ACTA PHYSICA POLONICA Vol. XXI (1962) Fasc. 2

DIFFERENTIALE DER SCHNITTWEITEN EINES BELIEBIGEN OPTISCHEN SYSTEMS NACH SEINEN KONSTRUKTIONSELEMENTEN: RADIEN, KRÜMMUNGEN, LINSENDICKEN, LUFTABSTÄNDEN UND BRECHUNGSZAHLEN

Von Janina Bartkowska

Polnische Optische Werke, Warszawa

(Eingegangen am 28 Juni 1961)

Die Schnittweiten eines beliebigen optischen Systems werden als Funktionen seiner Konstruktionselemente behandelt. Einfache Formeln für die ersten Ableitungen und Differentiale der Schnittweiten nach Abständen zwischen brechenden Flächen, Radien oder Krümmungen und Brechungszahlen sind abgeleitet worden. Zuerst wird der Fall der konstanten Obiektschnittweite betrachtet. In diesem Falle werden einige Formeln für die zweiten Ableitungen und Differentiale abgeleitet. Dann wird angenommen, dass die Vergrösserung konstant ist und in diesem Falle werden auch Formeln für die Ableitungen des Abstandes Gegenstandbild gegeben.

1. *Die Ableitung nach einem Abstande zwischen brechenden Flächen*

Der Abstand Gegenstand- erste Fläche ist konstant. Der veränderliche Abstand d teilt das optische System in zwei Teile I und II. Die Lage des Zwischenbildes ist durch entsprechende Schnittweiten s'_{I} und s_{II} bestimmt, welche mit der bekannten Übergangsformel

$$s_{\mathrm{II}} = s'_{\mathrm{I}} - d$$

verbunden sind. Schnittweite s'_{I} ist in diesem Falle konstant. Für die Änderung von s_{II} gilt (Bild 1)

$$\delta s_{\mathrm{II}} = -\,\delta d$$

Für die Verschiebung des Bildes nach der letzten Fläche des II-Teiles $\delta s'_p$ gilt folgende Formel, welche eine Verallgemeinerung der bekannten Formel für die Lateralvergrösserung ist

$$\frac{\delta s'_p}{n'_p} = G\,(G + \delta G)\,\frac{\delta s_{\mathrm{II}}}{n}. \tag{1}$$

G und $G+\delta G$ bedeuten transversale Vergrösserungen des II-Teiles, welche den beiden Lagen des Zwischenbildes entsprechen, n — Brechungszahl des Abstandraumes.

Für die Vergrösserung des II-Teiles gilt

$$G = \frac{n\alpha}{n'_p \alpha'_p}, \quad G + \delta G = \frac{n(\alpha + \delta\alpha)}{n'_p(\alpha'_p + \delta\alpha'_p)} \tag{2}$$

α und α'_p bedeuten die Winkel zwischen Aperturstrahl und Achse im Raume des Zwischenbildes und in dem Bildraume.

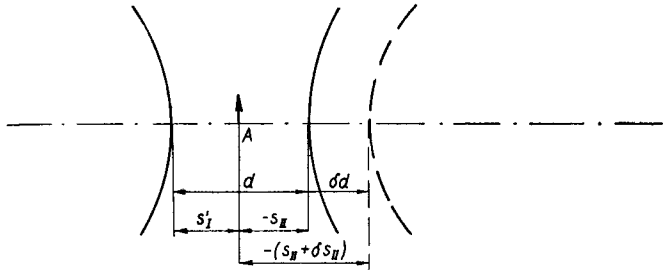

Abb. 1. Die Änderung eines Abstandes zwischen brechenden Flächen

Die Änderung der Schnittweite nach dem ganzen System ist gleich

$$\delta s'_p = -\frac{n\alpha^2}{n'_p(\alpha'_p + \delta\alpha'_p)\alpha'_p}\,\delta d$$

und die Ableitung für $\delta d \to 0$, $\delta\alpha'_p \to 0$

$$\boxed{\frac{\partial s'_p}{\partial d} = -\frac{n\alpha^2}{n'_p \alpha'^2_p}} \tag{3}$$

Die Ableitung ist immer negativ. Wird eine Linse dicker oder ein Luftabstand länger, so verkürzt sich die Bildschnittweite (bei reellem Bilde). Die Formeln (4) und (5) bleiben richtig für beliebige Obiektlage, wenn die Winkel dem enstrechenden Aperturstrahl entsprechen. Für die Berechnung aller Ableitungen eignet sich am besten das Lange'sche Paraksialschema.

