37) \downarrow$
50. $\mu_{1,3} \wedge Q_1 \wedge Q_2$ oder $\mu_{1,3} \wedge Q_2 \Rightarrow \mu_{1,3} \wedge Q_1 \vee \mu_{1,3}$
51. $\mu_{1,1} \wedge Q_1 \Rightarrow \mu_{1,1} \wedge Q_1 \wedge Q_2$
52. $(R_3) \rightarrow$
53. $(\Delta \mu_{1,1} \wedge Q_1)$ da ? $(58) \downarrow$
54. $\mu_{1,1} + \Delta \mu_{1,1} \Rightarrow \mu_{(1,1)i+1}$
55. (R_3) da ? $(61) \downarrow$
56. $\Delta \mu_{1,3} \Rightarrow \Delta \mu_{1,3} \wedge Q_1$
57. $(61) \downarrow$
58. $\bar{\mu}_{1,1} - \Delta \mu_{1,1} \Rightarrow \bar{\mu}_{(1,1)i+1}$
59. (R_3) da ? $(61) \downarrow$
60. $\Delta \mu_{1,1} \wedge Q_1 \Rightarrow \Delta \mu_{1,1}$
61. $\mu_{(1,1)\min} \leq \bar{\mu}_{(1,1)i+1} \vee \mu_{(1,1)i+1} \leq \mu_{(1,1)\max}$? $(74) \downarrow$
62. (R_3) da ? $(81) \downarrow$

63. $\rightarrow (R_3)$
64. $i + 1 \Rightarrow i$
65. $(53) \downarrow$
66. $(\mu_{(1,2)i+1} \wedge Q_1) \text{ da? } (68) \downarrow$
67. $(77) \downarrow$
68. $\mu_{(1,2)i+1} \wedge Q_1 \wedge Q_2 \Rightarrow \mu_{(1,2)i+1} \wedge Q_2$
69. $(77) \downarrow$
70. $(\mu_{(1,3)i+1} \wedge Q_1) \text{ da? } (72) \downarrow$
71. $(77) \downarrow$
72. $\mu_{(1,3)i+1} \wedge Q_1 \wedge Q_2 \Rightarrow \mu_{(1,3)i+1} \wedge Q_2$
73. $(77) \downarrow$
74. $(\mu_{(1,1)i+1} \wedge Q_1) \text{ da? } (76) \downarrow$
75. $(77) \downarrow$
76. $\mu_{(1,1)i+1} \wedge Q_1 \wedge Q_2 \Rightarrow \mu_{(1,1)i+1} \wedge Q_2$
77. $(2.14) \Rightarrow \Sigma A_v$
78. $i + 1 \Rightarrow i$
79. $\Sigma A_{(v)\min} \leq \Sigma A_v \leq \Sigma A_{(v)\max} ? (12) \downarrow$
80. $(16) \downarrow$
81. $(\mu_{1,1} \wedge Q_2) \text{ da? } (83) \downarrow$
82. $(85) \downarrow$
83. $\mu_{1,1}'' \Rightarrow \mu_{1,1}$
84. $(10) \downarrow$
85. $(k \geq i) ? (87) \downarrow$
86. ZZZ
87. $(\Delta \Sigma A \wedge Q_1) \text{ da? } (92) \downarrow$
88. $\Sigma A_v + \Delta \Sigma A \Rightarrow \Sigma A_{(v)i+1}$
89. $(R_3) \text{ da? } (95) \downarrow$
90. $\Delta \Sigma A \Rightarrow \wedge \Sigma A \wedge Q_1$
91. $(95) \downarrow$
92. $\Sigma \bar{A}_v - \Delta \Sigma A \Rightarrow \Sigma \bar{A}_{(v)i+1}$
93. $(R_3) \text{ da? } (95) \downarrow$
94. $\Delta \Sigma A \wedge Q_1 \Rightarrow \Delta \Sigma A$
95. $\Sigma A_{(v)\min} \leq \Sigma \bar{A}_{(v)i+1} \vee \Sigma A_{(v)i+1} \leq \Sigma A_{(v)\max} ? (105) \downarrow$
96. $(R_3) \text{ da? } (100) \downarrow$
97. $\rightarrow (R_3)$

98. $i + 1 \Rightarrow i$
99. $\textcircled{87} \downarrow$
100. $(\mu_{1,1} \text{ imaginär}) ? \textcircled{103} \downarrow$
101. Druck $\Sigma A, \Sigma B, z_1, \mu_{1,1}, \mu_{1,2}, \mu_{1,3}$
102. $\textcircled{104} \downarrow$
103. Druck Null $\wedge Q_1$
104. Stopp
105. $i + 1 \Rightarrow i$
106. $\textcircled{1} \downarrow$
107. (a-Bedingung) da ? $\textcircled{111} \downarrow$
108. (b-Bedingung) da ? $\textcircled{114} \downarrow$
109. $(2.29) \Rightarrow z_{(1)c}$
110. $\textcircled{112} \downarrow$
111. $(2.28) \Rightarrow z_{(1)a}$
112. $(|z_{(1)x}| < \varepsilon_z) ? \textcircled{116} \downarrow$
113. $\textcircled{16} \downarrow$
114. $(|z_{1,\min}|) \text{ da ? } \textcircled{116} \downarrow$
115. $\textcircled{16} \downarrow$
116. Druck $\Sigma A_v, \Sigma B_v, z_1, z_{(1)x}$
117. $(\mu_{1,2} \wedge Q_1) \text{ da ? } \textcircled{126} \downarrow$
118. $(\mu_{1,1} \wedge Q_1) \text{ da ? } \textcircled{124} \downarrow$
119. $(\mu_{1,3} \wedge Q_1) \text{ da ? } \textcircled{122} \downarrow$
120. $(1.7), (1.8) \Rightarrow \rho_{1,1}, \rho'_{1,1}, \rho_{1,2}, \rho'_{1,2}, \rho_{1,3}, \rho'_{1,3}$
121. $\textcircled{127} \downarrow$
122. $(1.7), (1.8) \Rightarrow \rho_{1,1}, \rho'_{1,1}, \rho_{1,2}, \rho_{1,3}, \rho'_{1,3}$
123. $\textcircled{127} \downarrow$
124. $(1.7), (1.8) \Rightarrow \rho_{1,1}, \rho_{1,2}, \rho'_{1,2}, \rho_{1,3}, \rho'_{1,3}$
125. $\textcircled{127} \downarrow$
126. $(1.7), (1.8) \Rightarrow \rho_{1,1}, \rho_{1,2}, \rho_{1,3}, \rho'_{1,3}$
127. Druck $\rho_{1,1}, \rho'_{1,1}$
128. $(\mu_{1,1} \wedge Q_1) \text{ da ? } \textcircled{130} \downarrow$
129. $\textcircled{16} \downarrow$
130. $i + 1 \Rightarrow i$
131. $\textcircled{10} \downarrow$

Das Unterprogramm III umfaßt die Fälle D, E, F und ist ein zusammengesetzter Zyklus, der das automatische Korrigieren steuert.

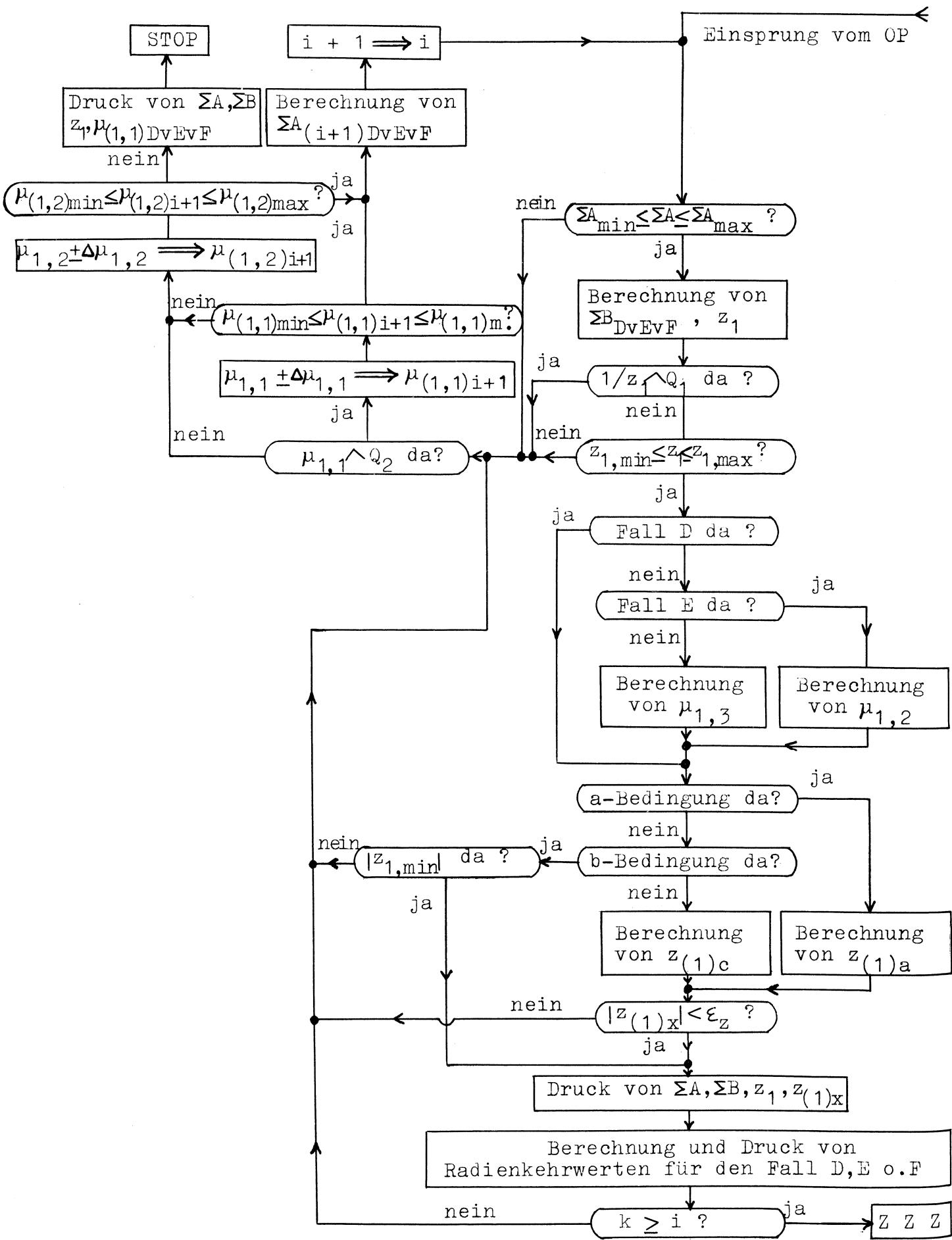
Im Oberprogramm berechneter Wert ΣA_v wird abgefragt, ob die Bedingung $\Sigma A_{(v)\min} \leq \Sigma A_v \leq \Sigma A_{(v)\max}$ erfüllt ist. Bei Nichterfüllung ist im ersten Schritt zur $\mu_{1,1}$ der Wert $\Delta\mu_1$ zuzuaddieren. Danach ist ΣA_v zu berechnen. Nach Abfrage $\Sigma A_{(v)\min} \leq \Sigma A \leq \Sigma A_{(v)\max}$ wird im weiteren Verlauf des Korrigierens $\mu_{1,1}$ bzw. $\bar{\mu}_{1,1}$ durch den Wert $\pm \Delta\mu_{1,1}$ geändert. Die Iteration soll so lange fortgesetzt werden, bis die Bedingung für ΣA_v erfüllt ist. Wenn die Bedingung für ΣA_v und auch die Bedingung $\mu_{(1,1)\min} \leq \bar{\mu}_{(1,1)i+1} \leq \mu_{(1,1)\max}$ nicht erfüllt sind, folgt die Iteration mit Parameter $\mu_{1,2}$ so wie beim UP II beschrieben wurde. Wenn auch hier die Bedingung für ΣA_v und $\mu_{1,2}$ nicht erfüllt, wird herausgeschrieben ΣA_v oder auch ΣB_v und z_1 und für den Fall D, E oder F im Rotdruck die μ_1 -Werte. Danach stoppt die Maschine. Es ist eine neue Auslegung des amorphen Systems durchzuführen. Wenn aber die Bedingung ΣA_v erfüllt ist, wird für den Fall D, E bzw. F die ΣB_v sowie z_1 bzw. $1/z_1$ berechnet.

Im weiteren Korrektionsablauf wird für den Fall E $\mu_{1,2}$ oder beim Fall F $\mu_{1,3}$ berechnet. Dann folgen die Berechnungen und Abfragen für eine der Bedingungen a, b oder c zur Eliminierung des 2. Bildfehlers. Wenn die Bedingung $z_{1,\min} < |z_{(1)x}| < \epsilon_z$ nicht erfüllt ist, folgt die Iteration durch Variation des Parameters $\mu_{1,1}$ bzw. $\mu_{1,2}$.

Bei erfüllter Bedingung für den 2. Bildfehler schreibt die Maschine ΣA_v , ΣB_v , z_1 und $z_{(1)x}$ heraus. Weiter berechnet und drückt sie die Radienkehrwerte für den Fall D, E oder F. Danach kann die Rechnung unterbrochen oder durch Betätigung der Taste "Weiterfahren" fortgesetzt werden. Der Korrektionsablauf kann so oft wiederholt werden, bis alle Variationsmöglichkeiten beim Iterieren erschöpft sind.

Näheres ist aus Strukturdiagramm und algorithmischer Darstellung zu entnehmen.

Strukturdiagramm des UP II



Die algorithmische Darstellung des UP III:

1. $A_{(v)\min} \leq A_v \leq A_{(v)\max} ?$ $\textcircled{3}\downarrow$
2. $\textcircled{13}\downarrow$
3. (D) da ? $\textcircled{9}\downarrow$
4. (E) da ? $\textcircled{7}\downarrow$
5. $(2.18) \Rightarrow \sum B_v$
6. $\textcircled{10}\downarrow$
7. $(2.18) \Rightarrow \sum B_v$
8. $\textcircled{10}\downarrow$
9. $(2.9) \Rightarrow \sum B_v$
10. $\sum B_v : \sum_{A_v \text{ o}}^{(Q_1)} \sum A_v : \sum B_v \Rightarrow z_1 \text{ o}^{(Q_1)} 1/z_1$
11. $(1/z_1 \wedge Q_1) \text{ da ?} \textcircled{13}\downarrow$
12. $z_{1,\min} \leq z_1 \leq z_{1,\max} ?$ $\textcircled{63}\downarrow$
13. $(\mu_{1,1} \wedge Q_2) \text{ da ?} \textcircled{15}\downarrow$
14. $\textcircled{31}\downarrow$
15. $(\Delta \mu_{1,1} \wedge Q_1) \text{ da ?} \textcircled{20}\downarrow$
16. $\mu_{1,1} + \Delta \mu_{1,1} \Rightarrow \mu_{(1,1)i+1}$
17. $(R_3) \text{ da ?} \textcircled{70}\downarrow$
18. $\Delta \mu_{1,1} \Rightarrow \Delta \mu_{1,1} \wedge Q_1$
19. $\textcircled{23}\downarrow$
20. $\bar{\mu}_{1,1} - \Delta \mu_{1,1} \Rightarrow \bar{\mu}_{(1,1)i+1}$
21. $(R_3) \text{ da ?} \textcircled{23}\downarrow$
22. $\Delta \mu_{1,1} \wedge Q_1 \Rightarrow \Delta \mu_{1,1}$
23. $\mu_{(1,1)\min} \leq \mu_{(1,1)i+1} \leq \mu_{(1,1)\max} ?$ $\textcircled{54}\downarrow$
24. $(R_3) \text{ da ?} \textcircled{28}\downarrow$
25. $\rightarrow (R_3)$

26. $i + 1 \Rightarrow i$
27. $\textcircled{15} \downarrow$
28. $(R_3) \rightarrow$
29. $\mu_{1,1} \wedge Q_2 \Rightarrow \mu_{1,1}$
30. $\mu_{1,2} \Rightarrow \mu_{1,2} \wedge Q_2$
31. $(\Delta \mu_{1,2} \wedge Q_1) \text{ da? } \textcircled{36} \downarrow$
32. $\mu_{1,2} + \Delta \mu_{1,2} \Rightarrow \mu_{(1,2)i+1}$
33. $(R_3) \text{ da? } \textcircled{39} \downarrow$
34. $\Delta \mu_{1,2} \Rightarrow \Delta \mu_{1,2} \wedge Q_1$
35. $\textcircled{39} \downarrow$
36. $\bar{\mu}_{1,2} - \Delta \mu_{1,2} \Rightarrow \bar{\mu}_{(1,2)i+1}$
37. $(R_3) \text{ da? } \textcircled{39} \downarrow$
38. $\Delta \mu_{1,2} \wedge Q_1 \Rightarrow \Delta \mu_{1,2}$
39. $\mu_{(1,2)\min} \leq \mu_{(1,2)i+1} \leq \mu_{(1,2)\max} ? \textcircled{54} \downarrow$
40. $(R_3) \text{ da? } \textcircled{44} \downarrow$
41. $\rightarrow (R_3)$
42. $i + 1 \Rightarrow i$
43. $\textcircled{31} \downarrow$
44. Druck $\Sigma A_V, \Sigma B_V, z_1$
45. $(D) \text{ da? } \textcircled{52} \downarrow$
46. $(E) \text{ da? } \textcircled{49} \downarrow$
47. $(2.12) \Rightarrow \mu_{1,3}$
48. $\textcircled{50} \downarrow$
49. $(2.4) \Rightarrow \mu_{1,2}$
50. Druck $\mu_{1,1}, \mu_{1,2}, \mu_{1,3}$
51. $\textcircled{53} \downarrow$
52. Druck $\mu_{1,1}, \mu_{1,2}$
53. Stopp

54. (D) da ? $\textcircled{60} \downarrow$
55. (E) da ? $\textcircled{58} \downarrow$
56. (2.14) $\Rightarrow \Sigma A_v$
57. $\textcircled{61} \downarrow$
58. (2.14) $\Rightarrow \Sigma A_v$
59. $\textcircled{61} \downarrow$
60. (2.3) $\Rightarrow \Sigma A_v$
61. $i + 1 \Rightarrow i$
62. $\textcircled{1} \downarrow$
63. (D) da ? $\textcircled{68} \downarrow$
64. (E) da ? $\textcircled{67} \downarrow$
65. (2.12) $\Rightarrow \mu_{1,3}$
66. $\textcircled{65} \downarrow$
67. (2.4) $\Rightarrow \mu_{1,2}$
68. (a-Bedingung) da ? $\textcircled{72} \downarrow$
69. (b-Bedingung) da ? $\textcircled{75} \downarrow$
70. (2.29) $\Rightarrow z_{(1)c}$
71. $\textcircled{73} \downarrow$
72. (2.28) $\Rightarrow z_{(1)a}$
73. ($|z_{(1)x}| < \epsilon_z$) ? $\textcircled{77} \downarrow$
74. $\textcircled{13} \downarrow$
75. ($|z_{1,\min}|$) da ? $\textcircled{77} \downarrow$
76. $\textcircled{13} \downarrow$
77. Druck $\Sigma A_v, \Sigma B_v, z_1, z_{(1)x}$
78. (Fall D) da ? $\textcircled{84} \downarrow$
79. (E) da ? $\textcircled{82} \downarrow$
80. (1.7), (1.8) $\Rightarrow \rho_{1,1}, \rho'_{1,1}, \rho_{1,2}, \rho_{1,3}, \rho'_{1,3}$

81. $\textcircled{85}\downarrow$
82. $(1.7), (1.8) \Rightarrow \rho_{1,1}, \rho_{1,2}, \rho'_{1,2}, \rho_{1,3}, \rho'_{1,3}$
83. $\textcircled{85}\downarrow$
84. $(1.7), (1.8) \Rightarrow \rho_{1,1}, \rho'_{1,1}, \rho_{1,2}, \rho'_{1,2}$
85. Druck $\rho_{1,1}, \rho'_{1,1}$
86. $(k \geq i)$? $\textcircled{88}\downarrow$
87. $\textcircled{13}\downarrow$
88. ZZZ

3. Das Duplet.

a) Allgemeines

In das Duplet als optisches System lassen sich die Objektive und Okulare eingliedern, die aus zwei Teilen zusammengesetzt sind. Der Abstand zwischen beiden Teilen soll so groß sein, daß man ihn, im Vergleich zur Brennweite der Glieder, nicht vernachlässigen darf. Das vordere bzw. hintere Glied kann sich aus einer oder mehreren Äquivalentlinsen zusammensetzen. In bezug auf die Aufteilung des Simplets kann diese für jedes Glied des Duplets beibehalten werden bis auf die I. Gruppe, in die noch der Fall 0 - Einzellinse - einzugliedern ist. Weiter darf auf jedes Glied für sich, unabhängig vom andern, jeder Fall beliebig angewendet werden.

Das programmgesteuerte Korrigieren des Duplets ist in dieser Arbeit so aufgeteilt, daß die Berechnungen gliedweise durchgeführt werden. Das Korrigieren wird mit dem zweiten Glied angefangen und danach mit dem ersten Glied fortgesetzt. Die Berechnungen der Bildfehlerkoeffizienten des Systems sind in der Berechnung des zweiten bzw. ersten Gliedes enthalten.

b) Die Rechenformeln

Das Korrigieren des Duplets stützt sich auf die Durchbiegungsformeln, die lauten:

$$\Sigma A_v = \sum a_{1,x} + w_2^4 \cdot \sum a_{2,x} \quad (3.1)$$

$$\Sigma B_v = \sum b_{1,x} + w_2^2 \cdot \sum b_{2,x} + e'_1 \cdot w_2^3 \cdot \sum a_{2,x} \quad (3.2)$$

$$\Sigma \Gamma_v = \varphi_{1,tot} + \varphi_{2,tot} + 2e'_1 \cdot w_2 \cdot \sum b_{2,x} + e'_1^2 \cdot w_2^2 \cdot \sum a_{2,x} \quad (3.3)$$

$$\Sigma E_v = \frac{e'_1 \varphi_{2,tot}}{w_2} \left(3 + \frac{1}{n_{2,tot}} \right) + 3e_1^2 \cdot \sum b_{2,x} + e'_1^3 \cdot w_2 \cdot \sum a_{2,x} \quad (3.4)$$

worin

$$\varphi_{1,tot} = \sum_{l=1}^k \varphi_l \quad (3.5)$$

$$\varphi_{2,tot} = \sum_{l=1}^k \varphi_l \quad (3.6)$$

$$n_{2,\text{tot}} = \sum_{l=1}^k \frac{\varphi}{(\frac{\varphi}{n})_l} \quad (3.7)$$

sind. Diese Ausdrücke sind durch die Auslegung bestimmt und werden beim Korrigieren als Systemkonstanten angenommen.

Die auftretenden Koeffizienten $\Sigma a_{i,x}$ und $\Sigma b_{i,x}$ sind Variable und müssen für den betreffenden Fall spezifisch bearbeitet werden. Der Index x weist auf den betreffenden Fall hin. Es ist wegen der besseren Übersicht zweckmäßig, die entwickelten Formeln für das Korrigieren gruppenweise bzw. für jeden Fall für sich anzugeben. Zur Platzersparnis muß auf den Entwicklungsgang der einzelnen Formeln verzichtet werden. Diese sind wie beim Simplet nur in der Form, die für das Korrigieren gebraucht wird, anzugeben.

I. Gruppe :

- Fall 0 -

Für das vordere bzw. hintere Glied als Einzellinse lassen sich die Charakteristiken $\Psi_{g,1}$ aus der Skizze 1 entwickeln; es ist dann

$$\begin{aligned}\Psi_{1,1} &= \varphi_{1,1} \\ \Psi_{2,1} &= \frac{2\varphi}{w_2} = \varphi_{2,1}\end{aligned} \quad (3.8)$$

Aus der Gleichung (3.1) und Wahl von $\sum A_v$ oder $\sum E_v$ bzw. $\sum F_v$ wird der Parameter $\mu_{1,1}$ oder $\mu_{1,2}$ durch Lösung der quadratischen Gleichung, die in allgemeiner Form lautet:

$$k' \cdot \mu^2 + k'' \cdot \mu + K = 0 \quad (3.9)$$

bestimmt. Die Koeffizienten der Gleichung für das vordere Glied sind:

$$k' \equiv k'_{0,A} = \frac{1}{4} (\varphi \cdot A')_{1,1} \quad (3.10)'$$

$$k'' \equiv k''_{0,A} = \frac{-1}{2} (\varphi \cdot \Psi)_{1,1} \quad (3.10)''$$

$$k''' \equiv k'''_{0,A} = \frac{1}{4} (B'^2 \cdot \varphi^3)_{1,1} \quad (3.10)'''$$

$$K \equiv K_{0,A} = k'''_{0,A} + w_2^2 \cdot \Sigma a_{2,x} - \Sigma A_v \quad (3.10)$$

Der im letzten Koeffizient auftretende Ausdruck $\Sigma a_{2,x}$ bezieht sich auf das hintere Glied und wird bei Berechnungen des hinteren Gliedes bestimmt. Bei Berechnungen des ersten Gliedes wird gleichzeitig ΣB_v aus der Formel:

$$\Sigma B_v = \Sigma b_{1,1} + w_2^2 \cdot \Sigma b_{2,x} + e'_1 \cdot w_2^3 \cdot \Sigma a_{2,x} \quad (3.11)$$

berechnet. Auch hier bezieht sich $\Sigma b_{2,x}$ auf das zweite Glied und gilt wie $\Sigma a_{2,x}$ für einen bestimmten Fall. Der Koeffizient $b_{1,1}$ lässt sich aus der Formel (1.6) berechnen.

