



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 674 584 A5

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>: G 03 B 27/80  
G 06 F 15/62

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

## ⑫ PATENTSCHRIFT A5

②① Gesuchsnummer: 3611/87

②② Anmeldungsdatum: 18.09.1987

②④ Patent erteilt: 15.06.1990

④⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 15.06.1990

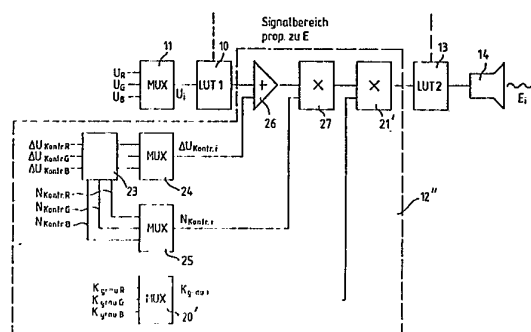
⑦③ Inhaber:  
Agfa-Gevaert Aktiengesellschaft, Leverkusen 1  
(DE)

⑦② Erfinder:  
Birgmeir, Klaus, Dipl.-Phys., Putzbrunn (DE)

⑦④ Vertreter:  
Agfa-Gevaert AG, Dübendorf

### ⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Einstellung von Belichtungsgrößen an einem Kopiergerät.

⑤⑦ Das Verfahren dient zur Einstellung von Belichtungsgrößen wie Graubalance oder Kontrast mit einer Kathodenstrahlröhre zur punkt- und zeilenweisen Belichtung eines Farbkopiermaterials mit einer Signalfolge, die einer Bildvorlage entspricht, welche zur Erzeugung einer tonwert- und/oder kontrastrichtigen Kopie einer Bildverarbeitung unterworfen wurde. Zur Einstellung einer Belichtungsgröße ohne Rückwirkung auf andere Belichtungsgrößen wird ein den nutzbaren Belichtungsbereich überdeckender Signalbereich geschaffen, der zur Röhrenhelligkeit (E) oder zu deren Logarithmus (log E) proportional ist. Die für die Einstellung erforderlichen Korrekturen der Röhrenhelligkeit (E) werden dann in einer Serienschaltung von einem Additionsverstärker (26) mit zwei Multiplikationsverstärkern (27, 21') durch Multiplizieren der Signalfolge ( $U_i$ ) mit Korrekturfaktoren ( $K_{\text{grau R, G, B}}$ ) und durch Hinzuaddieren von Korrekturgrößen ( $\Delta U_{\text{Kontr R, G, B}}$ ) durchgeführt.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Einstellung von Belichtungsgrößen an einem Kopiergerät mit einer Kathodenstrahlröhre zur punkt- und zeilenweisen Belichtung eines Farbkopiermaterials mit einer Signalfolge, die einer Bildvorlage entspricht, welche zur Erzeugung einer tonwert- und/oder kontrastrichtigen Kopie einer Bildverarbeitung unterworfen wurde, dadurch gekennzeichnet, dass zur Einstellung einer Belichtungsgröße ohne Rückwirkung auf andere Belichtungsgrößen ein den nutzbaren Belichtungsbereich überdeckender Signalbereich geschaffen wird, der zur Röhrenhelligkeit ( $E$ ) oder zu deren Logarithmus ( $\log E$ ) proportional ist und dass die für die Einstellung erforderlichen Korrekturen der Röhrenhelligkeit ( $E$ ) durch Multiplizieren der Signalfolge der Bildvorlage ( $U_i$ ) mit Korrekturfaktoren ( $K_{\text{grau R, G, B}}$ ;  $K_{\text{Kontr R, G, B}}$ ) bzw. durch Hinzuzaddieren von Korrekturgrößen ( $\Delta U_{\text{grau R, G, B}}$ ;  $\Delta U_{\text{Kontr R, G, B}}$ ) durchgeführt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Einstellung der Belichtungsgrößen nach einer Berücksichtigung der Nebendichten des Farbkopiermaterials und vor einer Berücksichtigung der Nichtlinearität der Röhrenkennlinie die Linearität des Verlaufs des Bildsignals  $U_i$  bzw. des Logarithmus  $\log U_i$  über eine Look-up-table (LUT 10) hergestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Einstellung des Kontrastes nach der Herstellung des zum Logarithmus der Röhrenhelligkeit proportionalen Signalbereiches eine erste Gruppe von Korrektursignalen  $\Delta N_{\text{Kontr R, G, B}}$  zu der Signalfolge  $U_i$  addiert und dann mit von den Korrektursignalen  $\Delta U_{\text{Kontr R, G, B}}$  abgeleiteten Kompensationssignalen  $N_{\text{Kontr R, G, B}}$  multipliziert werden.

4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Einstellung des Kontrastes nach der Herstellung des zum Logarithmus der Röhrenhelligkeit proportionalen Signalbereiches die Signalfolge  $U_i$  mit einer ersten Gruppe von Korrektursignalen  $K_{\text{Kontr R, G, B}}$  multipliziert und zu dem Produkt von den Korrektursignalen  $K_{\text{Kontr R, G, B}}$  abgeleitete Kompensationssignale  $\Delta N_{\text{Kontr R, G, B}}$  hinzuaddiert werden.

5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 in einem Kopiergerät mit einer Kathodenstrahlröhre zur punkt- und zeilenweisen Belichtung eines Farbkopiermaterials mit einer Signalfolge, die einer Bildvorlage entspricht, welche zur Erzeugung einer tonwert- und/oder kontrastrichtigen Kopie einer Bildverarbeitung unterworfen wurde, wobei Mittel zur Einstellung von Belichtungsgrößen vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, dass in einer Schaltung (3) zur Anpassung der Signalfolge an die Eigenschaften des Farbkopiermaterials (19) mit mehreren das Bildsignal beeinflussenden Verstärkern zwischen einer Farbmatrix (9) zur Berücksichtigung von Nebendichten des Farbkopiermaterials und einem Schaltungselement (13) zur Anpassung des Bildsignals an die Röhrenhelligkeit  $E$  eine Look-up-Table (10, 10') zum Schaffen eines Signalbereiches vorgesehen ist, der proportional zur Röhrenhelligkeit  $E$  bzw. zu deren Logarithmus  $\log E$  ist und dass zur Einstellung der Graubalance bzw. des Kontrastes in dem proportionalen Signalbereich Addier- bzw. Multiplizierverstärker (21; 22; 26, 27; 28, 30) vorgesehen sind, die entsprechende Korrektursignale addieren bzw. multiplizieren.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zur Graubalance-Einstellung in dem zur Röhrenhelligkeit  $E$  proportionalen Signalbereich ein Multiplikationsverstärker (21) vorgesehen ist, dem über einen Multiplexer (20) jeweils das für die gerade zur Belichtung anstehende Farbe zutreffende Korrektursignal  $K_{\text{grau R, G, B}}$  zugeführt ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zur Einstellung der Graubalance in dem zum

