

## Kontrastausgleich durch elektrooptische Filterung

Es wird eine elektrooptische Methode der Kontraststeuerung beschrieben, die besonders zum Kontrastausgleich bei niedrigen Ortsfrequenzen geeignet ist. Bei dieser Methode tritt ein Kanteneffekt auf, durch den steile Übergänge zwischen Gebieten verschiedener Transparenz besonders betont werden.

Bei der Auswertung von photographischen Bildern bereitet die volle Informationserschöpfung oft Schwierigkeiten [1]. Solche Probleme ergeben sich z.B., wenn Negative mit sehr großem Schwärzungsumfang anfallen. Interessante Informationen gehen bei der Betrachtung solcher Aufnahmen in Schwelle und Schulter der Schwärzung des Negativs unter, obwohl die Information vorhanden ist.

Wenn man Negative mit großem Schwärzungsumfang auf Photopapier kopieren möchte, kommt noch eine weitere Schwierigkeit hinzu, da Photopapier nur einen viel kleineren Schwärzungsumfang verarbeiten kann als eine Fotoplatte oder ein Film. So geht bei dem Kopierprozeß Information verloren [2]. Ähnliches gilt für die gesamte Reproduktionstechnik.

Meist interessieren bei der Bildauswertung nur die kleinen Details, große Schwärzungsunterschiede zwischen verschiedenen, weit ausgedehnten Teilgebieten des Bildes werden als störend empfunden. Es ist also wünschenswert, den "Großflächenkontrast" im Vergleich zum "Detailkontrast" abzuschwächen. Bekannte Methoden zur Lösung dieser Aufgabe sind z.B. das "Logetron" – und das "Elcop"-Verfahren. Auch rein photographische Verfahren sind bekannt. [1] enthält hierzu eine Literaturübersicht.

In einer früheren Mitteilung [3] wurde neben einer linearen Methode der Bildkorrektur auch kurz das Prinzip einer neuen nichtlinearen Methode beschrieben, mit der ein solcher Kontrastausgleich möglich sein sollte. Die vorliegende Mitteilung enthält neben einer weiter-

gehenden Erläuterung dieser Methode einige Ergebnisse von Experimenten.

Das Schema der Anordnung zeigt Abb. 1. Das Urbild, ein photographisches Positiv, wird

SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER BENUTZTEN APPARATUR

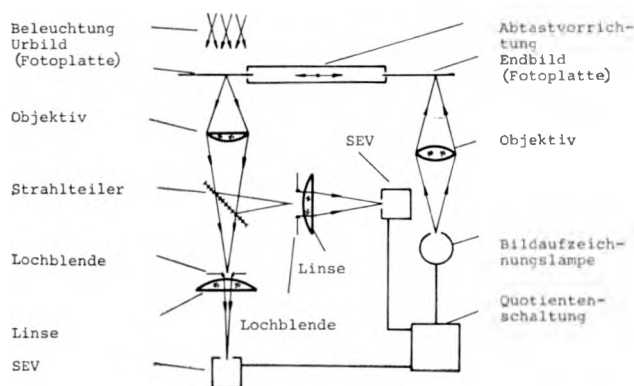


Abb. 1. Schema der Versuchsanordnung

inkohärent beleuchtet und über einen Strahlenteiler scharf auf zwei Lochblenden abgebildet. Die Öffnung der einen Lochblende hat einen Durchmesser, der gerade dem durch die Auflösung bestimmten Durchmesser eines "Punktes" des Urbildes entspricht. Die Öffnung der anderen Lochblende ist größer. Ihre Größe wird vom Experimentator entsprechend den beabsichtigten Übertragungseigenschaften der Anordnung gewählt. Durch die Lochblenden hindurch gelangt das Licht auf zwei integrierende Photoempfänger, die die Eingangsströme einer Quotientenschaltung liefern [4]. Der Ausgangsstrom dieser Schaltung ist also proportional zu dem Quotienten aus der Transparenz in einem Punkt des Urbildes und der mittleren Transparenz in der Umgebung dieses Punktes. Er wird wieder in Licht bzw. in eine Schwärzungsver-

\* Zentralinstitut für Optik und Spektroskopie der Akademie der Wissenschaften der DDR, DDR 1119 Berlin, Rudower Chaussee 6,

teilung auf einer (positiven) photographischen Schicht umgewandelt. Durch Abtastung werden nacheinander alle Punkte des Endbildes gewonnen.

Die Wirkung dieser Anordnung läßt sich übersichtlich erläutern, wenn man als Urbild eine Transparenzverteilung  $t(x, y)$  annimmt, die sich multiplikativ aus zwei Transparenzverteilungen zusammensetzt:

$$t = t_D t_G, \quad (1)$$

$t_D$  ist die Transparenzverteilung der interessierenden Details,

$t_G$ —die Verteilung der unerwünschten, großflächigen Transparenzunterschiede. Eine derartige Transparenzverteilung liegt näherungsweise vor z. B. in einem Luftmeßbild einer (aus der Vogelschau) detailreichen Landschaft (z. B. Wald), die mit den Schatten einzelner Wolken überdeckt ist. Für Urbilder mit Transparenzverteilungen vom Typ (1) ist die beschriebene Methode besonders geeignet.

