



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 14 692 T2** 2008.04.10

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 389 771 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G06T 3/40** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 14 692.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 009 920.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **30.04.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **18.02.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **04.07.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.04.2008**

(30) Unionspriorität:

**222150            16.08.2002        US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(73) Patentinhaber:

**Micron Technology, Inc., Boise, Id., US**

(72) Erfinder:

**Kakarala, Ramakrishna, Sunnyvale, CA 94086, US**

(74) Vertreter:

**BOEHMERT & BOEHMERT, 80336 München**

(54) Bezeichnung: **Digitalbildverfahren und -vorrichtung zum Zusammenfügen von Entfernung des Mosaikeffekts und Korrektur von schlechten Pixeln**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## Technisches Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft im allgemeinen digitale Farbbildsensoren und insbesondere die Bildverarbeitung von Sensorwerten.

## Beschreibung des Stands der Technik

**[0002]** Es gibt vorwiegend zwei Arten von elektronischen Bildsensoren: CCDs (ladungsgekoppelte Vorrichtungen) und CMOS-APS (Aktive Pixelsensoren aus Komplementärer-Metall-Oxid-Halbleitern). Diese beiden Arten von Sensoren umfassen üblicherweise einen Array von Photodetektoren, die in einem Muster angeordnet sind und Farbe in einem Bild abtasten. Jeder der Photodetektoren gehört zu einem Pixel eines Bildes und mißt die Intensität des Lichts des Pixels in einem oder mehreren Wellenlängenbereichen, die zu einer oder mehreren wahrgenommenen Farben gehören.

**[0003]** Zusätzlich können beide Arten von Sensoren einen Farbfilterarray (CFA) umfassen, wie etwa den CFA, der im U.S.-Patent Nr. 3 971 065 von Bayer beschrieben wird (im folgenden als Bayer bezeichnet). In dem Bayer-CFA empfängt jedes Pixel nur einen Wellenlängenbereich, der zu den wahrgenommenen Farben Rot, Grün oder Blau gehört. Um die Sensorwerte für alle drei Primärfarben an einem einzelnen Pixelort zu erhalten, ist es notwendig, die Farbsensorwerte von angrenzenden Pixeln zu interpolieren. Dieses Verfahren der Interpolation wird Demosaik-Technik genannt. Es gibt eine Anzahl von Demosaik-Verfahren, die heute im Stand der Technik bekannt sind. Als Beispiel, aber nicht als Einschränkung, umfassen verschiedene Demosaik-Verfahren replizierte Pixel, bilineare Interpolation und Median-Interpolation.

**[0004]** Damit das Demosaik-Verfahren ein visuell ansprechendes Bild erzeugt, müssen alle Sensorwerte, die von dem digitalen Bildsensor erzeugt werden, korrekt sein. Trotz Fortschritten beim Herstellungsverfahren enthalten digitale Bildsensoren jedoch oft als Folge von Fertigungsfehlern, wie etwa Fremdstoffverunreinigungen, einige fehlerhafte Pixel. Fehlerhafte Pixel reagieren unangemessen auf das einfallende Licht und erzeugen daher inkorrekte Sensorwerte. Ein fehlerhaftes Pixel kann normalerweise identifiziert werden, indem die Differenz zwischen der Sensorreaktionen des fehlerhaften Pixels und seines unmittelbaren Nachbarpixels auf die gleiche Beleuchtung untersucht wird. Sobald sie identifiziert ist, kann der Sensorwert eines fehlerhaften Pixels mit einem geschätzten Sensorwert von Pixeln in der Nachbarschaft des fehlerhaften Pixels ersetzt werden.

**[0005]** Das Verfahren des Detektierens und Korri-

gierens von fehlerhaften Pixeln wird als Schlechte-Pixel-Korrektur (BPC) bezeichnet. Es werden heute eine Anzahl von Algorithmen für BPC auf dem Markt angeboten. Zum Beispiel detektiert ein BPC-Verfahren für Farbbildsensoren, das von Maynants & Diercickx in „A circuit for the correction of Pixel defects in image sensor“, Proceedings of the 24th European Solid-State Circuits Conference, Den Haag, Niederlande, 22.-24. Sept. 1988, S. 312-315 vorgeschlagen wurde, schlechte Pixel, indem es die Sensorwerte eines aktuellen Pixels mit Sensorwert-Vorhersagen von benachbarten Pixeln der gleichen Farbe in der gleichen Zeile vergleicht. Das Maynants & Diercickx-BPC-Verfahren vergleicht jedoch nicht Sensorwerte, die räumlich an das aktuelle Pixel angrenzen, und hat daher den Nachteil, daß es lokale Kanten in dem Bild löscht, wenn die Sensorwerte Spitzen oder einen Tiefstand erreichen. Darüber hinaus vergleicht das Maynants & Diercickx-BPC-Verfahren Sensorwerte nicht vertikal und hat daher den zusätzlichen Nachteil, dünne vertikale Linien zu löschen.

**[0006]** Ein anderes BPC-Verfahren für Farbbildsensoren, das von Tan & Acharya in „A robust sequential approach for the detection of defective Pixels in an Image sensor“, Proceedings of the 1999 International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, Phoenix, Ariz., 15.-19. März 1999, S. 2239-2242 vorgeschlagen wurde, erstellt eine Schlechte-Pixel-Karte, indem es das Ergebnis von Schlechte-Pixel-Detektionen über eine Folge von Bildern erfaßt, basierend auf einer minimalen Differenz zwischen einem gegebenen Pixel und seinem unmittelbaren Nachbarn von der gleichen Farbe. Das Tan & Acharya-Verfahren erfordert es jedoch, daß die Schlechte-Pixel-Karte in nichtflüchtigem Speicher gespeichert wird. Das Vorsehen von nichtflüchtigem Speicher in einem Bildsensor oder einem Bildverarbeitungs-Chip stellt einen wesentlichen Kostenpunkt dar. Darüber hinaus vergleicht das Tan & Acharya-Verfahren auch nicht räumlich angrenzende Sensorwerte, wenn es die Schlechte-Pixel-Karte herstellt.

**[0007]** Noch ein weiteres BPC-Verfahren für Farbbildsensoren wird von Kalevo & Rantanen in „Noise Reduction Techniques for Bayer-Matrix Images“, Proc. of the SpiE, Bd. 4669, Seiten 348-359 vorgeschlagen. Die Rauschminderung kann entweder vor oder nach der Interpolation des Farbfilterarrays angewendet werden.

**[0008]** EP 1 003 332 A2 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Korrektur von fehlerhaften Pixelwerten, basierend auf den Werten einer Mehrzahl von benachbarten Pixeln. Das Filtern jedes der Pixelwerte verwendet den Wert des aktuellen Pixels als Teil eines Datensatzes, der die Werte von benachbarten Pixeln umfaßt. In einer ersten Filterstufe wird das aktuelle Pixel mit den am höchsten und den

am niedrigsten eingeordnete Pixelwerten in seiner Nachbarschaft verglichen; wenn der Wert des aktuellen Pixels größer als der am höchsten eingeordnete Wert ist, ersetzt dieser am höchsten eingeordnete Wert das aktuelle Pixel. Wenn der Wert des aktuellen Pixels niedriger als der am niedrigsten eingeordnete Wert ist, ersetzt dieser am niedrigsten eingeordnete Wert das aktuelle Pixel. Diese erste Filterstufe wirkt als ein allgemeiner Rauschminderungsfilter. In einer zweiten Filterstufe wird der Medianwert derjenigen Pixel berechnet, die dem aktuellen Pixel benachbart sind. Der verwendete Medianwert ist der Mittelwert der beiden Pixel, die in der Mitte eingeordnet sind. Die Werte des aktuellen Pixels und der benachbarten Pixel werden in eine Reihenfolge sortiert, und der aktuelle Pixelwert wird auf Basis seiner Position in der genannten Reihenfolge modifiziert.