Logarithmus der Röhrenhelligkeit  $\log E$  proportionalen Signalbereich ein Additionsverstärker (22) vorgesehen ist, dem über einen Multiplexer (23) jeweils das für die zur Belichtung anstehende Farbe zutreffende Korrektursignal  $\Delta U_{\text{grau R, G, B}}$  zugeführt ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zur Kontrasteinstellung in dem zur Röhrenhelligkeit  $E$  proportionalen Signalbereich ein Additionsverstärker (26) und diesem nachgeschaltet ein Multiplikationsverstärker (27) vorgesehen sind, und dass dem Additionsverstärker (26) über einen Multiplexer (24) jeweils das für die zur Verarbeitung anstehende Farbe zutreffende Korrektursignal  $\Delta U_{\text{Kontr R, G, B}}$  und dem Multiplikationsverstärker (27) ebenfalls über einen Multiplexer (25) ein von dem Korrektursignal  $\Delta U_{\text{Kontr R, G, B}}$  abgeleitetes Kompensationssignal  $N_{\text{Kontr R, G, B}}$  zugeführt ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zur Kontrasteinstellung in dem zum Logarithmus der Röhrenhelligkeit  $\log E$  proportionalen Signalbereich hintereinander ein Multiplikations- (28) und ein Additionsverstärker (30) angeordnet ist, und dass dem Multiplikationsverstärker (28) über einen Multiplexer (27) jeweils das für die zur Verarbeitung anstehende Farbe zutreffende Korrektursignal  $K_{\text{Kontr R, G, B}}$  und dem Additionsverstärker über einen weiteren Multiplexer (29) ein von dem Korrektursignal  $K_{\text{Kontr R, G, B}}$  abgeleitetes Kompensationssignal  $\Delta N_{\text{Kontr R, G, B}}$  zugeführt ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zur Einstellung der Graubalance und des Kontrastes in dem zur Röhrenhelligkeit  $E$  proportionalen Signalbereich hintereinander ein Additionsverstärker (26) und zwei Multiplikationsverstärker (27, 21') vorgesehen sind, von denen der Additions- und der erste Multiplikationsverstärker an für die Kontrasteinstellung erforderliche Korrekturwerte  $\Delta U_{\text{Kontr R, G, B}}$  und  $N_{\text{Kontr R, G, B}}$  angeschlossen sind und dass der zweite Multiplikationsverstärker (21') über einen Multiplexer (20') an Korrektursignale  $K_{\text{grau R, G, B}}$  angeschlossen ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zur Einstellung von Graubalance und Kontrast in dem zum Logarithmus der Röhrenhelligkeit  $\log E$  proportionalen Signalbereich hintereinander ein Multiplikationsverstärker (28) und zwei Additionsverstärker (30, 22') vorgesehen sind, von denen der Multiplikationsverstärker (28) über einen Multiplexer (27) mit Korrektursignalen  $K_{\text{Kontr R, G, B}}$  verbunden ist, der erste Additionsverstärker (30) über einen weiteren Multiplexer (29) mit einem von dem Korrektursignal  $K_{\text{Kontr R, G, B}}$  abgeleiteten Kompensationssignal  $\Delta N_{\text{Kontr R, G, B}}$  verbunden ist und der zweite Additionsverstärker (22') über noch einen weiteren Multiplexer (23') mit für die jeweilige Farbe zutreffenden Korrekturwerten für die Graubalance-Einstellung  $\Delta U_{\text{grau R, G, B}}$  verbunden ist.

## BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens nach dem Oberbegriff des Anspruchs 5.

Bei der Reproduktion farbiger Originalbilder (positiv-positiv) oder bei der Herstellung farbfotografischer Positivbilder von Color-Negativvorlagen wird in zunehmendem Masse auf die elektronische Bildverarbeitung zurückge-

griffen (siehe z.B. EP 123 701 und EP 168 818). Grundlage ist dabei, dass die Bildvorlage nach Zeilen und Spalten elektrooptisch abgetastet (gescannt) wird und die resultierenden Bildsignale nach bestimmten Kriterien modifiziert werden. Die zu einem Bild gehörenden Bildsignale werden in der Regel digitalisiert und können in Digitalspeichern abgelegt bzw. zwischengespeichert werden. Die Abtastung der Bildvorlage erfolgt normalerweise seriell für die drei Primärfarben Rot, Grün, Blau (RGB).

Für die Umsetzung dieser Signalfolge in Papierbilder sind Printer mit Kathodenstrahlröhre, sogenannte CRT-Printer bekannt, z.B. aus der Veröffentlichung in Journal of Imaging Technology, Vol. 12, Nr. 3, Juni 1986, Seiten 135 bis 139. Bei diesen Geräten existiert das Problem, dass die Bildverarbeitungsstufe Bildvorlagen in der Form einer Signalfolge liefert, die in einer bestimmten, für die elektronische Bildwiedergabe angepassten Form hinsichtlich Farbwiedergabe und Kontrast bzw. Schärfe optimiert sind. Um eine solche Signalfolge über eine Kathodenstrahlröhre auf ein Farbkopiermaterial so aufzubereiten, dass eine farbrichtige und kontrastrichtige Kopie entsteht, müssen die Eigenschaften des Farbkopiermaterials bezüglich Empfindlichkeit und Gradation und die Eigenschaften der Kathodenstrahlröhre richtig berücksichtigt werden.

