



## 1

Das Hauptpatent handelt von einem Verfahren zur elektronischen Farbkorrektur für die Reproduktion farbiger Bildvorlagen, wobei nach Art der Bildtelegraphie eine farbige Vorlage selbst oder drei nach ihr hergestellte photographische Farbauszüge unmittelbar abgetastet werden, dadurch gekennzeichnet, daß die drei stetig veränderlichen Farbmeßwerte  $x, y, z$  (z. B. die Normfarbwerte nach DIN 5033) der farbigen Bildpunkte des zu reproduzierenden Originals durch je eine hinreichend große Anzahl verschiedener diskreter Werte ersetzt werden, daß die drei stetig veränderlichen Farbdosierungen  $u, v, w$  (z. B. die relativen Rasterpunktgrößen bzw. Näpfchentiefen) für die farbigen Bildpunkte der Reproduktion, welche mit den Farbmeßwerten  $x, y, z$  durch drei empirisch oder theoretisch ermittelte Funktionen  $u = b(x, y, z)$ ,  $v = r(x, y, z)$ ,  $w = g(x, y, z)$  zusammenhängen, ebenfalls durch je eine hinreichend große Anzahl diskreter Werte ersetzt werden, daß die durch proportionale elektrische Signale dargestellten Farbmeßwerte einem elektronischen Speicher entsprechend der Abtastgeschwindigkeit laufend zugeführt werden, und daß die durch proportionale elektrische Signale dargestellten Farbdosierungen dem elektronischen Speicher laufend entnommen werden in Zeitintervallen, die gleich oder kleiner sind als die Zeit, die zur Abtastung eines Bildpunktes benötigt wird.

Die diskreten Farbmeßwertspannungen werden dabei in der Weise gewonnen, daß die drei stetig veränderlichen Farbmeßwertsignale periodisch und kurzzeitig mit mindestens der doppelten höchsten Signalfrequenz abgefragt und anschließend die abgefragten diskreten Signalmomentanwerte quantisiert werden.

Jedem quantisierten Farbmeßwertsignaltripel  $x, y, z$  ist ein Dreifachkoinzidenzschalter einer dreidimensionalen Schaltermatrix zugeordnet, der dann und nur dann entspricht, wenn alle drei Farbmeßwertsignalquanten gleichzeitig vorliegen.

Ausgangsseitig ist jedem Koinzidenzschalter ein gespeichertes quantisiertes Farbdosierungssignaltripel  $u, v, w$  zugeordnet, welches aus dem Speicher dann und nur dann freigegeben wird, wenn der zugeordnete Koinzidenzschalter durch ein Farbmeßwertsignaltripel angesprochen wird.

Durch die Art der Zuordnung der gespeicherten Farbdosierungstriplel vermittelt der Matrixschalter zu den quantisierten Farbmeßwerttripeln, d. h. durch die Art der Verdrahtung, sind die drei Farbkorrekturfunktionen  $b, r, g$  definiert. Diese ursprünglich stetigen Funktionen, bei denen die stetig veränderlichen Farbmeßwerte und Farbdosierungswerte infolge der Quantisierung durch eine endliche Anzahl diskreter Werte ersetzt wurden, sind jetzt unstetig wie tabellierte Funktionen. Dies läßt die Möglichkeit offen, bei

## Verfahren und Vorrichtung zur elektronischen Farbkorrektur

Zusatz zum Patent 1 053 311

Das Hauptpatent hat angefangen am 12. Februar 1958

Patentiert für:

Fa. Dr.-Ing. Rudolf Hell, Kiel-Dietrichsdorf

Dr.-Ing. Rudolf Hell, Kiel,  
Dipl.-Ing. Roman Koll, Kiel-Wellingdorf,  
und Dipl.-Ing. Fritz-Otto Zeyen, Heikendorf bei Kiel,  
sind als Erfinder genannt worden

## 2

hinreichend großer Anzahl von Quantenstufen zwischen den einzelnen diskreten Werten zu interpolieren, wie sich noch zeigen wird.

Ist  $h$  die Anzahl der Quantenstufen für jeden der Farbmeßwerte  $x, y, z$ , so gibt es genau  $h^3$  verschiedene diskrete Farbmeßtripel und dementsprechend auch  $h^3$  verschiedene Matrixschalter. Ausgangsseitig gehen von jedem Matrixschalter eine  $u$ -, eine  $v$ - und eine  $w$ -Leitung ab, insgesamt also  $3 h^3$ -Leitungen, von denen je  $h^3$  gleichartige zu den Eingängen eines  $u$ -, eines  $v$ - und eines  $w$ -Speichers führen, in denen die diskreten Farbdosierungswerte  $u, v, w$ , gespeichert sind. Von verschiedenen Schaltern abgehende Leitungen derselben Art, z. B.  $u$ -Leitungen, brauchen dabei nicht notwendigerweise zu verschiedenen  $u$ -Werten zu führen. Ist für einen Matrixschalter die Sowohl-als-auch-als-auch-Bedingung erfüllt, so wird das ihm zugeordnete  $u, v, w$ -Wertetripel ausgelöst. Den  $h^3$  verschiedenen Farbmeßwerttripeln können höchstens  $h^3$  verschiedene Farbdosierungstriplel zugeordnet sein. Da aber von jedem der  $h^3$  Matrixschalter je eine  $u$ -, eine  $v$ - und eine  $w$ -Leitung abgeht, deren jede zu einem verschiedenen  $u$ - bzw.  $v$ - bzw.  $w$ -Wert führen kann, so beträgt die maximale Anzahl der möglichen verschiedenen zugeordneten  $u$ -,  $v$ - und  $w$ -Werte je  $h^3$ , ist also  $h^2$  mal größer als die Quantenstufenzahl  $h$  jedes der Farbmeßwerte  $x, y, z$ . Dabei kann es durchaus vorkommen, daß unter den  $h^3$  zugeordneten

$u, v, w$ -Tripeln keine zwei vorhanden sind, welche die gleichen  $u$ - oder  $v$ - oder  $w$ -Werte aufweisen, d. h., daß alle je  $h^3$  verschiedenen  $u$ -,  $v$ - und  $w$ -Werte genau einmal vorkommen.