**[0009]** Was daher benötigt wird, ist ein Schlechte-Pixel-Korrekturalgorithmus, der effektiv und korrekt fehlerhafte Pixel detektiert und korrigiert mittels räumlich angrenzender Sensorwerte, um fehlerhafte Pixel in der Nähe von Kanten und in Bereichen mit Muster zu identifizieren. Darüber hinaus wurden die Schlechte-Pixel-Korrektur (PBC) und das Demosaik-Verfahren herkömmlicherweise in zwei getrennten Stufen durchgeführt, entweder in Software oder in einer digitalen Schaltung, die in Hardware implementiert ist. Jede Stufe trägt zu den Ausgaben und der Komplexität der Verarbeitung von Sensorwerten für die endgültige Ausgabe auf einer Anzeigevorrichtung bei. Was daher benötigt wird, ist ein Verfahren, das einen korrekten BPC-Algorithmus mit einem Demosaik-Verfahren in einer einzigen Stufe verbindet.

#### ERFINDUNGSABRISS

**[0010]** Die vorliegende Erfindung gibt ein digitales Bildsystem nach Anspruch 1 und ein Verfahren zur Korrektur von Sensorwerten, die von den Pixeln erzeugt werden, nach Anspruch 5 an.

**[0011]** Ausführungen der vorliegenden Erfindung geben ein digitales Bildsystem und -verfahren zum Detektieren und Korrigieren von fehlerhaften Pixeln an, indem Sensorwerte von Pixeln, die an ein aktuelles untersuchtes Pixel angrenzen, interpoliert werden und die interpolierten Sensorwerte mit den Sensorwerten des aktuellen Pixels verglichen werden, um zu ermitteln, ob das aktuelle Pixel fehlerhaft ist. Weitere Ausführungen der vorliegenden Erfindung ermöglichen die Kombination von Schlechte-Pixel-Korrektur und Demosaik-Verfahren in einer einzigen Stufe, indem sie die interpolierten Werte, die für die Detektion von fehlerhaften Pixeln ermittelt wurden, für das Demosaik-Verfahren nutzen.

**[0012]** In einer Ausführung detektiert der Schlechte-Pixel-Algorithmus fehlerhafte Pixel mittels interpolierter Werte in der gleichen Farbebene wie das aktu-

elle untersuchte Pixel von den Pixeln, die an das aktuelle Pixel räumlich unmittelbar angrenzen. Die interpolierten Werte werden mittels einer Median-Interpolationstechnik berechnet, um sicherzustellen, daß alle fehlerhaften Sensorwerte isoliert bleiben. Wenn die Sensorwerte des aktuellen untersuchten Pixels um mehr als eine konfigurierbare Schwellwertgröße über dem Maximum der (tatsächlichen und/oder interpolierten) Sensorwerte der räumlich unmittelbar angrenzenden Nachbarn oder unter dem Minimum der Sensorwerte der räumlich unmittelbar angrenzenden Nachbarn liegt, wird bestimmt, daß das aktuelle Pixel fehlerhaft ist. Für jedes der detektierten fehlerhaften Pixel wird der Sensorwert des fehlerhaften Pixels unter Verwendung eines geschätzten Sensorwerts ersetzt, der aus den tatsächlichen Sensorwerten der benachbarten Pixel in derselben Farbebene und/oder den interpolierten Werten von räumlich unmittelbar angrenzenden benachbarten Pixeln berechnet wird.

**[0013]** In weiteren Ausführungen können die vorher interpolierten Werte, die zum Detektieren von fehlerhaften Pixeln verwendet werden, während des Demosaik-Verfahrens angewendet werden. Somit können, sobald die interpolierten Werte für die Schlechte-Pixel-Korrektur (BPC) berechnet wurden, diese interpolierten Werte als die interpolierten Werten für Zwecke des Demosaik-Verfahrens verwendet werden.

**[0014]** Daher können, indem die interpolierten Werte sowohl für die BPC als auch für das Demosaik-Verfahren verwendet werden, die beiden Verfahren (BPC und Demosaik-Verfahren) in einer einzigen Stufe ausgeführt werden. Zusätzlich bietet die Verwendung von interpolierten Werten während der PBC den zusätzlichen Vorteil, fehlerhafte Pixel in der Nähe von Kanten und Bereichen mit Muster zu identifizieren, da sowohl vertikale als auch horizontale Pixelnachbarn, die am nächsten an dem untersuchten Pixel liegen, bei der Berechnung der interpolierten Werte verwendet werden. Weiter sieht die Erfindung Ausführungen mit anderen Merkmalen und Vorteilen zusätzlich zu denen oder anstatt derer, die oben behandelt wurden, vor. Viele dieser Merkmale und Vorteile werden aus der Beschreibung unten mit Bezug auf die folgenden Zeichnungen deutlich.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0015]** Die offenbarte Erfindung wird mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, die wichtige Ausführungsbeispiele der Erfindung zeigen und die in der Patentschrift durch Bezugnahme eingeschlossen sind und bei denen:

**[0016]** **Fig. 1** ein Blockdiagramm ist, das ein Digitalbildsystem darstellt, das einen Schlechte-Pixel-Korrektur(BPC)- und -Demosaik-Algorithmus nach bei-

spielhaften Ausführungen der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0017] **Fig. 2** ein Logik-Flußdiagramm ist, das beispielhafte Logik zur Implementierung des BPC-Algorithmus nach beispielhaften Ausführungen der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0018] **Fig. 3** ein Flußbild ist, das beispielhafte Schritte zur Durchführung des BPC-Algorithmus, der in **Fig. 2** dargestellt ist, darstellt;

[0019] **Fig. 4** ein beispielhafter 5×5-Block von Pixeln ist, der beispielhafte rohe grüne Sensorwerte und interpolierte grüne Sensorwerte, die in Übereinstimmung mit Ausführungen des BPC-Algorithmus der vorliegenden Erfindung erzeugt wurden, darstellt;

[0020] **Fig. 5** eine Flußbild ist, das beispielhafte Schritte zur Durchführung des BPC-Algorithmus, um die grünen Sensorwerte zu interpolieren, wie sie in **Fig. 4** gezeigt sind, nach Ausführungen der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0021] **Fig. 6A** und **Fig. 6B** einen beispielhaften 5×5-Block von Pixeln, der rohe rote Sensorwerte und interpolierte rote Sensorwerte, die in Übereinstimmung mit Ausführungen des BPC-Algorithmus der vorliegenden Erfindung erzeugt wurden, darstellt;

[0022] **Fig. 7** ein Flußbild ist, das beispielhafte Schritte zur Durchführung des BPC-Algorithmus zur Interpolation von roten Sensorwerten, wie sie in **Fig. 6** gezeigt sind, nach Ausführungen der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0023] **Fig. 8** ein Logik-Flußdiagramm ist, das beispielhafte Logik zur Implementierung des BPC- und -Demosaik-Algorithmus nach Ausführungen der vorliegenden Erfindung darstellt; und

[0024] **Fig. 9** ein Flußdiagramm ist, das die beispielhaften Schritte zur Durchführung des BPC- und -Demosaik-Algorithmus, die in **Fig. 8** gezeigt sind, darstellt.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEISPIELHAFTEN AUSFÜHRUNGEN DER ERFINDUNG

[0025] Die vielen erfinderischen Lehren der vorliegenden Erfindung werden mit Bezug auf die beispielhaften Ausführungen beschrieben. Es versteht sich jedoch, daß diese Ausführungen nur wenige Beispiele der vielen nützlichen Verwendungen der erfinderischen Lehren hierin bereitstellen. Im allgemeinen beschränken die in der Patentschrift getroffenen Aussagen nicht notwendigerweise irgendwelche der verschiedenen beanspruchten Erfindungen. Des weiteren können manche Aussagen auf manche erfinderische Merkmale zutreffen, nicht jedoch auf andere.

[0026] Die **Fig. 1** zeigt ein Digitalbildsystem **10**, das einen Schlechte-Pixel-Korrektur(BPC)-Algorithmus, der mit einem Demosaik-Algorithmus kombiniert werden kann, nach der vorliegenden Erfindung implementiert. Das Digitalbildsystem **10** kann aus irgendeiner digitalen Bildgebungsvorrichtung, wie etwa einer Digitalkamera, einer Videokamera, einer medizinischen Bildgebungsvorrichtung etc., bestehen. Das Digitalbildsystem **10** kann auch aus einem Computersystem bestehen, wie etwa einem Personalcomputer oder Server, mit einem Speicher darin, um Bild-daten zu speichern. Somit kann der Algorithmus in einer digitalen Bildgebungsvorrichtung angeordnet sein oder einen Teil einer Bildverarbeitungssoftware bilden, die auf einem Personalcomputer oder Server läuft.