Die Anpassung der Bildsignale an die nicht lineare Kennlinie der Kathodenstrahlröhre erfolgt jeweils mit einem geeigneten Verstärker unmittelbar vor der Kathodenstrahlröhre, so dass die Röhrenkennlinie die Einstellung von Graubalance und Kontrast nicht beeinflusst. Die Schwärzungskennlinien des Papiers sind ebenfalls nicht linear. Dieser nichtlineare Einfluss führt dazu, dass Veränderungen der Lichtmenge zum Graubgleich gleichzeitig Einfluss auf den Kontrast der Röhre haben und umgekehrt. Diese Koppelung der Einstellwerte macht die gezielte Einstellung der richtigen Werte für Graubalance und Kontrast aufgrund von Probekopien schwierig und langwierig, da es ein Iterationsverfahren mit im günstigen Fall abnehmenden Fehlergrößen ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art so auszubilden, dass die Einstellung der Belichtungsgrößen wie Graubalance oder Kontrast voneinander entkoppelt werden kann, so dass aufgrund entsprechender Probekopien die erforderlichen Einstellungen quantitativ richtig ohne häufige Wiederholungen vorgenommen werden können.

Diese Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren gemäss Anspruch 1 und die Vorrichtung gemäss Anspruch 5.

Durch die Schaffung eines den normalen Belichtungsbereich überdeckenden, der Röhrenhelligkeit oder deren Logarithmus proportionalen Signalbereiches besteht die Möglichkeit, Korrekturfaktoren bzw. Einstellgrößen den Bildsignalen zuzuführen, ohne dass z.B. durch die Veränderung der Graubalance auch die Kontrasteinstellung verändert würde und umgekehrt. Die richtige Graubalance ist dann erreicht, wenn eine in der Vorlage graue Fläche auf der Kopie ebenfalls visuell als Grau empfunden wird. Densitometrisch sind dann die Farbauszugsdichtewerte (nahezu) gleich gross.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen im Zusammenhang mit der Beschreibung von Ausführungsbeispielen, die anhand von Figuren eingehend erläutert sind. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines Printers mit Kathodenstrahlröhre,

Fig. 2 ein Blockschaltbild des Schaltungsteiles zur Signalverarbeitung und Steuerung der Printerröhre,

Fig. 3 einen Ausschnitt aus Fig. 2 mit einem Schaltungsprinzip zur Graubalance-Einstellung,

Fig. 4 eine Alternative zur Graubalance-Einstellung gemäss Fig. 3,

Fig. 5 einen Ausschnitt aus Fig. 2 mit einem Schaltungsprinzip zur Einstellung von Kontrast und Graubalance und

Fig. 6 eine Alternative zum Prinzipschaltbild gemäss Fig. 5.

Gemäss Fig. 1 wird eine Bildvorlage mit einem Scanner 1 mit einem CCD-Zeilensensor (Zeilen horizontal) mit vertikal wandernden Zeilen abgetastet, so dass für jeden Bildpunkt ein elektrisches Bildsignal gewonnen wird. Die Abtastung erfolgt nacheinander für die drei Primärfarben Rot, Grün und Blau (R, G, B). Zu diesem Zweck werden geeignete Farbfilter in den Lichtweg zwischen CCD-Zeilensensor und Bildvorlage eingeschwenkt. Das elektrooptisch abgetastete Bild besteht hier aus 2048 Bildpunkten pro Zeile (horizontal) und 1024 Zeilen (vertikal), so dass einem Bild insgesamt 2048 x 1024 Bildelemente (Pixel) in jeder der drei Primärfarben R, G, B zugeordnet sind. Eine Korrekturschaltung (nicht gezeigt) sorgt dafür, dass CCD-spezifische Fehler, z.B. unterschiedliche Empfindlichkeiten der CCD-Elemente und Dunkelströme eliminiert werden. Die korrigierten Bildsignale werden anschliessend digitalisiert. Erst danach erfolgt die eigentliche elektronische Bildverarbeitung, die in Fig. 1 zu einem Block 2 (gestrichelt) zusammengefasst ist. Das letzte Glied in der Bildverarbeitungskette ist ein Kathodenstrahlröhrenprinter 3, der im folgenden eingehend beschrieben ist. Dieser wandelt die elektrischen Bildsignale wieder in ein optisches Bild um, das dann auf das fotografische Aufzeichnungsmaterial, z.B. Color-Negativ-Papier aufbelichtet wird. Wesentlich ist dabei, dass im Printer das optische Bild Punkt für Punkt durch Umwandlung der elektrischen Bildsignale aufgebaut wird. Im Prinzip kann also jedes Pixel der Bildverarbeitung unterzogen und anschliessend an den der Originalvorlage entsprechenden Koordinaten auf dem Aufzeichnungsträger ausgegeben werden.

Die eigentliche elektronische Bildverarbeitung erfolgt in dem Bildprozessor 4, der über eine Eingabe 5 extern gesteuert werden kann. Vor und nach dem Bildprozessor 4 wird das Bild in den Speichern 6 und 7 (SP1 und SP2) abgelegt. Durch diese Zwischenspeicher erreicht man, dass ein Bild vom Printer 3 aus dem Speicher 7 abgerufen und aufgezeichnet werden kann, während gleichzeitig schon ein neues Bild in den Speicher eingelesen und vom Bildprozessor 4 verarbeitet wird. Die drei Grundvorgänge Abtastung (Scanner 1), Bildverarbeitung im Bildprozessor 4, Bildaufzeichnung im Printer 3 können somit entkoppelt werden. Das vom Bildprozessor 4 verarbeitete, für die Aufzeichnung bestimmte Bild kann nach Zwischenspeicherung in einem Monitorspeicher 8 (SPM) mittels eines Monitors 9 betrachtet werden. Der Monitorspeicher 8 und der Monitor 9 selbst werden dem Bereich der Bildverarbeitung zugerechnet, da die Bedienperson, die jede verarbeitete Bildvorlage vor dem Printen auf dem Monitor bewertet, eventuell erforderliche zusätzliche Korrekturen z.B. in Farbe und Helligkeit an der Eingabe 5 eingeben kann.

Zum Ende der Verarbeitung der Bildvorlage in dem Bereich 2 liegt in dem Speicher 7 eine Signalfolge für die drei Farbauszüge vor, die hinsichtlich Farbsättigung und Bildkontrast bzw. Konturenschärfe optimiert sind.

Ein Prinzipschaltbild der Printeinrichtung 3 ist in Fig. 2 wiedergegeben. An den drei jeweils einem Farbauszug zugeordneten Ausgängen des Bildspeichers 7 ist eine Lookup-table 8 angeschlossen, in der in jedem Farbkanal jedem aus dem Speicher 7 gelieferten Signal über eine Kennlinie ein bestimmtes korrigiertes Signal zugeordnet wird. Diese Korrektur berücksichtigt den Unterschied zwischen den am Systemeingang eingegebenen Solldichten und den unter Ein-

beziehen des Glanzes beim Fotopapier erforderlichen Printdichten.