Liegt das Obiekt im Unendlichen so wird $\alpha_1 = 0$, $h_1 = 1$, $n'_p \alpha'_p = \Phi = \frac{n'_p}{F}$ gesetzt. Ist das Differential der Brechkraft oder der Brennweite $\delta\Phi$, δF bekannt, so bleibt folgende Formel für beliebig grosse δd richtig:

$$\delta s'_{F'} = -\frac{n'_p n\alpha^2}{\Phi(\Phi + \delta\Phi)}\,\delta d$$

$$\boxed{\delta s'_{F'} = -\frac{F(F + \delta F)}{n'_p}\, n\alpha^2\,\delta d} \tag{4}$$

Es bleibt noch die Frage nach dem Differentiale des Bildabstandes von der ersten Fläche eines optischen Systems. Dieser Abstand L besteht aus der Summe aller Dicken und Luftabstände und der Bildschnittweite.

$$L = s'_p + \sum d$$

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. XXI (1962) Fasc. 2

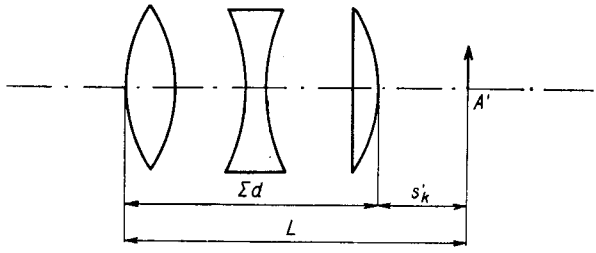

Abb. 2. Abstand erste Fläche-Bild

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. XXI (1962) Fasc. 2

Es folgt

$$\delta L = \delta s'_p + \delta d$$

Die Ableitung ist gleich

$$\frac{\partial L}{\partial d} = 1 - \frac{n\alpha^2}{n'_p \alpha'^2_p}$$

Obige Formeln sind nützlich, wenn die Basisfläche mit der ersten brechenden Fläche des optischen Systems verbunden ist.

2. Die Ableitung nach Krümmung oder Radius einer brechenden oder Spiegelfläche

Die Schnittweite nach der betrachteten Fläche wird mit s'_k bezeichnet. Es ist (Abb. 3)

$$s'_k = \frac{h_k}{\alpha'_k}, \quad s'_k + \delta s'_k = \frac{h_k}{\alpha'_k + \delta\alpha'_k} \tag{5}$$

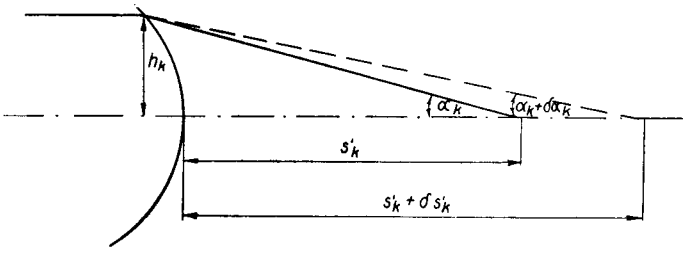

Abb. 3. Die Änderung einer Krümmung (Anstatt α lese überall α')

Für den Winkel α'_k nach derselben Fläche gilt die bekannte Formel

$$\alpha'_k n'_k = n_k \alpha_k + h_k \Delta_k n \varrho_k \tag{6}$$

Beim Differenzieren bleiben der Winkel vor der betrachteten Fläche α_k die Höhe h_k und Brechungszahlen konstant. Es folgt

$$\delta\alpha'_k = \frac{h_k \Delta_k n}{n'_k} \delta\varrho_k$$

Für die Änderung der Schnittweite nach der betrachteten Fläche bekommen wir:

$$\delta s'_k = \frac{h_k}{\alpha'_k + \delta\alpha'_k} - \frac{h_k}{\alpha'_k} = \frac{h_k\,\delta\alpha'_k}{\alpha'_k(\alpha'_k + \delta\alpha'_k)}$$

$$\delta s'_k = -\frac{h_k^2 \Delta_k n}{n'_k \alpha'_k(\alpha'_k + \delta\alpha'_k)}\,\delta\varrho_k$$