Das elektrische Signal  $z$  im Zähler des Quotienten ist proportional zu  $t$

$$z \sim t, \quad (2)$$

das Nennersignal  $n$  ist proportional zu einer mittleren Transparenz

$$n \sim \iint_A t \, df. \quad (3)$$

$A$  ist die Fläche des Urbildes, über die gemittelt wird.  $df$  ist das Flächenelement im Urbild.  $A$  wird durch Form und Größe der größeren der beiden erwähnten Lochblenden festgelegt. Der Ausgangsstrom  $i$  der Quotientenschaltung ist (mit (1))

$$i \sim z/n \sim t_G t_D / \iint_A t_G t_D df. \quad (4)$$

Wird  $A$  so gewählt, daß  $t_G$  in diesem Bereich annähernd konstant ist, so ergibt sich

$$i \sim t_D / \iint_A t_D df. \quad (5)$$

Also ist der Ausgangsstrom und damit die Transparenzverteilung des Endbildes wie gewünscht proportional zur Transparenzverteilung  $t_D$  der Details des Urbildes (denn es ist  $\iint_A t_D df = \text{const.}$ ).

Der unerwünschte Großflächenkontrast ist (nichtlinear) beseitigt.

Durch Veränderung von  $A$ , d. h., durch Veränderung des Durchmessers der größeren Lochblende, läßt sich die Grenze zwischen

Großfläche und Detail in weiten Grenzen bequem verschieben.

Die Trennung der Strukturen des Urbildes in Details und Großflächen, d. h. in erwünschte und unerwünschte Strukturen, läßt sich nicht immer sauber vollziehen. So können z. B. die Ränder der einzelnen Wolken in dem erwähnten Luftmeßbild Strukturen von der Ausdehnung von Details sein. Dennoch sind sie natürlich unerwünscht. In solchen Fällen tritt der "Kanteneffekt" störend in Erscheinung, durch den steile Übergänge zwischen Gebieten verschiedener Transparenz besonders betont werden (s. a. Abb. 4 und 5). Dieser Effekt wird verständlich bei einer weitergehenden quantitativen Diskussion von Gl. (4).

Betrachtet man im Interesse einer übersichtlichen Darstellung als eindimensionales Analogon der Funktion  $t(x, y)$  eine Funktion  $t(x)$ , so gilt für diese in Anlehnung an Gl. (4)

$$i \sim t(x) / \int_{x-r}^{x+r} t(x') dx'. \quad (6)$$

Hier wurde angenommen, daß sich die kleinere Lochblende im Zentrum der größeren (vom Durchmesser  $2r$ ) befindet. Für  $i$  ergibt sich genähert

$$i \sim 1 - r^2 t'' / 6t, \quad (7)$$

wenn  $t$  nicht zu klein ist und  $r$  und die höheren Ableitungen von  $t$  nicht zu groß sind. Der Kontrast im Endbild wird also durch die 2. Ableitung der Transparenzverteilung  $t$  bestimmt. Liegt die kleine Lochblende nicht im Zentrum, sondern z. B. am Rande der größeren Lochblende, so tritt in (7) die erste Ableitung von  $t$  auf.

Dementsprechend zeigt  $i$  im Falle einer stufenförmigen Funktion  $t(x) = \theta_\varepsilon(x)$  ( $2\varepsilon$  ist die Breite des ansteigenden Teils) das Sägezahnprofil der Ableitung einer  $\delta_\varepsilon$ -Funktion [6]. Die Profilhöhe des Sägezahns ist

$$i(x+\varepsilon) - i(x-\varepsilon) \sim r^2 / \varepsilon^2 \quad (8)$$

wächst also mit wachsender Steilheit der Stufe. Die Abb. 2-5 zeigen einige experimentelle Ergebnisse aus der Arbeit [5]. Das Ziel dieser Experimente war vor allem eine Bestätigung der praktischen Funktionsfähigkeit der Methode.