Der mit drei Kanälen mit der LUT 8 verbundene Block 9 stellt eine Farbmatrix dar, d.h., einen Multiplikationsverstärker mit neun voneinander unabhängigen Koeffizienten zur Berücksichtigung der Nebendichten des fotografischen Kopiermaterials. Zum Beispiel werden die Sollwerte für Rot, Grün und Blau jeweils gebildet aus der Summe der mit drei Koeffizienten multiplizierten Dichtewerte am Ausgang der LUT 8, d.h., in den Rotkanal finden auch mit entsprechend reduzierten Koeffizienten die Solldichtewerte für Grün und Blau am Ausgang der LUT 8 Aufnahme. Dies berücksichtigt die Tatsache, dass bei Farbkopiermaterialien die verwendeten Farbstoffe neben den Hauptabsorptionen in den Farbbereichen Rot, Grün und Blau unerwünschte Nebenabsorptionen – sogenannte Nebendichten – in den angrenzenden Farbbereichen aufweisen.

Der darauffolgende Block 10 stellt wiederum eine Look-up-table mit drei Eingängen und drei Ausgängen dar, in dem für jede Farbe die Schwärzungskennlinie des Papiers kompensiert wird, d.h., am Ausgang der Look-up-table liegt je ein Signal vor, das proportional der Printröhrenhelligkeit E ist. In dem so geschaffenen Proportionalbereich ist dann zunächst ein Multiplexer 11 vorgesehen, der jeweils die zutreffenden Ausgänge der LUT 10 entsprechend der gerade laufenden Farbbelichtung einer Einrichtung zur Einstellung der Graubalance und/oder des Kontrastes weitergibt. Die Einrichtung zur Graubalance-Einstellung ist anhand der Figuren 3 bis 6 noch eingehend dargestellt. An dem Ausgang der Einstelleinrichtung 2 ist eine weitere LUT 13 angeschlossen, die die nichtlineare Kennlinie zwischen Eingangsspannung und Schirmbildhelligkeit einer nachfolgenden Kathodenstrahlröhre 14 kompensiert. Das Schirmbild der Kathodenstrahlröhre 14 wird durch eines von drei Farbfilttern in den Grundfarben 15, 16, 17 durch ein Objektiv 18 auf das lichtempfindliche Material 19 abgebildet.

Bei der Einstellung der Braubalance und des Kontrastes in Anpassung an den Schwärzungsumfang des verwendeten Kopiermaterials 19 besteht die grundsätzliche Schwierigkeit, dass wegen der Nichtlinearität der Schwärzungskurve des Fotomaterials und der nichtlinearen Kennlinie der Kathodenstrahlröhre 14 in der Regel eine Einstellung der Graubalance nicht möglich ist ohne Rückwirkung auf die Einstellung des Kontrastes und umgekehrt. Bei der vorliegenden Einrichtung wird dies Problem gelöst durch den mittels der LUT 10 geschaffenen Signalbereich, der proportional der Printröhrenhelligkeit oder proportional dem Logarithmus der Printröhrenhelligkeit  $\log E$  oder einem Vielfachen davon ist.

In den Figuren 3 bis 6 sind nun verschiedene Varianten dieser Einstellmöglichkeit beschrieben, wobei die Fig. 3 und 4 eine Einstellmöglichkeit für die Graubalance allein, die Fig. 5 und 6 eine Einstellmöglichkeit für den Kontrastbereich kombiniert mit der Graubalanceeinstellung zeigen. Die Kontrasteinstellung ist aber auch für sich allein realisierbar.

Dabei ist noch vorzuschicken, dass die LUT 10 im Prinzip auch dem Multiplexer 11 nachgeschaltet sein kann, wobei nur noch eine einheitliche Kennlinie für die drei Farbkanaäle vorhanden ist. Das heisst, dass die Bauteile 10 und 11 gemäss Fig. 2 in ihrer Reihenfolge auch vertauscht sein können unter Einsparung von zwei Kennlinien. Zwischen dem Multiplexer 11 und der LUT 10 wäre dann nur noch eine Leitung erforderlich.

In Fig. 3 ist eine Einrichtung gezeigt, bei der der lineare Bereich proportional zur Röhrenhelligkeit E ist. Der Multiplexer 11 empfängt Signale  $U_R, G, B$  von der vorangehenden Farbmatrix 9. An den Multiplexer 11 schliesst sich ein einziger Übertragungskanal zu der LUT 10 an, die eine Kehrwertfunktion der Papierschwärzungskennlinie 10 enthält.

Von einem Bestandteil der Einstelleinrichtung, einem von Hand einstellbaren Signalgeber, werden parallel dazu Korrektursignale  $K_{\text{grau R}}, K_{\text{grau G}}$  und  $K_{\text{grau B}}$  geliefert, die über einen Multiplexer 20 einem Multiplikationsverstärker 21 zugeführt werden. Gleichzeitig wird das Ausgangssignal der LUT 10 an den zweiten Eingang des Multiplikationsverstärkers 21 geliefert, so dass dort die beiden Signale miteinander multipliziert werden: Da diese Hinzufügung der Helligkeitskorrekturen im helligkeitsproportionalen Signalbereich erfolgt, hat das Multiplizieren des Bildsignals mit den Faktoren  $K_{\text{grau R}}, K_{\text{grau G}}$  und  $K_{\text{grau B}}$  keine Auswirkung auf den eingestellten Wert

des Kontrastes  $\frac{E_{\text{max}}}{E_{\text{min}}}$  in der Bildinformation.