[0027] Das Digitalbildsystem **10** kann einen Digitalbildsensor **20**, wie etwa einen CMOS-Sensorchip oder einen CCD-Sensorchip, umfassen, der einen zweidimensionalen Array von Pixeln **25** aufweist, die in Zeilen und Spalten angeordnet sind. Es versteht sich, daß dann, wenn das Digitalbildsystem **10** ein Computersystem ist, der Digitalbildsensor **20** nicht in dem Digitalbildsystem eingeschlossen ist, sondern statt dessen dem Digitalbildsystem **10** Sensorwerte bereitstellt. Der Digitalbildsensor **20** kann so mit einem Farbfilterarray (CFA) überdeckt sein, daß jedes der Pixel **25** nur eine Farbe erfaßt. Der CFA kann beispielsweise aus dem verbreiteten Bayer-CFA bestehen, bei dem Chrominanz-Farben (Rot und Blau) zwischen ein Schachbrettmuster von Luminanz-Farben (Grün) eingefügt sind. Das folgende ist ein Beispiel des Bayer-CFA:

R	G	R	G	R
G	B	G	B	G
R	G	R	G	R
G	B	G	B	G
R	G	R	G	R

[0028] Es versteht sich, daß andere CFAs anstatt des Bayer-CFAs, der hier beschrieben ist, verwendet werden können. Es versteht sich auch, daß andere Farbräume wie etwa Gelb, Cyan und Magenta anstatt des hier behandelten Farbraumes mit Rot, Grün und Blau verwendet werden können.

[0029] Der Digitalbildsensor **20** liefert rohe Sensorwerte **30**, welche die originalen Rot-, Blau- und Grün-Pixelwerte aufweisen, an einen digitalen Signalprozessor **40**, der den BPC-(und Demosaik-)Algorithmus der vorliegenden Erfindung auf die Sensorwerte **30** anwendet, um fehlerhafte Pixel zu detektieren und zu korrigieren und Sensorwerte zu interpolieren, um ein vollständiges Bild herzustellen. Die Sensorwerte **30** werden dem digitalen Signalprozessor **40** blockweise bereitgestellt. Daher werden die Sensorwerte **30** in einem Puffer **50** gespeichert, bis die nötige Anzahl von Sensorwerten **30** vorhanden ist,

um die Verarbeitung zu beginnen.

**[0030]** Die Anzahl von Sensorwerten **30**, die benötigt werden, um die Verarbeitung zu beginnen, hängt von der Art der Verarbeitung ab. Zum Beispiel werden die Sensorwerte **30** üblicherweise aus dem Sensor **20** mit einer Zeile auf einmal ausgelesen. In einer Ausführung werden, damit der Vorgang des Detektierens und Korrigierens von fehlerhaften Pixeln und des Auflöserns der Mosaikstruktur der Sensorwerte beginnen kann, mindestens fünf Zeilen von Sensorwerten **30** in dem Puffer **50** gespeichert. Die Zeilen schließen die aktuelle Zeile, einschließlich des Sensorwertes des aktuellen, gerade untersuchten Pixels, sowie die zwei Zeilen direkt über und direkt unter der aktuellen Zeile ein, um Sensorwerte für die räumlich unmittelbar angrenzenden Nachbarn des aktuellen Pixels zu interpolieren. Es versteht sich, daß die räumlich unmittelbar angrenzenden Nachbarn diejenigen Pixel sind, die direkt an ein bestimmtes Pixel angrenzen, so daß keine anderen Pixel zwischen dem bestimmten Pixel und einem der räumlich unmittelbar angrenzenden Pixel liegen. Zusätzlich können ein oder mehrere Bilder in dem Puffer **50** zugleich gespeichert werden, weil die meisten Digitalkameras mehrere Bilder aufnehmen, um sicherzustellen, daß die Belichtung korrekt ist, bevor sie das Bild auswählen, das dauerhaft gespeichert werden soll.

**[0031]** Sobald ihre Mosaikstruktur aufgelöst ist, können die interpolierten Farbebenen (mit aufgelöster Mosaikstruktur) in nachfolgender Verarbeitung (nicht gezeigt) verwendet werden. Die interpolierten Farbebenen können beispielsweise mittels eines Kompressionsverfahrens (nicht gezeigt) wie etwa dem JPEG-Standard komprimiert werden, bevor sie an eine Ausgabevorrichtung (nicht gezeigt) wie etwa einem Bildschirm, Computermonitor oder Drucker ausgegeben werden.

**[0032]** Bezieht man sich nun auf [Fig. 2](#), so detektiert und korrigiert der digitale Signalprozessor **40** fehlerhafte Pixel **25** für Sensorwerte in jedem der Bilder, die in dem Puffer **50** gespeichert sind, gemäß einer Logik, die mit dem BPC-Algorithmus verknüpft ist. Der BPC-Prozessor **40** nimmt die rohen Sensorwerte **30** als Eingang, die von dem Puffer **50** bereitgestellt werden. Die rohen Sensorwerte **30** umfassen den Sensorwert **35** des aktuellen Pixels ( $Wert_i$  Pixel<sub>x</sub>) und Sensorwerte **30** von benachbarten Pixeln in der aktuellen Zeile des aktuellen Pixels und/oder der/den Zeile(n) direkt über oder direkt unter der aktuellen Zeile. Interpolationslogik **100** in dem BPC-Prozessor **40** berechnet interpolierte Sensorwerte **105** für die räumlich unmittelbar angrenzenden benachbarten Pixel des aktuellen Pixels aus den rohen Sensorwerten **30** der benachbarten Pixel, die das aktuelle Pixel in der gleichen Farbebene wie das aktuelle Pixel umgeben. Es versteht sich, daß der Begriff „Logik“, wie er hier verwendet wird, Hardware, Software und/oder Firm-

ware zur Durchführung der angegebenen Funktionen bezeichnet. Eine Interpolationslogik **100** verwendet eine Median-Interpolationstechnik, um sicherzustellen, daß irgendwelche fehlerhaften Sensorwerte isoliert bleiben.

**[0033]** Man nehme beispielsweise an, daß die folgenden rohen Sensorwerte **30** der Interpolationslogik **100** zugeführt werden:

B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
G <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>3</sub>
B <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>	B <sub>4</sub>

**[0034]** Um den Grün-Wert an dem Roter-Pixel-Ort (R<sub>1</sub>) mittels Median-Interpolation zu interpolieren, werden der maximale und der minimale Sensorwert aus G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub> und G<sub>4</sub> herausgefiltert, und der Durchschnitt der übrigen zwei Sensorwerte wird als der interpolierte Grün-Wert für den Roter-Pixel-Ort (R<sub>1</sub>) verwendet. Ebenso werden, um den Blau-Wert an dem Roter-Pixel-Ort (R<sub>1</sub>) mittels der Median-Interpolation zu interpolieren, der maximale und der minimale Sensorwert aus B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> und B<sub>4</sub> herausgefiltert, und der Durchschnitt der übrigen zwei Sensorwerte wird als der interpolierte Blau-Wert für den Roter-Pixel-Ort (R<sub>1</sub>) verwendet. Indem der Durchschnitt von ausschließlich den zwei mittleren Werten genommen wird, können alle fehlerhaften Sensorwerte herausgefiltert werden, um es zu vermeiden, daß die interpolierten Werte, die für die Schlechte-Pixel-Detektion, und letztendlich für das Auflösen der Mosaikstruktur des Bildes, verwendet werden, verzerrt werden.

**[0035]** Wendet man sich wieder [Fig. 2](#) zu, so werden die interpolierten Werte **105**, und in manchen Ausführungen die Rohdatenwerte **30** (wie unten in Verbindung mit den [Fig. 4-Fig. 7](#) behandelt wird), an die Bereichslogik **110** bereitgestellt, um einen Bereich von Sensorwerten **115** in derselben Farbebene wie das aktuelle Pixel aus den räumlich unmittelbar angrenzenden benachbarten Pixeln zu ermitteln. In einer Ausführung kann der Bereich von Sensorwerten **115** beispielsweise einen maximalen Sensorwert und einen minimalen Sensorwert von den interpolierten Werten für das räumlich unmittelbar angrenzende Pixel umfassen.