Um die Änderung der letzten Bildweite zu bekommen, werden die Formeln (1) (2) benötigt

$$\delta s'_p = -\frac{h^2 \Delta n}{n'_p \alpha'_p(\alpha'_p + \delta\alpha'_p)}\,\delta\varrho.$$

Die Ableitung für $\delta\varrho \to 0$ ist gleich

$$\boxed{\frac{\partial s'_p}{\partial \varrho} = -\frac{h^2 \Delta n}{n'_p \alpha'^2_p}} \tag{7}$$

Es ist leicht zu beweisen, dass für eine Spiegelfläche die Ableitung folgende Gestalt annimmt

$$\frac{\partial s'_p}{\partial \varrho_{sp}} = \frac{2n\,h^2}{n'_p \alpha'^2_p} \tag{7a}$$

n bedeutet Brechungszahl im Raume vor der Spiegelung und ist nur bei der inneren Spiegelung von 1 verschieden. Bei der äusseren Spiegelung ist $n=1$ zu setzen. Es ist ganz gleich, ob der Strahlengang mit negativen oder positiven Brechungszahlen gerechnet wird.

Die Formeln (7) und (7a) bleiben richtig, wenn die Brechung oder Spiegelung an einer „Planfläche" erfolgt, welche infolge von Fertigungsfehlern eine Krümmung $\delta\varrho = \frac{1}{r}$ bekommt.

Liegt das Objekt im Unendlichen, so gilt für die Brennpunktschnittweite

$$\delta s'_{F'} = -\frac{n'_p h^2 \Delta n}{\Phi(\Phi + \delta\Phi)}\,\delta\varrho$$

$$\boxed{\delta s'_{F'} = -\frac{F(F + \delta F)}{n'_p}\,h^2 \Delta n\,\delta\varrho} \tag{8}$$

Die Formel (8) bleibt richtig für beliebig grosse $\delta\varrho$ wenn ensprechendes δF oder $\delta\Phi$ bekannt ist.

Es wird noch ohne Beweis die Ableitung nach Radius gegeben

$$\boxed{\frac{\partial s'_p}{\partial r} = \frac{h^2 \Delta n}{n'_p \alpha'^2_p r^2}} \tag{9}$$

für brechende Flachen

$$\frac{\partial s'_p}{\partial r_{sp}} = -\frac{2n\,h^2}{n'_p \alpha'^2_p r^2_{sp}}$$

für Spiegelflachen.

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. XXI (1962) Fasc. 2

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. XXI (1962) Fasc. 2

3. *Die Ableitung nach Brechungszahl*

Es wird die Brechungszahl n_k zwischen $k-1$ und $k-$Fläche geändert. Der Aperturwinkel α_{k-1}, Höhe h_{k-1} Brechungszahlen n_{k-1}, n_{k+1}. Dicke d und Radien r_{k-1}, r_k bleiben konstant. Die Höhe h_k Aperturwinkeln α_k, α_{k+1}, Zwischenschnittweite s'_k und Endschnittweite s'_p sind von n_k abhängig (Abb. 4).