Dies ergibt sich aus der folgenden Formel 1, wobei E die Schirmhelligkeit max = maximal, min = minimal und Mitte in der Mitte des Einstellbereiches bedeutet:

$$\text{Kontr.} = \frac{E_{\text{max}}}{E_{\text{min}}} \cdot \frac{K_{\text{grau i}} \cdot E_{\text{max}}}{K_{\text{grau i}} \cdot E_{\text{min}}} \quad (1)$$

Dadurch wird der allgemeine Kennlinienverlauf gemäss der folgenden Gleichung 2 nicht beeinflusst, da sich die Korrekturgrössen K kürzen lassen.

$$= \frac{E_{\text{max}}}{E_{\text{Mitte}}} \cdot \frac{K_{\text{grau i}} \cdot E_{\text{max}}}{K_{\text{grau i}} \cdot E_{\text{Mitte}}} \quad (2)$$

In Fig. 4 ist eine Alternative zu der Einstelleinrichtung 12 gemäss Fig. 3 dargestellt. Hier ist nun der Einstellbereich durch die LUT 10' nicht proportional der Helligkeit E der Röhre, sondern proportional zum Logarithmus der Röhrenhelligkeit  $\log E$ . Dieses Ausgangssignal der LUT 10' wird einem Additionsverstärker 22 zugeführt, an dessen zweitem Eingang ein Multiplexer 23 liegt, der von einer geeigneten Einstellvorrichtung von Hand eingestellte Korrektursignale  $\Delta U_{\text{grau R}}, \Delta U_{\text{grau G}}$  und  $\Delta U_{\text{grau B}}$  erhält. Am Ausgang des Summiervverstärkers 22 liegt deshalb ein Summensignal der beiden Logarithmen, das mathematisch gesehen dem Ausgangssignal des Multiplikators 21 in Fig. 3 entspricht. Auch hier gilt, dass durch die Addition der Korrektursignale  $\Delta U_{\text{grau R}}, G, B$  zu dem logarithmischen Signal  $\log E$  sich der Kontrast nicht verändert. Dies ergibt sich aus der folgenden Gleichung 3, da sich beim Kontrast die Korrekturgrössen  $10^{\Delta U_{\text{grau}}}$  wegekürzen lassen.

$$\begin{aligned} (\log E_{\text{max}}) + \Delta U_{\text{grau}} &\rightarrow (10^{\Delta U_{\text{grau}}}) \cdot E_{\text{max}} = \frac{E_{\text{max}}}{E_{\text{min}}} \\ (\log E_{\text{min}}) + \Delta U_{\text{grau}} &\rightarrow (10^{\Delta U_{\text{grau}}}) \cdot E_{\text{min}} \end{aligned} \quad (3)$$

Die LUT 13' kompensiert nun das Ausgangssignal des Verstärkers 22 zusätzlich zur Umkehrfunktion der Röhrenkennlinie durch eine Exponentialfunktion  $\exp^{x-1}$  um, während die LUT 13 in Fig. 3 nur die einfache Umkehrfunktion der Röhrenkennlinie enthält.

In beiden Systemen ist dafür zu sorgen, dass der Dynamikbereich des Signals bzw. der Röhrenhelligkeit grösser als der Belichtungsumfang des Bildträgers ist. Die in den Fig. 3 und 4 gezeigten Ausführungsformen der Einstelleinrichtung sind bereits bauteilesparend, da sie mit einer einzigen LUT zur Kompensation der Schwärzungskennlinie des Kopiermaterials auskommen.

In den Figuren 5 und 6 sind nun Möglichkeiten zur Kon-

trasteinstellung ohne Änderung der Bildhelligkeit und zur Graubalanceeinstellung dargestellt. Bauteile, die dieselbe Funktion wie in Fig. 2–4 haben, sind mit denselben Bezugszeichen versehen.

In Fig. 5 wird wiederum durch die dem Multiplexer 11 nachgeschaltete Look-up-table 10 ein Signalbereich geschaffen, der proportional zur Röhrenhelligkeit E verläuft. Am Ausgang der LUT 10 liegt der eine Eingang eines Additionsverstärkers 26, an dessen anderem Eingang der Ausgang eines Multiplexers 24 angeschlossen ist. An dessen Eingangsseite liegt ein Geber für drei einstellbare Korrektursignale  $\Delta U_{\text{Kontr R, G, B}}$ , von denen durch einen Teilungsverstärker 23 drei Kompensationssignale  $N_{\text{Kontr R, G, B}}$  abgeleitet und über einen Multiplexer 25 einem Multiplikationsverstärker 27 zugeführt werden. An dessen erstem Eingang liegt das Ausgangssignal des Additionsverstärkers 26.

Zusätzlich zu der Kontrasteinstellmöglichkeit gemäss der Signale  $\Delta U_{\text{Kontr R, G, B}}$  und  $N_{\text{Kontr R, G, B}}$  ist hier eine Möglichkeit zur Graubalance-Einstellung gemäss Fig. 3 vorgesehen, wobei der Multiplexer 20' dieselben Korrektursignale  $K_{\text{grau R, G, B}}$  in der richtigen zeitlichen Zuordnung dem Multiplikationsverstärker 21' zuführt, der sie zusammen mit den Ausgangssignalen des Multiplikators 27 der LUT 13 zuführt. Deren Ausgangssignal steuert dann die Röhre 14.

Dem durch die LUT 10 gelieferten, zu E proportionalen Signal  $U_i$  wird jeweils die zutreffende Konstante  $\Delta U_{\text{Kontr R, G, B}}$  zugeführt. Diese Summe wird dann multipliziert mit dem Kompensationsfaktor  $N_{\text{Kontr R, G, B}}$ .

Der vom ursprünglichen Kontrast abweichende Kontrast nach der Neueinstellung berechnet sich wie folgt:

$$\text{Kontrast}_{\text{neu } i} = \frac{E_{\text{max}} + \Delta U_{\text{Kontr } i}}{E_{\text{min}} + \Delta U_{\text{Kontr } i}} \neq \frac{E_{\text{max}}}{E_{\text{min}}} \quad (4)$$

In der anschliessenden Multiplikation mit dem Kompensationsfaktor  $N_{\text{Kontr } i}$  ist  $N_{\text{Kontr } i}$  wie

$$N_{\text{Kontr } i} = \frac{\tilde{E}}{E + \Delta U_{\text{Kontr } i}} \quad (\tilde{E} \in [E_{\text{min}}, E_{\text{max}}]) \quad (5)$$

definiert. Der zwischen  $E_{\text{min}}$  und  $E_{\text{max}}$  frei wählbare Wert E ist dabei jener Helligkeitswert, der bei der Kontrastveränderung in den drei Kanälen konstant gehalten wird. Er kann z.B. auf eine mittlere Helligkeit gestellt werden, bei der eine Dichte 1,0 erzeugt wird. Damit ergibt sich die Bezugshelligkeit E, z.B. jene, bei der am Papier die Dichte 1,0 erzeugt wird:

$$\tilde{E} = N_{\text{Kontr } i} \cdot (E + \Delta U_{\text{Kontr } i}), \quad (6)$$

wobei die Korrekturgrössen so einzustellen sind, dass die Bezugshelligkeit trotz Kontrasteinstellung unverändert bleibt. Das  $\tilde{E}$  ist frei wählbar und kann den Bildträger Eigenschaften angepasst werden. Die Berechnung dieser Korrekturfaktoren erfolgt sinnvollerweise durch ein Mikroprozessorsystem nach diesen Gleichungen.