Die Abb. 2-4 bringen ein Beispiel für Kontrastausgleich, Abb. 5 enthält ein Beispiel für extreme Kantenanhebung. In Abb. 2 ist ein Luftmeßbild teilweise mit Graufilter bekan-

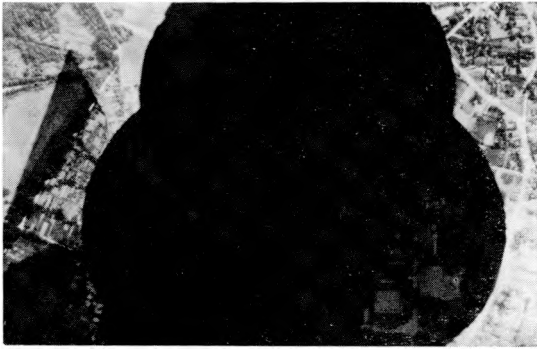


Abb. 2. Luftmeßbild mit simulierten Wolkenschatten

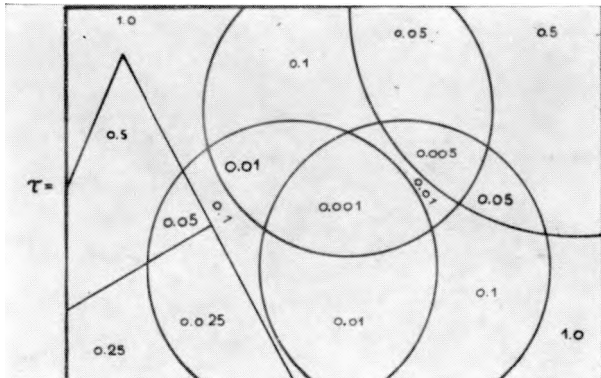


Abb. 3. Mittlere, relative Transparenz in Abb. 2

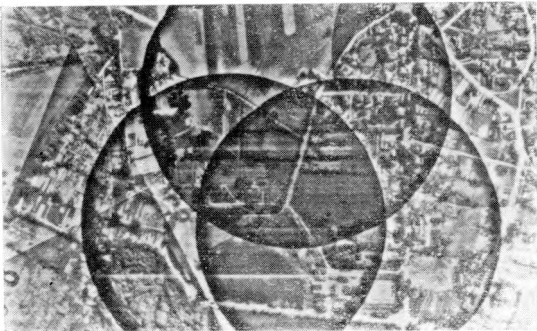


Abb. 4. Kontrastausgeglichene Kopie von Abb. 2



Abb. 5. Reliefbild durch Kontrastausgleich sehr kleiner Strukturelemente

nter Transparenz bedeckt worden, um Wolkenschatten zu simulieren. Abb. 3 zeigt die Verteilung der relativen, mittleren Transparenz. In Abb. 4 wurde der Kontrast ausgeglichen. Der Durchmesser der größeren Blende beträgt 1 mm. Auch in dem Gebiet, dessen mittlere Transparenz um den Faktor  $10^{-3}$  unter dem Normalen lag, ist eine recht gute Auswerbarkeit wiedergewonnen. Die streifige Struktur deutet an, daß die elektronische Schaltung bei so großer Schwärzung nicht mehr stabil arbeitet. Die Ränder der Graufilter sind in Abb. 4 störend hervorgehoben. Das ist eine Folge des hier unerwünschten Kantenreffektes. Man erkennt das bereits erwähnte Sägezahnprofil. Echte Wolkenschatten haben nicht so scharfe Ränder, und diese Störung fällt bei ihnen fort.

Andererseits kann es manchmal erwünscht sein, Kanten besonders zu betonen. Dann ist der Kantenreffekt vorteilhaft. Abb. 5 zeigt ein Beispiel. Der Durchmesser der größeren Blende ist nur noch 0,6 mm. Die Graufilter sind fortgelassen. Die Grenze zwischen Großfläche und Detail ist soweit zu kleinen Strukturelementen verschoben, daß praktisch nur noch die Umrisse der Details von Abb. 4 erhalten geblieben und durch den Kantenreffekt verstärkt worden sind. Das führt zu einer reliefartigen Struktur, die Details stärker hervortreten läßt und deren Auswertung erleichtert.

### An electrooptical method of contrast control

An electrooptical method of contrast control is described, especially fitted to contrast reduction of low spatial frequencies. A special edge sharpening effect is typical for this method.

### Электрооптический метод управления контраста изображения

Описано электрооптический метод управления контраста изображения. Этот метод особенно пригоден для уменьшения контрастности низких пространственных частот. Можно наблюдать специальный краевой эффект вблизи границ между областями различных почернений.

## Literatur

- [1] KRUG W., WEIDE H.-G., *Wissenschaftliche Fotografie in der Anwendung*, Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig, Leipzig 1972.
- [2] FAIMAN Z., *Elektronische Kontrastausgleichung der fotografischen Aufnahme*, 6th conference on scientific and applied photography No. 36, Budapest 1972.
- [3] ELBNER K.-E., SCHULZ G., *Eine inkohärente Methode aktiver optischer Übertragung*, *Optica Acta* **19**, 243 (1972), No. 3.
- [4] WINKLER H., *Elektronische Analoganlagen*, Akademie-Verlag, Berlin 1963.
- [5] WILLE L., *Kontrastausgleich durch nichtlineare optische Filterung*, Diplomarbeit Zentralinstitut für Optik und Spektroskopie der Akademie der Wissenschaften der DDR, Berlin 1973.
- [6] MACKE W., *Mechanik der Teilchen, Systeme und Kontinua*, Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig, Leipzig 1962.

Received, May 15, 1975