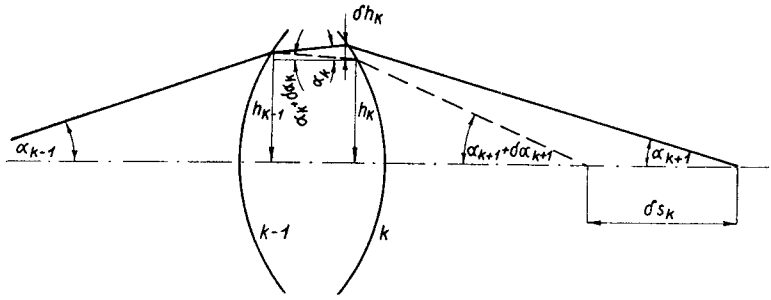

Abb. 4. Die Änderung einer Brechungszahl

Die bekannte Brechkraftformel wird in einer anderen Gestalt geschrieben

$$\alpha_k = \frac{n_{k-1}}{n_k}\alpha_{k-1} + \frac{h_{k-1}}{r_{k-1}} - \frac{h_{k-1}}{r_{k-1}}\frac{n_{k-1}}{n_k}$$

und nach n_k differenziert

$$\frac{\partial \alpha_k}{\partial n_k} = \frac{n_{k-1}}{n_k^2}\left(\frac{h_{k-1}}{r_{k-1}} - \alpha_{k-1}\right) = \frac{1}{n_k}\left(\frac{h_{k-1}}{r_{k-1}} - \alpha_k\right) \tag{10}$$

Es wird noch die bekannte Formel für h_k differenziert

$$h_k = h_{k-1} - d\alpha_k \tag{11}$$

$$\frac{\partial h_k}{\partial n_k} = -d\frac{\partial \alpha_k}{\partial n_k} = \frac{d}{n_k}\left(\alpha_k - \frac{h_{k-1}}{r_{k-1}}\right) \tag{12}$$

Wenn man noch die Formel für α_{k+1} differenziert bekommt man nach einigen Umformungen

$$\frac{\partial \alpha_{k+1}}{\partial n_k} = \frac{h_{k-1}}{r_{k-1}n_{k+1}} - \frac{h_k}{r_k n_{k+1}} + \frac{\partial h_k}{\partial n_k}\left(\frac{1}{r_k} - \frac{n_k}{r_k n_{k+1}}\right)$$

Es wird noch die Formel für die Zwischenbildschnittweite

$$\frac{\partial s'_k}{\partial n_k} = \frac{1}{\alpha_{k+1}^2}\left[\alpha_{k+1}\frac{\partial h_k}{\partial n_k} - h_k\frac{\partial \alpha_{k+1}}{\partial n_k}\right]$$

differenziert. Mit Hilfe der Formel (2) bekommt man nach einigen Umformungen die Schlussformel

$$\boxed{\frac{\partial s'_p}{\partial n} = \frac{1}{n'_p\alpha'^2_p}\left[\frac{h_k^2}{r_k} - \frac{h_{k-1}^2}{r_{k-1}} + d\alpha^2\right]} \tag{13}$$

n, d und α liegen in demselben Raum zwischen $k-1$ und k Fläche.

Aus (13) lässt sich die bekannte Formel für die chromatische L Längsaberation eines Systems von unendlich dünnen Linsen ausführen. Sehr gute Resultate gibt für $s_1 = \infty$ folgende Näherungsformel für die Brennpunktschnittweite, wenn δF oder $\delta \Phi$ bekannt ist

$$\boxed{\delta s'_{F'} = \frac{F}{n'_p}[F + \delta F]\left[\frac{h_k^2}{r_k} - \frac{h_{k-1}^2}{r_{k-1}} + d\alpha^2\right]\delta n} \tag{14}$$

$$\partial s'_{F'} = \frac{n'_p}{\Phi(\Phi + \delta\Phi)}\left[\frac{h_k^2}{r_k} - \frac{h_{k-1}^2}{r_{k-1}} + d\alpha^2\right]\delta n$$

Obige Formel gibt so gute Resultate, dass sie in genauen Abberationsrechnungen Anwendung findet. Die Ableitung für $s_1 = \infty$ hat folgende Gestalt

$$\frac{\partial s'_{F'}}{\partial n} = \frac{F^2}{n'_p}\left[\frac{h_k^2}{r_k} - \frac{h_{k-1}^2}{r_{k-1}} + d\alpha^2\right] \tag{15}$$

5. *Höhere Ableitungen und Differentiale*

Wir differenzieren die Formel (15) nach derselben Brechungszahl.