In einer vereinfachten Variante der Erfindung wird bei der Kontrasteinstellung auf das Korrektursignal  $N_{\text{Kontr } i}$  verzichtet, wenn sichergestellt ist, dass durch die Kontrastanpassung über  $\Delta U_{\text{Kontr } i}$  nur kleine Änderungen durchzuführen sind.

Durch die Hinzunahme der Bauteile 20' und 21' entsprechend den Bauteilen 20 und 21 gemäss Fig. 5 kann an einer Einrichtung gleichzeitig die Kontrasteinstellung und die Einstellung der Graubalance vorgenommen werden. Des wei-

teren können aus Ersparnisgründen die beiden aufeinanderfolgenden Multiplizierer zusammengefasst werden.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 6 ist der Signalbereich zwischen der LUT 10' und der LUT 22' proportional zu dem Logarithmus der Röhrenhelligkeit, d.h.  $\log E$ , wobei ein der LUT 10' folgender Multiplikationsverstärker 28 an seinem zweiten Eingang über einen Multiplexer 27 mit Korrekturwerten  $K_{\text{Kontr R, G, B}}$  beaufschlagt wird. An der Quelle dieser Korrekturwerte  $K_{\text{Kontr R, G, B}}$  liegt ausserdem ein Teiler 26, der 10 davon ein Kompensationssignal  $\Delta N_{\text{Kontr R, G, B}}$  erzeugt und über einen weiteren Multiplexer 29 einen Addierverstärker 30 zuführt, an dessen anderem Eingang der Ausgang des Multiplikationsverstärkers 28 liegt. Diese Einrichtung mit den Verstärkern 28 und 30 dient zur Einführung einer Kon- 15 trastkorrektur bei einer Anordnung, bei der der Signalbereich proportional  $\log E$  gemacht wird. Zusätzlich zu dieser Kontrasteinstelleinrichtung ist noch ein Additionsverstärker 22' dem Verstärker 30 nachgeschaltet, an dessen zweitem Eingang der Multiplexer 23' gemäss Fig. 4 liegt zur Zuführung eines Graubalance-Einstellsignals  $\Delta U_{\text{grau R, G, B}}$ . An den Addierer 22' schliesst sich in bekannter Weise die LUT 13' an zur Berücksichtigung der Röhrenkennlinie sowie die Röhre 14 selbst. Rechnerisch ergibt sich durch diese Einrichtung folgende Signalveränderung. Zunächst ist gemäss Gleichung 7

$$U_i \sim K_{\text{Kontr } i} \cdot \log E_i \quad (7)$$

Zum Ausgleich der Helligkeitsänderung wird noch 30 zusätzlich der Kompensationswert  $\Delta N_{\text{Kontr } i}$  additiv eingeführt, der sich gemäss Gleichung 8 ergibt:

$$\Delta N_{\text{Kontr } i} = (K_{\text{Kontr } i} - 1) \cdot \log \tilde{E} \quad (8)$$

Dann ergibt sich für  $U_i$

$$U_i = K_{\text{Kontr } i} \cdot \log E_i - \Delta N_{\text{Kontr } i} \quad (8a)$$

wiederum, dass die Bezugshelligkeit E zum gleichen  $U_i$ -Wert führt wie beim unkorrigierten Signalwert. Der alte Kontrast 9 (siehe Gleichung 9)

$$\text{Kontrast (alt)} = \frac{E_{\text{max}}}{E_{\text{min}}} \quad (9)$$

ändert sich gemäss Gleichung 10.

$$\text{Kontrast (neu)} = [\text{Kontrast (alt)}]^{K_{\text{Kontr } i}}, \quad (10)$$

wobei die Helligkeitsverhältnisse

$$\frac{E_{\text{max}}}{E_{\text{Mitte}}} \quad (50)$$

sich im gleichen Verhältnis verändern wie

$$\left( \frac{E_{\text{max}}}{E_{\text{Mitte}}} \right)^{K_{\text{Kontr } i}} \quad (55)$$

Dies entspricht einer in sich äquidistanten Dichteabstufung. Durch die Kombination mit der Graubalance-Einstellung gemäss Fig. 6 ergibt sich eine besonders vielseitig einsetzbare, kostengünstige Entkopplung der Einstellgrössen voneinander. Auch hier können die beiden Addierstufen 22' und 30 zusammengefasst werden.

Schliesslich gibt es Kopiermaterialien, die ein Kippen aufweisen, d.h. eine unterschiedliche Steilheit der Schwärzungskennlinien in den einzelnen Farben. Diese Steigungen

können sich auch noch in Abhängigkeit von der Dichte unterschiedlich steil entwickeln. Um diese Besonderheit noch berücksichtigen zu können, ist durch Einfügung geeigneter Vergleichsverstärker eine von der Graubalance entkoppelt einstellbare Kippkompensation zusätzlich zur Kontrasteinstellung möglich. Wenn z.B. die Veränderung der Steilheit in der Schwärzungskennlinie ab dem Basiswert  $\log \hat{E}$  auftritt, d.h. gemäss Gleichung 11, bei Werten, für die gilt:

$$\log E_i - \log \hat{E}_i > 0, \quad (11)$$

dann ist dieser Ausdruck mit einem Korrekturfaktor  $K_{\text{Kontr } i2}$  zu multiplizieren gemäss Ausdruck 12.