Die den quantisierten Farbmeßwerttripeln zugeordneten Farbdosierungstripel sind nun ebenfalls quantisiert, d. h., die den diskreten Farbmeßwerten  $x, y, z$  auf Grund der Farbkorrekturfunktionen  $g, r, b$  zugeordneten genauen Funktionswerte  $u, v, w$  sind durch festgesetzte, diesen Werten zunächst liegende diskrete Farbdosierungsquanten ersetzt. Die Stufenanzahl der Farbdosierungsquanten  $u, v, w$  kann kleiner, gleich oder größer als die der Farbmeßwertquanten sein. Von Sonderfällen abgesehen, wird man im allgemeinen die Stufenanzahl der Farbdosierungsquanten gleich der der Farbmeßwertquanten wählen, also gleich  $h$ . Dann führen von den je  $h^3$  verschiedenen zugeordneten Farbdosierungswerten  $u, v, w$  durch die Quantisierung im Mittel je  $h^2$  verschiedene zu demselben Farbdosierungsquant, wenn überdies angenommen wird, daß alle  $u$ -,  $v$ -,  $w$ -Quanten im Mittel gleich häufig vorkommen.

Werden die Farbmeßwert- und Farbdosierungsquanten jeweils nach aufsteigenden Werten geordnet, so brauchen aufeinanderfolgende Werte nicht äquidistant zu sein.

Zum Beispiel werden bei der photoelektrischen Abtastung von durchsichtigen photographischen Farbausügen Transparenzen als primäre Farbmeßwerte ermittelt. Die Transparenz eines Bildpunktes ist das Verhältnis der durchgelassenen zur einfallenden Lichtenergie. Hieraus kann zunächst der Kehrwert der Transparenz, die Opazität  $0=1/T$ , als neuer Farbmeßwert gewonnen werden, welche ein Schwärzungsmaß darstellt. Durch Logarithmieren der Opazität erhält man wieder einen anderen Farbmeßwert, die Schwärzung  $S=\log 0=-\log T$ , oder durch Umkehrung  $T=e^{-S}$ . Einer gleichmäßig unterteilten Schwärzungsskala (Differenz zweier aufeinanderfolgender Schwärzungsstufen konstant) entspricht dabei eine logarithmisch unterteilte Transparenzskala (Quotient zweier aufeinanderfolgender Transparenzstufen konstant), deren Teilpunkte sich in Richtung abnehmender Helligkeit zusammendrängen.

Beträgt die Anzahl der Quantisierungsstufen für jeden der drei Farbmeßwerte  $h=50$ , wie im Hauptpatent als Beispiel angegeben wurde, so enthält die Schaltermatrix  $h^3=125\,000$  Koinzidenzschalter. Von den Matrixschaltern gehen ausgangsseitig insgesamt  $3h^3=375\,000$  Leitungen ab, von denen je  $h^3=125\,000$  zu einem  $u$ -,  $v$ - und  $w$ -Speicher mit mindestens je  $h=50$  Eingängen führen. Die Anzahl der benötigten Matrixschalter steigt mit der 3. Potenz der Quantenstufenanzahl.

Versuche haben gezeigt, daß die Anzahl der benötigten Quantenstufen für die Farbmeß- und Farbdosierungswerte davon abhängt, wie groß die Helligkeits- bzw. Schwärzungsänderungsgeschwindigkeit (pro Längeneinheit) bei der Abtastung der Zeilen der unkorrigierten und bei der Aufzeichnung der Zeilen der korrigierten Farbausüge ist. Versuche beim Fernsehen bei der Übertragung von quantisierten Schwärzungsstufen haben ergeben, daß man bei sehr großen Schwärzungsänderungsgeschwindigkeiten, d. h. bei großem Strukturreichtum, mit sehr wenigen Stufen, etwa fünf, auskommt, daß man aber bei sehr geringen Schwärzungsänderungsgeschwindigkeiten, d. h. bei Strukturarmut, mit ganz allmählich verlaufenden Tonwertübergängen eine sehr große Stufenanzahl in der Größenordnung von etwa 100 benötigt. Werden näm-

lich solche allmählich verlaufenden Tonwertübergänge mit einer zu geringen Schwärzungsstufenanzahl übertragen, so bilden sich bei der Wiedergabe an den betreffenden Bildstellen aneinandergrenzende Zonen jeweils gleichbleibender Schwärzung aus, die störende, im Original nicht vorhandene Muster ergeben.

Zur Beseitigung dieses Übelstandes ist vorgeschlagen worden, die Stufenanzahl vom Bildinhalt abhängig zu machen derart, daß bei großer Schwärzungsänderungsgeschwindigkeit mit einer kleinen, bei kleiner Änderungsgeschwindigkeit mit einer großen und bei mittlerer Änderungsgeschwindigkeit mit einer mittleren Stufenanzahl gearbeitet wird. Ein Maß für die Schwärzungsänderungsgeschwindigkeit ist z. B. die momentane (unmodulierte) Signalfrequenz (Bildpunktfrequenz), die jener proportional ist. Jedoch sind Steuerungsanordnungen für veränderliche Quantenstufenanzahlen sehr kompliziert und für den vorliegenden Zweck zu aufwendig, so daß mit konstanter Quantenstufenanzahl gearbeitet werden muß.