$$\frac{\partial^2 s'_{F'}}{\partial n^2} = \frac{2F}{n'_p}\frac{\partial F}{\partial n}\left[\frac{h_k^2}{r_k} - \frac{h_{k-1}^2}{r_{k-1}} + d\alpha^2\right] + \frac{2F^2}{n'_p}\left[\frac{h_k}{r_k}\frac{\partial h_k}{\partial n_k} + d\alpha\frac{\partial \alpha_k}{\partial n_k}\right]$$

Die zweite Ableitung der Schnittweite nach derselben Brechungszahl hat also folgende Gestalt für $s_1 = \infty$ $h_1 = 1$, $n_1 = n'_p = 1$

$$\frac{\partial^2 s'_{F'}}{\partial n^2} = \frac{2}{F}\frac{\partial F}{\partial n}\frac{\partial s'_{F'}}{\partial n} - \frac{2F^2 d}{n}\left(\frac{h_{k-1}}{r_{k-1}} - \alpha_k\right)\left(\frac{h_k}{r_k} - \alpha_k\right)$$

Die Ausdrücke in Klammern $\left(\frac{h}{r} - \alpha\right) = h\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{s}\right)$ sind proportional den Abbe'schen Q Invarianten an beiden Flächen der Linse, deren Brechungszahl geändert wird.

Jetzt werden zwei benachbarte, beliebig im System gelegene Flächen ϱ_{k-1} und ϱ_k geändert. Die Änderung der Schnittweite nach der Fläche (5)

$$\delta s'_k = \frac{\alpha_{k+1}\delta h_k - h_k \delta\alpha_{k+1}}{(\alpha_{k+1} + \delta\alpha_{k+1})\,\alpha_{k+1}}$$

wird mit entsprechenden Vergrösserungen gemäss den Formeln (1) und (2) multipliziert. So bekommen wir die Änderung der Schnittweite nach der letzten Fläche des optischen Systems.

$$\delta s'_p = \frac{(\alpha_{k+1}\delta h_k - h_k \delta\alpha_{k+1} n_{k+1}}{(\alpha_{p+1} + \delta\alpha_{p+1})\,\alpha_{p+1}}$$

Wir benutzen noch die Formeln (11), (6) $\delta h_k = -d\delta\alpha_k$, $n_k \delta\alpha_k = h_{k-1}\Delta_{k-1} n\delta\varrho_{k-1}$

$$n_{k+1}\delta\alpha_{k+1} = n_k\delta\alpha_k + \Delta_k n\varrho_k \delta h_k + \Delta_k n h_k \delta\varrho_k + \Delta_k n\delta h_k \delta q_k$$

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. XXI (1962) Fasc. 2

Es folgt schliesslich für $s_1=\infty$, $h_1=1$

$$\partial s'_{F'} = F(F+\delta F)\left[-h_{k-1}^2 \Delta_{k-1} n\delta\varrho_{k-1} - h_k^2 \Delta_k n\delta\varrho_k + \frac{d}{n} h_{k-1} h_k \Delta_{k-1} n\Delta_k n\delta\varrho_{k-1}\delta\varrho_k\right]$$

Obige Formel bleibt richtig für beliebig grosse $\delta\varrho_{k-1}$, $\delta\varrho_k$ wenn δF berücksichtigt wird.

Im Sonderfalle, wenn zwei benachbarte Flächen eine in der Luft befindliche, beliebig im Systeme gelegen Linse bilden, haben wir

$$\delta s'_{F'} = F(F+\delta F)\left[-h_{k-1}^2 \Delta_{k-1} n\delta\varrho_{k-1} - h_k^2 \Delta_k n\delta\varrho_k + \frac{d}{n} h_{k-1} h_k \Delta_{k-1} n\Delta_k n\delta\varrho_{k-1}\delta\varrho_k\right] \tag{16}$$

6. *Differentiale der Schnittweite bei konstanter Vergrösserung.*

Es gibt optische Systeme z. B. Messobiektive, welche immer bei konstanter Vergrösserung arbeiten. Die Fertigungsfehler solcher Obiektive werden oft mit der Verschiebung des Obiektivs und der Obiekt- oder Bildfläche kompensiert. Es ist sehr nützlich Differentiale der Obiektschnittweite, der Bildschnittweite und des Abstandes Gegenstand-Bild, nach allen Konstruktionselementen zu kennen. Die Obiektschnittweite s_1 besteht aus der Obiektbrennpunktschnittweite und der Brennweite geteilt durch Vergrösserung (Abb. 5).