$$K_{\text{Kontr } i2} (\log E_i - \log \hat{E}_i). \quad (12)$$

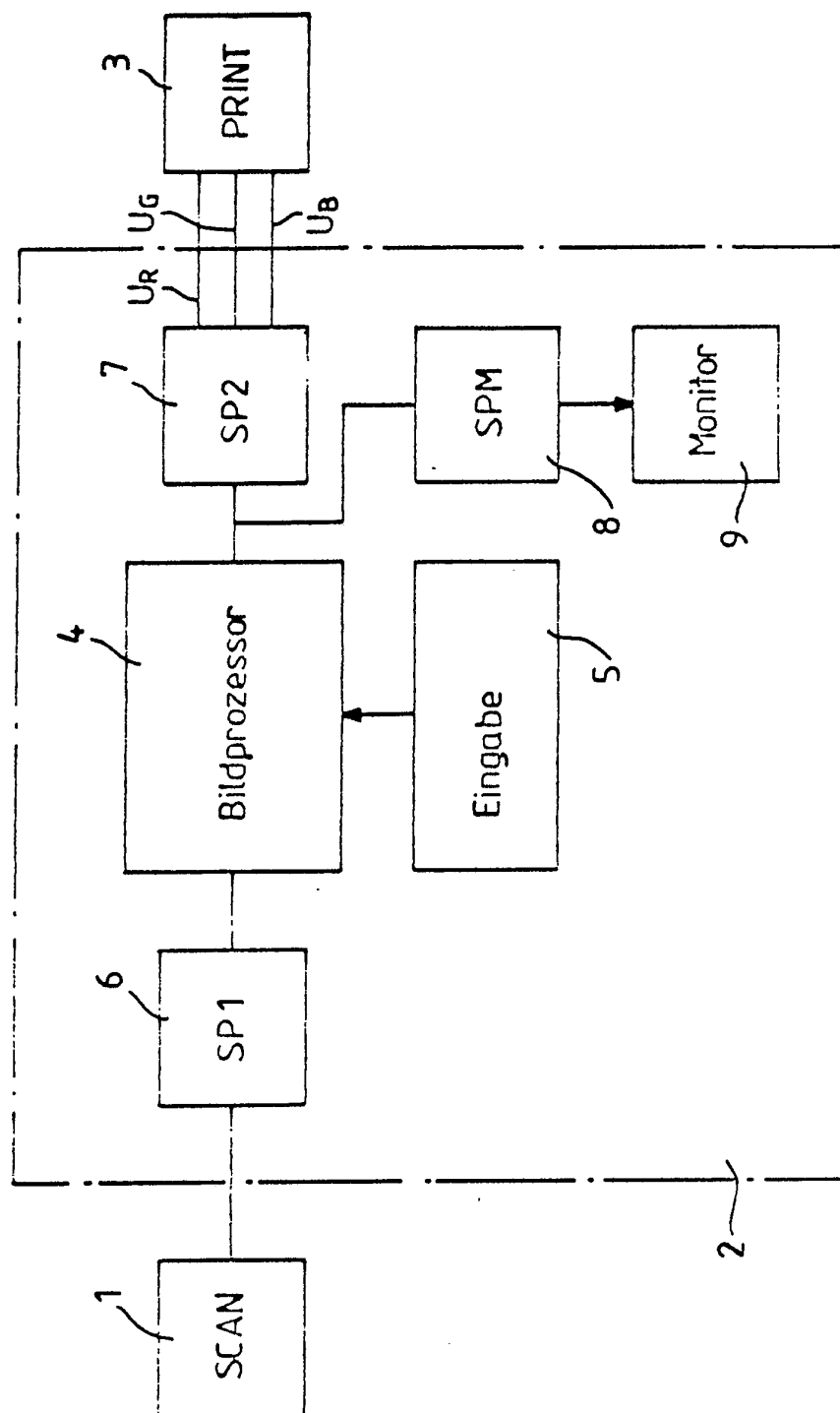
Wenn dieser Ausdruck zu dem bereits aus der Gleichung 8a bekannten Korrekturwert addiert wird, ergibt sich die Gleichung 13:

$$U_i = [K_{\text{Kontr } i1} \cdot \log E_i - N_{\text{Kontr } i}] + K_{i2} (\log E_i - \log \hat{E}_i). \quad (13)$$

als korrigiertes Ausgangssignal mit Kompensation des Kippens.

- 5 Ein Gerät mit den Einstellvorrichtungen gemäss den Fig. 3 bis 6 gibt dem Gerätehersteller die Möglichkeit einer deutlichen entkoppelten Korrekturauswertung mittels eines einfachen Rechnersystems, da die einzelnen Einstellfunktionen voneinander entkoppelt sind. Für den Benutzer eines
- 10 Gerätes wird die Einstellprozedur einfacher gestaltet, da sie sich an den Messwerten eines Testbildes orientieren kann. So kann z.B. jedem Densitometermesswert an einer Probekopie von einer als Eichvorlage dienenden Signalfolge aus dem Speicher 7 ein bestimmter Einstellwert für  $K_{\text{grau}}$  bzw.  $\Delta U_{\text{Kontr}}$  oder  $\Delta U_{\text{grau}}$  bzw.  $K_{\text{Kontr}}$  für ein bestimmtes Kopiermaterial zugeordnet werden, wenn schon vorher die LUT 8 für den Glanz und die Farbmatrix 9 für dieses Material nach Herstellerangabe und die LUT 13 für die Röhrenkennlinie nach deren Messwerten eingestellt wurden.