Legte man eine Stufenanzahl von  $h=100$  zugrunde, so würde dies auf eine Schalteranzahl von  $h^3=10^6$  der Schaltermatrix und aus insgesamt  $3h^3=3\cdot 10^6$  abgehende Leitungen zu dem  $u$ -,  $v$ - und  $w$ -Speicher führen. Wenngleich es trotz den erheblichen und viel Zeit beanspruchenden Verdrahtungsarbeiten möglich und bei den modernen elektronischen Rechenmaschinen sogar üblich ist, solche hohen Anzahlen elektronischer Bauelemente zu verwenden, so ist ein solcher Aufwand für eine Teilvorrichtung einer elektronischen Farbkorrekturmaschine wirtschaftlich nicht tragbar, da der Hauptaufwand in den komplizierten und mit höchster Präzision arbeitenden Abtast- und Aufzeichnungsvorrichtungen besteht.

Ein noch zu rechtfertigender Aufwand ergibt sich bei Verwendung von etwa  $h=10$  Stufen, was zu  $h^3=1000$  Matrixschaltern und zu  $3h^3=3000$  abgehenden  $u$ -,  $v$ - und  $w$ -Leitungen führt. Dann belaufen sich die Maximalanzahlen jeweils untereinander verschiedener  $u$ -,  $v$ - und  $w$ -Speichereingänge auf 1000. Es besteht also die Aufgabe, die Anzahl der eingangsseitig abzutastenden und der ausgangsseitig aufzuzeichnenden Schwärzungsstufen um etwa das Zehnfache zu erhöhen, ohne die Quantenstufenanzahl von 10 zu vermehren, um zu einer Anzahl von Schwärzungsstufen von 100 zu gelangen.

Erfindungsgemäß geschieht dies in der Weise, daß die drei stetig veränderlichen Farbmeßwertsignale mit je einer sägezahn- oder dreieckförmigen Wechselspannung additiv überlagert (gewobbel) werden, deren Frequenz mindestens gleich der doppelten höchsten Signalfrequenz (Bildpunktfrequenz) und deren doppelte Amplitude (Abstand von oberer zu unterer Spitze) mindestens gleich einer Quantenstufe ist, daß die gewobbelten Farbmeßwertspannungen periodisch und kurzzeitig mit einer Frequenz abgefragt werden, die ein Vielfaches der Wobbelfrequenz ist, und daß die abgefragten gewobbelten Signalmomentanwerte in an sich bekannter Weise quantisiert werden.

Nach einem weiteren Erfindungsgedanken werden die Amplituden der Wobbelfrequenzen entsprechend den veränderlichen Quantenstufendifferenzen der Farbmeßwertsignalquanten durch die abgefragten Farbmeßwertsignale moduliert.

Nach einem weiteren Erfindungsgedanken wird das erste Verfahren gemäß der Erfindung durch eine Vorrichtung durchgeführt, bestehend aus drei gleichartig aufgebauten elektrischen Kanälen für die drei Farbmeßwertsignale, deren jeder eine Überlagerungsstufe,

eine periodisch arbeitende Abfragevorrichtung und eine Quantisierungsstufe enthält, weiter aus einem als Wobbelgenerator dienenden Sägezahn- oder Dreiecksgenerator, dessen Spannung den Signalspannungen in den Überlagerungsstufen überlagert wird, ferner aus einem Taktgenerator, dessen Frequenz ein Vielfaches der Frequenz des Wobbelgenerators ist, und durch welchen der Wobbelgenerator synchronisiert sowie die Abfragevorrichtungen gesteuert werden.

Nach einem weiteren Erfindungsgedanken wird das zweite Verfahren gemäß der Erfindung durch eine Vorrichtung durchgeführt, die darin besteht, daß zusätzlich für jeden elektrischen Kanal eine Modulationsstufe vorgesehen ist, in welcher die Wobbelspannung durch die Signalspannung amplitudenmoduliert wird, und daß die modulierte Wobbelspannung in der Überlagerungsstufe der Signalspannung additiv überlagert wird.

Der Erfindung liegt der folgende Gedankengang zugrunde: Durch die Wobbelung der Farbsignalspannung mit der sägezahn- oder dreieckförmigen Wechselspannung soll festgestellt werden, wie weit der abgetastete Signalmomentanwert von der nächsthöheren und der nächstniedrigeren Quantenstufe entfernt ist, d. h., es soll eine statistische Interpolation zwischen diesen beiden aufeinanderfolgenden Quantenstufen vorgenommen werden. Je nachdem, wie oft bei der vielfachen Abfrage des gewobbelten Signalmomentanwertes dabei die nächsthöhere und nächsttiefere Quantenstufe angetroffen wird, wird bei der photographischen Aufzeichnung der Farbdosierungswerte des betreffenden korrigierten Farbauszuges in Form von quantisierten Schwärzungen eine Schwärzung erreicht werden, die zwischen den beiden, diesen Quantenstufen zugeordneten Schwärzungen liegt. Denn jeder korrigierte Bildpunkt wird jetzt nicht mehr durch einen einzigen quantisierten Belichtungsimpuls der Schreiblampe von der Dauer der Abfrageperiode der Signalmomentanwerte erzeugt, sondern aus vielen, z. B. zehn einzelnen quantisierten Belichtungsimpulsen von jeweils ein Zehntel Dauer, die sich auf zwei Quantenstufen verteilen. Die photographische Schicht summiert diese einzelnen Belichtungsimpulse für jeden Bildpunkt zu einem mittleren Belichtungswert, auch wenn diese einzelnen Belichtungsimpulse ihrer Intensität nach zu verschiedenen Farbdosierungsquanten gehören. Auf diese Weise werden bei der Aufzeichnung der korrigierten Farbauszüge Zwischenschwärzungswerte gewonnen, die durch Mischen von Schwärzungsquanten entstehen.