**[0036]** Die rohen Sensorwerte **30** können weiter einer Schwellwertlogik **120** bereitgestellt werden, um eine Schwellwertgröße **125** zu berechnen. In einer Ausführung kann die Schwellwertgröße **125** variabel sein, abhängig von den Lichtverhältnissen in dem Bild. Bei schlechten Lichtverhältnissen sind die Sensorwerte niedrig und das Signal-Rausch-Verhältnis ist niedrig, so daß eine niedrigere Schwellwertgröße **125** benötigt wird, um zu ermitteln, ob ein Pixel fehlerhaft ist. Im Gegensatz dazu sind bei normalen oder hellen Lichtverhältnissen die Sensorwerte hoch und



das Signal-Rausch-Verhältnis ist hoch, was dazu führt, daß eine höhere Schwellwertgröße **125** festgesetzt wird, um zu ermitteln, ob ein Pixel fehlerhaft ist. Bei vielen Kameras werden die Lichtverhältnisse durch das Belichtungsautomatik-System gemessen. Bei schlechten Lichtverhältnissen öffnet die Belichtungsautomatik beispielsweise den Verschuß für einen längeren Zeitraum als bei normalen oder hellen Lichtverhältnissen. Deshalb kann die Schwellwertgröße **125** basierend auf dem Belichtungsautomatik-System der Kamera festgesetzt werden. Zusätzlich kann, indem die Schwellwertgröße **125** bei schlechten Lichtverhältnissen gesenkt wird, das BPC-Verfahren zusätzlich dazu dienen, die Rauschpegel bei Bildern mit wenig Licht zu verbessern. Somit kann in manchen Ausführungen die Schwellwertgröße **125** während des Herstellungsverfahrens durch einen Bediener des Digitalbildsystems oder mittels einer Wertetabelle für den Schwellwert, basierend auf Lichtverhältnissen etc., festgesetzt werden. In anderen Ausführungen kann die Schwellwertgröße **125** fixiert oder vorher konfiguriert sein, basierend auf dem verwendeten Sensor und dem CFA.

**[0037]** Die Schwellwertgröße **125**, der Wertebereich **115** und der Sensorwert **35a** des aktuellen Pixels (z.B. Wert<sub>1</sub> Pixel<sub>x</sub>) werden der Vergleichslogik **130** bereitgestellt, um zu ermitteln, ob das aktuelle Pixel ein fehlerhaftes Pixel ist. Die Vergleichslogik **130** vergleicht den Sensorwert **35a** des aktuellen Pixels mit dem Wertebereich **115**, und wenn der Sensorwert **35a** des aktuellen Pixels um mehr als die Schwellwertgröße **125** größer als das Maximum des Bereiches von Sensorwerten **115** oder kleiner als das Minimum des Bereichs von Sensorwerten **115** ist, wird ermittelt, daß das aktuelle Pixel ein fehlerhaftes Pixel ist.

**[0038]** Für jedes detektierte fehlerhafte Pixel berechnet eine Ersetzungslogik **140** mittels der Sensorwerte der benachbarten Pixel einen Ersatz-Sensorwert **35b** (z.B. Wert<sub>2</sub> Pixel<sub>x</sub>) und ersetzt die Sensorwerte **35a** der fehlerhaften Pixel mit den Ersatz-Sensorwerten **35b**. In einer Ausführung kann der Ersatz-Sensorwert **35b** beispielsweise durch den Median der interpolierten Werte **105** der Pixel, die räumlich unmittelbar an das aktuelle Pixel angrenzen, gebildet werden. In einer anderen Ausführung kann der Ersatz-Sensorwert **35b** durch den Median aller räumlich unmittelbar angrenzenden Sensorwerte gebildet werden, einschließlich sowohl der tatsächlichen Sensorwerte **30** als auch der interpolierten Sensorwerte **105**. Es versteht sich jedoch, daß andere Ersatz-Sensorwerte **35b** wie etwa ein bilinearer Wert oder ein replizierter Pixelwert verwendet werden können.

**[0039]** Beispielhafte Schritte des BPC-Algorithmus werden in [Fig. 3](#) gezeigt. Anfangs werden die Sensorwerte am aktuellen Pixelort und benachbarten Pixelorten gemessen und dem Digitalbild-Prozessor

bereitgestellt, um zu ermitteln, ob das aktuelle Pixel ein fehlerhaftes Pixel ist. Beim Abrufen der benötigten Anzahl von benachbarten Sensorwerten von dem Puffer, um den Sensorwert für das aktuelle Pixel zu analysieren (Schritt **300**), kann eine Schwellwertgröße festgesetzt werden (Schritt **305**), um die Anzahl von falschen Schlechte-Pixel-Detektionen zu verringern. Beispielsweise kann die Schwellwertgröße entweder vorher festgesetzt sein, basierend auf dem Sensor, den Präferenzen des Bedieners oder dem CFA, oder variabel sein, abhängig von den Lichtverhältnissen des Bildes.

**[0040]** Die Sensorwerte in derselben Farbebene wie das aktuelle Pixel werden für räumlich unmittelbar angrenzende Pixel in anderen Farbebenen mittels einer Median-Interpolationstechnik interpoliert (Schritt **310**), um sicherzustellen, daß irgendwelche fehlerhaften Sensorwerte isoliert bleiben. Aus diesen interpolierten Werten und allen räumlich unmittelbar angrenzenden rohen (tatsächlichen) Sensorwerten in der gleichen Farbebene, werden eine maximale Schätzung (Schritt **315**) und eine minimale Schätzung (Schritt **320**) für den Sensorwert des aktuellen Pixels ermittelt. Die Schwellwertgröße wird zu der maximalen Schätzung addiert, um eine obere Grenze zu berechnen (Schritt **325**), und von der niedrigen Schätzung subtrahiert, um eine untere Grenze zu berechnen (Schritt **330**). Wenn der Sensorwert des aktuellen untersuchten Pixels die obere Grenze übersteigt (Schritt **335**) oder unter der unteren Grenze liegt (Schritt **340**), wird bestimmt, daß das aktuelle Pixel fehlerhaft ist (Schritt **345**), und der Sensorwert des aktuellen Pixels wird mit einem Ersatz-Sensorwert ersetzt, der aus den räumlich unmittelbar angrenzenden Nachbarpixeln geschätzt wird (Schritt **350**). Wenn der Sensorwert jedoch weder über der oberen Grenze noch unter der unteren Grenze liegt, ist das aktuelle Pixel nicht fehlerhaft (Schritt **355**) und keine Änderungen werden an dem Sensorwert des aktuellen Pixels vorgenommen.

**[0041]** Abhängig von dem verwendeten CFA können grüne (Luminanz-)Pixel geringfügig anders verarbeitet werden als rote oder blaue (Chrominanz-)Pixel. Die [Fig. 4](#) zeigt ein Beispiel eines 5×5-Blocks von Pixeln **25**, die beispielhafte rohe grüne Sensorwerte und interpolierte grüne Sensorwerte, die in Übereinstimmung mit Ausführungen des BPC-Algorithmus und der vorliegenden Erfindung erzeugt wurden, darstellen. Der Sensorwert **35** des aktuellen geprüften Pixels wird mit G<sub>5</sub> bezeichnet, die rohen Sensorwerte **30**, die von Pixeln erhalten werden, die dieselbe Farbe wie das aktuelle Pixel haben, werden mit „G<sub>n</sub>“ bezeichnet, und die interpolierten Sensorwerte **105**, die von benachbarten rohen Sensorwerten erhalten wurden, werden mit „g<sub>n</sub>“ bezeichnet. Es werden keine Sensorwerte für diejenigen Pixel gezeigt, die nicht bei der Ermittlung, ob das aktuelle Pixel fehlerhaft ist, verwendet werden.