Die Wurzeln $\mu'_{2,1}$ und $\mu''_{2,1}$ des zweiten Gliedes sind durch Lösung der quadratischen Gleichung bestimmt. Hier ist $\Sigma \Gamma$ oder ΣE_v zu wählen. Für beide Möglichkeiten ist die allgemein gültige quadratische Gleichung (3.9) zu lösen. Wenn $\Sigma \Gamma$ gewählt wird, sind die Koeffizienten der quadratischen Gleichung aus den Ausdrücken:

$$k' \equiv k'_{0,\Gamma} = \frac{1}{4} e'_1^2 \cdot w_2^2 \cdot \varphi_{2,1} \cdot A'_{2,1} \quad (3.12)'$$

$$k'' \equiv k''_{0,\Gamma} = e'_1^2 \cdot w_2 \cdot \varphi_{2,1} (c'_{2,1} - \frac{1}{2} e'_1 \cdot w_2 \cdot \varphi_{2,1}) \quad (3.12)''$$

$$k''' \equiv k'''_{0,\Gamma} = e'_1 \cdot w_2 \cdot \varphi_{2,1} / \frac{1}{4} e'_1 \cdot w_2 (B' \cdot \varphi)_{2,1}^2 - \varphi_{2,1} / + \varphi_{1,tot} + \varphi_{2,tot} \quad (3.12)'''$$

$$K \equiv K_{0,\Gamma} = k'''_{0,\Gamma} - \Sigma \Gamma_v \quad (3.12)$$

zu bestimmen. Mit den so berechneten Wurzeln $\mu'_{2,1}$ und $\mu''_{2,1}$ wird ΣE_v aus der Gleichung:

$$\Sigma E_v = \frac{e'_1 \cdot \varphi_{2,tot}}{n_{2,tot} \cdot w_2} (3n_{2,tot} + 1) + e'_1 (3b_{2,1} + e'_1 \cdot w_2 \cdot a_{2,1}) \quad (3.13)$$

ermittelt. Hier ist $a_{2,1}$ aus der Formel (1.5) und $b_{2,1}$ aus (1.6) zu bestimmen.

Sofern ΣE_v gewählt, und $\Sigma \Gamma$ berechnet werden soll, sind in die quadratische Gleichung (3.9) die Koeffizienten k'_{QE} , k''_{QE} und K_{QE} einzusetzen. Die entwickelten Koeffizienten sind:

$$k' \equiv k'_{0,E} = \frac{1}{4} e_1'^3 \cdot w_2 \cdot \varphi_{2,1} \cdot A_{2,1}' \quad (3.14)'$$

$$k'' \equiv k''_{0,E} = \frac{1}{2} e_1'^2 \cdot \varphi_{2,1} (3c_{2,1}' - e_1' \cdot w_2 \cdot \varphi_{2,1}) \quad (3.14)''$$

$$k''' \equiv k'''_{0,E} = \frac{e_1' \cdot \varphi_{2,tot}}{w_2} (3 + \frac{1}{n_{2,tot}}) - \frac{3}{2} e_1'^2 \cdot (\varphi \cdot \varphi)_{2,1} + \frac{1}{4} w_2 \cdot e_1'^3 \cdot \varphi_{2,1}^3 \cdot B_{2,1}^2 \quad (3.14)'''$$

$$K \equiv K_{0,E} = k'''_{0,E} - \sum E_v \quad (3.14)$$

Entsprechend ist $\sum F_v$ nach der Formel:

$$\sum F_v = \varphi_{1,tot} + \varphi_{2,tot} + e_1' \cdot w_2 (2b_{2,1} + e_1' \cdot w_2 \cdot a_{2,1}) \quad (3.15)$$

zu berechnen.

- Fall A -

Für das vordere Glied sind φ_1 -Werte nach der Formel (2.2) zu berechnen. Zur Bestimmung der Wurzeln $\mu_{1,1}'$ und $\mu_{1,1}''$ ist die allgemeine Gleichung 2. Grades (3.9) zu lösen. Die dazugehörigen Koeffizienten $k_{A,A}'$ und $k_{A,A}''$ sind aus (2.8)' und (2.8)'' zu entnehmen. Der Hilfskoeffizient $k_{A,A}'''$ ist aus (2.8)''' und der dritte Koeffizient $K_{A,A}$ nach (3.10) zu berechnen. Der zweite Parameter $\mu_{1,2}$ ist aus (2.4), dessen Hilfswert $t_{1,2}$ aus (2.5) und $\sum B_v$ aus (3.2) zu bestimmen. Die in $\sum B_v$ enthaltene $\sum b_{1,A}$ ist aus

$$\sum b_{1,A} = b_{1,1} + b_{1,2} \quad (3.16)$$

zu ermitteln. Die Koeffizienten $b_{1,1} \cdot b_{1,2}$ sind aus (1.6) zu berechnen. Die $\sum a_{2,x}$ und $\sum b_{2,x}$ ergeben sich für den betreffenden Fall x aus den Berechnungen im 2. Glied.

Die Charakteristiken φ_1 des hinteren Gliedes sind aus der Skizze 1 zu entnehmen und lauten:

$$\begin{aligned} \varphi_{2,1} &= 2 \frac{\varphi_{1,tot}}{w_2} + \varphi_{2,1} \\ \varphi_{2,2} &= 2 \frac{\varphi}{w_2} - \varphi_{2,2} \end{aligned} \quad (3.17)$$

Auch in diesem Fall kann im hinteren Glied $\sum F_v$ bzw. $\sum E_v$ gewählt werden. Die Wurzeln $\mu_{2,1}'$ und $\mu_{2,1}''$ sind aus der quadratischen

Gleichung (3.9) zu berechnen. Wenn für das Korrigieren $\Sigma \Gamma_v$ gewählt wurde, lauten die Koeffizienten der quadratischen Gleichung:

$$k' \equiv k'_{A,\Gamma} = \frac{1}{4} e_1'^2 \cdot w_2^2 \cdot \sum_{l=1}^2 (\varphi \cdot A')_l \quad (3.18)'$$

$$k'' \equiv k''_{A,\Gamma} = e_1' \cdot w_2 / \sum_{l=1}^2 (\varphi \cdot c')_l - \frac{1}{2} e_1' \cdot w_2 \left(\sum_{l=1}^2 (\varphi \cdot \psi)_l + \varphi_{2,1} \cdot A'_{2,1} \cdot t_{2,2} \right) \quad (3.18)''$$

$$k''' \equiv k'''_{A,\Gamma} = e_1' \cdot w_2 \left\{ \frac{1}{4} e_1' \cdot w_2 / \sum_{l=1}^2 (B'^2 \cdot \varphi^3)_l + \varphi_{2,2} \cdot t_{2,2} \cdot (A'_{2,2} \cdot t_{2,2} + 2 \varphi_{2,2}) \right\} \quad (3.18)'''$$

$$- \sum_{l=1}^2 (\varphi \cdot \psi)_l + (\varphi \cdot c' \cdot t)_{2,2} / \} + \varphi_{1,tot} + \varphi_{2,tot} \quad (3.18)'''$$

$$K \equiv K_{A,\Gamma} = k'''_{A,\Gamma} - \sum \Gamma_v \quad (3.18)$$

Im Falle, daß ΣE_v gewählt wurde, sind entsprechend die Koeffizienten:

$$k' \equiv k'_{A,E} = \frac{1}{4} e_1'^3 \cdot w_2 \cdot \sum_{l=1}^2 (\varphi \cdot A')_l \quad (3.19)'$$

$$k'' \equiv k''_{A,E} = \frac{1}{2} e_1'^2 \left\{ 3 \sum_{l=1}^2 (\varphi \cdot c')_l - e_1' \cdot w_2 / \sum_{l=1}^2 (\varphi \cdot \psi)_l + (\varphi \cdot A' \cdot t)_{2,2} / \right\} \quad (3.19)''$$

$$k''' \equiv k'''_{A,E} = \frac{1}{4} e_1'^3 \cdot w_2 / \sum_{l=1}^2 (\varphi^3 \cdot B'^2)_l + \varphi \cdot t (A' \cdot t + 2 \varphi) /_{2,2} - \\ - \frac{3}{2} e_1'^2 / \sum_{l=1}^2 (\varphi \cdot \psi)_l + (\varphi \cdot c' \cdot t)_{2,2} / + \frac{e_1' \cdot \varphi_{2,tot}}{n_{2,tot} \cdot w_2} (3n_{2,tot} + 1) \quad (3.19)'''$$

$$K \equiv K_{A,E} = k'''_{A,E} - \sum E_v \quad (3.19)$$

in die quadratische Gleichung (3.9) einzusetzen.

Nach der Lösung der quadratischen Gleichung ist der Parameter $\mu_{2,2}$ aus der Verkittungsbedingung

$$\mu_{2,2} = \mu_{2,1} - t_{2,2} \quad (3.20)$$

zu berechnen, worin

$$t_{2,2} = (B' \cdot \varphi)_{2,1} + (B' \cdot \varphi)_{2,2} \quad (3.21)$$

ist. Entsprechend der Wahl $\sum \Gamma_v$ bzw. $\sum E_v$ ist $\sum E_v$ aus (3.4) bzw. $\sum \Gamma_v$ aus (3.3) zu berechnen. Die darin enthaltenen Werte sind:

$$\sum a_{2,A} = a_{2,1} + a_{2,2} \quad (3.22)$$

$$\sum b_{2,A} = b_{2,1} + b_{2,2} \quad (3.23)$$

Die Koeffizienten selbst sind nach den Formeln (1.5) und (1.6) zu berechnen.

- Fall B -

Beim Dreilinser als vorderes Glied sind die Υ_1 -Werte aus den Formeln (2.11) zu berechnen. Es ist auch hier für die gewählte $\sum A_v$ die quadratische Gleichung (3.9) zu lösen. Die beiden ersten Koeffizienten $k'_{B,A}$ und $k''_{B,A}$ sind nach (2.17)' und (2.17)'' zu berechnen. Der Hilfskoeffizient $k'''_{B,A}$ aus (2.17)''' und der Koeffizient $K_{B,A}$ sind nach der Formel (3.10) zu bestimmen. Danach sind die Parameter $\mu_{1,2}$ und $\mu_{1,3}$ aus den Formeln (2.4) und (2.12) sowie die Hilfswerte $t_{1,2}$ und $t_{1,3}$ aus (2.5) und (2.13) zu berechnen. Die $\sum B_v$ ist nach (3.2) und $\sum b_{1,B}$ aus:

$$\sum b_{1,B} = b_{1,1} + b_{1,2} + b_{1,3} \quad (3.24)$$

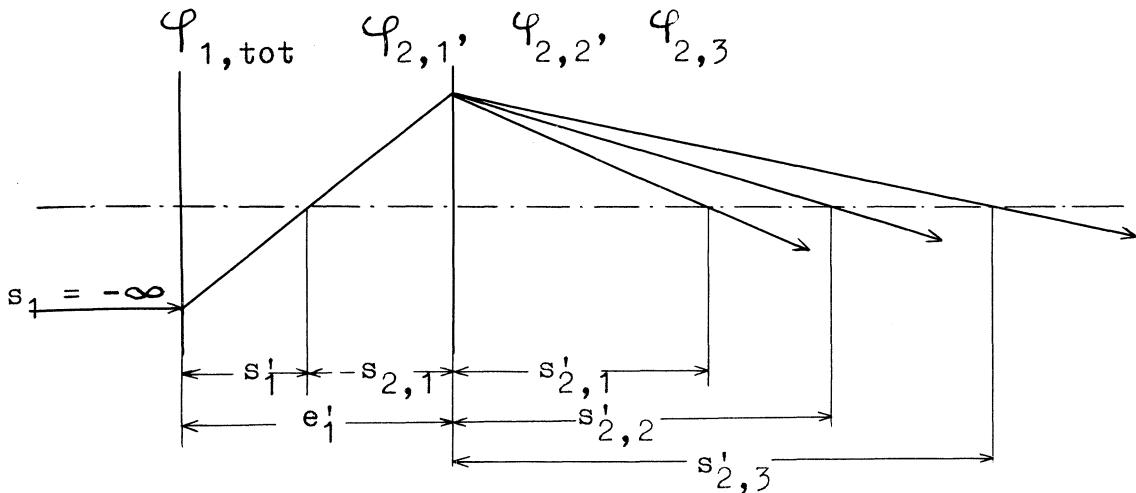
zu bestimmen. Die darin enthaltenen Koeffizienten $b_{1,1} \cdot b_{1,2}$ und $b_{1,3}$ sind aus der Formel (1.6) zu berechnen. Die Summen $\sum a_{2,x}$ und $\sum b_{2,x}$ ergeben sich bei der Berechnung des zweiten Gliedes.

Für das hintere Glied als gekitteter Dreilinser sind die Charakteristiken Υ_1 aus der Skizze 1 zu entwickeln; sie lauten:

$$\Upsilon_{2,1} = \frac{2\varphi_{1,tot}}{w_2} + \varphi_{2,1}$$

$$\Upsilon_{2,2} = \Upsilon_{2,1} + \varphi_{2,1} + \varphi_{2,2} \quad (3.25)$$

$$\Upsilon_{2,3} = \frac{2\varphi}{w_2} - \varphi_{2,3}$$



Skizze 1

Wenn $\sum E_v$ berechnet werden soll, sind die Koeffizienten:

$$k' \equiv k'_{B,\Gamma} = \frac{1}{4} e_1'^2 \cdot w_2^2 \cdot \sum_{l=1}^3 (\varphi \cdot A')_l \quad (3.26)'$$

$$k'' \equiv k''_{B,\Gamma} = e_1' \cdot w_2 \cdot \sum_{l=1}^3 (\varphi \cdot C')_l - \frac{1}{2} e_1'^2 \cdot w_2^2 / \sum_{l=1}^3 (\varphi \cdot \Psi)_l + \sum_{l=2}^3 (\varphi \cdot A' \cdot t)_l / \quad (3.26)''$$

$$\begin{aligned} k''' \equiv k'''_{B,\Gamma} &= \frac{1}{4} e_1'^2 \cdot w_2^2 / \sum_{l=1}^3 (\varphi \cdot B'^2)_l + \sum_{l=2}^3 (\varphi \cdot A' \cdot t^2)_l + 2 \sum_{l=2}^3 (\varphi \cdot \Psi \cdot t)_l - \\ &- e_1' \cdot w_2 / \sum_{l=1}^3 (\varphi \cdot \Psi)_l + \sum_{l=2}^3 (\varphi \cdot C' \cdot t)_l / + \varphi_{1,tot} + \varphi_{2,tot} \end{aligned} \quad (3.26)'''$$

$$K \equiv K_{B,\Gamma} = k'''_{B,\Gamma} - \sum E_v \quad (3.26)$$

in die Gleichung (3.9) einzusetzen. Bei der Berechnung $\sum E_v$ sind entsprechend die Koeffizienten:

$$k' \equiv k'_{B,E} = \frac{1}{4} e_1'^3 \cdot w_2 \cdot \sum_{l=1}^3 (\varphi \cdot A')_l \quad (3.27)'$$

$$(3.27)''$$

$$k'' \equiv k''_{B,E} = \frac{1}{2} e_1'^2 \cdot \left\{ 3 \sum_{l=1}^3 (\varphi \cdot C')_l - e_1' \cdot w_2 / \sum_{l=1}^3 (\varphi \cdot \Psi)_l + \sum_{l=2}^3 (\varphi \cdot A' \cdot t)_l \right\}$$

$$\begin{aligned} k''' \equiv k'''_{B,E} &= \frac{1}{4} e_1'^3 \cdot w_2 / \sum_{l=1}^3 (\varphi \cdot B'^2)_l + \sum_{l=2}^3 (\varphi \cdot A' \cdot t^2)_l + 2 \sum_{l=2}^3 (\varphi \cdot \Psi \cdot t)_l / - \\ &- \frac{3}{2} e_1'^2 / \sum_{l=1}^3 (\varphi \cdot \Psi)_l + \sum_{l=2}^3 (\varphi \cdot C' \cdot t)_l + \frac{e_1' \cdot \varphi_{2,tot}}{n_{2,tot} \cdot w_2} (3n_{2,tot} + 1) \end{aligned} \quad (3.27)'''$$

$$K \equiv K_{B,E} = k'''_{B,E} - \sum E_v \quad (3.27)$$

einzuführen. Der Parameter $\mu_{2,2}$ ist dann aus (3.20) und (3.21) zu berechnen. Für die dritte Äquivalentlinse ist

$$\mu_{2,3} = \mu_{2,1} - t_{2,3} \quad (3.28)$$

und der darin enthaltene Hilfswert aus

$$t_{2,3} = B'_{2,1} \cdot \varphi_{2,1} + 2B'_{2,2} \cdot \varphi_{2,2} + B'_{2,3} \cdot \varphi_{2,3} \quad (3.29)$$

zu bestimmen. Im ersten Fall wird $\sum E_v$ aus (3.4) und im zweiten $\sum \Gamma_v$ aus (3.3) berechnet. Für Dreilinser ist dann:

$$\sum a_{2,B} = a_{2,1} + a_{2,2} + a_{2,3} \quad (3.30)$$

$$\sum b_{2,B} = b_{2,1} + b_{2,2} + b_{2,3} \quad (3.31)$$

Die dazugehörigen Koeffizienten $a_{2,1}$, $a_{2,2}$, $a_{2,3}$ sowie $b_{2,1}$, $b_{2,2}$, $b_{2,3}$ sind aus (1.5) sowie (1.6) zu berechnen.

In allen Fällen der 1. Gruppe ist für das vordere Glied bei der Iteration $\sum A_v$ nach der Formel (2.19) zu variieren.

Im hinteren Glied wird bei der Iteration und gewählter $\sum \Gamma_v$ diese nach der Formel

$$\sum \Gamma_{(v)i+1} = \sum \Gamma_v \pm \Delta \sum \Gamma_v \quad (3.32)$$

variiert. Wenn aber $\sum E_v$ gewählt wurde, ist $\sum E_v$ nach dem Ausdruck:

$$\sum E_{(v)i+1} = \sum E_v \pm \Delta \sum E_v \quad (3.33)$$

sukzessive zu ändern.

II. Gruppe :

- Fall C -

Das vordere Glied wird beim Korrigieren ähnlich wie beim Simplet behandelt. Die Charakteristiken $\varphi_{1,1}$ sind nach der Formel (2.11) zu berechnen. Zur Bestimmung der Ausgangswerte für die Parameter $\mu_{1,1}$, $\mu_{1,2}$ und $\mu_{1,3}$ ist als Näherung das gekittete Triplet zu lösen. Die Koeffizienten für die quadratische Gleichung (3.9) sind aus den Formeln (2.17)', (2.17)", (2.17)''' und (3.10) zu entnehmen. Die Parameter $\mu_{1,2}$ und $\mu_{1,3}$ sowie $\sum B_v$ sind aus denselben Formeln wie im Fall B zu berechnen.

Die Iteration ist durch Variation der μ -Parameter nach den Formeln (2.20)', (2.20)'' und (2.20)''' durchzuführen. Hier ist bei jedem Iterationsschritt ΣA_v aus (3.1) zu bestimmen. Die darin vorkommende $\Sigma a_{1,C}$ lässt sich aus:

$$\Sigma a_{1,C} = a_{1,1} + a_{1,2} + a_{1,3} \quad (3.34)$$

berechnen. Die Koeffizienten $a_{1,1}$, $a_{1,2}$ und $a_{1,3}$ sind nach (1.5) zu bestimmen. Weiterhin kann beim iterieren auch ΣA_v variiert werden, und zwar nach der Formel (2.19).

Für das hintere Glied sind die $\Psi_{2,1}$ -Werte nach den Formeln (3.25) zu berechnen. Wie für das vordere Glied soll auch hier als Näherungslösung ein gekitteter Dreilinser berechnet werden. Zur Bestimmung des Parameters $\mu_{2,1}$ ist wieder die Gleichung 2. Grades (3.9) aufzulösen. Wenn $\Sigma \Gamma_v$ gewählt wurde, sind die Koeffizienten k' , k'' und K sowie der Hilfskoeffizient k''' für die quadratische Gleichung (3.9) aus (3.26)', (3.26)'', (3.26) und (3.26)''' dagegen bei gewählter ΣE_v aus (3.27)', (3.27)'', (3.27) und (3.27)''' zu bestimmen. Danach lassen sich die Parameter für die zweite und dritte Äquivalentlinse aus (3.20), (3.21), (3.28) und (3.29) berechnen. Die ΣE_v bzw. $\Sigma \Gamma_v$ und darin enthaltene Werte und Koeffizienten sind aus den Formeln wie im Fall B zu bestimmen.

Die Iteration ist hier durch Variation der μ -Parameter gewährleistet, und zwar aus:

$$\mu_{(2,1)i+1} = \mu_{2,1} \pm \Delta \mu_{2,1} \quad (3.35)'$$

$$\mu_{(2,2)i+1} = \mu_{2,2} \pm \Delta \mu_{2,2} \quad (3.35)''$$

$$\mu_{(2,3)i+1} = \mu_{2,3} \pm \Delta \mu_{2,3} \quad (3.35)'''$$

Für jeden Iterationsschritt ist jeweils $\Sigma \Gamma_v$ bzw. ΣE_v und nach Bedarf ΣE_v bzw. $\Sigma \Gamma_v$ aus allgemeinen Formeln (3.3) bzw. (3.4) zu berechnen. Die Summen $\Sigma a_{2,C}$ und $\Sigma b_{2,C}$ sind nach (3.30) und (3.31) und die Koeffizienten selbst aus (1.5) und (1.6) wie im Fall B zu bestimmen.

Wenn die Bedingung für obige Iteration nicht erfüllt werden kann, soll die Iteration durch Variation der $\Sigma \Gamma_v$ bzw. ΣE_v nach den Formeln (3.32) bzw. (3.33) fortgesetzt werden.

III. Gruppe :

Bei allen Fällen dieser Gruppe werden die bestimmten Parameter μ für das vordere sowie auch für das hintere Glied als Ausgangsdaten gewählt, mit denen sich dann in erster Näherung die einzelnen Bildfehlersummen berechnen lassen.

- Fall D -

Für beide Glieder sind $\Psi_{g,1}$ -Werte aus den Formeln wie im Fall A zu bestimmen. Beim ersten Rechendurchlauf der einzelnen Glieder sind die Parameter $\mu_{1,1}$ und $\mu_{1,2}$ bzw. beim zweiten Glied $\mu_{2,1}$ und $\mu_{2,2}$ zu wählen.

Für das vordere Glied sind bei der Iteration die beiden Parameter μ nach den Formeln (2.20)' und (2.20)'' der Reihe nach zu variieren. Die ΣA_v und ΣB_v lassen sich aus den Formeln (3.1) und (3.2) bestimmen. Die $\Sigma a_{1,D}$ wird aus

$$\Sigma a_{1,D} = a_{1,1} + a_{1,2} \quad (3.36)$$

berechnet. Die Koeffizienten $a_{1,1}$ und $a_{1,2}$ lassen sich nach der Formel (1.5) bestimmen. Die $\Sigma b_{1,D}$ wird nach der Formel (3.16) ermittelt, deren Koeffizienten $b_{1,1}$ und $b_{1,2}$ sich aus (1.6) ergeben.

Im hinteren Glied werden für die Iteration die μ -Parameter variiert, und zwar nach den Formeln (3.35)' oder (3.35)''. Für jeden Iterationsschritt ist $\Sigma \Gamma_v$ und ΣE_v aus (3.3) und (3.4) zu berechnen. Die $\Sigma a_{2,D}$ und $\Sigma b_{2,D}$ lassen sich aus den Formeln (3.22) und (3.23) und die Koeffizienten $a_{2,1}$, $a_{2,2}$ sowie $b_{1,1}$, $b_{2,2}$ aus (1.6) bestimmen.

- Fall E -

Die $\Psi_{g,1}$ -Werte für beide Glieder sind aus den Formeln wie im Fall B zu berechnen. Beim ersten Rechengang sind für das vordere Glied die Parameter $\mu_{1,1}$, $\mu_{1,3}$ und für das hintere Glied $\mu_{2,1}$, $\mu_{2,3}$ zu wählen.

Beim ersten Glied lassen sich ΣA_v und ΣB_v aus (3.1) und (3.2) bestimmen. Die darin enthaltenen Summen $\Sigma a_{1,E}$ und $\Sigma b_{1,E}$ sind

aus den Formeln (3.34) und (3.24) zu berechnen. Die Koeffizienten selbst sind während und nach der Iteration aus denselben Formeln, wie sie beim Simplet für den Fall E angegeben wurden, zu entnehmen.

Die Iteration wird durch Variation der Parameter $\mu_{1,1}$ oder $\mu_{1,3}$ nach der Formel (2.20)' oder (2.20)'' durchgeführt.

Bei den Berechnungen für das hintere Glied lassen sich $\Sigma \Gamma_v$ und ΣE_v aus den Formeln (3.3) und (3.4) sowie die Summen $\Sigma a_{2,E}$ und $\Sigma b_{2,E}$ aus (3.30) und (3.31) bestimmen. Die Koeffizienten $a_{2,1}$, $a_{2,3}$, $b_{2,1}$ und $b_{2,3}$ sind während und nach der Iteration aus (1.5) und (1.6) zu berechnen. Dagegen sind die beiden Koeffizienten $\Sigma a_{2,2}$ und $\Sigma b_{2,2}$ aus

$$\Sigma a_{2,2} = \frac{\varphi_{2,2}}{4} / A'_{2,2} (\mu_{2,1} - t_{2,2})^2 - 2 \varphi_{2,2} (\mu_{2,1} - t_{2,2}) + (B' \cdot \varphi)_{2,2}^2 / (3.37)$$

$$\Sigma b_{2,2} = - \frac{\varphi_{2,2}}{2} / \varphi_{2,2} - c'_{2,2} (\mu_{2,1} - t_{2,2}) / (3.38)$$

und der Hilfswert $t_{2,2}$ aus (3.21) zu ermitteln. Nach der Iteration ist der zweite Parameter $\mu_{2,2}$ aus (3.20) und (3.21) zu entnehmen. Die Variation der Parameter $\mu_{2,1}$ oder aber $\mu_{2,3}$ soll nach den Formeln (3.35)' und 3.35)'' durchgeführt werden.

- Fall F -

Die $\varphi_{g,1}$ -Werte für beide Glieder sind nach den Formeln wie im Fall B zu ermitteln. In diesem Fall sind beim ersten Rechenablauf für das erste Glied die Parameter $\mu_{1,1}$, $\mu_{1,2}$ und für das zweite Glied $\mu_{2,1}$, $\mu_{2,2}$ zu wählen.

Für das erste Glied sind zur Bestimmung der Werte $\Sigma a_{1,F}$ und $\Sigma b_{1,F}$ die Formeln (3.34) und (3.24) anzuwenden. Die ΣA_v und ΣB_v selbst sind wieder nach den Formeln (3.1) und (3.2) zu bestimmen. Auch hier ist wie in allen anderen Fällen $\Sigma a_{2,x}$ und $\Sigma b_{2,x}$ aus den Berechnungen für das zweite Glied zu entnehmen.

Bei der Iteration wird der Parameter $\mu_{1,1}$ und nach Bedarf auch $\mu_{1,2}$ durch die Formel (2.20)' oder (2.20)'' sukzessive geändert.

Nach jedem Iterationsschritt wird $\Sigma A_{(v)i+1}$ oder auch $\Sigma B_{(v)i+1}$ aus (3.1) und (3.2) bestimmt. Der weitere Rechenablauf für das 1. Glied ist derselbe wie er für den Fall F des Simplets beschrieben wurde.