Es werde angenommen, daß die Frequenz der sägezahn- oder dreieckförmigen Wobbelwechselspannung und die Abtastfrequenz der Farbinformationssignale gleich der doppelten höchsten Signalfrequenz seien (damit nach dem Abtasttheorem der Nachrichtentechnik an Informationsinhalt nichts verlorengelassen), also etwa 2000 Hz betrage, und daß die Amplitude der Wobbelspannung gleich einer halben Signalquantenstufe sei. Ferner werde zunächst angenommen, daß die periodisch und kurzzeitig abgefragten Signalmomentanwerte durch einen Haltekreis über die Abfrageperiode festgehalten (konstant gehalten) werden. Durch die Wahl der Wobbelamplitude wird erreicht, daß der abgefragte und festgehaltene Signalmomentanwert, der ja im allgemeinen kein Quantenwert sein wird, durch die Wobbelung verkleinert und vergrößert wird, so daß er linear ansteigt oder fällt, und zwar derart, daß sein kleinster und sein größter Wert mit Sicherheit in zwei aufeinanderfolgende Quantenstufen hineinreicht. Eine größere Wobbel-

amplitude würde eventuell eine größere Anzahl benachbarter Quantenstufen erfassen; dies würde zwar nichts schaden, aber auch nichts nützen. Wird nun der gewobbelte Signalmomentanwert über die Wobbelperiode, die im Beispielsfalle gleich der Abfrageperiode der Farbsignale ist, beispielsweise zehnmal periodisch und kurzzeitig abgefragt, so wird die eine Hälfte der Abfragewerte — im Beispielsfalle also fünf — kleiner und die andere Hälfte größer als der abgetastete Signalmomentanwert sein. Wegen der zeitlichen Äquidistanz der Abfragezeitpunkte und wegen der linear steigenden oder fallenden Wobbelspannung sind die aufeinanderfolgenden steigenden oder fallenden Abfragewerte innerhalb einer Wobbelperiode ebenfalls äquidistant.

Zur näheren Erläuterung der Verfahren und der Vorrichtungen gemäß der Erfindung dienen die Fig. 1 bis 3, deren

Fig. 1 und 2 je einen Ausschnitt aus dem gewobbelten Signalverlauf und

Fig. 3 eine Schaltungsanordnung zur Durchführung der Verfahren gemäß der Erfindung zeigen.

In Fig. 1 ist in einer graphischen Darstellung ein kurzer Ausschnitt aus dem Verlauf einer der Farbmesswertsignalspannungen  $U_s$  als Funktion der Zeit  $t$  über zwei Abfrageperioden  $T$  dargestellt. Ferner ist der zeitliche Verlauf einer periodischen steigenden Sägezahnwechselspannung mit der Periode  $T$  und einer Amplitude, die gleich einer halben Quantenstufe ist, eingezeichnet. Die Abfragemomentanwerte zu den Zeitpunkten  $0, T, 2T, \dots$ , die ja im allgemeinen keine Quantenwerte sein werden, sind über die Abfrageperiode  $T$  hinweg festgehalten (konstant gehalten) und durch der  $t$ -Achse parallele Strecken dargestellt. Die gewobbelten, d. h. die mit der Sägezahnspannung überlagerten, über eine Abfrageperiode konstant gehaltenen Momentanwerte der Signalspannung, sind als schräge Strecken mit einer der Steigung der Sägezahnspannung gleichen Steigung dargestellt. An ihren Anfangs- und Endpunkten erreichen diese Strecken Spannungswerte, die um eine halbe Quantenstufe unter bzw. über dem festgehaltenen Momentanwert der Signalspannung liegen. In ihren Mittelpunkten erreichen diese Strecken Spannungswerte, die gleich den festgehaltenen Momentanwerten der Signalspannung sind. Anstatt einer steigenden kann mit gleicher Wirkung auch eine fallende Sägezahnspannung oder eine abwechselnd steigende und fallende Dreiecksspannung als Wobbelspannung verwendet werden.

Die gewobbelten, festgehaltenen Momentanwerte der Signalspannung werden nun mit einer Frequenz abgefragt, die ein Vielfaches der Abfragefrequenz der Signalspannung beträgt. Ist die Abfragefrequenz der Signalspannung zunächst  $f=2000$  Hz, wie oben angenommen wurde, so möge die Abfragefrequenz  $F$  der gewobbelten Signalspannung das  $m$ -fache, beispielsweise das Zehnfache, betragen:

$$F = m \cdot f = 10 \cdot 2000 \text{ Hz} = 20 \text{ kHz.}$$

Die Periode  $\tau$  der Abfrage der gewobbelten Signalspannung beträgt dann den  $m$ . Teil, im Beispielsfalle den zehnten Teil, der Periode  $T$  der Abfrage der ungewobbelten Signalspannung:

$$\tau = T/m = 0,5/10 \text{ msec} = 50 \mu \text{ sec.}$$

Die Abfragezeitpunkte und die Abfragewerte der gewobbelten Signalspannung sind äquidistant. Aufeinanderfolgende Abfragewerte haben wegen des linearen Verlaufs der gewobbelten Signalspannung

eine konstante Differenz von  $1/m$  einer Quantenstufe. Die Abfragewerte sind symmetrisch um den Mittelwert — den Signalmomentanwert — verteilt.

Zum besseren Verständnis der Erfindung möge ein Zahlenbeispiel durchgerechnet werden.