FIG.1



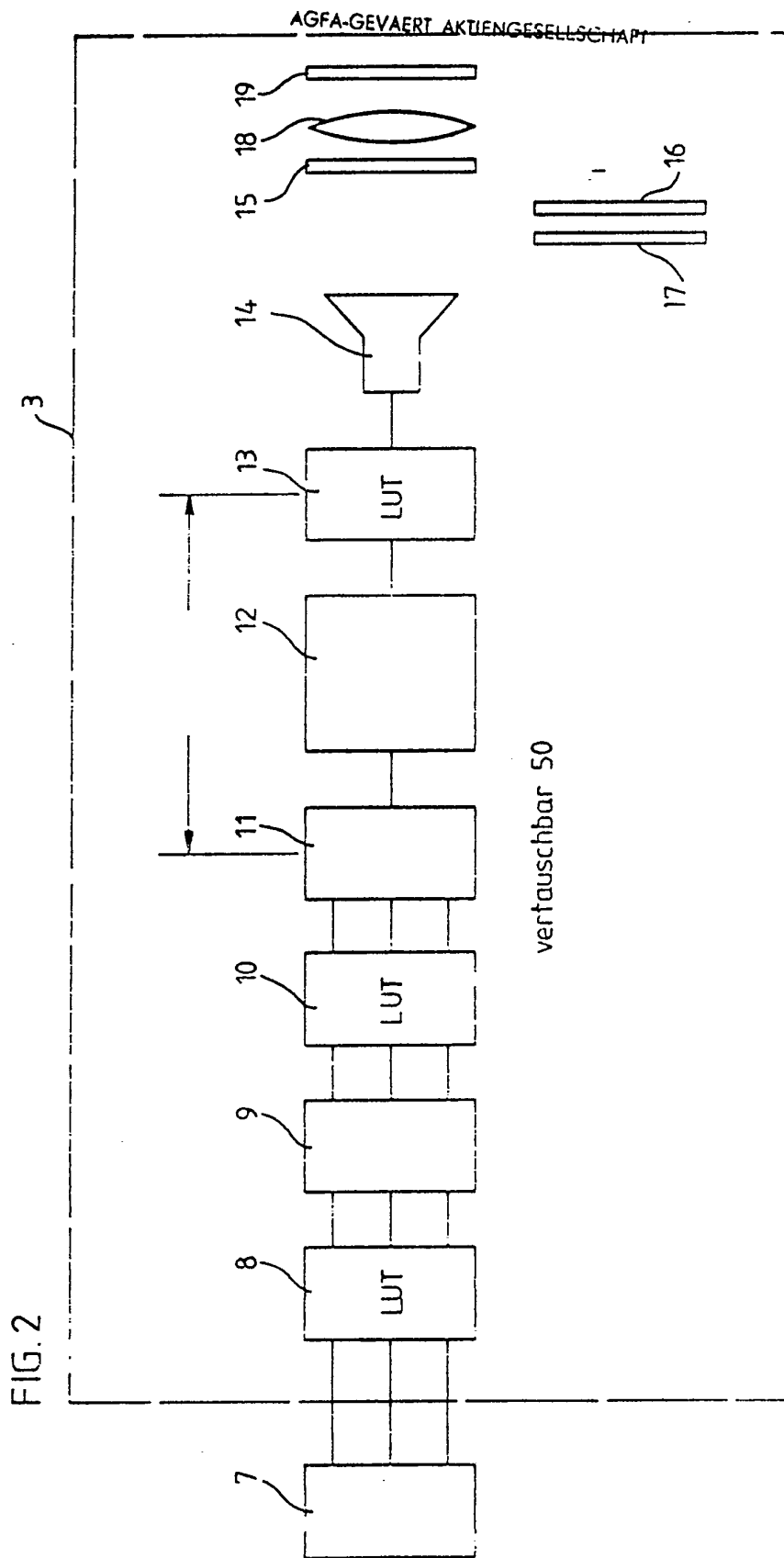


FIG. 3

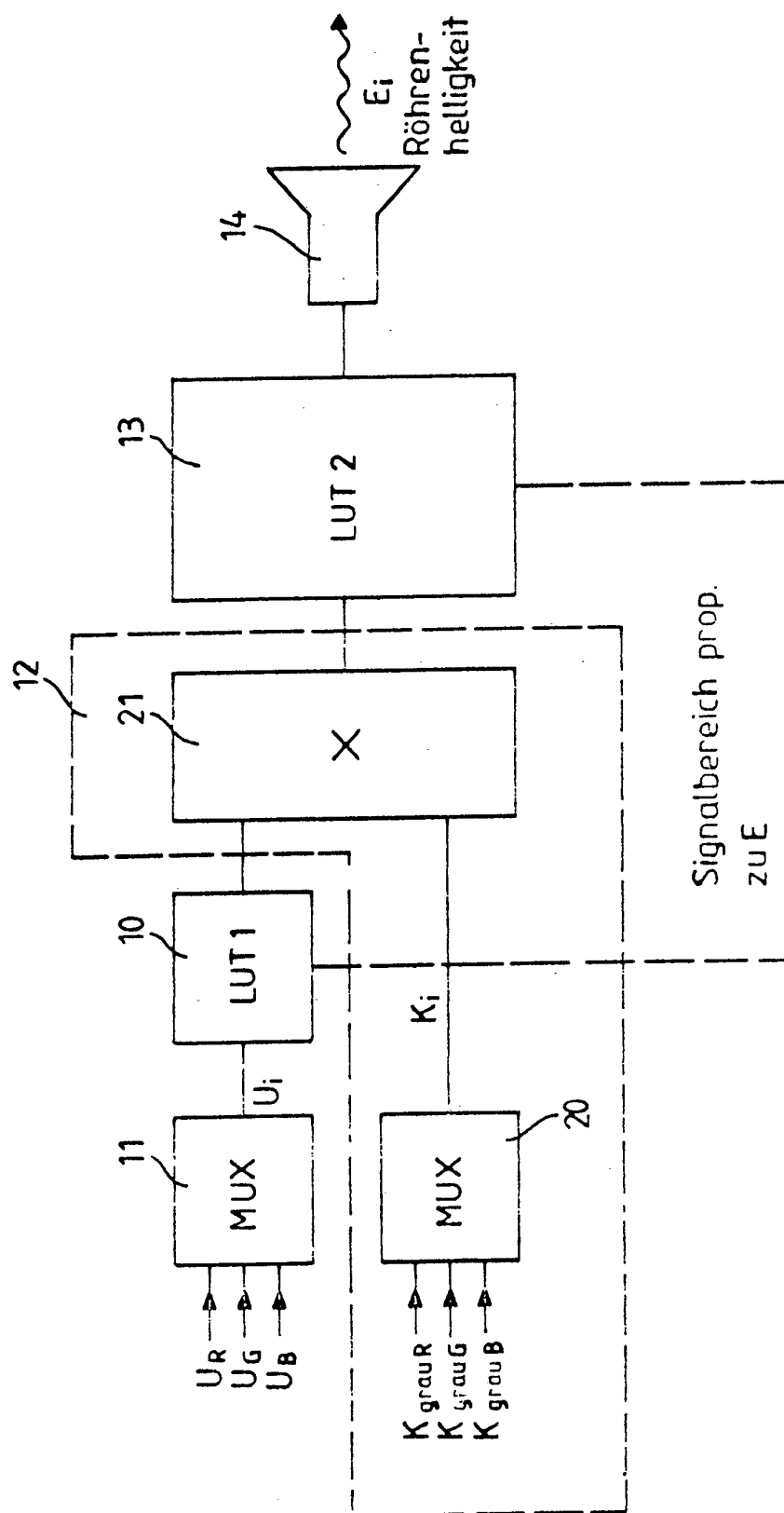


FIG. 4