**[0042]** In dem Beispiel, das in [Fig. 4](#) gezeigt wird, werden sowohl die aktuelle Zeile **28a** von Sensorwerten **30**, die den aktuellen Sensorwert **35** umfaßt, als auch die zwei Zeilen **28b** über und die unter der aktuellen Zeile **28a** in dem Puffer gespeichert und verarbeitet, um zu ermitteln, ob das aktuelle Pixel „G<sub>5</sub>“ ein fehlerhaftes Pixel ist. Die Sensorwerte **30** der zwei Zeilen **28b** darüber und darunter sind die minimal nötige Anzahl, um die Median-Interpolation für alle die unterschiedlichen räumlich unmittelbar an das aktuelle Pixel angrenzenden Farbpixel für eine Bayer-Farbfiler-Mosaikstruktur durchzuführen. Mehr oder weniger Zeilen von Sensorwerten können jedoch bei dem Interpolationsverfahren verwendet werden. Es kann beispielsweise nur die eine Zeile darüber und die eine Zeile darunter gespeichert werden, um ausschließlich die horizontal räumlich unmittelbar angrenzenden Sensorwerte zu interpolieren. Zusätzlich können in anderen Ausführungen nur diejenigen Sensorwerte, die zur Interpolation von räumlich unmittelbar angrenzenden Werten nötig sind, in dem Puffer gespeichert oder verarbeitet werden.

**[0043]** Der 5×5-Block von Pixeln **25** in [Fig. 4](#) kann verwendet werden, um eine Beispiel-Implementierung des BPC-Algorithmus darzustellen, der ermitteln soll, ob ein grünes Pixel fehlerhaft ist, indem er grüne Sensorwerte von räumlich unmittelbar angrenzenden unterschiedlichen Nachbar-Farbpixeln interpoliert, wie in den beispielhaften Schritten von [Fig. 5](#) dargestellt ist. Für grüne Pixel zeigt eine Untersuchung des oben beschriebenen Bayer-Musters, daß die diagonalen Nachbarn auch grün sind, daß aber die horizontalen und vertikalen Nachbarn nicht grün sind. Deshalb können, für ein grünes aktuelles Pixel, die grünen Werte für die horizontalen und vertikalen Nachbarn mittels einer Median-Interpolationstechnik geschätzt werden, um grüne Werte an allen Pixelorten, die räumlich an das aktuelle grüne Pixel angrenzen, bereitzustellen.

**[0044]** Für jeden der fehlenden grünen Werte beginnt das Interpolationsverfahren mit dem Abrufen der Sensorwerte der vier an den Pixelort des fehlenden grünen Wertes räumlich unmittelbar angrenzenden grünen Nachbarpixel (Schritt **500**). Aus diesen vier Sensorwerten wird ein interpolierter Wert mittels des Medians von vier räumlich unmittelbar angrenzenden Nachbarn berechnet (Schritt **510**). Zum Beispiel ist, wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist, der interpolierte Wert  $g_{11}$  für den oberen vertikalen Nachbarn des aktuellen Pixels G<sub>5</sub> der Median der Sensorwerte der vier unmittelbar benachbarten grünen Pixel G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub> und G<sub>5</sub>. Ähnlich ist der interpolierte Wert  $g_{21}$  für den linken horizontalen Nachbarn der Median der Sensorwerte der vier unmittelbar benachbarten grünen Pixel G<sub>2</sub>, G<sub>4</sub>, G<sub>5</sub> und G<sub>7</sub>. Die interpolierten Werte  $g_{31}$  und  $g_{22}$  können auf eine ähnliche Weise berechnet werden. Als Beispiel beträgt, wenn die Werte von G<sub>3</sub>, G<sub>5</sub>, G<sub>6</sub> und G<sub>8</sub> 11, 13, 45 bzw. 15 betragen, der inter-

polierte Wert  $g_{22}$ :  $(13 + 15)/2 = 14$ .

**[0045]** Durch die Verwendung des Medians der vier räumlich unmittelbar angrenzenden grünen Nachbarn des fehlenden grünen Pixels als den interpolierten Wert, wird, wenn einer der vier grünen Nachbarn ein fehlerhafter Pixel ist, der fehlerhafte Wert nicht in irgendeinen der interpolierten Werte „verschmiert“. Dies kann man leicht aus dem obigen Beispiel erkennen. Von den oben aufgelisteten Sensorwerten G<sub>3</sub>, G<sub>5</sub>, G<sub>6</sub> und G<sub>8</sub> ist der Sensorwert von G<sub>6</sub> (45), aufgrund der großen Differenz, verglichen mit den umliegenden Werten, möglicherweise indikativ für ein fehlerhaftes Pixel. Da die Median-Interpolation die hohen und die niedrigen Werte entfernt, wird der Wert von G<sub>6</sub> gefiltert und nicht zur Berechnung des interpolierten Wertes verwendet. Daher isoliert die Median-Interpolation fehlerhafte Pixelwerte, um sicherzustellen, daß fehlerhafte Pixelwerte die interpolierten Werte nicht verzerren.

**[0046]** Dieses Verfahren wird wiederholt, bis alle fehlenden grünen Werte für die räumlich an das aktuelle grüne Pixel unmittelbar angrenzenden Pixel interpoliert wurden (Schritt **520**). Sobald die Interpolation durchgeführt wurde, ändert sich das Muster der grünen Pixel, wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist (wobei die interpolierten Werte in Kleinschreibung gezeigt sind). Nun kann der aktuellen grüne Sensorwert (G<sub>5</sub> in [Fig. 4](#)) mit den räumlich unmittelbar angrenzenden Nachbarn verglichen werden, um zu ermitteln, ob der aktuelle grüne Sensorwert fehlerhaft ist. Für normale Pixel impliziert die Glätte, die von der Optik auferlegt wird und die Stetigkeit von Objekten, daß der Sensorwert eines Pixels nicht die Sensorwerte von allen den unmittelbaren Nachbarn um mehr als eine Schwellwertgröße übersteigen sollte, und analog, daß der Sensorwert des Pixels nicht unter die Sensorwerte von allen den unmittelbaren Nachbarn um mehr als eine Schwellwertgröße sinken sollte.

**[0047]** Um das Pixel zu testen, werden der maximale Sensorwert und der minimale Sensorwert der räumlich unmittelbar angrenzenden Nachbarn als die Basis verwendet, um zu ermitteln, ob das aktuelle Pixel fehlerhaft ist. Bei einem Bayer-CFA haben grüne Pixel räumlich unmittelbar angrenzende diagonale grüne Nachbarn. Daher können, wenn der maximale und der minimale Sensorwert ermittelt werden, entweder alle der räumlich unmittelbar angrenzenden Werte (einschließlich der rohen Sensorwerte von den angrenzenden grünen Pixeln) verwendet werden (Schritte **530** und **540**) oder es können nur die interpolierten räumlich unmittelbar angrenzenden Pixel verwendet werden (Schritte **530** und **550**). Da die interpolierten Werte nicht durch fehlerhafte Pixel verzerrt sind (wie oben erläutert), kann die ausschließliche Verwendung der interpolierten Werte eine genauere Schätzung des maximalen und des minimalen Wertes bereitstellen. Aus dem maximalen und

dem minimalen Wert können die obere und die untere Grenze mittels der konfigurierbaren Schwellwertgröße (T) berechnet werden (Schritt 560). Als ein Beispiel ist ein Wert von  $T = 7$  für 8-Bit-Systeme für die meisten Bilder geeignet. Es versteht sich jedoch, daß der Wert von T, abhängig von dem Rauschpegel des Bildes, angepaßt werden kann.

[0048] Unter Verwendung des Beispiels in [Fig. 4](#) wird das aktuelle Pixel  $G_5$  als fehlerhaft angesehen, wenn entweder:

$$G_5 > \max(G_2, g_{11}, G_3, g_{21}, g_{22}, G_7, g_{31}, G_8) + T$$

oder

$$G_5 < \min(G_2, g_{11}, G_3, g_{21}, g_{22}, G_7, g_{31}, G_8) - T.$$

[0049] Alternativ kann das aktuelle Pixel  $G_5$  als fehlerhaft angesehen werden, wenn entweder:

$$G_5 > \max(g_{11}, g_{21}, g_{22}, g_{31}) + T$$

oder

$$G_5 < \min(g_{11}, g_{21}, g_{22}, g_{31}) - T.$$

[0050] Wenn  $G_5$  aufgrund eines der Tests fehlerhaft ist (Schritt 570), wird der Sensorwert von  $G_5$  unter Verwendung eines Ersatz-Sensorwerts ersetzt, der aus den Sensorwerten von benachbarten Pixeln geschätzt wird (Schritt 580). Der Sensorwert kann beispielsweise durch den Median der vier interpolierten Werte  $\{g_{11}, g_{21}, g_{22}, g_{31}\}$  ersetzt werden. Man beachte, daß alternative Ersatz-Sensorwerte wie etwa ein bilinearer Wert oder ein replizierter Pixelwert möglich sind. Der gesamte Vorgang wird für jedes der grünen Pixel in dem Bild wiederholt (Schritt 590).