Es werde angenommen, daß der abgefragte und festgehaltene Momentanwert der Signalspannung  $h+0,25$  Spannungseinheiten betrage, wobei  $h$  eine ganzzahlige Anzahl von Spannungseinheiten, also eine Quantenspannung, bedeute. Die gewobbelte Signalspannung erreicht an ihrer unteren und oberen Grenze die Werte

$$h+0,25-0,5=h-0,25$$

bzw.

$$h+0,25+0,5=h+0,75.$$

Die elf Abfragewerte sind demnach die folgenden:

$$h-0,25; h-0,15; h-0,05; h+0,05; h+0,15; h+0,25; h+0,35; h+0,45; h+0,55; h+0,65; h+0,75.$$

Hiervon entfallen bei der Quantisierung die ersten acht Werte auf die Quantenstufe  $h$ , die restlichen drei Werte auf die Quantenstufe  $h+1$ . Dies ergibt im Mittel für die elf Werte

$$\frac{8h+3(h+1)}{11} = \frac{11h+3}{11} = h+0,27.$$

Ohne die Mehrfachabfrage pro Bildpunkt hätte sich bei der Quantisierung des Abfragewertes  $h+0,25$  als Quantenwert  $h$  ergeben.

Bei der Mehrfachabfrage pro Bildpunkt wird durch die statistische Mittelung zwischen den dem wahren Signalmomentanwert benachbarten quantisierten Werten  $h$  und  $h+1$  eine Dezimale gewonnen, nämlich  $h+0,3$ , die dem wahren Momentanwert  $h+0,25$  beträchtlich näher kommt als der quantisierte Wert  $h$ , ohne daß jedoch die Quantenstufenanzahl erhöht worden ist. Die Wirkung dieser Maßnahme ist aber dieselbe, als ob die Anzahl der Quantenstufe erhöht worden wäre.

Der linearen Interpolation zwischen zwei quantisierten Werten der Farbmeßwertspannungen bei der Abtastung der unkorrigierten Farbauszüge entspricht eine lineare Interpolation zwischen den beiden nach den Farbkorrekturfunktionen zugeordneten quantisierten Werten der Farbdosierungsspannungen bei der Aufzeichnung der korrigierten Farbauszüge. Die Folge ist, daß auf Grund der Mehrfachabfrage ein einzelner Bildpunkt eines der korrigierten Farbauszüge nicht mehr durch einen einzigen, in seiner Intensität dem betreffenden Farbdosierungsquant entsprechenden Belichtungsimpuls der Schreiblampe belichtet wird, sondern statt dessen in derselben Zeit durch  $m$  Belichtungsimpulse von jeweils  $1/m$  Dauer, die sich ihrer Intensität nach auf zwei der ihnen entsprechenden Farbdosierungsquanten verteilen. Diese beiden verschiedenen Intensitäten der Belichtungsimpulse geben durch Aufsummierung in der photographischen Schicht zu einer Schwärzung Anlaß, die zwischen denjenigen beiden quantisierten Schwärzungen liegt, welche durch die beiden quantisierten Belichtungsintensitäten einzeln erzeugt werden würden.

Die anfänglich gemachte Annahme, daß die mit der mindestens doppelten höchsten Signalfrequenz abgefragten Momentansignalwerte über die Abfrageperiode hinweg durch einen Haltekreis festgehalten (konstant gehalten) werden, ist aber in der Praxis nicht notwendig, wie sich herausgestellt hat. Es ge-

nügt vielmehr, daß die stetig veränderliche Signalspannung unmittelbar mit der sägezahn- oder dreieckförmigen Wobbelspannung überlagert wird, vorausgesetzt, daß die Frequenz dieser Wobbelspannung mindestens gleich der doppelten höchsten Signalfreq. enz oder besser noch ein Vielfaches hiervon ist.

Die dabei auftretenden Verhältnisse sind in Fig. 2 dargestellt. Über der Zeitachse ( $t$ ) ist wieder ein kurzes Stück des Verlaufes einer der Farbsignalspannungen ( $U_s$ ) aufgetragen, ferner sind einige Perioden der sägezahnförmigen Wobbelwechselfrequenz, deren Amplitude gleich einer halben Quantenstufe ist, und schließlich ist die gewobbelte Signalspannung dargestellt. Diese wird wieder periodisch und kurzzeitig mit einer Frequenz abgefragt, die ein Vielfaches der Wobbelfrequenz ist. Das Ergebnis der Überlagerung ist wegen des im allgemeinen krummlinigen Verlaufes der Signalspannung nicht mehr linear. Die Abfragezeitpunkte sind noch äquidistant, jedoch gilt dies nicht mehr für die Abfragewerte. Am Anfang jeder Wobbelperiode liegt die gewobbelte Signalspannung um eine halbe Quantenstufe unter oder über und am Ende über oder unter der ungewobbelten Signalspannung, je nachdem, ob die sägezahnförmige Wobbelspannung steigt oder fällt.

Ferner ist die mittlere Steilheit der gewobbelten Signalspannung innerhalb einer Wobbelperiode größer oder kleiner als die mittlere Steilheit der ungewobbelten Signalspannung, je nachdem die Sägezahnspannung steigt oder fällt.

Bei genügend hoher Wobbelfrequenz, die ja mindestens gleich der Bildpunktfrequenz ist, können die Kurvenabschnitte der Signalspannung innerhalb der Wobbelperioden mit hinreichender Genauigkeit als geradlinig angesehen werden entsprechend der Tatsache, daß bei genügend feiner Abszissenenteilung eine Kurve durch ein Sehnenpolygon angenähert werden kann.