Beim zweiten Glied wird bei der Iteration der Parameter $\mu_{2,1}$ oder aber $\mu_{2,3}$ nach der Formel (3.35)' oder aber (3.35)'' sukzessive geändert.

Jeweils sind aus den Formeln wie im Fall E die $\Sigma \Gamma_v$, ΣE_v , $\Sigma a_{2,F}$ und $\Sigma b_{2,F}$ zu entnehmen. Die Koeffizienten für die beiden ersten Äquivalentlinsen sind während und nach der Iteration aus (1.5) und (1.6) zu bestimmen. Für die dritte Äquivalentlinse sind die Koeffizienten während und nach der Iteration aus

$$a_{2,3} = \frac{\varphi_{2,3}}{4} / A'_{2,3} (\mu_{2,1} - t'_{2,3})^2 - 2 \Psi_{2,1} (\mu_{2,1} - t'_{2,3}) + (B' \cdot \varphi)^2_{2,3} / \quad (3.39)$$

$$b_{2,3} = - \frac{\varphi_{2,3}}{2} / \Psi_{2,3} - C'_{2,3} (\mu_{2,1} - t'_{2,3}) / \quad (3.40)$$

zu berechnen, worin

$$t'_{2,3} = (\varphi \cdot B')_{2,2} + (\varphi \cdot B')_{2,3} \quad (3.31)$$

ist. Nach der Iteration wird der Parameter $\mu_{2,3}$ aus

$$\mu_{2,3} = \mu_{2,1} - t'_{2,3} \quad (3.42)$$

bestimmt. Die komafreie Blendenlage z_1 oder ihr Kehrwert $1/z_1$ ist in allen Fällen der Gruppen I, II, und III aus (2.26) bzw. (2.27) zu berechnen.

c) Das Programm KD

Das Programm KD (korrigieren des Duplets) ist so zusammengesetzt, daß es alle Kombinationsmöglichkeiten in bezug auf beide Glieder sowie einzelne Konstruktionsfälle berücksichtigt. Um alle Möglichkeiten einzufriedern und um den Rechengang beim Korrigieren zu vereinfachen, bildet das Glied eine Einheit für sich.

Das Programm KD ist in ein Ober- und drei Unterprogramme eingeteilt. Die einzelnen Unterprogramme sind wie beim Simplet nach Gruppen vereinigt.

Bei der Kennzeichnung ist zu berücksichtigen, daß bei beiden Gliedern des Duplets insgesamt 16 Fälle auftreten, von denen jeder für sich gekennzeichnet werden muß. Ähnlich wie beim Simplet wird auch hier die Kennzeichnung von Bedingungsschaltern und von beiden Steuerpositionen Q_1 und Q_2 gliedweise durchgeführt. Es ist dann für das 1. Glied:

- Fall 0, ohne Kennzeichen
- Fall A, P1*30 eingeschaltet
- Fall B, P1*30 eingeschaltet und mit gespeicherter Steuerp.
 Q_1
- Fall C, P1*30 eingeschaltet od. mit gespeicherter Steuerp.
 Q_2
- Fall D, P1*31 eingeschaltet
- Fall E, P1*31 eingeschaltet und mit gespeicherter Steuerp.
 Q_1
- Fall F, P1*31 eingeschaltet od. mit gespeicherter Steuerp.
 Q_2

und für das zweite Glied:

- Fall 0, ohne Kennzeichen
- Fall A, P1*32 eingeschaltet
- Fall B, P1*32 eingeschaltet und mit gespeicherter Steuerp.
 Q_1
- Fall C, P1*32 eingeschaltet od. mit gespeicherter Steuerp.
 Q_2
- Fall D, P1*33 eingeschaltet
- Fall E, P1*33 eingeschaltet und mit gespeicherter Steuerp.
 Q_1
- Fall F, P1*33 eingeschaltet od. mit gespeicherter Steuerp.
 Q_2

Alle Teile des Programms KD sind wie für das Simplet wieder durch eine Beschreibung des Programmablaufes, durch ein Strukturdiagramm und algorithmische Darstellung angegeben.

Das Oberprogramm kann als zyklischer oder linearer Teil des Programms KD aufgefaßt werden. Die Einteilung ist vom Rechenablauf während des Korrigierens abhängig. Es steuert die Vorrechnungen für beide Glieder sowie nach durchgeföhrtem Korrigieren des Gliedes die Berechnungen der Radienkehrwerte usw.

Das Oberprogramm ist so aufgestellt, daß die automatischen Sprünge

aus und ins Unterprogramm möglich sind, und zwar um die Berechnungen durchzuführen, die nach den abgeschlossenen Berechnungen im Unterprogramm vorkommen. Durch eine solche Aufstellung des Programms wird die Rechenzeit für das Korrigieren in den Unterprogrammen herabgesetzt.

Das Oberprogramm liest zuerst für das hintere Glied vom vorderen Binär-Abtastkopf die Brechkräfte $\varphi_{2,1}$ und Brechungsindices $n_{2,1}$ sowie die Kennzeichen ein. Während der Einlesungen werden die Charakteristiken $\psi_{2,1}$ berechnet. Auch die Funktionswerte für die Brechungsindices $A'_{2,1}$, $B'_{2,1}$ und $C'_{2,1}$ sowie ΣP_1 und $n_{2,tot}$ werden berechnet. Die Werte $\varphi_{2,tot}$, $n_{2,tot}$, ΣP_1 , $\psi_{2,1}$ werden fortlaufend gelocht sowie herausgeschrieben. Im weiteren Rechenablauf werden die Berechnungen für den betreffenden Fall durchgeführt. In den Fällen 0 bis C werden nach Abfrage, ob $\Sigma \Gamma_v$ oder ΣE_v gewählt wurde, die Koeffizienten k' , k'' und k''' für die quadratische Gleichung und für den bestimmten Fall berechnet und gelocht. Für den Fall A, B bzw. C ist der Hilfswert $t_{2,2}$ und beim Fall C noch zusätzlich $t_{2,3}$ zu berechnen und zu lochen. Danach wird bei allen Fällen 0 bis C die $\Sigma \Gamma_v$ bzw. wenn Kennzeichen Q_1 da ist, ΣE_v mit Q_1 gelocht. Dann erfolgt im Fall C der 1. Sprung ins Unterprogramm II und in den Fällen 0, A bzw. B ins Unterprogramm I hinein.

Wenn der Fall D, E bzw. F da ist, wird der Parameter $\mu_{2,1}$ mit Steuerposition Q_2 eingelesen. Danach wird nach dem Fall abgefragt. Wenn Fall D da ist, liest die Maschine den gewählten Parameter $\mu_{2,2}$ ein. In Abhängigkeit von den Fällen D, E oder F werden $\Sigma \Gamma_v$ und ΣE_v berechnet. Im Fall E liest die Maschine noch den Parameter $\mu_{2,3}$ und im Fall F $\mu_{2,2}$ ein. Danach erfolgt der 1. Sprung ins Unterprogramm III.

Bevor der Sprung in das betreffende Unterprogramm ausgeführt wird, werden bei allen Fällen 0 bis F die φ , $\varphi_{2,1}$ und $n_{2,1}$ gelocht. Danach stoppt die Maschine. Es ist der Lochstreifen mit den gelochten Daten in den vorderen Abtastkopf zyklisch einzulegen. Nach der Betätigung der Taste "Weiterfahren" wird der Sprung ins Unterprogramm I, II oder III ausgeführt.

Nach dem 1. bzw. 4. Einsprung vom Unterprogramm I, II oder III wird abgefragt, ob das Bedingungsrelais Ro angezogen ist. Wenn ja, ist der 1. Einsprung da und die Maschine liest die Brechkraft φ sowie $\varphi_{2,1}$ und $n_{2,1}$ für das hintere Glied ein. Danach wird die Bedingung Ro gelöscht und die Maschine stoppt. Es sind die Eingabedaten für das vordere Glied einzulegen. Nach der Be-tätigung der Taste "Weiterfahren" wird nach dem Fall des hinteren Gliedes abgefragt. Es werden für den betreffenden Fall die Radiankehrwerte berechnet und gelocht. Nur beim Fall C wird noch vor der Berechnung abgefragt, ob nicht zwei Linsen nach der Umwandlung in das dicke System gekittet werden sollen. Die Berechnung ist von der Kennzeichnung des betreffenden Parameters μ abhängig, was bei der Iteration des Unterprogramms II näher beschrieben wird. Alle Vorrechnungen, die wie oben für das hintere Glied beschrieben wurden, sind auch für das vordere Glied durchzuführen. Zusätzlich werden hier während der Berechnungen die Systemkonstanten φ , $\varphi_{g,1}$ und $n_{g,1}$ herausgeschrieben. Dann wird ΣP_v berechnet und ausgedruckt.

Die weiteren Berechnungen sind auf den betreffenden Fall hinweisend. Der Rechengang ist der gleiche wie beim hinteren Glied, nur daß hier nicht $\Sigma \Gamma_v$ bzw. ΣE_v , sondern ΣA_v gewählt wurde. Bevor hier der 2. Sprung ins Unterprogramm I, II oder III erfolgt, stoppt die Maschine. Die Werte φ , $\varphi_{1,1}$ und $n_{1,1}$ werden nicht gelocht. Die weitere Rechnung wird fortgesetzt wie oben für das hintere Glied beschrieben wurde.

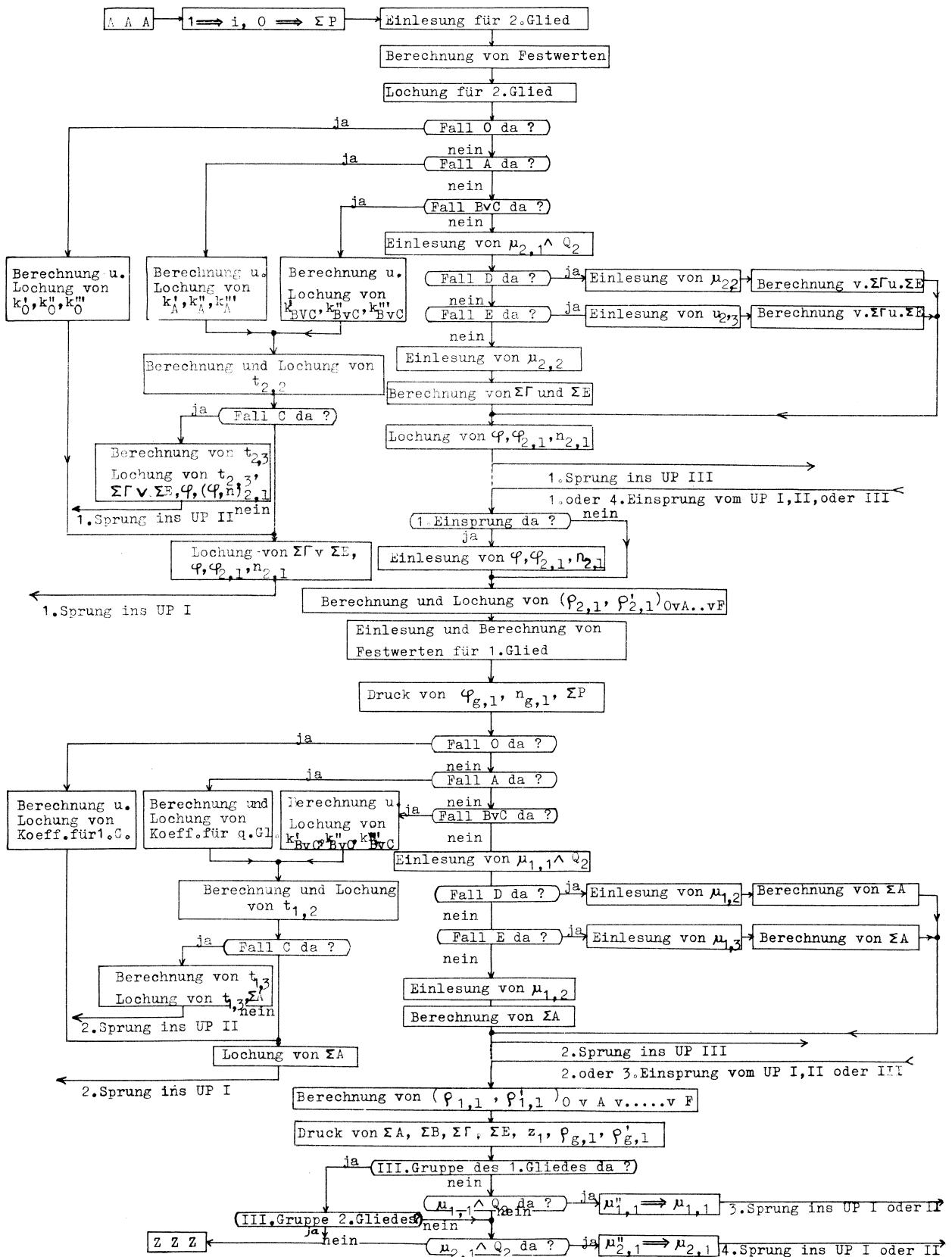
Nach dem 2. bzw. 3. Einsprung vom Unterprogramm I, II oder III her rechnet die Maschine für das erste Glied und den betreffenden Fall die Radiankehrwerte $\varphi_{1,1}$ und $\varphi'_{1,1}$ aus. Die Berechnungen für den Fall C werden so durchgeführt, wie oben für das hintere Glied geschildert wurde.

Beim Herausschreiben werden zuerst die Bildfehlerkoeffizienten ΣA_v , ΣB_v , $\Sigma \Gamma_v$ und ΣE_v sowie z_1 , danach die Radiankehrwerte $\varphi_{1,1}$ und $\varphi'_{1,1}$ für das erste Glied ausgedruckt. Jetzt liest die Maschine $\varphi_{2,1}$ und $\varphi'_{2,1}$ für das hintere Glied ein und druckt diese gleichzeitig heraus.

Für die Fälle aus der I. und II. Gruppe wird abgefragt, ob die Berechnungen mit dem Parameter $\mu'_{1,1}$ durchgeführt wurden. Wenn ja, wird der 3. Sprung ins Unterprogramm I bzw. II ausgeführt. Insofern $\mu''_{1,1}$ da ist, fragt die Maschine ab, ob der Parameter $\mu'_{2,1}$ da ist; wenn ja, wird der 4. Sprung ins Unterprogramm I oder II durchgeführt. Wenn dagegen $\mu''_{2,1}$ da ist, wurden oben die Konstruktionsdaten für das letzte amorphe System herausgeschrieben. Der Rechenablauf für das Korrigieren des Duplets ist damit beendet.

Wenn aber für das vordere Glied ein Fall aus der III. Gruppe gegeben ist, wird weiter abgefragt, ob für das hintere Glied der Fall D, E oder F da ist. Wenn nicht, erfolgt der Sprung auf die Stelle des Oberprogramms, wo abgefragt wird, ob $\mu'_{2,1}$ vorhanden ist. Der weitere Rechenablauf erfolgt, wie oben beschrieben. Wenn aber einer von den drei Fällen gegeben ist, wird der Rechengang beendet.

Strukturdiagramm des OP.



Die algorithmische Darstellung des OP:

1. AAA
- 1a Null $\Rightarrow \Sigma P_1$
2. Einlesen für 2. Glied: Kennzeichen $\varphi, \varphi_{2,1}, n_{2,1}, \varphi_{1,tot},$
 $\varphi_{2,tot} e'_1, w_2$
3. $\varphi_{2,1} v (3.17) v (3.25) \Rightarrow \varphi_{2,1} v \varphi_{2,1}$
4. $(1.1), (1.2), (1.3) \Rightarrow A'_{2,1}, B'_{2,1}, C'_{2,1}$
5. Druck φ
6. $(1.4) \Rightarrow \sum_{I=0}^k P_1$
7. $(3.7) \Rightarrow n_{2,tot}$
8. Lochen für 2. Glied $\varphi_{2,tot}, n_{2,tot}, \Sigma P_1, \varphi_{2,1}$
9. (O) da ? $\circled{28} \downarrow$
10. (A) da ? $\circled{31} \downarrow$
11. (B) v (C) da ? $\circled{34} |$
12. Einlesen $\mu_{2,1} \wedge Q_2$
13. (D) da ? $\circled{19} \downarrow$
14. (E) da ? $\circled{23} \downarrow$
15. Einlesen $\mu_{2,2}$
16. $(3.30), (3.31) \Rightarrow \Sigma a_{2,F}, \Sigma b_{2,F}$
17. $(3.3), (3.4) \Rightarrow \Sigma \Gamma_v, \Sigma E_v$
18. $\circled{27} \downarrow$
19. Einlesen $\mu_{2,2}$
20. $(3.22), (3.23) \Rightarrow \Sigma a_{2,D}, \Sigma b_{2,D}$
21. $(3.3), (3.4) \Rightarrow \Sigma \Gamma_v, \Sigma E_v$
22. $\circled{27} \downarrow$
23. Einlesen $\mu_{2,3}$
24. $(3.30), (3.31) \Rightarrow \Sigma a_{2,E}, \Sigma b_{2,E}$
25. $(3.3), (3.4) \Rightarrow \Sigma \Gamma_v, \Sigma E_v$
26. Lochen $\varphi, \varphi_{2,1}, n_{2,1}$
27. $\boxed{\text{UP III } 2} \downarrow$

28. $(2.12)'v (3.14)', (3.12)''v (3.14)''$, $(3.12)'''v (3.14)''' \Rightarrow$
 $\Rightarrow k_0^{'}, \Gamma_{vE}, k_0^{''}, \Gamma_{vE}, k_0^{'''}, \Gamma_{vE}$
29. Lochen $k_0^{'}, \Gamma_{vE}, k_0^{''}, \Gamma_{vE}, k_0^{'''}, \Gamma_{vE}$
30. $\textcircled{39} \downarrow$
31. $(3.18)'v (3.19)', (3.18)''v (3.19)''$, $(3.18)'''v (3.19)''' \Rightarrow$
 $\Rightarrow k_A^{'}, \Gamma_{vE}, k_A^{''}, \Gamma_{vE}, k_A^{'''}, \Gamma_{vE}$
32. Lochen $k_A^{'}, \Gamma_{vE}, k_A^{''}, \Gamma_{vE}, k_A^{'''}, \Gamma_{vE}$
33. $\textcircled{36} \downarrow$
34. $(3.26)'v(3.27)', (3.26)''v(3.27)''$, $(3.26)'''v(3.27)''' \Rightarrow$
 $\Rightarrow k_{BvC}^{'}, \Gamma_{vE}, k_{BvC}^{''}, \Gamma_{vE}, k_{BvC}^{'''}, \Gamma_{vE}$
35. Lochen $k_{BvC}^{'}, \Gamma_{vE}, k_{BvC}^{''}, \Gamma_{vE}, k_{BvC}^{'''}, \Gamma_{vE}$
36. $(3.21) \Rightarrow t_{2,2}$
37. Lochen $t_{2,2}$
38. (C) da ? $\textcircled{41} \downarrow$
39. Lochen $\sum \Gamma_v \sum E_v$, $\varphi, \varphi_{2,1}, n_{2,1}$
40. $\boxed{\text{UP I } 1} \downarrow$
41. $(3.29) \Rightarrow t_{2,3}$
42. Lochen $t_{2,3}, \sum \Gamma_v v \sum E_v$, $\varphi, \varphi_{2,1}, n_{2,1}$
43. $\boxed{\text{UP II } 1} \downarrow$

44. (R_o) da ? $\textcircled{46} \downarrow$
45. $\textcircled{48} \downarrow$
46. Einlesen: $\varphi, \varphi_{2,1}, n_{2,1}$
47. $(R_o) \rightarrow$
48. $[(1.7), (1.8)]_{0vAv \dots vF} \Rightarrow \rho_{2,1}, \rho'_{2,1}$
49. Lochen $(\rho_{2,1}, \rho'_{2,1})_{0vA \dots vF}$
50. Einlesen für 1. Glied: $\varphi_{1,1}, n_{1,1}$, Kennzeichen
51. Null $\Rightarrow \sum P_1$
52. $\varphi_{1,1} v (2.2) v (2.11) \Rightarrow \psi_{1,1} v \psi_{1,1}$
53. $(1.1), (1.2), (1.3) \Rightarrow A_{1,1}', B_{1,1}', C_{1,1}'$

54. $(3.5) \Rightarrow \varphi_{1,\text{tot}}$
 55. $(1.4) \Rightarrow \sum_{l=0}^k p_l$
 56. $\sum_0^k p_l + \sum_0^k p_l \Rightarrow \sum p_v$
 57. Druck $\varphi_{g,l}, n_{g,l}, \sum p_v$
 58. (O) da ? $\circled{73} \downarrow$
 59. (A) da ? $\circled{76} \downarrow$
 60. (BvC) da ? $\circled{79} \downarrow$
 61. Einlesen $\mu_{1,1} \wedge Q_2$
 62. (D) da ? $\circled{70} \downarrow$
 63. (E) da ? $\circled{67} \downarrow$
 64. Einlesen $\mu_{1,2}$
 65. $(3.1) \Rightarrow \sum A_v$
 66. $\circled{72} \downarrow$
 67. Einlesen $\mu_{1,3}$
 68. $(3.1) \Rightarrow \sum A_v$
 69. $\circled{72} \downarrow$
 70. Einlesen $\mu_{1,2}$
 71. $(3.1) \Rightarrow \sum A_v$
 72. $\underline{\text{UP III58}} \downarrow$
 73. $(3.10)', (3.10)'', (3.10)''' \Rightarrow k_{0,A}', k_{0,A}'', k_{0,A}'''$
 74. Lochen $k_{0,A}', k_{0,A}'', k_{0,A}'''$
 75. $\circled{84} \downarrow$
 76. $(2.8)', (2.8)'', (2.8)''' \Rightarrow k_{A,A}', k_{A,A}'', k_{A,A}'''$
 77. Lochen $k_{A,A}', k_{A,A}'', k_{A,A}'''$
 78. $\circled{81} \downarrow$
 79. $(2.17)', (2.17)'', (2.17)''' \Rightarrow k_{A,BvC}', k_{A,BvC}'''$
 80. Lochen $k_{A,BvC}', k_{A,BvC}'', k_{A,BvC}'''$
 81. $(2.5) \Rightarrow t_{1,2}$
 82. Lochen $t_{1,2}$
 83. (C) da ? $\circled{85} \downarrow$
 84. Lochen $\sum A_v$
 85. $\underline{\text{UP I 83}} \downarrow$
 86. $(2.13) \Rightarrow t_{1,3}$
 87. Lochen $t_{1,3}, \sum A_v$

88. (UP II 191)↓

-
89. $[(1.7), (1.8)] \text{ OvAv....vF} \Rightarrow \rho_{1,1}, \rho'_{1,1}$
90. Druck $\Sigma A_v, \Sigma \Gamma_v; \Sigma E_v, z_1, \rho_{g,1}, \rho'_{g,1}$
91. (UP III) _{1.} Glied da ? $\circled{93} \downarrow$
92. $\circled{95} \downarrow$
93. (UP III) _{2.} Glied da ? $\circled{97} \downarrow$
94. $\circled{96} \downarrow$
95. $(\mu_{1,1} \wedge Q_2) \text{ da ? } \circled{98} \downarrow$
96. $(\mu_{2,1} \wedge Q_2) \text{ da ? } \circled{101} \downarrow$
97. ZZZ
98. $\mu''_{1,1} \Rightarrow \mu_{1,1}$
99. (UP I) _{1.} Glied da ? (UP I 92)↓
100. (UP II 197)↓
101. $\mu''_{2,1} \Rightarrow \mu_{2,1}$
102. (UP I) _{2.} Glied da ? (UP I 11)↓
103. (UP II 11)↓

Das Unterprogramm I ist ein kombinierter Zyklus, der die Berechnungen und das Korrigieren für die I. Gruppe steuert.

Nach dem 1. Einsprung vom Oberprogramm her liest die Maschine die Daten für das hintere Glied ein. Danach wird in Abhängigkeit vom Kennzeichen Q_1 der dritte Koeffizient K_Γ oder K_E für die quadratische Gleichung berechnet. Mit den Koeffizienten k' , k'' und K wird die Gleichung 2. Grades gelöst und zur ersten Wurzel, also zum Parameter $\mu'_{2,1}$, das Kennzeichen Q_2 beigefügt. Sofern $D_2 = 0$, dann ergibt sich der Parameter $\mu_{1,1}$ durch Lösung der linearen Gleichung. Wenn $\mu'_{2,1}$ und $\mu''_{2,1}$ imaginär sind, wird nach dem bedingten Sprung auf die Programmstelle A bzw. B abgefragt, ob $\Sigma \Gamma_v$ oder ΣE_v gewählt worden ist. Danach wird ΣE_v durch $\pm \Delta \Sigma E_v$ bzw. $\Sigma \Gamma_v$ durch $\pm \Delta \Sigma \Gamma_v$ geändert. Dieser Rechenzyklus wird so lange wiederholt, bis die Wurzeln des Parameters $\mu_{2,1}$ reell werden, bzw. die Bedingung $\Sigma E_{(v)\min} \leq \Sigma E_{(v)i+1} \leq \Sigma E_{(v)i+1} \leq \Sigma E_{(v)\max}$ nicht mehr erfüllt wird. In diesem Fall druckt die Maschine in Rotdruck mit Null das Kennzeichen Q_2 aus und stoppt. Es ist eine neue Auslegung des hinteren Gliedes nötig.

Nach Lösung der quadratischen Gleichung und Abfrage nach dem Fall 0, A bzw. B wird im Fall A der Parameter $\mu_{2,2}$ und im Fall B noch $\mu_{2,3}$ berechnet. Danach erfolgt in allen drei Fällen die Abfrage, ob $\sum \Gamma_v$ da ist. Wenn ja, wird $\sum E_v$ berechnet und abgefragt, ob die Bedingung $\sum E_{(v) \min} \leq \sum E_v \leq \sum E_{(v) \max}$ erfüllt ist. Wenn nicht, wird mit dem Parameter $\mu''_{2,1}$ der Rechenzyklus wie mit dem Parameter $\mu'_{2,1}$ wiederholt. Sofern auch jetzt die Bedingung für $\sum E_v$ nicht erfüllt ist, wird $\sum \Gamma_v$ durch $+ \Delta \sum \Gamma_v$ geändert und der Zyklus, der die Lösung der quadratischen Gleichung umfaßt, wiederholt. Dieser Iterationsschritt wird nochmals ausgeführt und bei nicht erfüllter Bedingung für $\sum E_v$ und, wenn wieder $\mu''_{2,1}$ da ist, die Variation mit $\pm \Delta \sum \Gamma_v$ durchgeführt usw... Die Variation der $\sum \Gamma_v$ wird nach Bedarf so oft wiederholt, bis die Bedingung $\sum \Gamma_{(v) \min} \leq \sum \Gamma_{(v)i+1} \leq \sum \Gamma_{(v)i+1} \leq \sum \Gamma_{(v) \max}$ nicht mehr erfüllt ist. Danach drückt die Maschine bei allen Fällen $\sum \Gamma_v$ und $\sum E_v$ aus. Dann wird nach dem Fall abgefragt. Wenn der Fall 0 da ist, wird in Rotdruck $\mu_{1,1}$ im Fall A $\mu_{2,1}$ und $\mu_{2,2}$ und im Fall B außer bei den Parametern noch $\mu_{2,3}$ herausgeschrieben. Hierauf stoppt die Maschine. Es ist eine neue Auslegung der Systemkonstanten für das zweite Glied erforderlich.