$$s_1 = -\overleftarrow{s}_F + \frac{F}{G}$$

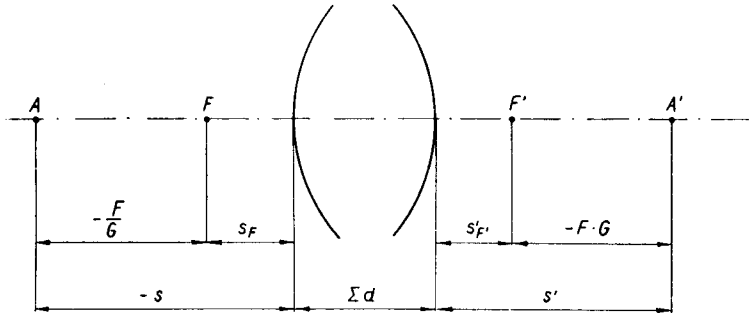

Abb. 5. Der Abstand Gegenstand-Bild

Die Ableitung nach einem beliebigen Konstruktionselement hat also folgende Gestalt

$$\frac{\partial s_1}{\partial x} = -\frac{\partial \overleftarrow{s}_F}{\partial x} + \frac{1}{G}\frac{\partial F}{\partial x} \tag{17}$$

Die Bildschnittweite is gleich:

$$s' = \overrightarrow{s}_F + F\cdot G$$

Die Ableitung ist

$$\frac{\partial s'}{\partial x} = \frac{\partial \overrightarrow{s}_F}{\partial x} + G\cdot\frac{\partial F}{\partial x} \tag{18}$$

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. XXI (1962) Fasc. 2

Für die Bestimmung der Ableitungen $\overleftarrow{s}_F$ nach allen Konstruktionselementen eignen sich gut, die Formeln 3, 7, 7a, 15; nur sind alle Daten der Rückwärtsrechnung zu entnehmen. Alle Daten aus der Rückwärtsrechnung werden mit dem Rückwärtspfeilchen bezeichnet. Dieselbe Rückwärtsrechnung dient zur Bestimmung der Lage des Objektbrennpunktes.

Bei starken Vergrösserungen ist die Ableitung der Objektschnittweite viel kleiner als die Ableitung der Bildschnittweite. Es ist allen Praktikern gut bekannt, dass die kompensierende Bewegung der Objektfläche bei starken Vergrösserungen viel kleiner ist als die Bewegung der Bildfläche.

Wir wissen, dass die Ableitung der Brennweite nach einem beliebigen Abstande zwischen den brechenden Flächen folgende Gestalt hat

$$\frac{\partial F}{\partial d} = F^2 n \vec{\alpha} \overleftarrow{\alpha}$$

Es folgt unmittelbar

$$\frac{\partial s}{\partial d} = F^2 \left[n \overleftarrow{\alpha}^2 + \frac{n \vec{\alpha} \overleftarrow{\alpha}}{G} \right], \qquad \frac{\partial s'}{\partial d} = F^2 \left[- n \vec{\alpha}^2 - G n \vec{\alpha} \overleftarrow{\alpha} \right]$$

Wir wissen, dass

$$\frac{\partial F}{\partial r} = F^2 \frac{\vec{h} \overleftarrow{h} \Delta n}{r^2}, \qquad \frac{\partial F}{\partial \varrho} = - F^2 \Delta n \vec{h} \overleftarrow{h}$$

Es folgt für die Ableitungen nach Radius oder Krümmung.