[0051] In anderen Ausführungen kann eine Variante der Rangordnungsstatistik als der Test verwendet werden, ob ein Pixel fehlerhaft ist. Zum Beispiel kann, anstatt den Maximalwert und den Minimalwert zu verwenden, ein Median- oder ein Mittelwert verwendet werden. Als Beispiel würde, wenn der Median verwendet würde, das Pixel  $G_5$  als fehlerhaft angesehen, wenn entweder:

$$G_5 > \text{median}(G_2, g_{11}, G_3, g_{21}, g_{22}, G_7, g_{31}, G_8) + T$$

oder

$$G_5 < \text{median}(G_2, g_{11}, G_3, g_{21}, g_{22}, G_7, g_{31}, G_8) - T.$$

[0052] Alternativ kann das aktuelle Pixel  $G_5$  als fehlerhaft angesehen werden, wenn entweder:

$$G_5 > \text{median}(g_{11}, g_{21}, g_{22}, g_{31}) + T$$

oder

$$G_5 < \text{median}(g_{11}, g_{21}, g_{22}, g_{31}) - T.$$

[0053] Es versteht sich, daß wenn der Median (oder der Mittelwert) verwendet wird, die Schwellwertgröße (T) normalerweise größer wäre, als wenn der Maximalwert oder der Minimalwert verwendet werden.

[0054] Wendet man sich nun den [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) zu, so wird ein beispielhafter 5×5-Block von Pixeln 25, der rohe rote Sensor-Beispielwerte 30 und interpolierte rote Sensorwerte 105 nach Ausführungen des BPC-Algorithmus der vorliegenden Erfindung darstellt, gezeigt. Der Sensorwert 35 des aktuellen untersuchten Pixels wird mit  $R_5$  bezeichnet, die rohen Sensorwerte 30, die von Pixeln erhalten werden, die dieselbe Farbe wie das aktuelle Pixel haben, werden mit „ $R_n$ “ bezeichnet, und die interpolierten Sensorwerte 105, die von benachbarten rohen Sensorwerten erhalten wurden, werden mit „ $r_n$ “ bezeichnet. Es werden keine Sensorwerte für diejenigen Pixel gezeigt, die nicht bei der Ermittlung, ob das aktuelle Pixel fehlerhaft ist, verwendet werden.

[0055] In dem in den [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) gezeigten Beispiel werden sowohl die aktuelle Zeile 28a von Sensorwerten 30, die den aktuellen Sensorwert 35 umfaßt, als auch die zwei Zeilen 28b über und die unter der aktuellen Zeile 28a in dem Puffer gespeichert und verarbeitet, um zu ermitteln, ob das aktuelle Pixel „ $R_5$ “ ein fehlerhaftes Pixel ist. Die Sensorwerte 30 der zwei Zeilen 28b darüber und darunter sind die minimale Anzahl, die für eine Bayer-Farbfiler-Mosaikstruktur notwendig ist, um die Median-Interpolation für alle die unterschiedlichen räumlich unmittelbar an das aktuelle Pixel angrenzenden Farbpixel durchzuführen. Mehr oder weniger Zeilen von Sensorwerten können jedoch bei dem Interpolationsverfahren verwendet werden. Es kann beispielsweise nur die eine Zeile darüber und die eine Zeile darunter gespeichert werden, um ausschließlich die horizontal räumlich unmittelbar angrenzenden Sensorwerte zu interpolieren. Zusätzlich können in anderen Ausführungen nur diejenigen Sensorwerte, die zur Interpolation von räumlich unmittelbar angrenzenden Werten nötig sind, in dem Puffer gespeichert oder verarbeitet werden.

[0056] Der 5×5-Block von Pixeln 25 in den [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) kann verwendet werden, um eine Beispiel-Implementierung des BPC-Algorithmus darzustellen, der ermitteln soll, ob ein rotes Pixel fehlerhaft ist, indem er rote Sensorwerte von räumlich unmittelbar angrenzenden unterschiedlichen Nachbar-Farbpixeln interpoliert, wie in den beispielhaften Schritten von [Fig. 7](#) dargestellten ist. Es versteht sich, daß obwohl es nicht gezeigt ist, ein ähnliches Verfahren für blaue Pixel verwendet wird. Anders als bei grünen Pixeln gibt es in dem Bayer-Muster keine räumlich unmittelbar angrenzenden roten Nachbarn für ein rotes Pixel. Daher müssen für ein aktuelles rotes Pixel die



roten Werte für die horizontal, vertikal und diagonal räumlich unmittelbar angrenzenden Nachbarn mittels einer Median-Interpolationstechnik geschätzt werden, um rote Werte an allen Pixelorten, die räumlich unmittelbar an das aktuelle rote Pixel angrenzen, bereitzustellen.

**[0057]** Die Median-Interpolation für Chrominanz-Pixel (rote und blaue Pixel) weist zwei Schritte auf. Als erstes werden fehlende Werte, die vier diagonal räumlich unmittelbar angrenzende Nachbarn aufweisen, mittels des Medians der vier diagonalen Nachbarn interpoliert. Als zweites werden die übrigen fehlenden Pixel mittels der im Norden, Süden, Osten und Westen räumlich unmittelbar angrenzenden Nachbarn interpoliert. Es werden also anfangs die fehlenden roten Werte für die diagonal räumlich unmittelbar an das aktuelle Pixel angrenzenden Nachbarn berechnet, da jeder der diagonal räumlich unmittelbar an das aktuelle Pixel angrenzenden Nachbarn vier rote diagonal räumlich unmittelbar angrenzende Nachbarn aufweist. Für jeden der fehlenden diagonalen roten Werte beginnt das Interpolationsverfahren mit dem Abrufen der Sensorwerte der vier roten diagonalen Nachbarpixel des fehlenden diagonalen roten Wertes (Schritt 700). Aus diesen vier Sensorwerten wird ein interpolierter Wert mittels des Medians der vier unmittelbaren Nachbarn berechnet (Schritt 710).

**[0058]** Zum Beispiel ist, wie in [Fig. 6A](#) gezeigt ist, der interpolierte Wert  $r_{11}$  für den oberen linken diagonalen Nachbarn des aktuellen Pixels  $R_5$  der Median der Sensorwerte der vier diagonalen roten Nachbarpixel:  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_4$  und  $R_5$ . Ähnlich ist interpolierter Wert  $r_{13}$  für den oberen rechten diagonalen Nachbarn der Median der Sensorwerte der vier diagonalen roten Nachbarpixel  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_5$  und  $R_6$ . Die interpolierten Werte  $r_{31}$  und  $r_{33}$  können auf eine ähnliche Weise berechnet werden. Dieses Verfahren wird wiederholt, bis alle fehlenden diagonalen roten Werte  $r_{11}$ ,  $r_{13}$ ,  $r_{31}$  und  $r_{33}$  interpoliert worden sind (Schritt 720).

**[0059]** Daraufhin werden die fehlenden roten Werte für die horizontal und vertikal (im Norden, Süden, Osten und Westen) räumlich unmittelbar angrenzenden Nachbarn des aktuellen roten Pixels mittels der roten Sensorwerte der sie umgebenden roten Nachbarpixel und der diagonalen interpolierten roten Werte berechnet. Für jeden der fehlenden horizontalen oder vertikalen roten Werte beginnt das Interpolationsverfahren, indem es die rohen Sensorwerte und die interpolierten Sensorwerte für die vier benachbarten Pixelorte des Pixelortes des fehlenden roten Wertes abrufen (Schritt 730). Aus diesen vier Sensorwerten wird ein interpolierter Wert mittels des Medians der vier räumlich unmittelbar angrenzenden Nachbarn berechnet (Schritt 740).