Wenn bei der Abfrage nach Summe $\sum \Gamma_v$ dieselbe nicht da ist, wird diese entsprechend berechnet und abgefragt, ob die Bedingung

$\sum \Gamma_{(v) \min} \leq \sum \Gamma_v \leq \sum \Gamma_{(v) \max}$ erfüllt ist usw. Der ganze Rechenablauf mit dem Iterieren läuft hier ebenso ab wie oben in dem Fall, daß $\sum \Gamma_v$ gewählt wurde.

Im Falle, daß die Bedingung für $\sum E_v$ bzw. $\sum \Gamma_v$ erfüllt ist, werden vom Fall abhängig die $\sum a_{2,x}$ und $\sum b_{2,x}$ berechnet. Danach erfolgt der 1. Sprung ins Oberprogramm zurück.

Nach dem 2. Einsprung vom Oberprogramm liest die Maschine die Eingabedaten für das erste Glied ein und berechnet den Koeffizienten K_A . Nach Lösung der quadratischen Gleichung wird zum ermittelten Parameter $\mu'_{1,1}$ das Kennzeichen Q_2 beigefügt. Wenn $D_1 = 0$ ist, ergibt sich Parameter $\mu_{1,1}$. Wenn die Eigenwerte imaginär sind, führt die Maschine einen bedingten Sprung aus und addiert zur $\sum A_v$ den Wert $\Delta \sum A_v$ und berechnet mit diesem neuen Wert $\sum A_v$ und nach Einlesung der Koeffizienten k', k'', k''' den Koeffizienten

K_A usw. Zur Bestimmung der beiden Wurzeln $\mu_{1,1}^i$ und $\mu_{1,1}^{i+1}$ wird die quadratische Gleichung gelöst. Wenn der Parameter $\mu_{1,1}^i$ wieder imaginär ist, wird vom vorletzten ΣA_v der Wert $\Delta \Sigma A_v$ subtrahiert usw. Dieser Iterationsschritt wird so oft wiederholt, bis der μ -Parameter reell wird oder die Bedingung $\Sigma A_{(v)min} \leq \Sigma A_{(v)i+1} \vee \Sigma \bar{A}_{(v)i+1} \leq \Sigma A_{(v)max}$ nicht mehr erfüllt ist. Dann schreibt die Maschine in Rotdruck die Zahl Null mit Kennzeichen Q_1 aus und stoppt. Eine neue Auslegung des vorderen Gliedes ist durchzuführen.

Wenn der Parameter $\mu_{1,1}^i$ reell ist, wird im Fall A $\mu_{1,2}^i$ und im Fall B außerdem noch $\mu_{1,3}^i$ berechnet. In allen drei Fällen ist ΣB_v zu berechnen. Danach wird die Maschine die komafehlerfreie Blendenlage z_1 oder $1/z_1$ mit Q_1 errechnen. Wenn $1/z_1$ mit Q_1 da ist, oder aber die Bedingung $z_{1,min} \leq z_1 \leq z_{1,max}$ bzw. $1/z_{1,min} \leq 1/z_1 \leq 1/z_{1,max}$ nicht erfüllt ist, wird derselbe Rechenzyklus mit $\mu_{1,1}^{i+1}$ durchgeführt (wenn $D_1 > 0$). Sofern auch dann die Bedingung für z_1 nicht erfüllt wird, soll ΣA_v durch $\pm \Delta \Sigma A_v$ variiert werden. Der so ermittelte Wert $\Sigma A_{(v)i+1}$ oder $\Sigma \bar{A}_{(v)i+1}$ muß der Bedingung $\Sigma A_{(v)min} \leq \Sigma A_{(v)i+1} \vee \Sigma \bar{A}_{(v)i+1} \leq \Sigma A_{(v)max}$ genügen. Danach wird die beschriebene Iteration so lange wiederholt, bis die Bedingung für $\Sigma A_{(v)i+1}$ oder $\Sigma \bar{A}_{(v)i+1}$ nicht mehr erfüllt ist.

Bei allen drei Fällen schreibt die Maschine in Rotdruck die ΣA_v , ΣB_v und z_1 sowie nach der Abfrage im Fall O $\mu_{1,1}^i$, im Fall A $\mu_{1,1}^i$ und $\mu_{1,2}^i$ und im Fall B außerdem noch $\mu_{1,3}^i$ aus. Nachher stoppt die Maschine. Es ist der Datenlochstreifen für das hintere Glied in den vorderen Abtastkopf einzulegen. Nach Betätigung der Taste "Weiterfahren" drückt die Maschine die $\Sigma \Gamma_v$ und ΣE_v des Duplets sowie die Radiankehrwerte $\rho_{2,1}$ und $\rho'_{2,1}$ für den betreffenden Fall heraus. Danach stoppt die Maschine. Es leuchten die Transparenten "Wiederholen" und "Beenden" auf. Nun sind zwei Entscheidungen möglich und zwar:

1. Neue Auslegung für das erste Glied des Duplets. Hier ist die Taste "Beenden" zu betätigen.
2. Nach der Betätigung der Taste "Wiederholen" wird abgefragt, ob II. oder III. Gruppe sowie $\Sigma \Gamma_v$ bzw. ΣE_v für das 2. Glied da ist. Dann wird der 1. bzw. 2. Sprung ins Unterprogramm II oder Sprung ins III durchgeführt. Wenn aber das 2. Glied Teil des UP I ist, wird abgefragt, ob $\Sigma \Gamma_v$ oder ΣE_v vorhanden ist, dann erfolgt der Sprung auf die betreffende Programmstelle hin. Nach diesem Sprung wird

weiter abgefragt, ob $\mu'_{2,1}$ da ist usw., wie bei der Iteration des zweiten Gliedes durch Variation von $\mu_{2,1}$, was oben beschrieben wurde.

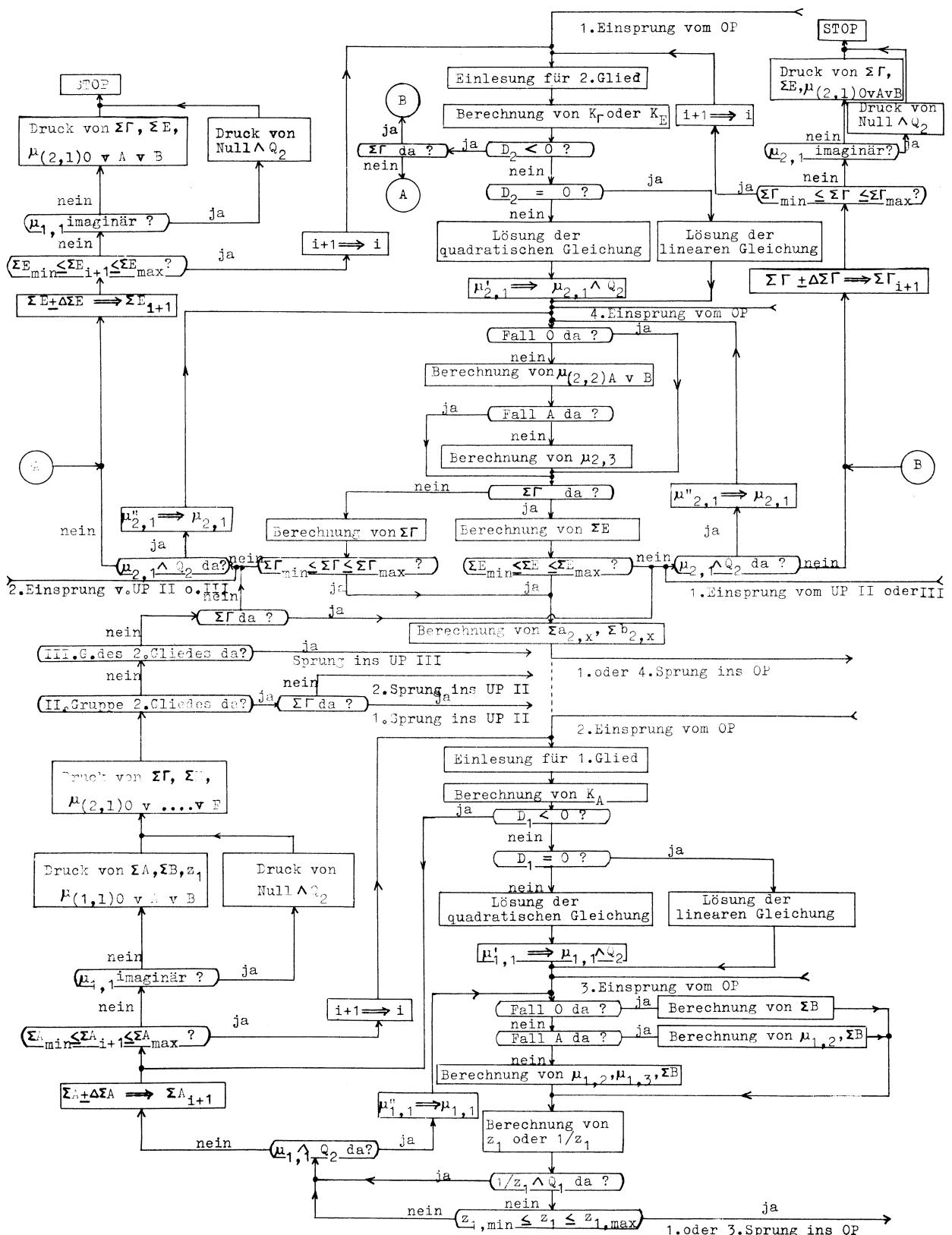
Im weiteren Verlauf errechnet die Maschine automatisch, nach Erfüllung verlangter Bedingungen, für beide Glieder neue Daten und springt das 2. Mal ins Oberprogramm zurück usw. Damit ist das Korrigieren beendet. Oder aber es stoppt die Maschine bei Nichterfüllung einer der Bedingungen. Auf Grund der herausgeschriebenen Daten ist der Hinweis gegeben, wie die neue Auslegung des ersten Gliedes durchzuführen ist.

Nach dem 3. Einsprung aus dem Oberprogramm führt die Maschine die Berechnungen für das vordere Glied durch, und zwar mit Parameter $\mu''_{1,1}$. Der Rechenablauf ist derselbe, wie oben nach der Lösung der quadratischen Gleichung beschrieben wurde. Wenn die Bedingung für z_1 erfüllt ist, erfolgt der 3. Sprung ins Oberprogramm zurück.

Beim 4. Sprung vom Oberprogramm her erfolgen die Berechnungen für das hintere Glied mit Parameter $\mu''_{2,1}$. Die Berechnungen werden für das hintere Glied durchgeführt und danach erfolgt der 4. Sprung ins Oberprogramm zurück.

Die Grenzwerte für die Bedingungen sowie Größen, die bei einzelnen Variationen benötigt werden und die dabei gebrauchten Bedingungen werden sukzessive vom hinteren Binär-Abtastkopf eingelesen. Diese Daten sind zyklisch in der Reihenfolge hinteres/voreres Glied einzulegen.

Strukturdiagramm des UP I



Die algorithmische Darstellung des UP I lautet:

1. Einlesung: $k' \Gamma_{vE}$, $k'' \Gamma_{vE}$, $k''' \Gamma_{vE}$, $\sum \Gamma_v \wedge Q_2$ v $\sum E_v$, Grenzwerte usw.
2. $k''' \Gamma_{vE} - (\sum \Gamma_v \vee \sum E_v) \Rightarrow K_0, \Gamma_{vE}, K_A, \Gamma_{vE}, K_B, \Gamma_{vE}$
3. $k'' \Gamma_{vE}^2 - 4k' \Gamma_{vE} \cdot K \Gamma_{vE} \Rightarrow D_2$
4. $(D_2 < 0)$ da ? $\textcircled{8} \downarrow$
5. $\frac{-k'' \Gamma_{vE} \mp \sqrt{D_2}}{2k' \Gamma_{vE}} \Rightarrow \mu'_{2,1}, \mu''_{2,1}$
6. $\mu'_{2,1} \Rightarrow \mu_{2,1} \wedge Q_2$
7. $\textcircled{11} \downarrow$
8. $<- 1> \rightarrow \text{Sp.21}$
9. $(\sum \Gamma \wedge Q_2)$ da ? $\textcircled{51} \downarrow$
10. $\textcircled{19} \downarrow$
11. (0) da ? $\textcircled{15} \downarrow$
12. $(3.20) \wedge (3.21) \Rightarrow \mu_{(2.2)A} \vee \mu_{(2.2)B}$
13. (A) da ? $\textcircled{16} \downarrow$
14. $(3.28) \wedge (3.29) \Rightarrow \mu_{2,3}$
15. $(\sum \Gamma \wedge Q_2)$ da ? $\textcircled{48} \downarrow$
16. $(3.3) \Rightarrow \sum \Gamma_{(v)0vAvB}$
17. $\sum \Gamma_{(v)\min} \leq \sum \Gamma_v \leq \sum \Gamma_{(v)\max}$ da ? $\textcircled{80} \downarrow$
18. $(\mu_{2,1} \wedge Q_2)$ da ? $\textcircled{46} \downarrow$
19. $(\Delta \sum E \wedge Q_1)$ da ? $\textcircled{24} \downarrow$
20. $\sum E_v + \Delta \sum E \Rightarrow \sum E_{(v)i+1}$
21. (R_3) da ? $\textcircled{27} \downarrow$
22. $\Delta \sum E \Rightarrow \Delta \sum E \wedge Q_1$
23. $\textcircled{27} \downarrow$
24. $\sum E_v - \Delta \sum E \Rightarrow \sum E_{(v)i+1}$
25. (R_3) da ? $\textcircled{27} \downarrow$
26. $\Delta \sum E \wedge Q_1 \Rightarrow \Delta \sum E$
27. $\sum E_{(v)\min} \leq \sum E_{(v)i+1} \vee \sum \bar{E}_{(v)i+1} \leq \sum E_{(v)\max}$? $\textcircled{44} \downarrow$
28. (R_3) da ? $\textcircled{32} \downarrow$
29. $\rightarrow (R_3)$
30. $i+1 \Rightarrow i$
31. $\textcircled{19} \downarrow$
32. (-1) da ? $\textcircled{42} \downarrow$
33. Druck $\sum \Gamma_v, \sum E_v$
34. (0) da ? $\textcircled{40} \downarrow$
35. (A) da ? $\textcircled{38} \downarrow$

36. Druck $\mu_{2,1}, \mu_{2,2}, \mu_{2,3}$
37. $\textcircled{43}\downarrow$
38. Druck $\mu_{2,1}, \mu_{2,2}$
39. $\textcircled{43}\downarrow$
40. Druck $\mu_{2,1}$
41. $\textcircled{43}\downarrow$
42. Druck Null $\wedge Q_2$
43. Stopp
44. $i+1 \Rightarrow i$
45. $\textcircled{1}\downarrow$
46. $\mu''_{2,1} \Rightarrow \mu_{2,1}$
47. $\textcircled{11}\downarrow$
48. $(3.4) \Rightarrow \sum E(v)_{0VAVB}$
49. $\sum E(v)_{\min} \leq \sum E_v \leq \sum E(v)_{\max}$? $\textcircled{80}\downarrow$
50. $(\mu_{2,1} \wedge Q_2)$ da ? $\textcircled{78}\downarrow$
51. $(\Delta \sum \Gamma \wedge Q_1)$ da ? $\textcircled{56}\downarrow$
52. $\sum \Gamma_v + \Delta \sum \Gamma \Rightarrow \sum \Gamma(v)_{i+1}$
53. (R_3) da ? $\textcircled{59}\downarrow$
54. $\Delta \sum \Gamma \Rightarrow \Delta \sum \Gamma \wedge Q_1$
55. $\textcircled{59}\downarrow$
56. $\sum \bar{\Gamma}_v - \Delta \sum \Gamma \Rightarrow \sum \bar{\Gamma}(v)_{i+1}$
57. (R_3) da ? $\textcircled{59}\downarrow$
58. $\Delta \sum \Gamma \wedge Q_1 \Rightarrow \Delta \sum \Gamma$
59. $\sum \Gamma(v)_{\min} \leq \sum \Gamma(v)_{i+1} \vee \sum \bar{\Gamma}(v)_{i+1} \leq \sum \Gamma(v)_{\max}$? $\textcircled{76}\downarrow$
60. (R_3) da ? $\textcircled{64}\downarrow$
61. $\rightarrow (R_3)$
62. $i+1 \Rightarrow i$
63. $\textcircled{51}\downarrow$
64. (-1) da ? $\textcircled{74}\downarrow$
65. Druck $\sum \Gamma_v, \sum E_v$
66. (0) da ? $\textcircled{72}\downarrow$
67. (A) da ? $\textcircled{70}\downarrow$
68. Druck $\mu_{2,1}, \mu_{2,2}, \mu_{2,3}$
69. $\textcircled{75}\downarrow$
70. Druck $\mu_{2,1}, \mu_{2,2}$
71. $\textcircled{75}\downarrow$
72. Druck $\mu_{2,1}$

73. $\textcircled{75} \downarrow$
74. Druck Null $\wedge Q_2$
75. Stopp
76. $i + 1 \Rightarrow i$
77. $\textcircled{1} \downarrow$
78. $\mu_{2,1}'' \Rightarrow \mu_{2,1}$
79. $\textcircled{11} \downarrow$
80. $(1.5) v(3.23)v(3.30) \Rightarrow \Sigma a_{2,0vAvB}$
81. $(1.6) v(3.23)v(3.31) \Rightarrow \Sigma b_{2,0vAvB}$
82. $(\text{OP } 44) \downarrow$
83. Einlesen : $k_A^{'}, k_A'', k_A'''$, ΣA_v , Grenzwerte usw.
84. $(3.10) \Rightarrow K_A$
85. $k_A''^2 - 4k_A' \cdot K_A \Rightarrow D_1$
86. $(D_1 < 0) ? \textcircled{90} \downarrow$
87. $\frac{-k_A'' \mp \sqrt{D_1}}{2k_A'} \Rightarrow \mu_{1,1}', \mu_{1,1}''$
88. $\mu_{1,1}' \Rightarrow \mu_{1,1} \wedge Q_2$
89. $\textcircled{92} \downarrow$
90. $\langle -1 \rangle \rightarrow \text{Sp. 21}$
91. $\textcircled{103} \downarrow$
92. $(0) \text{ da ? } \textcircled{98} \downarrow$
93. $(A) \text{ da ? } \textcircled{96} \downarrow$
94. $(2.4), (2.12), (3.2) \Rightarrow \mu_{1,2}, \mu_{2,3}, \Sigma B_v$
95. $\textcircled{99} \downarrow$
96. $(2.4), (3.2) \Rightarrow \mu_{1,2}, \Sigma B_v$
97. $\textcircled{99} \downarrow$
98. $(3.11) \Rightarrow \Sigma B_v$
99. $\Sigma B_v : \Sigma A_v \quad \textcircled{Q_1} \quad \Sigma A_v : \Sigma B_v \Rightarrow z_1 \quad \textcircled{Q_1} \quad 1/z_1$
100. $(1/z_1 \wedge Q_1) \text{ da ? } \textcircled{102} \downarrow$
101. $z_{1,\min} \leq z_1 \leq z_{1,\max} \text{ oder } 1/z_{1,\min} \leq 1/z_1 \leq 1/z_{1,\max} ? (\text{OP } 89) \downarrow$
102. $(\mu_{1,1} \wedge Q_2) \text{ da ? } \textcircled{137} \downarrow$
103. $(\Delta \Sigma A \wedge Q_1) \text{ da ? } \textcircled{108} \downarrow$
104. $\Sigma A_v + \Delta \Sigma A \Rightarrow \Sigma A_{(v)i+1}$
105. $(R_3) \text{ da ? } \textcircled{119} \downarrow$
106. $\Delta \Sigma A \Rightarrow \Delta \Sigma A \wedge Q_1$
107. $\textcircled{110} \downarrow$
108. $\Sigma A - \Delta \Sigma A \Rightarrow \Sigma A_{(v)i+1}$

- 108a (R_3) da ? $\textcircled{110} \downarrow$
109. $\Delta \sum A \wedge Q_1 \Rightarrow \Delta \sum A$
110. $\sum A(v)_{\min} \leq \sum A(v)_{i+1} \vee \sum \bar{A}(v)_{i+1} \leq \sum A(v)_{\max}$? $\textcircled{135} \downarrow$
111. (R_3) da ? $\textcircled{115} \downarrow$
112. $\rightarrow (R_3)$
113. $i+1 \Rightarrow i$
114. $\textcircled{83} \downarrow$
115. (-1) da ? $\textcircled{125} \downarrow$
116. Druck $\sum A_v, \sum B_v, z_1$
117. (0) da ? $\textcircled{123} \downarrow$
118. (A) da ? $\textcircled{121} \downarrow$
119. Druck $\mu_{1,1}, \mu_{1,2}, \mu_{1,3}$
120. $\textcircled{126} \downarrow$
121. Druck $\mu_{1,1}, \mu_{1,2}$
122. $\textcircled{126} \downarrow$
123. Druck $\mu_{1,1}$
124. $\textcircled{126} \downarrow$
125. Druck Null $\wedge Q_1$
126. Druck $\sum \Gamma_v, \sum E_v, \rho_{2,1(0vA \dots vF)}, \rho'_{2,1(0vA \dots vF)}$
127. $(II. \text{ Gruppe})_2.$ Glied da ? $\textcircled{133} \downarrow$
128. $(III. \text{ Gruppe})_2.$ Glied da ? $\textcircled{131} \downarrow$
129. $(\Delta \sum \Gamma_v \wedge Q_2)$ da ? $\textcircled{50} \downarrow$
130. $\textcircled{18} \downarrow$
131. $\boxed{\text{UP III } 6} \downarrow$
132. $(\sum \Gamma_v \wedge Q_2)_{II. \text{ Gruppe}}$ da ? $\boxed{\text{UP II } 103} \downarrow$
133. $\boxed{\text{UP II } 15} \downarrow$
134. $i+1 \Rightarrow i$
135. $\textcircled{83} \downarrow$
136. $\mu''_{1,1} \Rightarrow \mu_{1,1}$
137. $\textcircled{92} \downarrow$

Das Unterprogramm II ist, wie das Unterprogramm I, ein kombinierter Zyklus, der das automatische Korrigieren in beiden Gliedern ermöglicht.

Nach dem ersten Einsprung vom Oberprogramm her werden die Koeffizienten k'_C, k''_C, k'''_C usw. für das hintere Glied eingelesen und der dritte Koeffizient der quadratischen Gleichung K_Γ bzw. K_E

berechnet. Nach Lösung der quadratischen Gleichung wird zu beiden Wurzeln des Parameters $\mu_{2,1}$ die Steuerposition Q_1 hinzugefügt. Dadurch hat sich ein gekittetes Triplet ergeben, das als Ausgangslösung für das Korrigieren dienen soll. Aus beiden Verkittungsbedingungen errechnet die Maschine die Parameter μ für die zweite und dritte Äquivalentlinse. Zu beiden Parametern wird die Steuerposition Q_1 und zu $\mu_{2,2}$ zusätzlich noch Q_2 gegeben. Die beigefügten Steuerpositionen bei allen drei Linsen dienen zur Steuerung des Korrigierens.

Wenn nach Abfrage die $\Sigma \Gamma_v$ gewählt wurde, wird die Maschine ΣE_v berechnen. Wenn die Bedingung $\Sigma E_{(v)min} \leq \Sigma E_v \leq \Sigma E_{(v)max}$ nicht erfüllt ist, wird die Iteration durch Variieren des $\mu_{2,2}$ -Parameters begonnen. Abwechselnd wird mit $\mu_{2,2}$ der Wert $\Delta \mu_{2,2}$ addiert bzw. vom vorletzten Parameter subtrahiert. Der Parameter $\mu_{2,2}$ wird nur in dem Falle variiert, daß die Bedingung $\mu_{(2,2)min} \leq \mu_{(2,2)i+1} \leq \mu_{(2,2)max}$ erfüllt ist. Wenn der Ausgangsparameter $\mu_{2,2}$ aus den in der Bedingung angegebenen Schranken hinaus fällt, wird das Variieren mit dem Parameter $\mu_{2,3}$ angefangen. Auch hier ist eine Bedingung wie für $\mu_{2,2}$ zu erfüllen. Wenn diese nicht erfüllt ist, wird die Variation mit dem Parameter $\mu_{2,1}$ durchgeführt. Sofern auch hier die Bedingung $\mu_{(2,1)min} \leq \mu_{(2,1)i+1} \leq \mu_{(2,1)max}$ nicht erfüllt ist, berechnet die Maschine aus $\mu_{2,1}''$ neue Parameter $\mu_{2,2}$, $\mu_{2,3}$ und derselbe Rechengang wird wiederholt. Wenn auch jetzt alle drei Ausgangsparameter außerhalb der beiden Schranken liegen, wird $\Sigma \Gamma_v$ durch $+ \Delta \Sigma \Gamma_v$ geändert. Wenn die Bedingung $\Sigma \Gamma_{(v)min} \leq \Sigma \Gamma_{(v)i+1} \leq \Sigma \Gamma_{(v)max}$ erfüllt ist, wird nach Einlesung der Koeffizienten k_C' , k_C'' und k_C''' ein neuer Koeffizient K_Γ berechnet. Danach wird die quadratische Gleichung gelöst und der beschriebene Rechengang wiederholt. Beim zweiten Iterationsschritt wird $\Delta \Sigma \Gamma_v$ vom vorletzten Wert für $\Sigma \Gamma_v$ subtrahiert usw. Auf diese Weise kann der Rechengang durch Variation vom $\Sigma \Gamma_v$ sowie der einzelnen Parameter aller drei Äquivalentlinsen so oft wiederholt werden, bis die Bedingung für $\Sigma \Gamma_{(v)i+1}$ bzw. $\Sigma \Gamma_{(v)i+1}$ nicht mehr erfüllt ist. Hierauf werden in Rotdruck die $\Sigma \Gamma_v$ und ΣE_v des Systems sowie für das hintere Glied die Parameter $\mu_{2,1}$, $\mu_{2,2}$ und $\mu_{2,3}$ herausgeschrieben. Dann stoppt die Maschine; es ist eine neue Auslegung für das zweite Glied durchzuführen.