Die Wirkung der Wobbelung läßt sich dann so auffassen, daß bei der Mehrfachabfrage vom Mittelwert des geradlinigen, aber nicht mehr konstanten Signalspannungsabschnittes innerhalb einer Wobbelperiode festgestellt wird, wie oft er in benachbarte Quantenstufen hineinreicht. Der innerhalb einer Wobbelperiode geradlinig ansteigende oder fallende Signalspannungsverlauf wird also durch seinen Mittelwert in der Mitte des Wobbelintervalles ersetzt, als ob dieser Mittelwert über die Wobbelperiode festgehalten würde.

Wird nun z. B. einem geradlinig ansteigenden Signalspannungsabschnitt eine steigende Sägezahnspannung überlagert, so ist das Überlagerungsergebnis — der gewobbelte Signalspannungsabschnitt — wieder geradlinig und von größerer Steilheit als die Einzelsteilheiten der Signal- und Sägezahnspannung. Da die Sägezahn-Amplitude eine halbe Quantenstufe beträgt, so kann Anfang und Ende des gewobbelten Signalspannungsabschnittes möglicherweise in mehr als zwei benachbarte Quantenstufen hineinfallen. Wie schon früher erwähnt, nützt dies zwar nichts, aber es schadet auch nichts. Wird aber einem steigenden Signalspannungsabschnitt eine fallende Sägezahnspannung überlagert, so ist das Überlagerungsergebnis von geringerer Steilheit als die Steilheit der Sägezahnspannung. Es besteht jetzt die Möglichkeit, daß Anfang und Ende des gewobbelten Signalspannungsabschnittes nur noch in eine einzige Quantenstufe fallen. Hiernach scheint es, daß in einem solchen Falle die Wobbelung zwecklos wird, indem das, was mit ihr gerade bezweckt werden soll, nämlich die Erfas-

sung von mehr als einer Quantenstufe, wieder zu-  
nichte gemacht wird. Dasselbe gilt, wenn ein fallen-  
der Signalspannungsabschnitt mit einer steigenden  
Sägezahnspannung überlagert wird. Man sollte also  
meinen, daß steigende Signalspannungsabschnitte nur  
mit einer steigenden, und fallende Signalspannungs-  
abschnitte nur mit einer fallenden Sägezahnspannung  
überlagert werden dürften. Dies würde aber erfordern,  
daß nach einem Maximum der Signalspannung die  
steigende Sägezahnspannung in eine fallende und nach  
einem Minimum die fallende in eine steigende Säge-  
zahnspannung umgewandelt wird.

Aber abgesehen davon, daß eine solche durch die  
Maxima und Minima der Signalspannung automatisch  
zu steuernde Umkehrung der Steigungsrichtung der  
Sägezahnspannung zwar möglich, jedoch zu aufwendig  
wäre, ist sie auch nicht notwendig. Wie eingangs er-  
wähnt, verfolgt die Wobbelung den Zweck, gerade bei  
den ganz allmählich verlaufenden Tonwertübergängen,  
also bei Strukturarmut, d. h. bei geringer Schwär-  
zungsänderungsgeschwindigkeit, mittels der statisti-  
schen Interpolation zwischen zwei benachbarten  
Quantenstufen eine Dezimale zu gewinnen, was in der  
Wirkung einer Erhöhung der Quantenstufenanzahl  
gleichkommt, die in diesem Falle eigentlich notwendig  
wäre. Bei Bildstellen mit ausgesprochener Struktur-  
armut ist aber die Änderung der Signalspannung bei  
der hohen Wobbelfrequenz innerhalb einer Wobbel-  
periode so geringfügig, daß die Signalspannung prak-  
tisch als konstant angesehen werden kann. Dann ist  
aber die Änderung der Steilheit der überlagerten  
Sägezahnspannung durch die Signalspannung eben-  
falls so geringfügig, daß die Steilheit der gewobbel-  
ten Signalspannung nahezu gleich der Steilheit der  
Sägezahnspannung ist. Es liegt also praktisch der  
anfänglich angenommene Fall vor, daß die periodisch  
abgefragten Signalmomentanwerte durch einen Halte-  
kreis über die Abfrageperiode festgehalten werden.  
Dann ist es aber gleichgültig, ob die Wobbelspannung  
steigt oder fällt wie bei einer Sägezahnspannung oder  
abwechselnd steigt und fällt wie bei einer Dreiecks-  
spannung.

Hingegen bei den Bildstellen mit großem Struktur-  
reichtum, d. h. bei großer Schwärzungsänderungs-  
geschwindigkeit, kommt man, wie eingangs erwähnt,  
mit einer sehr geringen, ohnehin schon vorhandenen  
Quantenstufenanzahl aus, so daß eine Wobbelung an  
solchen Bildstellen überflüssig wird. Man könnte  
daher die Wobbelung an solchen Bildstellen aus-  
schalten. Da aber eine automatische Steuerung hierfür  
zwar möglich, aber zu aufwendig wäre, werden auch  
die Bildstellen mit großem Strukturreichtum gewob-  
belt, was, wie bereits dargelegt wurde, zwar nichts  
bringt, aber auch nichts schadet.