$$\frac{\partial s}{\partial r} = \frac{F^2}{r^2} \Delta n \left[- \overleftarrow{h}^2 + \frac{\vec{h} \overleftarrow{h}}{G} \right], \qquad \frac{\partial s}{\partial \varrho} = F^2 \Delta n \left[\overleftarrow{h}^2 - \frac{\vec{h} \overleftarrow{h}}{G} \right]$$

$$\frac{\partial s'}{\partial r} = \frac{F^2}{r^2} \Delta n \left[\vec{h}^2 - G \vec{h} \overleftarrow{h} \right], \qquad \frac{\partial s'}{\partial \varrho} = F^2 \Delta n \left[- \vec{h}^2 + G \vec{h} \overleftarrow{h} \right]$$

Der Abstand Gegenstand-Bild besteht aus Objekt- und Bildschnittweite und Länge des optischen Systems Σd (Abb. 5)

$$AA' = - s + \sum d + s'$$

oder

$$AA' = \vec{s}'_{F'} + \overleftarrow{s}_F - \left(G + \frac{1}{G} \right) F + \sum d$$

Wir differenzieren obige Formel nach einem beliebigen Konstruktionselement

$$\frac{\partial (AA')}{\partial x} = \frac{\partial \vec{s}'_{F'}}{\partial x} + \frac{\partial \overleftarrow{s}_F}{\partial x} - \left(G + \frac{1}{G} \right) \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\partial d}{\partial x}$$

Differential $\frac{\partial d}{\partial x}$ ist gleich 1 beim Differenzieren nach einem beliebigen Abstand zwischen den brechenden Flächen. Beim Differenzieren nach Radius oder Brechungszahl verschwin-

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. XXI (1962) Fasc. 2

det die Ableitung $\frac{\partial d}{\partial x}$. Die Ableitung des Abstandes Gegenstand-Bild nach Dicke oder Luftabstand hat also folgende Gestalt

$$\frac{\partial (AA')}{\partial d} = F^2 \left[-n\overleftarrow{\alpha}^2 - n\overrightarrow{\alpha}^2 + 1 - \left(G + \frac{1}{G}\right) n\overrightarrow{\alpha}\overleftarrow{\alpha} \right]$$

Die Ableitung nach Radius ist gleich

$$\frac{\partial (AA')}{\partial r} = \frac{F^2}{r^2} \Delta n \left[\overrightarrow{h}^2 + \overleftarrow{h}^2 - \left(G + \frac{1}{G}\right) \overrightarrow{h}\overleftarrow{h} \right]$$

Alle oben ausgeführten Differentialformen finden praktische Anwendung. Die Ableitungen lassen sich sehr leicht berechnen. Die genauen Formeln (4), (8), (14) lassen sehr schnell die Einflüsse, der Änderungen der Konstruktionselemente auf die chromatischen Fehler berechnen. Die Formeln sind nützlich bei der Schätzung der Toleranzen. Sie erlauben die Berechnung der Grössen von Justierbewegungen.

Zeichenverzeichnis

s — Objektschnittweite
s' — Bildschnittweite
G — Vergrösserung
α — Winkel zwischen Aperturstrahl und Achse vor der Brechung
α' — Winkel zwischen Aperturstrahl und Achse nach der Brechung
F — Brennweite
$\Phi = \frac{1}{F}$ — Brechkraft
d — Abstand zwischen den brechenden Flächen
r — Krümmungsradius
$\varrho = \frac{1}{r}$ — Krümmung
n — Brechungszahl
L — Abstand erste Flache-Bild
h — Höhe des Aperturstrahles an einer Fläche
AA' — Abstand Gegenstand-Bild
Δ — Unterschied einer Grösse nach und vor der Brechnung
δ — Differential einer Grösse.

LITERATURHINWEISE

Bartkowska, J., *Pomiary Automatyka Kontrola*, **1**, 20 (1961).
Bartkowska, J., Differentiale der Brechkraft eines beliebigen optischen Systems nach seinen Konstruktionselementen, *Acta phys. Polon.*, **20**, 717 (1961).
Klebe, J., Dissertation Pad. Hochsch. Potsdam 1955.
Klebe, J., *Feingerätetechnik*, **5**, 509 (1956).
Klebe, J., *Feingerätetechnik*, **6**, 167 (1957).
Klebe, J., *Optik*, **16**, 563 (1959).
Klebe, J., *Feingerätetechnik*, **7**, 311 (1960).

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. XXI (1962) Fasc. 2