Im Falle, daß die Bedingung für einen von den drei Parametern $\mu_{2,1}$, $\mu_{2,2}$ oder $\mu_{2,3}$ erfüllt ist, rechnet die Maschine $\Sigma \Gamma_v$ aus. Danach wird abgefragt, ob die Bedingung $\Sigma \Gamma_{(v)\min} \leq \Sigma \Gamma_v \leq \Sigma \Gamma_{(v)\max}$ erfüllt ist. Wenn nicht, wird der zweite Iterationsschritt durchgeführt usw. Nach Bedarf wird $\mu_{2,3}$ und sodann $\mu_{2,1}$ variiert bis die Bedingung für $\Sigma \Gamma_v$ erfüllt ist. Dann wird ΣE_v berechnet und wieder abgefragt, ob die Bedingung für ΣE_v erfüllt ist. Bei Nichterfüllung werden die einzelnen Iterationsschritte durch neue Variation der Parameter $\mu_{2,2}$, $\mu_{2,3}$, $\mu_{2,1}$ und nach Bedarf auch $\Sigma \Gamma_v$ in dieser Reihenfolge so oft wiederholt, bis alle Bedingungen erfüllt werden.

Wenn ΣE_v gewählt wurde, ist der Rechengang derselbe wie oben beschrieben, nur wird hier nicht $\Sigma \Gamma_v$, sondern ΣE_v variiert.

Wenn sich nach Lösung der quadratischen Gleichung die beiden Wurzeln $\mu'_{2,1}$ und $\mu''_{2,1}$ imaginär ergeben, wird die Iteration durch Variation von $\Sigma \Gamma_v$ bzw. ΣE_v durchgeführt. Diese Iteration wird so lange wiederholt, bis die Bedingung für $\Sigma \Gamma_{(v)i+1}$ oder $\bar{\Sigma} \Gamma_{(v)i+1}$ bzw. $\Sigma E_{(v)i+1}$ oder $\bar{\Sigma} E_{(v)i+1}$ erfüllt ist bzw. sich der Parameter $\mu_{2,1}$ reell ergibt. Wenn aber die Bedingung nicht mehr erfüllt ist, schreibt die Maschine in Rotdruck eine Null mit beigefügter Steuerposition Q_2 heraus. Danach stoppt die Maschine. Es ist eine neue Auslegung des zweiten Gliedes durchzuführen.

Bei Erfüllung aller Bedingungen rechnet die Maschine für das hintere Glied die Werte $\Sigma a_{2,C}$ und $\Sigma b_{2,C}$ aus. Dann erfolgt der 1. Sprung ins Oberprogramm zurück.

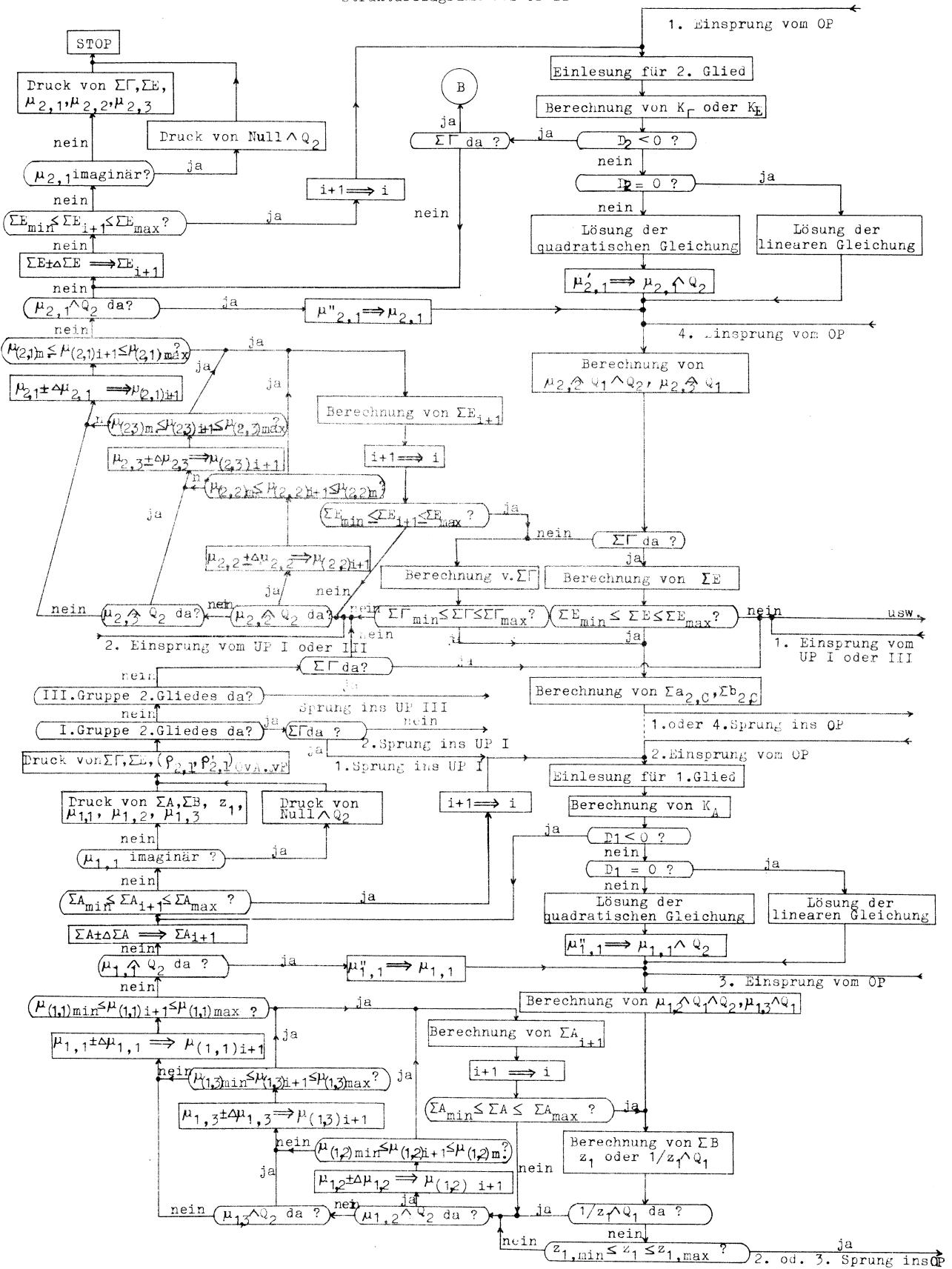
Im Falle, daß das 1. Glied des Duplets ein Dreilinser ist, erfolgt der 2. Einsprung vom Oberprogramm. Nach Einlesung der Koeffizienten k' , k'' und k''' , ΣA_v , Grenzwerte usw. wird der Koeffizient K_A berechnet. Auch hier ist die quadratische oder lineare Gleichung zu lösen. Zu beiden Wurzeln $\mu'_{1,1}$ und $\mu''_{1,1}$ oder $\mu_{1,1}$ wird die Steuerposition Q_1 beigelegt. Aus beiden Verkittungsbedingungen errechnet die Maschine die Parameter $\mu_{1,2}$ und $\mu_{1,3}$. Beide erhalten die Steuerposition Q_1 und der Parameter $\mu_{1,2}$ zusätzlich noch Q_2 . Danach wird ΣB_v sowie z_1 berechnet. Wenn bei der Rechnung sich $1/z_1$ mit Q_1 ergibt oder die Bedingung $z_{1,\min} \leq z_1 \leq z_{1,\max}$ bzw. $1/z_{1,\min} \leq 1/z_1 \leq 1/z_{1,\max}$ nicht erfüllt ist, wird das

Korrigieren mit den Parametern $\mu_{1,2}$, $\mu_{1,3}$ und $\mu_{1,1}$, wie für das zweite Glied beschrieben, durchgeführt. Bei jedem Iterationsschritt wird mit einem neuen Parameter der betreffende Koeffizient $a_{1,1}$ und dann $\sum a_{1,C}$ und $\sum A_v$ berechnet. Danach erfolgt die Abfrage, ob die Bedingung $\sum A_{(v)\min} \leq \sum A_v \leq \sum A_{(v)\max}$ erfüllt ist. Bei Nichterfüllung wird die Iteration wiederholt. Wenn die Iteration durch Variation der μ -Parameter den Bedingungen nicht genügt, wird der ganze Rechengang mit Parameter $\mu''_{1,1}$ wiederholt. Bei Nichterfüllung der Bedingung für $\mu_{1,1}$ wird die Iteration mit $\sum A_v$ wie oben beschrieben, durchgeführt. Hier ist die Bedingung für $\sum A_{(v)i+1}$ oder $\sum \bar{A}_{(v)i+1}$ zu erfüllen. Nach Erschöpfung aller Variationsmöglichkeiten und Nichterfüllung der Bedingungen schreibt die Maschine in Rotdruck die $\sum A_v$, $\sum B_v$ und z_1 sowie die zuletzt ermittelten Parameter $\mu_{1,1}$, $\mu_{1,2}$ und $\mu_{1,3}$ heraus. Dann stoppt die Maschine. Der weitere Rechenablauf ist derselbe wie im Unterprogramm I beschrieben wurde.

Wenn die beiden Wurzeln für den Parameter $\mu_{1,1}$ imaginär sind, erfolgt derselbe Rechengang, wie für das Unterprogramm I angegeben wurde.

Die einzelnen Ein- und Aussprünge beim Oberprogramm sowie die Einlesungen sind mit denen im Unterprogramm I vergleichbar.

Strukturdiagramm des UP II



Die algorithmische Darstellung für das UP II:

1. Eingabe $k' \Gamma_{vE}$, $k'' \Gamma_{vE}$, $\Sigma \Gamma_v \wedge Q_v \vee \Sigma E_v$, Grenzwerte
2. $k'' \Gamma_{vE} - (\Sigma \Gamma_v \vee \Sigma E) \Rightarrow K \Gamma_{vE}$
3. $k'' \Gamma_{vE} - 4 \cdot k' \Gamma_{vE} \cdot K \Gamma_{vE} \Rightarrow D_2$
4. ($D_2 < 0$) ? $\circled{8} \downarrow$
5. $\frac{-k'' \Gamma_{vE} \pm \sqrt{D_2}}{2k' \Gamma_{vE}} \Rightarrow \mu_{2,1}', \mu_{2,1}''$
6. $\mu_{2,1}' \Rightarrow \mu_{2,1} \wedge Q_1$
7. $\circled{11} \downarrow$
8. $\langle -1 \rangle \rightarrow \text{Sp. 21}$
9. $(\Sigma \Gamma_v \wedge Q_2) \text{ da? } \circled{169} \downarrow$
10. $\circled{81} \downarrow$
11. (3.20), (3.28) $\Rightarrow \mu_{2,2} \wedge Q_1 \wedge Q_2, \mu_{2,3} \wedge Q_1$
12. $(\Sigma \Gamma_v \wedge Q_2) \text{ da? } \circled{101} \downarrow$
13. (3.3) $\Rightarrow \Sigma \Gamma_v$
14. $\Sigma \Gamma_{(v)\min} \leq \Sigma \Gamma_v \leq \Sigma \Gamma_{(v)\max} \text{ ? } \circled{139} \downarrow$
15. $(\mu_{2,2} \wedge Q_2) \text{ da? } \circled{17} \downarrow$
16. $\circled{34} \downarrow$
17. $(\Delta \mu_{2,2} \wedge Q_1) \text{ da? } \circled{22} \downarrow$
18. $\mu_{2,2} + \Delta \mu_{2,2} \Rightarrow \mu_{(2,2)i+1}$
19. $(R_3) \text{ da? } \circled{25} \downarrow$
20. $\Delta \mu_{2,2} \Rightarrow \Delta \mu_{2,2} \wedge Q_1$
21. $\circled{25} \downarrow$
22. $\mu_{2,2} - \Delta \mu_{2,2} \Rightarrow \mu_{(2,2)i+1}$
23. $(R_3) \text{ da? } \circled{25} \downarrow$
24. $\Delta \mu_{2,2} \wedge Q_1 \Rightarrow \Delta \mu_{2,2}$
25. $\mu_{(2,2)\min} \leq \mu_{(2,2)i+1} \vee \bar{\mu}_{(2,2)i+1} \leq \mu_{(2,2)\max} \text{ ? } \circled{65} \downarrow$
26. $(R) \text{ da? } \circled{30} \downarrow$
27. $\rightarrow (R_3)$
28. $i+1 \Rightarrow i$
29. $\circled{17} \downarrow$
30. $\mu_{2,2} \wedge Q_1 \wedge Q_2 \text{ oder } \mu_{2,2} \wedge Q_2 \Rightarrow \mu_{2,2} \wedge Q_1 \vee \mu_{2,2}$
31. $\mu_{2,3} \wedge Q_1 \Rightarrow u_{2,3} \wedge Q_1 \wedge Q_2$
32. $(R_3) \rightarrow$
33. $\circled{36} \downarrow$
34. $(\mu_{2,3} \wedge Q_2) \text{ da? } \circled{36} \downarrow$
35. $\circled{52} \downarrow$

36. $(\Delta \mu_{2,3} \wedge Q_1) \text{ da? } \textcircled{41} \downarrow$
 37. $\mu_{2,3} + \Delta \mu_{2,3} \Rightarrow \mu_{(2,3)i+1}$
 38. $(R_3) \text{ da? } \textcircled{44} \downarrow$
 39. $\Delta \mu_{2,3} \Rightarrow \Delta \mu_{2,3} \wedge Q_1$
 40. $\textcircled{44} \downarrow$
 41. $\mu_{2,3} - \Delta \mu_{2,3} \Rightarrow \mu_{(2,3)i+1}$
 42. $(R_3) \text{ da? } \textcircled{44} \downarrow$
 43. $\Delta \mu_{2,3} \wedge Q_1 \Rightarrow \Delta \mu_{2,3}$
 44. $\mu_{(2,3)\min} \leq \mu_{(2,3)i+1} \stackrel{v}{\mu}_{(2,3)i+1} \leq \mu_{(2,3)\max} ? \textcircled{69} \downarrow$
 45. $(R_3) \text{ da? } \textcircled{49} \downarrow$
 46. $\rightarrow (R_3)$
 47. $i+1 \Rightarrow i$
 48. $\textcircled{36} \downarrow$
 49. $\mu_{(2,3)} \wedge Q_1 \wedge Q_2 \text{ oder } \mu_{(2,3)} \wedge Q_2 \Rightarrow \mu_{2,3} \wedge Q_1 \text{ oder } \mu_{2,3}$
 50. $\mu_{2,1} \wedge Q_1 \Rightarrow \mu_{2,1} \wedge Q_1 \wedge Q_2$
 51. $(R_3) \rightarrow$
 52. $(\Delta \mu_{2,1} \wedge Q_1) \text{ da? } \textcircled{57} \downarrow$
 53. $\mu_{2,1} + \Delta \mu_{2,1} \Rightarrow \Delta \mu_{(2,1)i+1}$
 54. $(R_3) \text{ da? } \textcircled{60} \downarrow$
 55. $\Delta \mu_{2,3} \Rightarrow \Delta \mu_{2,3} \wedge Q_1$
 56. $\textcircled{60} \downarrow$
 57. $\mu_{2,1} - \Delta \mu_{2,1} \Rightarrow \mu_{(2,1)i+1}$
 58. $(R_3) \text{ da? } \textcircled{60} \downarrow$
 59. $\Delta \mu_{2,1} \wedge Q_1 \Rightarrow \Delta \mu_{2,1}$
 60. $\mu_{(2,1)\min} \leq \mu_{(2,1)i+1} \stackrel{v}{\mu}_{(2,1)i+1} \leq \mu_{(2,1)\max} ? \textcircled{73} \downarrow$
 61. $(R_3) \text{ da? } \textcircled{80} \downarrow$
 62. $\rightarrow (R_3)$
 63. $i+1 \Rightarrow i$
 64. $\textcircled{52} \downarrow$
 65. $(\mu_{2,2})_{i+1} \wedge Q_1) \text{ da? } \textcircled{67} \downarrow$
 66. $\textcircled{76} \downarrow$
 67. $\mu_{(2,2)i+1} \wedge Q_1 \wedge Q_2 \Rightarrow \mu_{(2,2)i+1} \wedge Q_2$
 68. $\textcircled{76} \downarrow$
 69. $(\mu_{(2,3)i+1} \wedge Q_1) \text{ da? } \textcircled{71} \downarrow$
 70. $\textcircled{76} \downarrow$
 71. $\mu_{(2,3)i+1} \wedge Q_1 \wedge Q_2 \Rightarrow \mu_{(2,3)i+1} \wedge Q_2$
 72. $\textcircled{76} \downarrow$
 73. $(\mu_{(2,1)i+1} \wedge Q_1) \text{ da? } \textcircled{75} \downarrow$

74. $\mu_{(2,1)i+1} \wedge Q_1 \wedge Q_2 \Rightarrow \mu_{(2,1)i+1} \wedge Q_2$ (76)↓
75. $\mu_{(2,1)i+1} \wedge Q_1 \wedge Q_2 \Rightarrow \mu_{(2,1)i+1} \wedge Q_2$
76. (3.4) $\Rightarrow \sum E_{(v)i+1}$
77. $i+1 \Rightarrow i$
78. $\sum E_{(v)\min} \leq E_v \leq E_{(v)\max} ?$ (13)↓
79. (15)↓
80. $(\mu_{2,1} \wedge Q_2) \text{ da } ?$ (11)↓
81. $(\Delta \sum E \wedge Q_1) \text{ da } ?$ (86)↓
82. $\sum E_v + \Delta \sum E \Rightarrow \sum E_{(v)i+1}$
83. $(R_3) \text{ da } ?$ (89)↓
84. $\Delta \sum E \Rightarrow \Delta \sum E \wedge Q_1$
85. (89)↓
86. $\sum E_v - \Delta \sum E \Rightarrow \sum E_{(v)i+1}$
87. $(R_3) \text{ da } ?$ (89)↓
88. $\Delta \sum E \wedge Q_1 \Rightarrow \Delta \sum E$
89. $\sum E_{(v)\min} \leq \sum E_{(v)i+1} \vee \sum E_{(v)i+1} \leq \sum E_{(v)\max} ?$ (99)↓
90. $(R_3) \text{ da } ?$ (94)↓
91. $\rightarrow (R_3)$
92. $i+1 \Rightarrow i$
93. (81)↓
94. $(-1) \text{ da } ?$ (97)↓
95. Druck $\sum \Gamma_v, \sum E_v, \mu_{2,1}, \mu_{2,2}, \mu_{2,3}$
96. (98)↓
97. Druck Null $\wedge Q_2$
98. Stopp
99. $i+1 \Rightarrow i$
100. (1)↓
101. (3.4) $\Rightarrow \sum E_v$
102. $\sum E_{(v)\min} \leq \sum E_v \leq \sum E_{(v)\max} ?$ (189)↓
103. Die algorithmische Darstellung von 103 bis inklusive
.... 188 ist dieselbe, wie von 15 bis inklusive 100. Es
188. ist entsprechend statt $\sum E_v$ die $\sum \Gamma_v$ einzusetzen usw.
189. (3.30), (3.31) $\Rightarrow \sum a_{2,C}, \sum b_{2,C}$
190. (Oft 44)↓
-
191. Einlesung $k_A^1, k_A^2, k_A^3, \sum A_v$, Grenzwerte usw.
192. $k_A^3 - \sum A_v \Rightarrow K_A$

193. $k''_A - 4k'_A \cdot K_A \Rightarrow D_1$
194. $(D_1 < 0) ?$ (281)↓
195. $\frac{-k''_A \pm \sqrt{D_1}}{2 k'_A} \Rightarrow \mu'_{1,1}, \mu''_{1,1}$
196. $\mu'_{1,1} \Rightarrow \mu_{1,1} \wedge Q_1$
197. $(2.4), (2,12) \Rightarrow \mu_{1,2} \wedge Q_1 \wedge Q_2, \mu_{1,3} \wedge Q_1$
198. $(3.2) \Rightarrow \sum B_v$
199. $\sum B_v : \sum A_v \stackrel{(Q_1)}{\circ} \sum A_v : \sum B_v \Rightarrow z_1 \stackrel{(Q_1)}{\circ} 1/z_1$
200. $(1/z_1 \wedge Q_1) \text{ da } ?$ (202)↓
201. $z_{1,\min} \leq z_1 \leq z_{1,\max} \text{ oder } 1/z_{1,\min} \leq 1/z_1 \leq 1/z_{1,\max} ?$
 (OP 89)↓
202. Die algorithmische Darstellung von 202 bis inklusive 275 ist dieselbe wie von 15 bis inklusive 88. Hier ist statt $\sum E_v$ die $\sum A_v$ einzusetzen usw.
276. $\sum A(v)_{\min} \leq \sum A(v)_{i+1} \stackrel{v}{\downarrow} \sum \bar{A}(v)_{i+1} \leq \sum A(v)_{\max} ?$ (293)↓
277. $(R_3) \text{ da } ?$ (281)↓
278. → (R_3)
279. $i+1 \Rightarrow i$
280. (277)↓
281. $(-1) \text{ da } ?$ (284)↓
282. Druck $\sum A_v, \sum B_v, z_1, \mu_{1,1}, \mu_{1,2}, \mu_{1,3}$
283. (285)↓
284. Druck Null $\wedge Q_1$
285. Druck $\sum \Gamma_v, \sum E_v, P_{2,1}(0vAv \dots vF), P'_{2,1}(0vAv \dots vF)$
286. (I. Gruppe) 2. Glied da ? (29)↓
287. (III. Gruppe) 2. Glied da ? (299)↓
288. $(\sum \Gamma \wedge Q_2) \text{ da } ?$ (103)↓
289. (15)↓
290. (UP III 6)↓
291. $(\sum \Gamma \wedge Q_2)_I \text{ Gruppe da } ?$ (UP I 50)↓
292. (UP I 18)↓
293. $i+1 \Rightarrow i$
294. (191)↓

Das Unterprogramm III ist wieder ein zusammengesetzter Zyklus, der für die beiden Glieder sowie für alle Fälle aus der III. Gruppe die Rechnungen und das Korrigieren steuert.

Nach dem 1. Einsprung aus dem Oberprogramm werden die Daten für das hintere Glied eingelesen. Hierauf wird abgefragt, ob die Bedingung $\sum \Gamma_{(v)min} \leq \sum \Gamma_v \leq \sum \Gamma_{(v)max}$ erfüllt ist. Bei Erfüllung muß das Glied auch der Bedingung $\sum E_{(v)min} \leq \sum E_v \leq \sum E_{(v)max}$ genügen. Wenn die beiden Bedingungen oder eine davon nicht erfüllt sind, erfolgt die Variation der Parameter $\mu_{2,1}$ und $\mu_{2,2}$, wie im Unterprogramm I beschrieben wurde. Bei Erfüllung der Bedingung $\mu_{(2,1)min} \leq \mu_{(2,1)i+1} \vee \bar{\mu}_{(2,1)i+1} \leq \mu_{(2,1)max}$ bzw. $\mu_{(2,2)min} \leq \mu_{(2,2)i+1} \vee \bar{\mu}_{(2,2)i+1} \leq \mu_{(2,2)max}$ rechnet die Maschine für den betreffenden Fall die $\sum \Gamma_v$ und $\sum E_v$ aus. Damit ist der Rechenablauf für die Iteration abgeschlossen. Die Variation der Parameter $\mu_{2,1}$ und danach $\mu_{2,2}$ wird so oft durchgeführt, bis die Bedingung für $\sum \Gamma_v$ und $\sum E_v$ erfüllt sind.

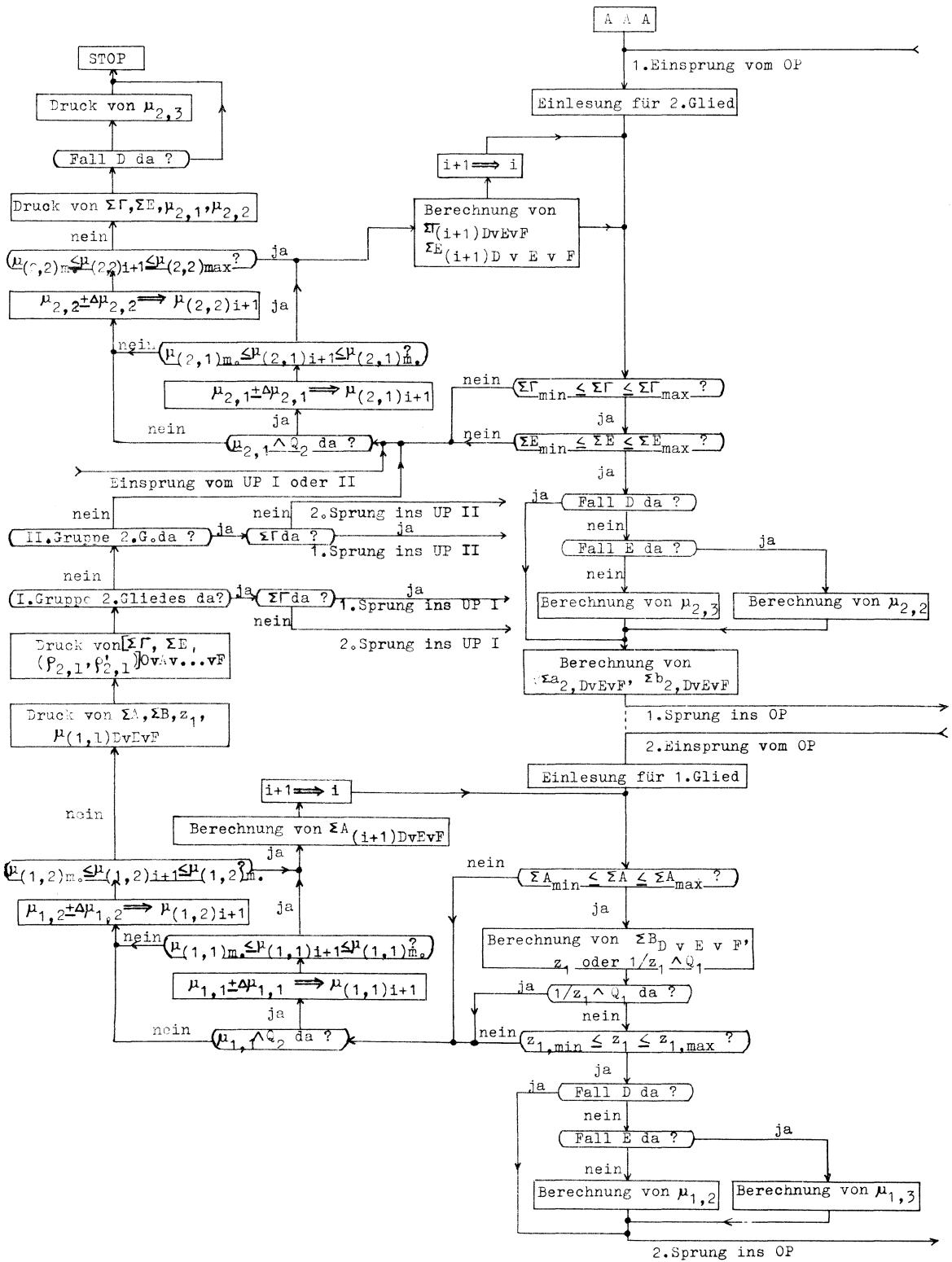
Wenn aber die Bedingungen für $\sum \Gamma_v$ und $\sum E_v$ nicht erfüllt werden oder für $\mu_{(1,2)i+1}$ bzw. $\mu_{(1,2)i+1}$ nicht mehr sind, schreibt die Maschine in Rotdruck die zuletzt berechneten Summen $\sum \Gamma_v$ und $\sum E_v$ sowie für den Fall D, E bzw. F die Parameter $\mu_{2,1}$ heraus. Danach wird die Maschine gestoppt und es ist eine neue Auslegung für das hintere Glied erforderlich.