**[0060]** Der interpolierte Wert  $r_{12}$  für den oberen ver-

tikalen Nachbarn des aktuellen Pixels  $R_5$  ist beispielsweise, wie in [Fig. 6B](#) gezeigt ist, der Median der Sensorwerte von den vier Nachbarpixeln:  $R_2$ ,  $r_{11}$ ,  $R_5$  und  $r_{13}$ . Ähnlich ist der interpolierte Wert  $r_{22}$  für den rechten horizontalen Nachbarn der Median der Sensorwerte der vier Nachbarpixel  $R_6$ ,  $r_{33}$ ,  $R_5$  und  $r_{13}$ . Die interpolierten Werte  $r_{21}$  und  $r_{32}$  können auf ähnliche Weise berechnet werden. Dieses Verfahren wird wiederholt, bis alle fehlenden horizontalen ( $r_{21}$  und  $r_{22}$ ) und vertikalen ( $r_{12}$  und  $r_{32}$ ) roten Werte interpoliert worden sind (Schritt 750).

**[0061]** Sobald die Interpolation durchgeführt wurde, verändert sich das Muster von roten Pixeln so, wie es in [Fig. 6B](#) gezeigt ist (mit den interpolierten Werten in Kleinschreibung). Daraufhin werden der maximale Sensorwert und der minimale Sensorwert der räumlich unmittelbar angrenzenden interpolierten roten Werte als Basis verwendet, um zu ermitteln, ob das aktuelle Pixel fehlerhaft ist (Schritt 760). Aus dem maximalen und dem minimalen Wert können die obere und die untere Grenze mittels der konfigurierbaren Schwellwertgröße ( $T$ ) berechnet werden (Schritt 770). Die Schwellwertgröße  $T$ , die für die rote Farbebene und für die blaue Farbebene verwendet wird, kann dieselbe wie diejenige sein, die für die grüne Farbebene verwendet wird, obwohl Änderungen der Schwellwertgröße zwischen den Farben auftreten können.

**[0062]** Unter Verwendung des Beispiels in [Fig. 6B](#) wird das aktuelle Pixel als fehlerhaft angesehen, wenn entweder:

$$R_5 > \max(r_{11}, r_{12}, r_{13}, r_{21}, r_{22}, r_{31}, r_{32}, r_{33}) + T$$

oder

$$R_5 < \min(r_{11}, r_{12}, r_{13}, r_{21}, r_{22}, r_{31}, r_{32}, r_{33}) - T.$$

**[0063]** Wenn  $R_5$  nach einem der Tests fehlerhaft ist (Schritt 780), werden die Sensorwerte von  $R_5$  unter Verwendung eines Sensorwertes ersetzt, der aus den Sensorwerten der benachbarten Pixel geschätzt wird (Schritt 790). Der Sensorwert kann beispielsweise durch den Median aller der interpolierten Werte  $\{r_{11}, r_{12}, r_{13}, r_{21}, r_{22}, r_{31}, r_{32}, r_{33}\}$  ersetzt werden. Man beachte, daß alternative Ersatz-Sensorwerte wie etwa ein bilinearer Wert oder ein replizierter Pixelwert möglich sind. Das gesamte Verfahren wird für jeden der roten Pixel in dem Bild wiederholt (Schritt 795).

**[0064]** In weiteren Ausführungen können die interpolierten Werte, die während des Schlechte-Pixel-Korrekturverfahrens berechnet wurden, während des Auflösens der Mosaikstruktur wiederverwendet werden, wie in [Fig. 8](#) gezeigt wird. Wenn die rohen Sensorwerte 30 bei dem digitalen Signalprozessor 40 eintreffen, werden die rohen Sensorwerte 25 in drei rohe Farbebenen 80 getrennt, die jeweils fehlen-

de Elemente aufweisen. Der digitale Signalprozessor **40** wendet Interpolationslogik **100** auf die rohen Farbebenen **80** an, um die fehlenden Werte an jedem der Orte zu ermitteln. Die Interpolationslogik **100** interpoliert beispielsweise mittels Median-Interpolation, wie oben in Verbindung mit den [Fig. 4-Fig. 7](#) erläutert wurde, den grünen Wert an jedem der roten oder blauen Pixelorte, den roten Wert an jedem der grünen oder blauen Pixelorte und den blauen Wert an jedem der grünen oder roten Pixelorte. Alle fehlenden Sensorwerte werden interpoliert, um alle der räumlich unmittelbar angrenzenden Sensorwerte für jedes der Pixel bereitzustellen. Die resultierenden Farbebenen mit aufgelöster Mosaikstruktur **85** umfassen sowohl die Originalwerte, die durch Großbuchstaben dargestellt werden (G, R und B), als auch die interpolierten Werte, die durch Kleinbuchstaben dargestellt werden (g, r und b).

**[0065]** Die Farbebenen mit aufgelöster Mosaikstruktur **85** werden von der Schlechte-Pixel-Korrekturlogik **150** verwendet, um sowohl mittels der interpolierten räumlich angrenzenden Sensorwerte einen Bereich von Werten für jedes der Pixel zu ermitteln als auch jeden der Sensorwerte mit seinem zugehörigen Bereich von Werten zu vergleichen, um zu ermitteln, ob das Pixel fehlerhaft ist. Alle fehlerhaften Pixel werden mittels Ersatz-Sensorwerten, die aus den benachbarten Pixeln geschätzt werden, ersetzt. Die korrigierten Farbebenen mit aufgelöster Mosaikstruktur **85** werden als das Farbbild mit aufgelöster Mosaikstruktur ohne weitere Verarbeitung ausgegeben. Somit wird sowohl die BPC als auch das Auflösen der Mosaikstruktur in einer einzigen Stufe durchgeführt.

**[0066]** Die [Fig. 9](#) stellt beispielhafte Schritte zur Durchführung der Schlechte-Pixel-Korrektur und zum Auflösen der Mosaikstruktur in einer einzigen Stufe dar. Anfangs empfängt der Prozessor die rohen Sensorwerte und interpoliert alle fehlenden Sensorwerte (wie oben im Zusammenhang mit den [Fig. 4-Fig. 7](#) beschrieben wurde)(Schritt **900**). Die interpolierten Farbebenen werden verwendet, um fehlerhafte Pixel zu detektieren (Schritt **910**), und wenn irgendwelche fehlerhaften Pixel detektiert werden (Schritt **920**), werden die Sensorwerte der fehlerhaften Pixel unter Verwendung von Ersatz-Sensorwerten, die aus den benachbarten Pixeln geschätzt wurden, ersetzt. (Schritt **930**). Die korrigierten, interpolierten Farbebenen werden als das Bild mit aufgelöster Mosaikstruktur ausgegeben (Schritt **940**), um in nachfolgender Verarbeitung verwendet zu werden, wie etwa Komprimierung oder Umwandlung, um in einer Anzeigevorrichtung angezeigt zu werden.

**[0067]** Wie der Fachmann bemerken wird, können die erfinderischen Konzepte, die in der vorliegenden Erfindung beschrieben wurden, in einem breiten Bereich von Anwendungen modifiziert und variiert wer-

den. Daher soll der Schutzzumfang des patentierten Gegenstandes nicht durch irgendwelche der beispielhaften behandelten Lehren begrenzt sein, sondern ist dagegen durch die folgenden Ansprüche definiert.

### Patentansprüche

1. Digitalbildsystem (**10**) zum Korrigieren von Sensorwerten (**30**), die von Pixeln (**25**) innerhalb einer Anordnung aus Pixeln erzeugt wurden, wobei jedes der Pixel (**25**) innerhalb der Anordnung aus Pixeln jeweils einen der Sensorwerte (**30**) für ein Farbbild erzeugt, wobei das Digitalbildsystem (**10**) einen Puffer (**50**) zum Speichern wenigstens eines Teils der Sensorwerte (**30**) aufweist, die von den Pixeln (**25**) für das Bild erzeugt wurden, wobei einer der gespeicherten Sensorwerte (**30**) ein aktueller Sensorwert (**35**) in einer ersten Farbebene (**80**) ist, der von einem aktuellen Pixel der Pixel (**25**) erzeugt wurde; und einen Sensor (**40**) aufweist, der so angeschlossen ist, daß er die Sensorwerte (**30**), die in dem Puffer (**50**) gespeichert sind, empfängt, interpolierte Sensorwerte (**105**) in der ersten Farbebene (**80**) für Pixel (**25**), die zu einer Farbebene gehören, welche nicht die erste Farbebene ist, und die dem aktuellen Pixel (**25**) räumlich benachbart sind, unter Verwendung der gespeicherten Sensorwerte (**30**) berechnet und ermittelt, ob das aktuelle Pixel (**25**) fehlerhaft ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Prozessor die interpolierten Sensorwerte dazu verwendet zu ermitteln, ob das aktuelle Pixel (**25**) fehlerhaft ist, und daß der Prozessor dazu konfiguriert ist, die interpolierten Sensorwerte (**105**) unter Verwendung einer Interpolationstechnik zu berechnen, welche sicherstellt, daß jeder fehlerhafte Sensorwert isoliert bleibt.