In Fig. 3 ist an Hand eines Blockschaltbildes eine  
Vorrichtung zur Durchführung der Verfahren gemäß  
der Erfindung dargestellt. Die Vorrichtung besteht  
aus drei gleichartig aufgebauten elektrischen Kanälen  
für die Farbmeßwertsignale  $x$ ,  $y$ ,  $z$ .  $1$ ,  $1'$ ,  $1''$  sind drei  
Signalgeneratoren, welche die drei Farbmeßwert-  
signalspannungen  $x$ ,  $y$ ,  $z$  liefern.  $2$ ,  $2'$ ,  $2''$  sind drei  
Überlagerungsstufen ( $S$ ), in denen den Farbmeßwert-  
signalen eine Sägezahn- oder Dreiecksspannung addi-  
tiv überlagert wird.  $3$ ,  $3'$ ,  $3''$  sind drei elektrome-  
chanische (rotierende) oder elektronische Abtastvorrich-  
tungen, mittels derer die gewobbelten Farbmeßwert-  
signale periodisch und kurzzeitig abgefragt werden.  
Auf die Abtaster folgen die drei Quantisierungs-  
vorrichtungen ( $Q$ )  $4$ ,  $4'$ ,  $4''$ .  $5$  ( $SG$ ) ist ein Generator,  
der eine sägezahn- oder dreieckförmige Wechsel-

spannung mit einer Frequenz liefert, die gleich dem  
Einfachen oder einem Vielfachen der doppelten höch-  
sten (unmodulierten) Signalfrequenz ist. Diese  
Frequenz bewegt sich zwischen 2 und 10 kHz. Mit  
dem Sägezahn-generator  $5$  ist der Taktgenerator  
( $TG$ )  $6$  synchronisiert, der Impulse von einer Fre-  
quenz liefert, welche gleich einem Vielfachen der  
Frequenz des Sägezahn-generators  $5$  beträgt. Die  
Taktfrequenz kann sich zwischen 10 und 100 kHz  
bewegen. Durch die Impulse des Taktgenerators wer-  
den die Abtastvorrichtungen  $3$ ,  $3'$ ,  $3''$  gesteuert bzw.  
synchronisiert. Falls die Quantenstufen äquidistant  
sind, wird die Sägezahnspannung aus dem Generator  $5$   
unmittelbar den Steuereingängen der Überlagerungs-  
stufen  $2$ ,  $2'$ ,  $2''$  zwecks Wobbelung der Farbsignal-  
spannungen zugeführt. Falls die Quantenstufen nicht  
äquidistant sind, z. B. wenn Schwärzungen als Farb-  
meßwerte verwendet werden, so ist für jeden Kanal  
noch zusätzlich je eine Modulationsstufe  $7$ ,  $7'$ ,  $7''$   
vorgesehen, in welcher die Amplitude der aus dem  
Generator  $5$  stammenden Sägezahn- oder Dreiecks-  
wechselspannung durch die aus den Signalgenerato-  
ren  $1$ ,  $1'$ ,  $1''$  herrührenden Farbsignalspannungen in  
jeweils verschiedener Weise moduliert wird, bevor die  
amplitudenmodulierten Wobbelspannungen den Farb-  
signalspannungen in den Überlagerungsstufen ( $S$ )  $2$ ,  
 $2'$ ,  $2''$  überlagert werden.

Die die Vorrichtungen  $4$ ,  $4'$ ,  $4''$  verlassenden quanti-  
sierten Farbsignale werden in der nach dem Haupt-  
patent beschriebenen Weise weiter zur Farbkorrektur  
verarbeitet.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zur elektronischen Farbkorrektur  
für die Reproduktion farbiger Bildvorlagen, wobei  
nach Art der Bildtelegraphie eine farbige Bild-  
vorlage selbst oder drei nach ihr hergestellte  
photographische Farbauszüge abgetastet und die  
auf diese Weise gewonnenen Farbmeßwerte in  
Farbdosierungswerte umgerechnet werden, nach  
Patent 1 053 311, dadurch gekennzeichnet, daß die  
drei stetig veränderlichen Farbmeßwertspannun-  
gen mit je einer Wechselspannung gleicher Fre-  
quenz additiv überlagert (gewobbelt) werden,  
deren Frequenz mindestens gleich der doppelten  
höchsten Signalfrequenz (Bildpunktfrequenz) und  
deren Amplitude mindestens gleich einer halben  
Quantenstufe ist, daß die gewobbelten Farbmeß-  
wertspannungen periodisch und kurzzeitig mit  
einer Frequenz abgefragt werden, die ein Viel-  
faches der Wobbelfrequenz ist, und daß die ab-  
gefragten gewobbelten Signalmomentanwerte in  
an sich bekannter Weise quantisiert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß als Wobbelspannung eine sägezahn-  
förmige Wechselspannung verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß als Wobbelspannung eine dreieck-  
förmige Wechselspannung verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß die Amplituden der Wobbelspannun-  
gen entsprechend den veränderlichen Quanten-  
stufendifferenzen der Farbmeßwertsignalquanten  
durch die abgefragten Farbmeßwertsignale in  
jeweils verschiedener Weise moduliert werden.

5. Vorrichtung zur Durchführung des Ver-  
fahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch  
drei gleichartig aufgebaute elektrische Kanäle für  
die drei Farbmeßwertsignale, deren jeder eine

**11**

Überlagerungsstufe, eine periodisch arbeitende Abfragevorrichtung und eine Quantisierungsstufe enthält, durch einen Wobbelgenerator, dessen Spannung den Farbmeßwertsignalspannungen in den Überlagerungsstufen überlagert wird, und durch einen Taktgenerator, durch welchen der Wobbelgenerator synchronisiert wird und die Abfragevorrichtungen gesteuert werden. 5

**12**

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich für jeden elektrischen Kanal eine Modulationsstufe vorgesehen ist, in welcher die Wobbelspannung durch die Signalspannung amplitudenmoduliert wird, bevor die modulierte Wobbelspannung in der Überlagerungsstufe der Signalspannung überlagert wird.