Bei Erfüllung der Bedingungen $\sum \Gamma_v$ und $\sum E_v$ werden für den betreffenden Fall $\sum a_{2,x}$ und $\sum b_{2,x}$ berechnet. Hierauf erfolgt der 1. Sprung ins Oberprogramm zurück.

Nach dem 2. Einsprung aus dem Oberprogramm werden die Daten für das erste Glied eingelesen. Wenn die Bedingung für $\sum A_v$ nicht erfüllt ist, erfolgt die Variation der Parameter $\mu_{1,1}$ und danach wie oben für $\sum \Gamma_v$ und $\sum E_v$ beschrieben wurde. Bei jedem Iterationsschritt wird für den Fall D, E bzw. F die $\sum A_v$ berechnet. Wenn die Bedingung für $\sum A_v$ nicht zu erfüllen ist, sowie für $\mu_{(1,2)i+1}$ bzw. $\bar{\mu}_{(1,2)i+1}$ nicht erfüllt wird, werden die Parameter und Bildfehlersummen für den betreffenden Fall herausgeschrieben so, wie beim Unterprogramm I erklärt wurde. Entsprechend wird hier abgefragt, ob der Sprung ins UP I oder II durchzuführen ist.

Nach Erfüllung der Bedingung für $\sum A_v$ und z_1 wird $\sum B_v$ und der Parameter u für den Fall D, E bzw. F berechnet. Nach dem 2. Sprung ins Oberprogramm werden die Daten des Systems herausgeschrieben. Dann wird der Rechengang vom Programm her gestoppt.

Strukturdiagramm des UP III



Die algorithmische Darstellung für das Unterprogramm III. des
Programms KT

1. AAA
2. Einlesen für 2. Glied $\mu_{2,1} \wedge Q_2, \mu_{2,2} \vee \mu_{2,3}$, Grenzwerte
3. $\sum \Gamma(v)_{\min} \leq \sum \Gamma_v \leq \sum \Gamma(v)_{\max} ?$ $\textcircled{5} \downarrow$ usw.
4. $\textcircled{6} \downarrow$
5. $\sum E(v)_{\min} \leq \sum E_v \leq \sum E(v)_{\max} ?$ $\textcircled{45} \downarrow$
6. $(\mu_{2,1} \wedge Q_2) \text{ da } ?$ $\textcircled{8} \downarrow$
7. $\textcircled{24} \downarrow$
8. $(\Delta \mu_{2,1} \wedge Q_1) \text{ da } ?$ $\textcircled{13} \downarrow$
9. $\mu_{2,1} + \Delta \mu_{2,1} \Rightarrow \mu_{(2,1)i+1}$
10. $(R_3) \text{ da } ?$ $\textcircled{16} \downarrow$
11. $\Delta \mu_{2,1} \Rightarrow \Delta \mu_{2,1} \wedge Q_1$
12. $\textcircled{16} \downarrow$
13. $\mu_{2,1} - \Delta \mu_{2,1} \Rightarrow \mu_{(2,1)i+1}$
14. $(R_3) \text{ da } ?$ $\textcircled{16} \downarrow$
15. $\Delta \mu_{2,1} \wedge Q_1 \Rightarrow \Delta \mu_{2,1}$
16. $\mu_{(2,1)\min} \leq \mu_{(2,1)i+1} \vee \bar{\mu}_{(2,1)i+1} \leq \mu_{(2,1)\max} ?$ $\textcircled{47} \downarrow$
17. $(R_3) \text{ da } ?$ $\textcircled{3} \downarrow$
18. $\rightarrow (R_3)$
19. $i+1 \Rightarrow i$
20. $\textcircled{8} \downarrow$
21. $(R_3) \rightarrow$
22. $\mu_{2,1} \wedge Q_2 \Rightarrow \mu_{2,1}$
23. $\mu_{2,2} \Rightarrow \mu_{2,2} \wedge Q_2$
24. $(\Delta \mu_{2,2} \wedge Q_1) \text{ da } ?$ $\textcircled{29} \downarrow$
25. $\mu_{2,2} + \Delta \mu_{2,2} \Rightarrow \mu_{(2,2)i+1}$
26. $(R_3) \text{ da } ?$ $\textcircled{35} \downarrow$
27. $\Delta \mu_{2,2} \Rightarrow \Delta \mu_{2,2} \wedge Q_1$
28. $\textcircled{32} \downarrow$
29. $\mu_{2,2} - \Delta \mu_{2,2} \Rightarrow \mu_{(2,2)i+1}$
30. $(R_3) \text{ da } ?$ $\textcircled{32} \downarrow$
31. $\Delta \mu_{2,2} \wedge Q_1 \Rightarrow \Delta \mu_{2,2}$

32. $\mu_{(2,2)\min} \leq \mu_{(2,2)i+1} \vee \bar{\mu}_{(2,2)i+1} \leq \mu_{(2,2)\max}$? (47)↓
33. (R_3) da ? (37)↓
34. $\xrightarrow{(R_3)}$
35. $i+1 \Rightarrow i$
36. (24)↓
37. Druck $\sum F_v, \sum E_v$
38. (D) da ? (45)↓
39. (E) da ? (42)↓
40. $(3.28) \Rightarrow \mu_{2,3}$
41. (43)↓
42. $(3.20) \Rightarrow \mu_{2,2}$
43. Druck $\mu_{2,1}, \mu_{2,2}, \mu_{2,3}$
44. (46)↓
45. Druck $\mu_{2,1}, \mu_{2,2}$
46. Stop
47. $(3,3), (3,4) \Rightarrow \sum F(v) DvEvF, \sum E(v) DvEvF$
48. $i+1 \Rightarrow i$
49. (3)↓
50. (D) da ? (55)↓
51. (E) da ? (54)↓
52. $(3.28) \Rightarrow \mu_{2,3}$
53. (55)↓
54. $(3.20) \Rightarrow \mu_{2,2}$
55. $(3.22) \Rightarrow \sum a_{2,DvEvF}$
56. $(3.23) \Rightarrow \sum b_{2,DvEvF}$
57. (OP 44)↓

58. Einlesen für 1. Glied $\mu_{1,1} \wedge Q_2, \mu_{1,2} \vee \mu_{1,3}$ Grenzwerte usw.
59. $\sum A(v)_{\min} \leq \sum A(v) \leq \sum A(v)_{\max}$? (112)↓
60. $(\mu_{1,1} \wedge Q_2)$ da ? (62)↓
61. (78)↓
62. $(\Delta \mu_{1,1} \wedge Q_1)$ da ? (67)↓
63. $\mu_{1,1} + \Delta \mu_{1,1} \Rightarrow \mu_{(1,1)i+1}$
64. (R_3) da ? (70)↓
65. $\Delta \mu_{1,1} \Rightarrow \Delta \mu_{1,1} \wedge Q_1$

66. $\mu_{1,1} - \Delta\mu_{1,1} \Rightarrow \mu_{(1,1)i+1}$ $\textcircled{70}\downarrow$
67. $\mu_{1,1} - \Delta\mu_{1,1} \Rightarrow \mu_{(1,1)i+1}$ $(R_3) \text{ da } ?$ $\textcircled{70}\downarrow$
68. $\Delta\mu_{1,1} \wedge Q_1 \Rightarrow \Delta\mu_{1,1}$
69. $\mu_{(1,1)\min} \leq \mu_{(1,1)i+1} \vee \bar{\mu}_{(1,1)i+1} \leq \mu_{(1,1)\max} ?$ $\textcircled{109}\downarrow$
70. $\mu_{(1,1)\min} \leq \mu_{(1,1)i+1} \vee \bar{\mu}_{(1,1)i+1} \leq \mu_{(1,1)\max} ?$ $\textcircled{109}\downarrow$
71. $(R_3) \text{ da } ?$ $\textcircled{75}\downarrow$
72. $\rightarrow (R_3)$
73. $i+1 \Rightarrow i$
74. $\textcircled{62}\downarrow$
75. $(R_3) \rightarrow$
76. $\mu_{1,1} \wedge Q_2 \Rightarrow \mu_{1,1}$
77. $\mu_{1,2} \Rightarrow \mu_{1,2} \wedge Q_2$
78. $(\Delta\mu_{1,2} \wedge Q_1) \text{ da } ?$ $\textcircled{83}\downarrow$
79. $\mu_{1,2} + \Delta\mu_{1,2} \Rightarrow \mu_{(1,2)i+1}$
80. $(R_3) \text{ da } ?$ $\textcircled{86}\downarrow$
81. $\Delta\mu_{1,2} \Rightarrow \Delta\mu_{1,2} \wedge Q_1$
82. $\textcircled{86}\downarrow$
83. $\mu_{1,2} - \Delta\mu_{1,2} \Rightarrow \mu_{(1,2)i+1}$
84. $(R_3) \text{ da } ?$ $\textcircled{86}\downarrow$
85. $\Delta\mu_{1,2} \wedge Q_1 \Rightarrow \Delta\mu_{1,2}$
86. $\mu_{(1,2)\min} \leq \mu_{(1,2)i+1} \vee \bar{\mu}_{(1,2)i+1} \leq \mu_{(1,2)\max} ?$ $\textcircled{109}\downarrow$
87. $(R_3) \text{ da } ?$ $\textcircled{91}\downarrow$
88. $\rightarrow (R_3)$
89. $i+1 \Rightarrow i$
90. $\textcircled{78}\downarrow$
91. Druck $\sum A_v, \sum B_v, z_1$
92. $(D) \text{ da } ?$ $\textcircled{99}\downarrow$
93. $(E) \text{ da } ?$ $\textcircled{96}\downarrow$
94. $(2.12) \Rightarrow \mu_{1,3}$
95. $\textcircled{97}\downarrow$
96. $(2.4) \Rightarrow \mu_{1,2}$
97. Druck $\mu_{1,1}, \mu_{1,2}, \mu_{1,3}$
98. $\textcircled{100}\downarrow$
99. Druck $\mu_{1,1}, \mu_{1,2}$
100. Druck $\sum \Gamma_v, \sum E_v$
101. Druck $\wp_{(2,1)0vAv \dots vF}, \wp'_{(2,1)0vAv \dots vF}$

102. (I. Gruppe) 2. Glied da ? 107↓
 103. (II. Gruppe) 2. Glied da ? 105↓
104. 60↓
105. $(\sum \Gamma_v \wedge Q_2)$ II. Gruppe da ? (UP II 103)↓
 106. (UP II 15)↓
107. $(\sum \Gamma_v \wedge Q_2)$ I. Gruppe da ? (UP I 50)↓
 108. (UP I 18)↓
109. (3.1) $\Rightarrow \Sigma A(v) DvEvF$
110. $i+1 \Rightarrow i$
111. 69↓
112. (3.2) $\Rightarrow \Sigma B(v) DvEvF$
113. $\Sigma B_v : \Sigma A_v (Q_1) \quad \Sigma A_v : \Sigma B_v \Rightarrow z_1 (Q_1)_o 1/z_1$
114. $(1/z_1 \wedge Q_1)$ da ? 60↓
115. $z_{1,\min} \leq z_1 \leq z_{1,\max}$? 117↓
116. 60↓
117. (D) da ? 122↓
118. (E) da ? 121↓
119. (2.12) $\Rightarrow \mu_{1,3}$
120. 122↓
121. (2.4) $\Rightarrow \mu_{1,2}$
122. (OP 89)↓

d) Druckanordnung

Die Ausgabe der Werte für das zuerst korrigierte Duplet erfolgt in der Form:

φ

$\varphi_{1,1}$ $n_{1,1}$

$\varphi_{2,1}$ $n_{2,1}$

ΣP_v

ΣA_v

ΣB_v

$\Sigma \Gamma_v$

ΣE_v

z_1

$\rho_{1,1}'$

$\rho_{2,1}'$

Wenn beim Korrigieren des Duplets sich mehrere Systeme ergeben, und zwar bis zu vier für dieselbe Auslegung, werden diese anschließend ohne Systemkonstanten φ , $\varphi_{g,1}$ und $n_{g,1}$ herausgeschrieben.

Im Falle, daß eine oder mehrere Bedingungen für das hintere Glied beim Korrigieren nicht erfüllt werden, gibt die Maschine in Rotdruck nur die folgenden Werte für das Glied aus:

$$\Sigma \Gamma_v \quad \Sigma E_v$$

$$\mu_{2,1}$$

Sofern eine neue Auslegung für das erste Glied erforderlich ist, schreibt die Maschine folgende Werte heraus:

$$\begin{array}{ll} \varphi & \\ \varphi_{1,1} & n_{1,1} \\ \varphi_{2,1} & n_{2,1} \\ \Sigma P_v & \Sigma A_v \quad \Sigma B_v \end{array}$$

$$z_1$$

$$\begin{array}{ll} \mu_{1,1} & \\ \Sigma \Gamma_v & \Sigma E_v \\ \rho_{2,1} & \rho'_{2,1} \end{array}$$

Die Werte ΣA_v , ΣB_v , z_1 und $\mu_{1,1}$, die sich auf das erste Glied beziehen, werden in Rotdruck ausgegeben.

Vollständigkeitshalber ist noch zu erwähnen, daß bei imaginären Wurzeln des Parameters $\mu_{1,1}$ bzw. $\mu_{2,1}$ diese in Rotdruck mit Q_1 bzw. Q_2 ausgedruckt werden.

4. Das Triplet.

a) Allgemeines

Optische Systeme, die aus drei Gliedern mit zwei merklich großen Zwischenräumen aufgebaut sind, werden bezüglich Korrigierens in diesem Kapitel behandelt. Hier ist das einfache Triplet mit seinen modifizierten Formen eingegliedert. Jedes Glied für sich kann, nach der Umwandlung in das dicke System, in die Gruppe und den Fall,

wie beim Duplet angeführt, eingeteilt werden. Wie groß beim Glied die einzelnen Abstände sein dürfen, ist dem Konstrukteur überlassen. An dieser Stelle sei nur betont, daß die Abstände beliebig groß sein können. Im Falle, daß die w-Werte des Gliedes nach der Umwandlung untereinander beträchtlich abweichen, wird es günstig sein, das System nach Umwandlung der Äquivalentlinsen einer neuen Korrektion durch allgemeine Variationen / 7 / zu unterwerfen.

Das Korrigieren mittels Durchbiegungen der Parameter μ der Äquivalentlinsen wird ähnlich wie beim Duplet gliedweise durchgeführt. Um den Rechengang beim Korrigieren zu vereinfachen, sollen die μ -Parameter des dritten Gliedes im ersten Rechendurchlauf gewählt und danach variiert werden. Um den Rechengang beim Korrigieren optischer Systeme dem Rechenautomat anzupassen, sind die Berechnungen der Bildfehlerkoeffizienten des Systems in die Berechnungen für das erste bzw. zweite Glied einbezogen.

b) Die Rechenformeln

Das maschinelle Korrigieren des Triplets stützt sich auf die Durchbiegungsformeln, die für das Triplet in folgender Form

$$\Sigma A_v = \Sigma a_{1,x} + M_a \quad (4.1)$$

$$\Sigma B_v = \Sigma b_{1,x} + \bar{M}_a + M_b \quad (4.2)$$

$$\begin{aligned} \Sigma \Gamma_v = \Sigma \varphi_g + 2e_1' \cdot w_2 \cdot & \Sigma b_{2,x} + e_1'^2 \cdot w_2^2 \cdot \Sigma a_{2,x} + \\ & + 2w_3 \cdot z \cdot \Sigma b_{3,x} + w_3^2 \cdot z^2 \cdot \Sigma a_{3,x} \end{aligned} \quad (4.3)$$

$$\begin{aligned} \Sigma E_v = K_E & + 3e_1'^2 \cdot \Sigma b_{2,x} + e_1'^3 \cdot w_2 \cdot \Sigma a_{2,x} + \\ & + 3z^2 \cdot \Sigma b_{3,x} + w_3^3 \cdot z^3 \cdot \Sigma a_{3,x} \end{aligned} \quad (4.4)$$

angegeben sind. Hierin bedeuten die Abkürzungen:

$$M_a = w_2^4 \cdot \Sigma a_{2,x} + w_3^4 \cdot \Sigma a_{3,x} \quad (4.5)$$

$$\bar{M}_a = e_1' \cdot w_2^3 \cdot \Sigma a_{2,x} + w_3^3 \cdot z \cdot \Sigma a_{3,x} \quad (4.6)$$

$$M_b = w_2^2 \cdot \Sigma b_{2,x} + w_3^2 \cdot \Sigma b_{3,x} \quad (4.7)$$

$$K_E = \frac{e_1' \cdot \varphi_{2,tot}}{w_2} \left(3 + \frac{1}{n_{2,tot}} \right) + z \cdot \varphi_{3,tot} \left(3 + \frac{1}{n_{3,tot}} \right) \quad (4.8)$$

$$\Sigma \varphi = \varphi_{1,tot} + \varphi_{2,tot} + \varphi_{3,tot} \quad (4.9)$$

worin $\varphi_{2,\text{tot}}$ und $n_{2,\text{tot}}$ aus den Formeln (3.6) und (3.7) zu berechnen sind. Für das dritte Glied ist dann:

$$Z = \frac{e'_1 \cdot w_3 + e'_2}{w_2 \cdot w_3} \quad (4.10)$$

$$\varphi_{3,\text{tot}} = \sum_1^k \varphi_1 \quad (4.11)$$

$$n_{3,\text{tot}} = \frac{\varphi}{\sum_1^k (\varphi/n)_1} \quad (4.12)$$

Wie zu ersehen, sind M_a , \bar{M}_a und M_b die Variablen. Die Ausdrücke Z und K_E sind als Systemkonstante für eine bestimmte Auslegung aufzufassen.

Die Rechenformeln für das Triplet sind, wie im vorigen Kapitel für das Duplet nach Gruppen und einzelnen Fällen eingeteilt. Auch hier ist die Ableitung zur Platzersparnis nicht angegeben.

Für die Berechnung des $\varphi_{3,1}$ -Wertes lässt sich $\sigma_{3,1}$ aus der Skizze 2 entwickeln, es lautet:

$$\sigma_{3,1} = \frac{\sigma'_{2,1}}{1-e'_2 \cdot \sigma'_{2,1}} \quad (4.13)$$

Das darin enthaltene $\sigma'_{2,1}$ ist vom betreffenden Fall des zweiten Gliedes abhängig und ergibt sich:

für den Fall 0 aus

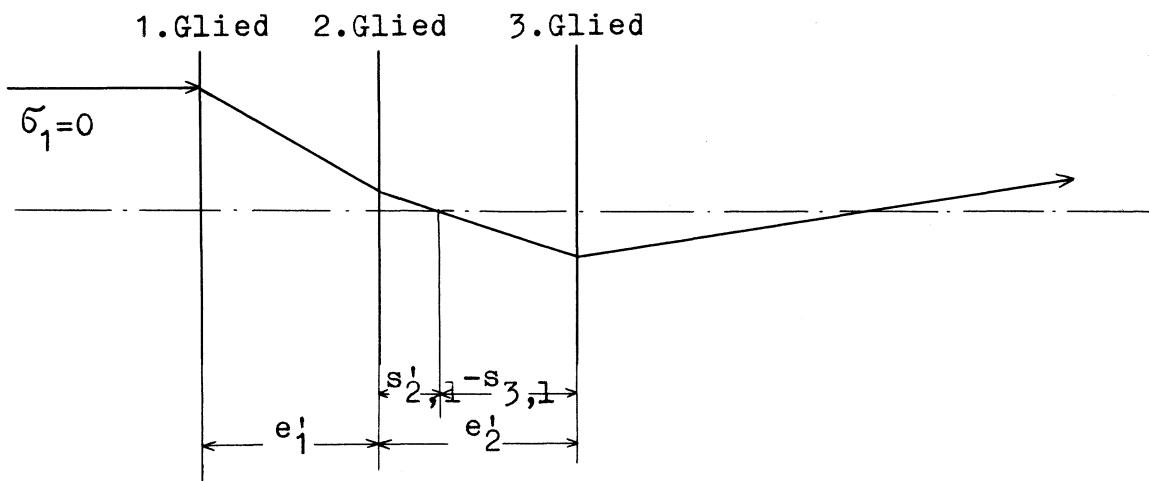
$$\sigma'_{2,1} = \frac{\varphi_{1,\text{tot}}}{w_2} + \varphi_{2,1} \quad (4.14)$$

für die Fälle A und D aus

$$\sigma'_{2,2} = \frac{\varphi_{1,\text{tot}}}{w_2} + \varphi_{2,1} + \varphi_{2,2} \quad (4.15)$$

und für die Fälle B, C, E und F aus

$$\sigma'_{2,3} = \frac{\varphi_{1,\text{tot}}}{w_2} + \varphi_{2,1} + \varphi_{2,2} + \varphi_{2,3} \quad (4.16)$$



Skizze 2

Die Rechenformeln werden in bezug auf die Gruppe und den Fall der Reihe nach gliedweise angegeben. Der eigentliche Rechengang läuft dann umgekehrt, es wird zuerst das dritte und dann das zweite und zuletzt das erste Glied berechnet und korrigiert.

Einzelne Unterteile der Formeln, die zu einem anderen Glied gehören bzw. als Konstanten oder Festwerte auftreten, wird angenommen, daß diese bei der Berechnung des betreffenden Gliedes automatisch zur Verfügung gestellt werden.

I. Gruppe :

- Fall 0 -

Die Charakteristiken $\Upsilon_{g,1}$ sind beim Triplet gliedweise zu bestimmen. Wenn jedes Glied unter den Fall 0 fällt, dann ist

$$\begin{aligned}\Upsilon_{1,1} &= \varphi_{1,1} \\ \Upsilon_{2,1} &= \frac{2\varphi_{1,\text{tot}}}{w_2} + \varphi_{2,1} \\ \Upsilon_{3,1} &= \frac{2\varphi}{w_3} - \varphi_{3,1}\end{aligned}\tag{4.17}$$

Nach der Umformung der Formel (4.1) und durch Wahl der ΣA_V lassen sich die beiden Wurzeln des Parameters $\mu_{1,1}$ aus der

quadratischen Gleichung (3.9), die in allgemeiner Form angegeben ist, bestimmen. Die ersten beiden Koeffizienten k' und k'' sowie der Hilfskoeffizient k''' sind aus (3.10)', (3.10)'' und (3.10)''' zu ermitteln. Der dritte Koeffizient ist aus

$$K \equiv K_{0,A} = k'''_{0,A} + M_a - \Sigma A_v \quad (4.18)$$

zu berechnen. Der Ausdruck M_a ist vom zweiten und dritten Glied abhängig und es können die darin enthaltenen Ausdrücke $\Sigma a_{2,x}$ und $\Sigma a_{3,x}$ zu einem beliebigen Fall gehören. Die ΣB_v ist aus (4.2) zu berechnen. Die darin enthaltenen Ausdrücke \bar{M}_a und M_b sind vom zweiten und dritten Glied abhängig und sollen wie der Ausdruck M_a nach den Berechnungen beim zweiten Glied ermittelt werden. Der Koeffizient $b_{1,1}$ ist aus (1.6) zu bestimmen.

Die Wurzeln $\mu'_{2,1}$ und $\mu''_{2,1}$ des zweiten Gliedes ergeben sich aus der Lösung der quadratischen Gleichung (3.9). Wenn die $\Sigma \Gamma_v$ gewählt wurde, ergeben sich die beiden ersten Koeffizienten der quadratischen Gleichung aus den Formeln (3.12)' und (3.12)'' der Hilfskoeffizient ist aus

$$k''' \equiv k'''_{0,\Gamma} = \frac{3}{2} \varphi_g + e'_1 \cdot w_2 \cdot \varphi_{2,1} / \frac{1}{4} e'_1 \cdot w_2 (\varphi_{B'})_{2,1}^2 - \Psi_{2,1} \quad (4.19)'''$$

und der dritte Koeffizient aus

$$K \equiv K_{0,\Gamma} = k'''_{0,\Gamma} + w_3 \cdot Z (w_3 \cdot Z \cdot \Sigma a_{3,x} + 2 \Sigma b_{3,x}) - \Sigma \Gamma_v \quad (4.20)$$

zu berechnen. Die ΣE_v wird aus (4.4) bestimmt. Die darin enthaltenen Ausdrücke K_E und Z sind aus (4.8) und (4.10) zu berechnen. Im Falle, daß ΣE_v gewählt wurde, sind die beiden ersten Koeffizienten $k'_{0,E}$ und $k''_{0,E}$ aus den Formeln (3.14)' und (3.14)'', der Hilfskoeffizient aus

$$k'''_{0,E} = K_E + \frac{1}{4} e'_1^3 \cdot w_2 (\varphi^3 \cdot B')_{2,1}^2 - \frac{3}{2} e'_1^2 (\varphi \cdot \Psi)_{2,1} \quad (4.21)''$$

und der dritte Koeffizient der quadratischen Gleichung ist aus

$$K_{0,E} = k'''_{0,E} + w_3 \cdot Z^3 \cdot \Sigma a_{3,x} + 3Z^2 \cdot \Sigma b_{3,x} - \Sigma E_v \quad (4.22)$$

zu bestimmen. Hier wird $\Sigma \Gamma_v$ aus (4.3) berechnet.

In beiden Fällen, wenn $\Sigma \Gamma_v$ oder ΣE_v gewählt wurde, sind $a_{2,1}$ und $b_{2,1}$ aus (1.5) und (1.6) zu ermitteln.

Bei den Berechnungen für das dritte Glied wird der Parameter $\mu_{3,1}$ gewählt. Die Koeffizienten $a_{3,1}$ und $b_{3,1}$ sind aus den allgemeinen Formeln (1.5) und (1.6) zu berechnen.

Wenn die Iteration durch Variation des Parameters $\mu_{3,1}$ durchgeführt werden soll, wird der Parameter sukzessive nach der Formel

$$\mu_{(3,1)i+1} = \mu_{(3,1)i} \pm \Delta\mu_{3,1} \quad (4.23)$$

variiert.

- Fall A -

Die Berechnungen der Υ -Werte werden gliedweise durchgeführt.

Für das erste Glied sind $\Upsilon_{1,1}$ und $\Upsilon_{1,2}$ aus den Formeln (2.2) zu entnehmen. Für das zweite und dritte Glied ist dann:

$$\begin{aligned}\Upsilon_{2,1} &= \frac{^2\varphi_{1,\text{tot}}}{w_2} + \varphi_{2,1} \\ \Upsilon_{2,2} &= \Upsilon_{2,1} + \varphi_{2,1} + \varphi_{2,2} \\ \Upsilon_{3,1} &= \varphi_{3,1} + ^2\sigma_{3,1} \\ \Upsilon_{3,2} &= \frac{^2\varphi}{w_3} - \varphi_{3,2}\end{aligned} \quad (4.24)$$

worin der Kehrwert der Dingschnittweite für die erste Äquivalentlinse des dritten Gliedes $\sigma_{3,1}$ aus (4.13) und darin enthaltenes $\sigma'_{2,1}$ aus (4.14), (4.15) bzw. (4.16) zu berechnen ist.

Für das erste Glied ist zur Bestimmung der beiden Wurzeln des Parameters $\mu_{1,1}$ die quadratische Gleichung (3.9) zu lösen. Die beiden ersten Koeffizienten $k'_{A,A}$ und $k''_{A,A}$ sind aus (2.8)' und (2.8)"', der Hilfskoeffizient $k'''_{A,A}$ aus (2.8)''' zu berechnen. Der dritte Koeffizient ist dann

$$K_{A,A} = k'''_{A,A} + M_a - \Sigma A_v \quad (4.25)$$

Der Parameter $\mu_{1,2}$ wird aus (2.4), die ΣB_v aus (4.2) und die darin enthaltene $\Sigma b_{1,A}$ ist aus (3.16) zu berechnen. Die Koeffizienten $b_{1,1}$ und $b_{1,2}$ ergeben sich aus der Formel (1.6).

Der erste Parameter des zweiten Gliedes ergibt sich aus Lösung der quadratischen Gleichung (3.9). Im Falle, daß $\Sigma \Gamma_v$ gewählt wurde,

sind in die quadratische Gleichung die Koeffizienten $k'_{A,\Gamma}$ und $k''_{A,\Gamma}$ aus (3.18)' und (3.18)'' einzusetzen. Der Hilfskoeffizient ist nach (3.18)''' zu berechnen und in den dritten Koeffizienten

$$K_{A,\Gamma} = k'''_{A,\Gamma} + w_3^2 \cdot z^2 \cdot \sum a_{3,x} + 2 w_3 \cdot z \cdot \sum b_{3,x} - \sum \Gamma_v \quad (4.26)$$

einzusetzen. Wenn aber $\sum E_v$ gewählt wurde, sind die ersten beiden Koeffizienten $k'_{A,E}$ und $k''_{A,E}$ aus den Formeln (3.19)' und (3.19)'' zu bestimmen. Der Hilfskoeffizient $k'''_{A,E}$ ist dann

$$\begin{aligned} k''_{A,E} &= \frac{1}{4} w_2 \cdot e_1^3 \sum_1^2 (\varphi^3 \cdot B'^2)_1 + (\varphi \cdot t(A' \cdot t + 2\psi))_{2,2} - \\ &\quad - \frac{3}{2} e_1^2 / \sum_1^2 (\varphi \cdot \psi)_1 + (\varphi \cdot c' \cdot t)_{2,2} + K_E \end{aligned} \quad (4.27)'''$$

Der dritte Koeffizient ergibt sich aus

$$K_{A,E} = k'''_{A,E} + w_3 \cdot z^3 \cdot \sum a_{3,x} + 3 z^2 \cdot \sum b_{3,x} - \sum E_v \quad (4.27)$$

Nach Auflösung der quadratischen Gleichung ist der zweite Parameter $\mu_{2,2}$ aus (3.20) zu bestimmen. Danach ist, wenn $\sum \Gamma_v$ gewählt wurde, $\sum E_v$ aus (4.4) und bei gewählter $\sum E_v$ die $\sum \Gamma_v$ aus (4.3) zu berechnen. Die darin enthaltenen Summen $\sum a_{2,A}$ und $\sum b_{2,A}$ sind aus den Formeln (3.22) und (3.23) zu entnehmen. Die Koeffizienten $a_{2,1}$, $a_{2,2}$, $b_{2,1}$ und $b_{2,2}$ sind aus den Formeln (1.5) und (1.6) zu ermitteln. Die Ausdrücke M_a , \bar{M}_a und M_b sind aus (4.5), (4.6) und (4.7) zu berechnen.

Beim dritten Glied ist der Parameter $\mu_{3,1}$ gewählt. Der zweite Parameter $\mu_{3,2}$ ist aus der ersten Verkittungsbedingung

$$\mu_{3,2} = \mu_{3,1} - t_{3,2} \quad (4.28)$$

zu berechnen, worin

$$t_{3,2} = (\varphi \cdot B')_{3,1} + (\varphi \cdot B')_{3,2} \quad (4.29)$$

ist. Die einzelnen Summen sind aus den Formeln

$$\sum a_{3,A} = a_{3,1} + a_{3,2} \quad (4.30)$$

$$\sum b_{3,A} = b_{3,1} + b_{3,2}$$

zu ermitteln. Die Koeffizienten selbst können aus den Formeln (1.5)

und (1.6) bestimmt werden.

Die Iteration des dritten Gliedes wird unter Variation des Parameters $\mu_{3,1}$ nach der Formel (4.23) durchgeführt. Die $\Sigma a_{3,A}$ und $\Sigma b_{3,A}$ sowie deren Koeffizienten sind jeweils aus den oben angeführten Formeln zu berechnen.

- Fall B -

Die einzelnen Größen, die beim Korrigieren berechnet werden müssen, werden nach dem ähnlichen Rechengang wie in den Fällen 0 und A durchgeführt. Die Ψ_1 -Werte sind gliedweise zu bestimmen und zwar gilt

für das 1. Glied:

$$\begin{aligned}\Psi_{1,1} &= \varphi_{1,1} \\ \Psi_{1,2} &= 2\varphi_{1,1} + \varphi_{1,2} \\ \Psi_{1,3} &= 2(\varphi_{1,1} + \varphi_{1,2}) + \varphi_{1,3}\end{aligned}\tag{4.32}$$

für das 2. Glied:

$$\begin{aligned}\Psi_{2,1} &= 2 \frac{\varphi_{1,\text{tot}}}{w_2} + \varphi_{2,1} \\ \Psi_{2,2} &= \Psi_{2,1} + \varphi_{2,1} + \varphi_{2,2} \\ \Psi_{2,3} &= \Psi_{2,2} + \varphi_{2,2} + \varphi_{2,3}\end{aligned}\tag{4.33}$$

für das 3. Glied:

$$\begin{aligned}\Psi_{3,1} &= \varphi_{3,1} + 2 \tilde{\sigma}_{3,1} \\ \Psi_{3,2} &= 2\varphi_{3,1} + \varphi_{3,2} + 2 \tilde{\sigma}_{3,1} \\ \Psi_{3,3} &= 2 \frac{\varphi_{1,\text{tot}}}{w_3} - \varphi_{3,3}\end{aligned}\tag{4.34}$$

Das $\tilde{\sigma}_{3,1}$ ist aus (4.13) sowie $\sigma'_{2,1}$ aus (4.14), (4.15) bzw. (4.16), also vom Fall des zweiten Gliedes abhängig, zu berechnen.

Auch in diesem Fall ist zur Bestimmung der Wurzeln des ersten Parameters für das erste Glied die quadratische Gleichung (3.9) zu lösen. Die Koeffizienten $k'_{B,A}$, $k''_{B,A}$ und der Hilfskoeffizient

$k''_{B,A}$ sind aus (2.17)', (2.17)'' und (2.17)''' zu berechnen. Der dritte Koeffizient der quadratischen Gleichung ist dann

$$K_{B,A} = k''_{B,A} + M_a - \sum A_v . \quad (4.35)$$

Der zweite und der dritte Parameter werden aus beiden Verkittungsbedingungen nach den Formeln (2.4) und (2.12) berechnet. Die $\sum B_v$ wird aus (4.2) und die darin benötigte $\sum b_{1,B}$ ist aus der Formel (3.24) zu berechnen. Die Koeffizienten $b_{1,1}$ und $b_{1,3}$ lassen sich aus (1.6) ermitteln.

In die Berechnungen für das zweite Glied ist die Bestimmung des ersten Parameters $\mu_{2,1}$ aus der quadratischen Gleichung (3.9) eingegliedert. Die beiden ersten Koeffizienten $k'_{B,\Gamma}$, $k''_{B,\Gamma}$ sind im Falle, daß $\sum \Gamma_v$ gewählt wurde, aus (3.26)', (3.26)'', der Hilfskoeffizient $k'''_{B,\Gamma}$ ist aus (3.26)''' zu bestimmen. Der dritte Koeffizient ist dann aus

$$K_{B,\Gamma} = k'''_{B,\Gamma} + w_3^2 \cdot Z^2 \cdot \sum a_{3,x} + 2 w_3 \cdot Z \cdot \sum b_{3,x} - \sum \Gamma_v \quad (4.36)$$

zu berechnen. Wenn die $\sum E_v$ gewählt wurde, dann sind entsprechend die Koeffizienten $k'_{B,E}$ und $k''_{B,E}$ aus (3.27)' und (3.27)'', der Hilfskoeffizient aus

$$\begin{aligned} k'''_{B,E} = & \frac{1}{4} e_1^3 \cdot w_2 / \sum_1^3 (\varphi^3 \cdot B')^2_1 + \sum_2^3 (\varphi \cdot A' \cdot t^2)_1 + \sum_2^3 (\varphi \cdot \Psi \cdot t)_1 / - \\ & - \frac{3}{2} e_1^2 / \sum_1^3 (\varphi \cdot \Psi)_1 + \sum_2^3 (\varphi \cdot C' \cdot t)_1 / + K_E \end{aligned} \quad (4.37)'''$$

zu bestimmen. Der dritte Koeffizient der quadratischen Gleichung ergibt sich aus:

$$K_{B,E} = k'''_{B,E} + w_3 \cdot Z^3 \cdot \sum a_{3,x} + 3 Z^2 \cdot \sum b_{3,x} - \sum E_v \quad (4.37)$$

der zweite Parameter $\mu_{2,2}$ wird wie im Fall A aus (3.20) und $\mu_{2,3}$ aus der zweiten Verkittungsbedingung (3.28) ermittelt. Wenn $\sum \Gamma_v$ bzw. $\sum E_v$ gewählt wurde, ist $\sum E_v$ bzw. $\sum \Gamma_v$ aus (4.4) bzw. (4.3) zu bestimmen. Die darin enthaltenen Summen sind aus den Formeln (3.30) und (3.31) zu berechnen. Die Koeffizienten $a_{2,1}$, $a_{2,2}$, $a_{2,3}$, $b_{2,1}$, $b_{2,2}$ und $b_{2,3}$ sind aus den Formeln (1.5) und (1.6) zu entnehmen.

Beim dritten Glied ist für den ersten Rechengang der Parameter $\mu_{3,1}$ zu wählen. Aus der Formel (4.28) wird $\mu_{3,2}$ und darin enthaltener Hilfswert $t_{3,2}$ aus (4.29) bestimmt. Der dritte Parameter ergibt sich aus der zweiten Verkittungsbedingung, und zwar ist

$$\mu_{3,3} = \mu_{3,1} - t_{3,3} \quad (4.38)$$

der Hilfswert $t_{3,3}$ ist aus

$$t_{3,3} = (\varphi_{\cdot B'})_{3,1} + 2 (\varphi_{\cdot B'})_{3,2} + (\varphi_{\cdot B'})_{3,3} \quad (4.39)$$

zu berechnen. Die Summen $\Sigma a_{3,B}$ und $\Sigma b_{3,B}$ sind aus den Formeln:

$$\Sigma a_{3,B} = a_{3,1} + a_{3,2} + a_{3,3} \quad (4.40)$$

$$\Sigma b_{3,B} = b_{3,1} + b_{3,2} + b_{3,3} \quad (4.41)$$

zu ermitteln. Die Koeffizienten $a_{3,1}$ bis $b_{3,3}$ lassen sich aus den Formeln (1.5) und (1.6) bestimmen.

Bei der Iteration des ersten Gliedes wird ΣA_v nach der Formel (2.19) variiert. Beim zweiten Glied wird ΣE_v nach (3.33) bzw. $\Sigma \Gamma_v$ nach (3.32) sukzessive geändert.

II. Gruppe :

- Fall C -

Ahnlich wie beim Duplet soll auch für das Triplet jedes Glied in erster Näherung als gekitteter Dreilinser behandelt werden. Die Berechnungen selbst werden wieder gliedweise durchgeführt. Die Υ_1 -Werte der einzelnen Glieder sind aus den Formeln des B-Falles zu bestimmen.

Die beiden Wurzeln $\mu_{1,1}'$ und $\mu_{1,1}''$ ergeben sich aus der allgemeinen quadratischen Gleichung (3.9). Die Koeffizienten $k_{C,A}', k_{C,A}'', k_{C,A}'''$ und $K_{C,A}$ sind wie im Fall B aus den Formeln (2.17)', (2.17)'', (2.17)''' und (4.35) zu berechnen. Die Parameter $\mu_{1,2}$ und $\mu_{1,3}$ werden aus der ersten und zweiten Verkittungsbedingung nach den Formeln (2.4) und (2.12) gewonnen. Die ΣB_v ist nach der Formel wie im Fall B zu berechnen.

Beim Iterieren werden durch Aufspaltung des ersten Gliedes die Parameter μ nach den folgenden allgemeinen Formeln

$$\mu_{(g,1)i+1} = \mu_{(g,1)i} \pm \Delta\mu_{g,1} \quad (4.42)'$$

$$\mu_{(g,2)i+1} = \mu_{(g,2)i} \pm \Delta\mu_{g,2} \quad (4.42)''$$

$$\mu_{(g,3)i+1} = \mu_{(g,3)i} \pm \Delta\mu_{g,3} \quad (4.42)'''$$

variiert. Wenn die Bedingung $\mu_{(1,1)\min} \leq \mu_{(1,1)i+1} < \bar{\mu}_{(1,1)i+1} \leq \mu_{(1,1)\max}$ erfüllt ist, wird $\Sigma A_{(v)i+1}$ nach der Formel (4.1) berechnet. Die $\Sigma a_{1,C}$ ist aus der Formel (3.34) zu bestimmen. Die darin enthaltenen Koeffizienten $a_{1,1}, a_{1,2}, a_{1,3}$ lassen sich aus (1.5) ermitteln. Nach Bedarf kann auch ΣA_v nach der Formel (2.19) variiert werden.

Auch die beiden Wurzeln des zweiten Gliedes sind aus der quadratischen Gleichung (3.9) zu berechnen. Die Koeffizienten der quadratischen Gleichung sind, wenn die $\Sigma \Gamma_v$ gewählt wurde, wie im Fall B aus den Formeln (3.26)', (3.26)'' , (3.27)''' und (4.36) zu berechnen. Wenn dagegen ΣE_v gewählt wurde, sind entsprechend in die quadratische Gleichung die Koeffizienten aus den Formeln (3.27)', (3.27)'' und (4.37) einzusetzen. Der Hilfskoeffizient ist aus (4.37)''' zu berechnen. Nach Auflösung der quadratischen Gleichung werden die beiden Parameter $\mu_{2,2}$ und $\mu_{2,3}$ für die erste Näherung aus beiden Verkittungsbedingungen wie im Fall B des Triplets berechnet. Von der Wahl $\Sigma \Gamma_v$ bzw. ΣE_v abhängig wird dann die ΣE_v bzw. $\Sigma \Gamma_v$ aus (4.4) bzw. (4.3) bestimmt. Die Summen $\Sigma a_{2,C}$ und $\Sigma b_{2,C}$ sowie die Koeffizienten $a_{2,1}, a_{2,2}, a_{2,3}, b_{2,1}, b_{2,2}$ und $b_{2,3}$ sind aus denselben Formeln wie im Fall B des Duplets zu entnehmen. Die Ausdrücke M_a, \bar{M}_a , und M_b sind nach den Formeln (4.6), (4.7) und (4.8) zu berechnen; sie werden bei den Berechnungen des ersten Gliedes benötigt.

Die Iteration des zweiten Gliedes wird bei gewählter $\Sigma \Gamma_v$ bzw. ΣE_v durch Variation der Parameter μ nach den allgemeinen Formeln (4.42)', (4.42)'' und (4.42)''' der Reihe nach durchgeführt.

Wenn die allgemeine Bedingung $\mu_{(2,1)\min} \leq \mu_{(2,1)i+1} < \bar{\mu}_{(2,1)i+1} \leq \mu_{(2,1)\max}$ durch Variation eines Parameters $\mu_{2,1}$ erfüllt wird, ist bei gewählter $\Sigma \Gamma_v$ die $\Sigma \Gamma_{(v)i+1}$ aus der Formel (4.3) zu berechnen.

Die Summen $\Sigma a_{(2,C)i+1}$ und $\Sigma b_{(2,C)i+1}$ sind aus den Formeln (3.30) und (3.31) und die darin enthaltenen Koeffizienten sind aus den Formeln (1.5) und (1.6) zu entnehmen. Weiter kann nach Bedarf auch $\Sigma \Gamma_v$ nach der Formel (3.32) variiert werden. Wenn dagegen ΣE_v gewählt wurde, wird $\Sigma E_{(v)i+1}$ aus der Formel (4.4) berechnet. Hier kann ΣE_v nach der Formel (3.33) sukzessive geändert werden.

Für das dritte Glied ist in erster Näherung der $\mu_{3,1}$ -Parameter zu wählen. Die Summen $\Sigma a_{3,C}$ und $\Sigma b_{3,C}$ sowie deren Koeffizienten $a_{3,1}, a_{3,2}, a_{3,3}, b_{3,1}, b_{3,2}$ und $b_{3,3}$ sind aus denselben Formeln wie im Fall B angegeben, zu berechnen.

Bei der Iteration werden die Parameter $\mu_{3,1}, \mu_{3,2}$ und nach Bedarf auch $\mu_{3,3}$ nach den allgemeinen Formeln (4.42)', (4.42)" und (4.42)''' sukzessive geändert. Die Summen $\Sigma a_{3,C}$ und $\Sigma b_{3,C}$ sind nach den Formeln (4.40), (4.41) und die Koeffizienten aus (1.5) und (1.6) zu berechnen.

III. Gruppe :

Der Ablauf des Korrigierens in dieser Gruppe ist im Vergleich zu den ersten zwei Gruppen auf der Basis der Iteration für alle drei Glieder durchgeführt. In bezug auf die Zusammensetzung der einzelnen Äquivalentlinsen der Glieder ist es nicht möglich, die exakten Methoden zur Bestimmung der Parameter μ einzusetzen. Die Parameter müssen beim ersten Rechengang gewählt werden. Bei der Iteration werden sie dann variiert.

- Fall D -

Die Berechnung der Charakteristiken $\Upsilon_{g,1}$ ist wie im Fall A gliedweise nach den Formeln (4.24) durchzuführen.

Für das erste Glied werden beim ersten Rechengang die beiden Parameter $\mu_{1,1}$ und $\mu_{1,2}$ gewählt. Die ΣA_v und ΣB_v ist aus (4.1) und (4.2) zu berechnen. Die darin enthaltenen Summen $\Sigma a_{1,D}$ und $\Sigma b_{1,D}$ sowie deren Koeffizienten $a_{1,1}, a_{1,2}, b_{1,1}$ und $b_{1,2}$ sind aus den Formeln, die für den Fall D des Duplets angegeben wurden, zu berechnen.

Die Iteration wird durch Variation des Parameters $\mu_{1,1}$ und nach Bedarf auch $\mu_{1,2}$ und zwar nach der Formel (4.42)' oder (4.42)" durchgeführt. Bei jedem Iterationsschritt wird $\Sigma A_{(v)i+1}$ und nach Bedarf auch $\Sigma B_{(v)i+1}$ aus den Formeln des Duplets, wie oben beschrieben, berechnet.

Beim zweiten Glied werden, wie für das erste Glied, am Anfang die beiden Parameter $\mu_{2,1}$ und $\mu_{2,2}$ gewählt. Die $\Sigma \Gamma_v$ und ΣE_v sind aus (4.3) und (4.4) zu bestimmen. Die vorkommenden Summen $\Sigma a_{2,D}$ und $\Sigma b_{2,D}$ sind aus den Formeln (3.22) und (3.23) sowie die Koeffizienten selbst aus (1.5) und (1.6) zu berechnen. Die Ausdrücke M_a , \bar{M}_a und M_b sind auch in diesem Fall aus (4.5), (4.6) und (4.7) zu bestimmen.

Bei jedem Iterationsschritt wird der Parameter $\mu_{2,1}$ oder $\mu_{2,2}$ nach der Formel (4.42)' oder (4.42)" variiert. Die $\Sigma \Gamma_{(v)i+1}$ und $\Sigma E_{(v)i+1}$ sind jeweils nach den oben für den ersten Rechengang angegebenen Formeln zu berechnen.

Auch beim dritten Glied werden die beiden Parameter $\mu_{3,1}$ und $\mu_{3,2}$ für den ersten Rechengang gewählt. Die Summen $\Sigma a_{3,D}$ und $\Sigma b_{3,D}$ sind aus den Formeln (4.30) und (4.31) zu bestimmen. Die Koeffizienten $a_{3,1}$, $a_{3,2}$, $b_{3,1}$ und $b_{3,2}$ sind aus den Formeln (1.5) und (1.6) zu ermitteln.

Bei der Iteration wird $\mu_{3,1}$ oder aber $\mu_{3,2}$ nach Formel (4.42)' oder (4.42)" variiert.

- Fall E -

In diesem Fall werden die $\Upsilon_{g,1}$ -Werte für die einzelnen Glieder aus den Formeln (4.32), (4.33) und (4.34) des Falles B berechnet.

Für das erste Glied wird beim ersten Rechenablauf $\mu_{1,1}$ und $\mu_{1,3}$ gewählt. Die ΣA_v und nach Bedarf ΣB_v sind aus den Formeln (4.1) und (4.2) zu berechnen. Die darin enthaltenen Summen $\Sigma a_{1,E}$ und $\Sigma b_{1,E}$ sowie die Koeffizienten $a_{1,1}$ und $b_{1,1}$ lassen sich aus denselben Formeln wie sie für den Fall E des Duplets angegeben wurden, berechnen.

Auch die Iteration des ersten Gliedes ist nach den Formeln des Duplets für den Fall E durchzuführen. Die Berechnungen der Summen $\Sigma A_{(v)i+1}$ und $\Sigma B_{(v)i+1}$ selbst sind nach (4.1) und (4.2) vorzunehmen.

Der Rechenablauf und die Iteration beim zweiten Glied sind nach denselben Formeln wie im Fall E des Duplets durchzuführen. Hier ist zu berücksichtigen, daß die $\Sigma \Gamma_v$ und ΣE_v aus den Formeln (4.3) und (4.4) zu ermitteln sind. Die Ausdrücke M_a , \bar{M}_a und M_b sind aus (4.5), (4.6) und (4.7) zu bestimmen.

Für das dritte Glied sind beim Rechengang die Parameter $\mu_{3,1}$ und $\mu_{3,3}$ gewählt. Der Parameter $\mu_{3,2}$ wird aus der Verkittungsbedingung (4.28) ermittelt. Die $\Sigma a_{3,E}$ und $\Sigma b_{3,E}$ sind aus den Formeln (4.40) und (4.41) zu entnehmen. Die Koeffizienten $a_{3,1}$ und $b_{3,1}$ sind nach den Formeln (1.5) und (1.6) zu berechnen.

Bei der Iteration wird zuerst der Parameter $\mu_{3,1}$ und dann $\mu_{3,3}$ durch (4.42)' oder (4.42)" variiert. Jeweils sind beim dritten Glied auch $\mu_{3,2}$ und die Summen $\Sigma a_{3,E}$ sowie $\Sigma b_{3,E}$ aus den oben angegebenen Formeln zu ermitteln.

- Fall F -

Die Berechnungen der $\Psi_{g,1}$ -Werte erfolgen nach denselben Formeln, wie im Fall B angegeben. Die Berechnungen und die Iterationsabläufe beim ersten Glied sind dieselben, wie sie für den Fall F des Duplets beschrieben wurden. Es ist nur zu berücksichtigen, daß die ΣA_v und ΣB_v aus den Formeln (4.1) und (4.2) zu berechnen sind.

Für das zweite Glied ist der Ablauf der Berechnungen derselbe wie im Fall F des Duplets. Die $\Sigma \Gamma_v$ und ΣE_v sind aus (4.3) und (4.4) zu ermitteln. M_a , \bar{M}_a und M_b sind auch hier aus (4.5), (4.6) und (4.7) zu berechnen.

Beim dritten Glied sind für den ersten Rechengang die Parameter $\mu_{3,1}$ und $\mu_{3,2}$ zu wählen. Der Parameter $\mu_{3,3}$ wird aus der Verkitungsbedingung

$$\mu_{3,3} = \mu_{3,2} - t'_{3,3} \quad (4.43)$$

bestimmt, worin

$$t'_{3,3} = \varphi_{3,2} \cdot b'_{3,2} + \varphi_{3,3} \cdot b'_{3,3} \quad (4.44)$$

ist. Die $\Sigma a_{3,F}$ und $\Sigma b_{3,F}$ sind aus den Formeln (4.40) und (4.41) zu berechnen. Die Koeffizienten $a_{1,1}, a_{1,2}, a_{1,3}, b_{1,1}, b_{1,2}$ und $b_{1,3}$ sind aus den Formeln (1.5) und (1.6) zu bestimmen.