---

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

---

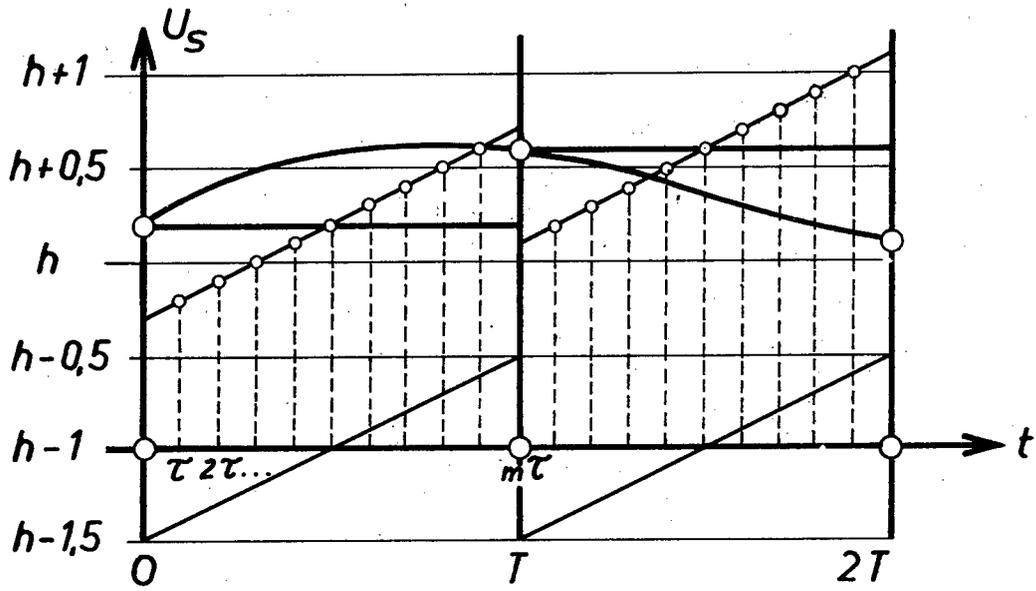


Fig. 1

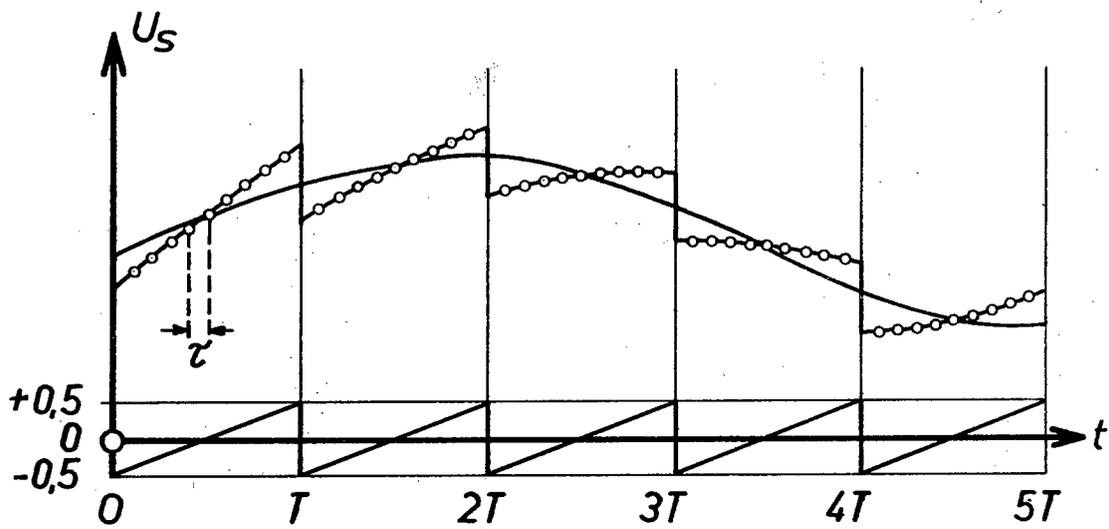


Fig. 2

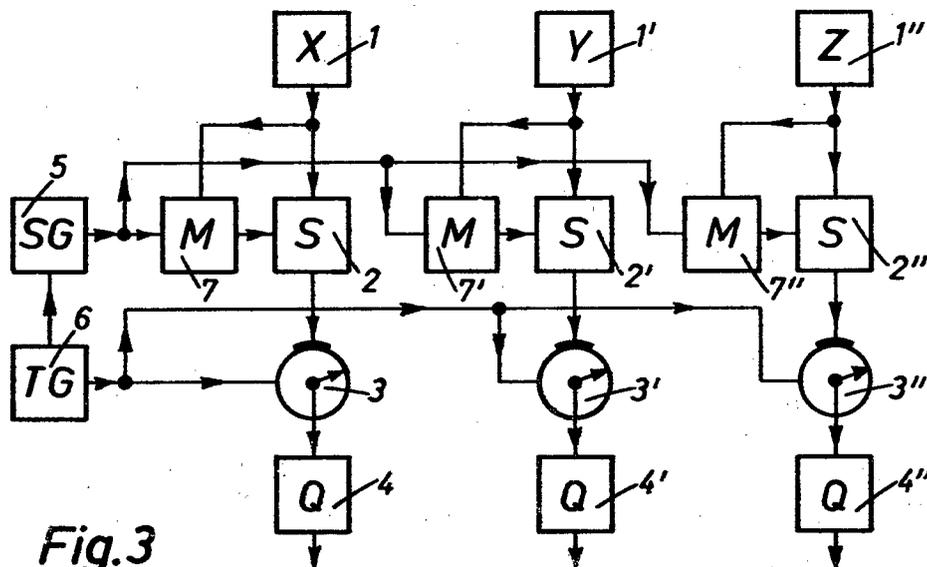


Fig. 3