Die Iteration ist durch Variation der Parameter $\mu_{3,1}$ oder danach $\mu_{3,2}$ nach (4.42)' oder (4.42)" durchzuführen. Der Parameter $\mu_{3,3}$ und die Summen $\Sigma a_{3,F}$ und $\Sigma b_{3,F}$ sind aus den oben angegebenen Formeln zu bestimmen.

In allen Fällen der Gruppen I, II und III wird die asymmetriefehlerfreie Blendenlage z_1 bzw. ihr Kehrwert $1/z_1$ aus (2.26) bzw. (2.27) berechnet. Die Radienkehrwerte $\rho_{g,1}$ und $\rho'_{g,1}$ lassen sich aus den allgemeinen Formeln (1.7) und (1.8) ermitteln.

c) Das Programm KT

Das Programm KT (korrigieren des Triplets) ermöglicht eine automatische Korrektion der optischen Systeme, die aus drei Gliedern bestehen und bei denen das Glied sich in die drei Gruppen und einen von sieben Fällen eingliedern lässt. Das Korrigieren wird gesteuert durch ein Ober- und drei Unterprogramme, die zyklisch sind.

Die Kennzeichnung der einzelnen Fälle des Systems muß beim Triplet bis zu 24 mögliche Fälle berücksichtigen. Die Kennzeichnung des ersten sowie des zweiten Gliedes ist beim Triplet dieselbe wie beim Duplet durchgeführt. Das dritte Glied ist durch folgende Zahlen gekennzeichnet:

I. Gruppe :

Fall 0 : + 0,001
Fall A : + 0,01
Fall B : + 0,1

II. Gruppe :

Fall C : + 1

III. Gruppe :

Fall D : - 0,01
Fall E : - 0,1
Fall F : - 1

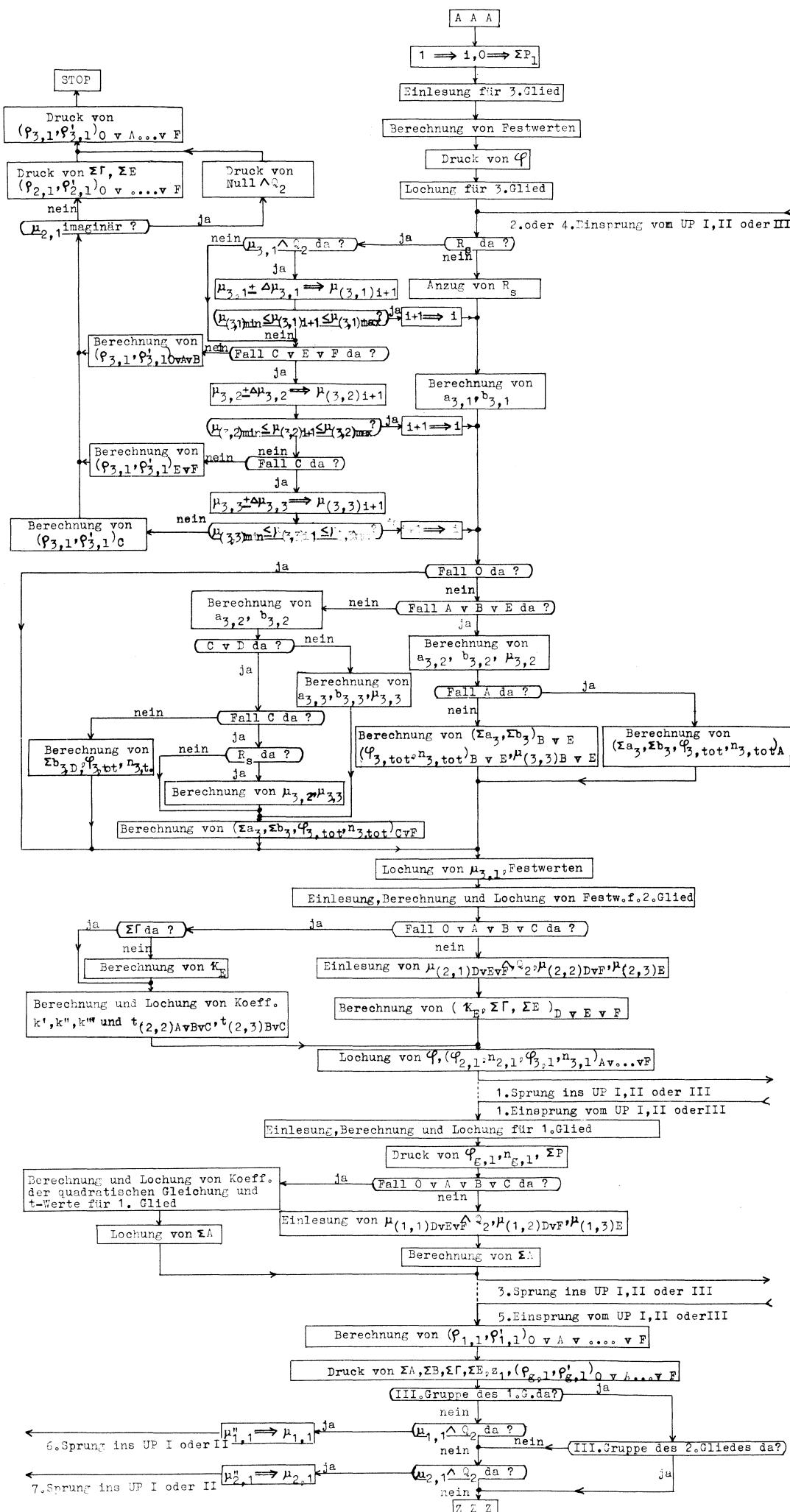
Mit dem Oberprogramm werden die Berechnungen der Festwerte und benötigten Größen für das Korrigieren gliedweise durchgeführt. Der Rechengang wird beim dritten Glied angefangen, dann für das zweite fortgesetzt und zuletzt für das erste Glied durchgeführt. Das Oberprogramm steuert auch die Berechnungen, die vor bzw. nach der Korrektion vorkommen.

Die zyklischen Unterprogramme I, II und III steuern das Korrigieren selbst, also die Berechnungen für den betreffenden Fall, die oftmals wiederholt werden können. Durch die Kennzeichen im Oberprogramm und in Unterprogramm sind diese unter sich verbunden und können die bedingten Sprünge ins und vom Oberprogramm ausgeführt werden.

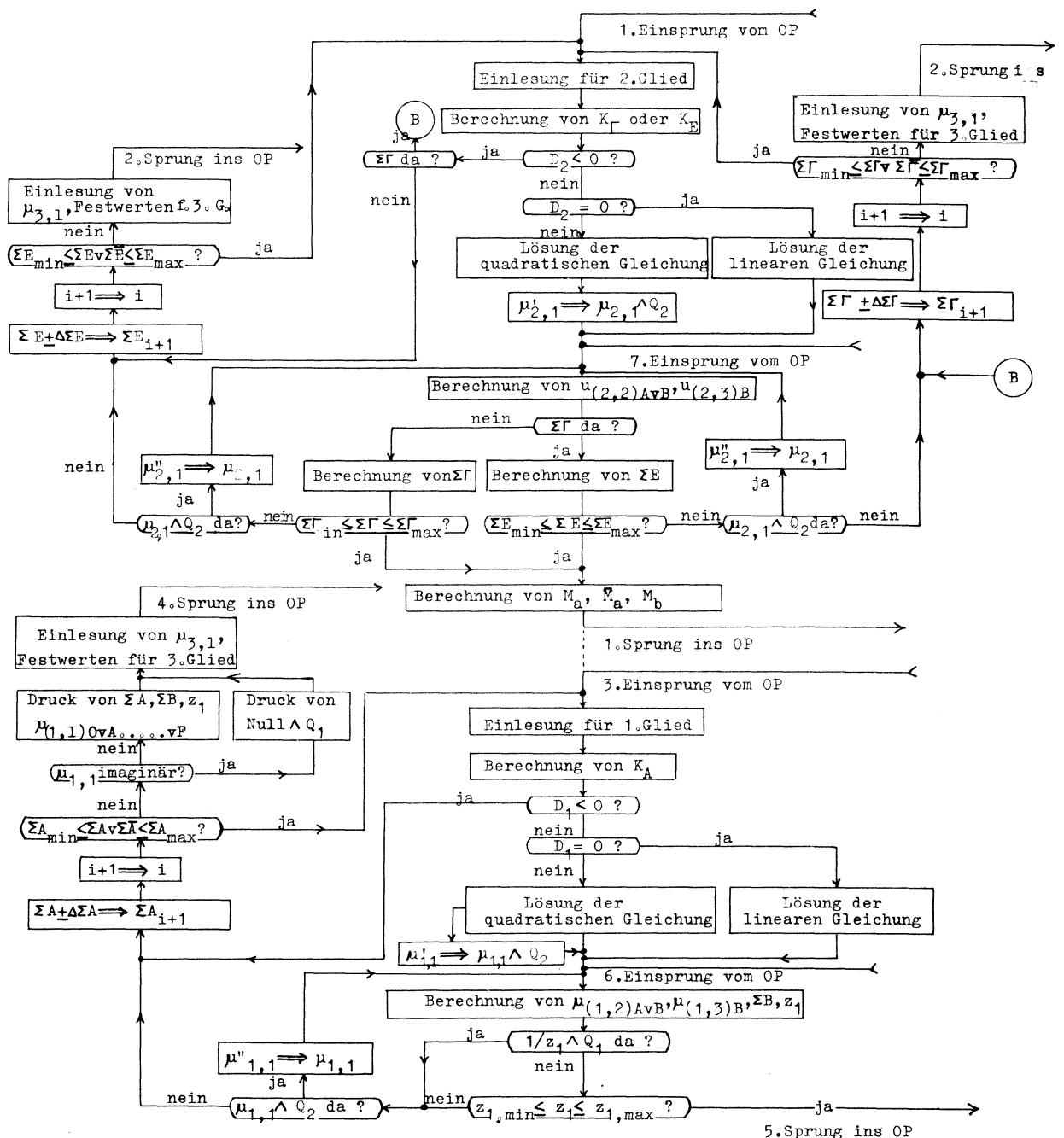
Der Rechenablauf beim Korrigieren ist ähnlich wie beim Duplet gelöst. Die bestimmten Parameter des dritten Gliedes sind für den ersten Rechenablauf zu wählen. Im weiteren Ablauf des Korrigierens werden sie durch Steuerung des Oberprogramms variiert und bilden mit den Berechnungen im Unterprogramm I, II oder III die Iteration.

Die Variation der Parameter μ und die Summen $\sum \Gamma_v$ bzw. $\sum E_v$ und $\sum A_v$ des Gliedes ist auf dieselbe Art durchzuführen wie bei der Variation der $\sum A_v$ des Strukturdigramms für das Simplet. Die Variation für die Parameter μ und für obige Summen sind in der algorithmischen Darstellung des Simplets und Duplets beschrieben.

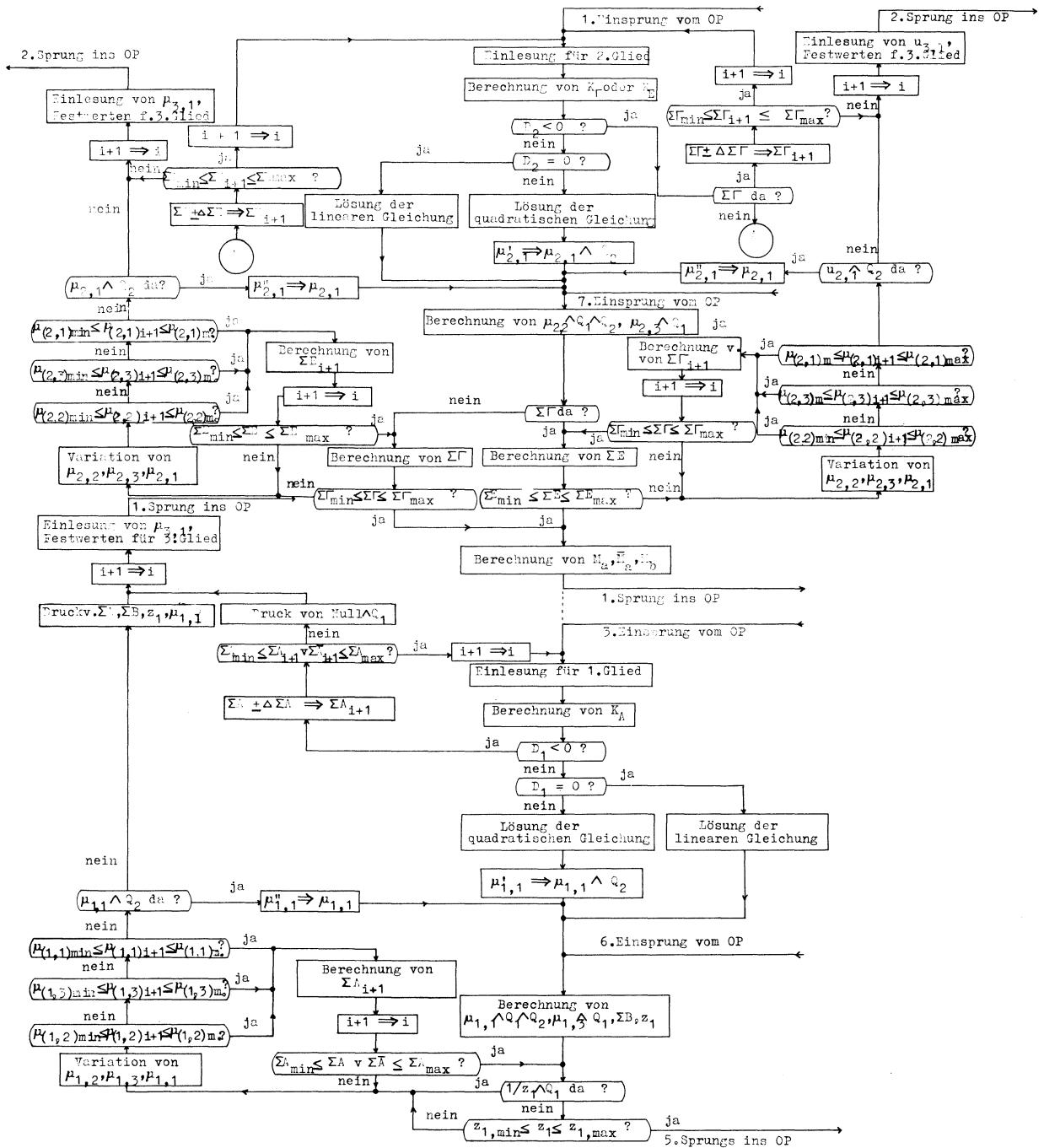
Mit Rücksicht auf die eingehende Beschreibung, das Strukturdigramm und die algorithmische Darstellung des Programms für das Simplet und das Duplet ist das Programm KT nur in Strukturdigrammen angegeben. Dadurch ist eine praktische Aufstellung der Befehlsreihe für das Korrigieren des Triplets auf der Rechenanlage Z 11 möglich.



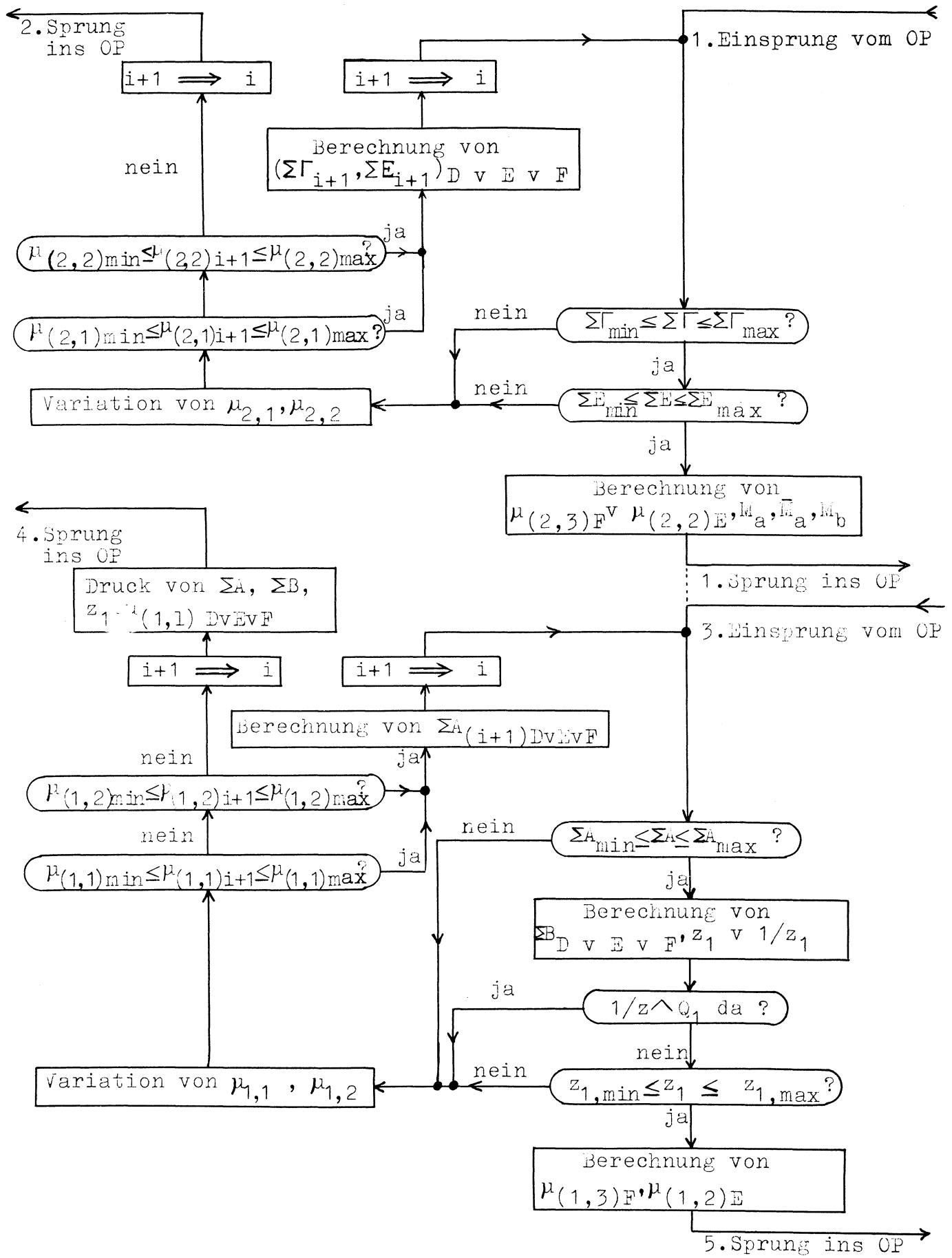
Strukturdigramm des UP I



Strukturdiagramm des UF II.



Strukturdiagramm des UP III



V. ABLAUF DES MASCHINENRECHNENS BEIM KONSTRUIEREN OPTISCHER
SYSTEME

Das klassische und maschinelle Konstruieren optischer Systeme ist in bezug auf die Berechnungsarten ähnlich geblieben. Es ist zweckmäßig, das Konstruieren in folgende bekannten Berechnungsphasen einzugliedern:

1. Die Vorrechnung (Auslegung) des amorphen optischen Systems.
2. Das Korrigieren des amorphen oder dicken optischen Systems.
3. Kontrollrechnung (trigonometrisch oder vektoriell) zur Berechnung der Bildfehler.

Nach den Arbeiten /12/, /13/, /14/ und durch das analytische Korrigieren nach dieser Abhandlung ist es möglich, die optischen Systeme mit sphärischen Flächen (Linsen, Planparallelplatten und Prismen) auf der Rechenanlage Z 11, in einzelne Arbeitsphasen eingeteilt, automatisch zu konstruieren.

Die Vorrechnung wird nur teilweise maschinell bearbeitet. Optimale Gläserkombinationen der Linsen und Achromate werden durch Steuerung des Programms GK berechnet, das in /12/ veröffentlicht ist. Die Auslegung zur Bestimmung der Brechkräfte der Äquivalentlinsen, der Abstände zwischen einzelnen Gliedern usw. ist für die Qualität des optischen Systems maßgebend. Da diese Berechnungen spezifisch und relativ klein sind und weil in den meisten Fällen die Rechenschiebergenauigkeit genügt, sind sie dem Optiker selbst überlassen.

Die Umwandlung der Radien und Abstände aus dünnen in das dicke System oder umgekehrt unter Beibehaltung der Linsenbrechwerte und Schnittweiten, ist durch das Programm UD oder UA ermöglicht /12/.

Systemkonstanten, die durch die Auslegung gewonnen wurden, sind die Ausgangsdaten für die Korrektur. Vom Aufbau des Systems abhängig wird das analytische Korrigieren durch eines von den Programmen KS, KD oder KT aus dieser Abhandlung gesteuert. Die einzelnen Bedingungsgrößen und nach Bedarf die Parameter μ sind erfahrungsgemäß zu wählen und in die Maschine, wie bei den Programmen beschrieben, einzugeben.

Die durch die Korrektur ermittelten Radien und Abstände sind in das dicke System nach /12/, bei vorgeschriebenen Lensedicken, umzuwandeln.

Die Seidelschen Bildfehler 3. Ordnung des dicken Systems sind durch das Programm SEGA a-Variante /13/ zu berechnen. In /13/ ist die Befehlsreihe selbst für das Programm SEGA der Rechenanlage Z 11 angegeben. Wenn die Blendenlage nicht zur Eliminierung des Asymmetriefehlers zu bestimmen ist, sondern das Verschwinden der meridionalen-, sagittalen- oder mittleren Bildfeldkrümmung, der Astigmatismus oder die Verzeichnung verlangt wird, ist die Berechnung durch das Programm SEGA b-Variante durchzuführen.

Der Offnungsfehler, der Gaußfehler, die meridional-Koma, der Astigmatismus usw. sind mit dem Programm MS und ASTI nach /14/ zu berechnen.

Die Bildfehler selbst sagen über die Bildgüte sehr wenig. Es ist eine wellenoptische Beurteilung des Korrektionszustandes nach /7/ durchzuführen.

Wenn das konstruierte System den Qualitätsansprüchen nicht genügt, müssen die Bedingungsgrößen des amorphen Systems geändert

werden. Der Rechenablauf, angefangen bei der Korrektion des Systems, ist zu wiederholen.

Im Falle, daß eine Analyse der Bildfehler in der Sagittalebene nötig ist, sind zusätzlich die Berechnungen mit dem Programm SAG durchzuführen. Die einzelnen Durchstoßpunkte der Strahlen der Meridional- und Sagittalebene werden zur Beurteilung des Korrektionszustandes in das Punktdiagramm nach /8/ eingetragen. Der weitere Rechenablauf des Konstruierens ist der gleiche wie oben beschrieben.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

- / 1/ Argentieri, D. : Ottica industriale. Milano, 1954,
2. edizione
- / 2/ Berek, M. : Grundlagen der praktischen Optik.
Berlin, 1930
- / 3/ Booth, K.H.V. : Programming for an Automatic Digital
Calculator. London, 1958
- / 4/ Böck, R. : Die Formulierung ausgewählter geodä-
tischer Probleme für die Verarbeitung
in der programmgesteuerten Rechenan-
lage Z 11. Dissertation, Veröff. der
DGK C 37, 1961
- / 5/ Girard, A. : Calcul automatique en optique. Disser-
tation, Veröff. der Revue d'Optique,
Bd. 37, 1958, S. 225
- / 6/ Güntsche, F.R. : Einführung in die Programmierung digi-
taler Rechenautomaten. Berlin, 1960
- / 7/ Havliček, F.I. : "Einführung in das Korrigieren optischer
Systeme". Stuttgart, 1960
- / 8/ Herzberger, M. : Modern Geometrical Optics. New York, 1958
- / 9/ Hopkins, R.E., Mc Carthy, C.A., Walters, R.: Automatic Correk-
tion of Third-Order Aberations. J.Opt.Soc.
Am., 1955, Bd. 45, S. 363
- /10/ Kammerer. W. : Ziffernrechenautomaten. Berlin, 1960, 2.
Aufl.
- /11/ Kitov, A.I., Kripickij, N.A.: Elektronie cifrovie masini i
programmirovanie. Moskva, 1959
- /12/ Krevelj, Z.A. : Die Verwendung der Rechenanlage ZUSE Z 11
für Probleme aus der praktischen Optik.
Veröff. DGK, Reihe B, 1962
I. Teil: Die vollautomatischen Berech-
nungen der dickenlosen optischen
Systeme.
- /13/ Krevelj, Z.A. : II. Teil: Die vollautomatische Berechnung
der Bildfehler 3. Ordnung für
Systeme dicker Linsen und der
Blendenlagen für verschwindende
Summen der Seidelschen Koeffizien-
ten.
- /14/ Krevelj, Z.A. : III.Teil: Die automatischen Berechnungen in
Meridialebene und der Youngschen
Punkte.
- /15/ König, A.,
Köhler H. : Die Fernrohre und Entfernungsmesser.
Berlin, 1959, 3. Aufl.

- /16/ Picht, J. : Grundlagen der geometrisch-optischen Abbildung. Berlin, 1955
- /17/ Rayces, J.L. : Note on the Computation of Third-Order Aberrations. J.Opt. Soc. Am., 1955, Bd. 45, S. 999
- /18/ Rutishauser, H., Speiser A., Stiefel E.: Programmgesteuerte digitale Rechengeräte. Mitteilung aus dem Institut für angewandte Mathematik, Zürich, 1951
- /19/ Seifers, H. : Rechengerät Z 11 für geodätische Aufgaben. Dissertation, Veröff. der DGK, C 34, 1959
- /20/ Sljusarev, G.G. : Metodi Rasčeta optičeskikh sistem. Moskva, 1937
- /21/ Staeble, F. : Die Seidelschen Bildfehler bei Beschränkung auf die erste Potenz der Linsendicken. Sitzungsbericht der Bayer. Akademie der Wissenschaften, München, 1935
- /22/ Thüring, B. : Einführung in die Methoden der Programmierung. Bd. I: Logik der Programmierung, Baden-Baden, 1958
- /23/ Tudorovskij, A. I : Teorija optičeskikh priborov, I. und II. Moskva-Leningrad, 1948, 1952
- /24/ Zurmühl, R. : Praktische Mathematik für Ingenieure und Physiker. Berlin 1957, 2. Aufl.
- /25/ Zuse, KG. : Programmgesteuerte Relais-Rechenanlage ZUSE Z 11: Programmierungsanleitung für Bandsteuerung. Bad Hersfeld, 1960.