2. Digitalbildsystem (**10**) nach Anspruch 1, wobei der Prozessor (**40**) ferner dazu konfiguriert ist, eine Schwellwertgröße (**125**) zu ermitteln und einen Bereich von Sensorwerten (**115**) für das aktuelle Pixel (**25**) unter Verwendung wenigstens der interpolierten Werte (**105**) zu berechnen, wobei das aktuelle Pixel (**25**) fehlerhaft ist, wenn der aktuelle Sensorwert (**35**) um mehr als die Schwellwertgröße (**125**) außerhalb des Bereiches der Sensorwerte (**115**) liegt.

3. Digitalbildsystem (**10**) nach Anspruch 2, wobei der Prozessor (**40**) ferner dazu konfiguriert ist, den aktuellen Sensorwert (**35a**) durch einen Ersatzsensorwert (**35b**), der unter Verwendung der interpolierten Sensorwerte (**105**) berechnet wurde, zu ersetzen, wenn das aktuelle Pixel (**25**) fehlerhaft ist.

4. Digitalbildsystem (**10**) nach Anspruch 3, wobei der Prozessor (**40**) ferner dazu konfiguriert ist, die Sensorwerte (**30**) mittels einer Demosaik-Technik unter Verwendung der interpolierten Sensorwerte (**105**) und der Ersatzsensorwerte (**35b**) zu verarbeiten.

5. Digitalbildsystem (**10**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Prozessor (**40**) ferner dazu konfiguriert ist, die interpolierten Sensorwerte (**105**) unter Verwendung einer Median-Interpolationstechnik zu berechnen.

Berechnen (Schritt **310**) der interpolierten Sensorwerte (**105**) unter Verwendung einer Median-Interpolationstechnik.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

6. Verfahren zum Korrigieren von Sensorwerten (**30**), welche von Pixeln (**25**) innerhalb einer Anordnung aus Pixeln erzeugt wurden, wobei jedes der Pixel (**25**) innerhalb der Anordnung aus Pixeln jeweils einen Sensorwert (**30**) für ein Farbbild erzeugt, mit folgenden Verfahrensschritten:

Empfangen (Schritt **300**) wenigstens eines Teils der Sensorwerte (**30**), die von den Pixeln (**25**) für das Bild erzeugt wurden, wobei einer der empfangenen Sensorwerte (**30**) ein aktueller Sensorwert (**35**) in einer ersten Farbebene (**80**) ist, der von einem aktuellen Pixel der Pixel (**25**) erzeugt wurde;

Berechnen (Schritt **310**) interpolierter Sensorwerte (**105**) einer ersten Farbebene (**80**) für Pixel (**25**), die zu einer Farbebene gehören, welche nicht die erste Farbebene ist, und die dem aktuellen Pixel (**25**) räumlich benachbart sind, unter Verwendung der empfangenen Sensorwerte (**30**); und

Ermitteln (Schritte **335** und **340**), ob das aktuelle Pixel (**25**) fehlerhaft ist, gekennzeichnet durch die Verwendung der interpolierten Sensorwerte (**105**), um zu ermitteln, ob das aktuelle Pixel fehlerhaft ist, und dadurch, daß der Berechnungsschritt eine Interpolationstechnik verwendet, die sicherstellt, daß jeder fehlerhafte Sensorwert isoliert bleibt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der Schritt des Ermitteln ferner umfaßt:

Ermitteln (Schritt **305**) einer Schwellwertgröße (**125**); Berechnen (Schritte **315-330**) eines Bereichs von Sensorwerten (**115**) für das aktuelle Pixel (**25**) unter Verwendung wenigstens der interpolierten Sensorwerte (**105**), und

Ermitteln (Schritte **335** und **340**), daß das aktuelle Pixel (**25**) fehlerhaft ist, wenn der aktuelle Sensorwert (**35**) um mehr als die Schwellwertgröße (**125**) außerhalb des Bereiches der Sensorwerte (**30**) liegt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, mit dem weiteren Verfahrensschritt:

Ersetzen (Schritt **350**) des aktuellen Sensorwertes (**35a**) durch einen Ersatzsensorwert (**35b**), der unter Verwendung der interpolierten Sensorwerte (**105**) berechnet wurde, wenn das aktuelle Pixel (**25**) fehlerhaft ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, mit dem weiteren Verfahrensschritt:

Demosaik-Verarbeitung (Schritt **930**) der Sensorwerte (**30**) unter Verwendung der interpolierten Sensorwerte (**105**) und der Ersatzsensorwerte (**35b**).

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei das Berechnen ferner umfaßt:

## Anhängende Zeichnungen

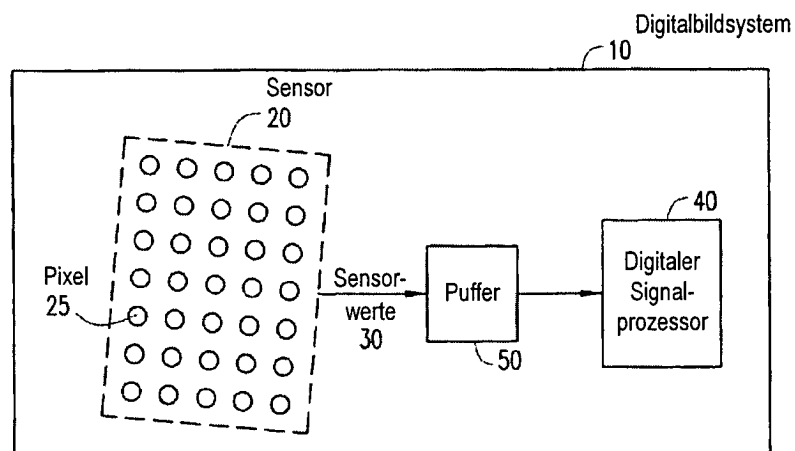


FIG. 1

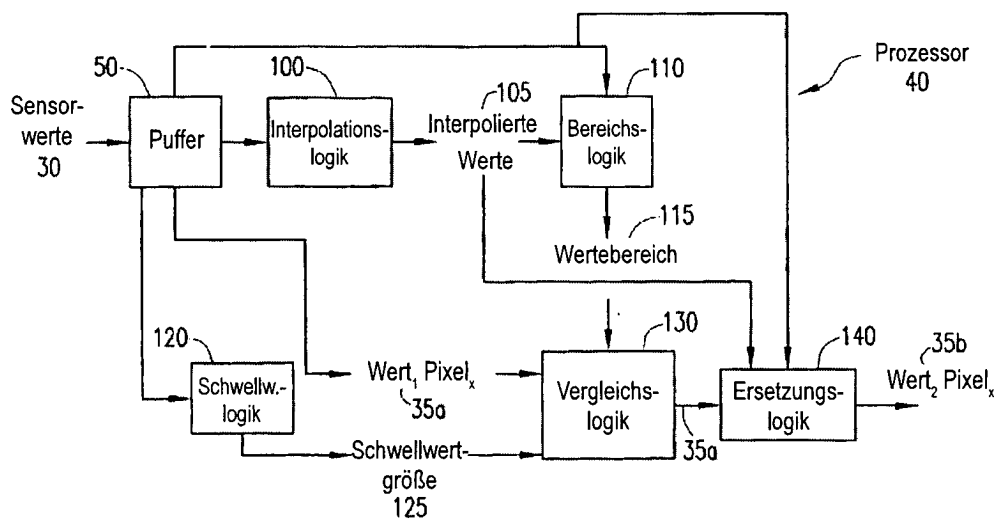


FIG. 2

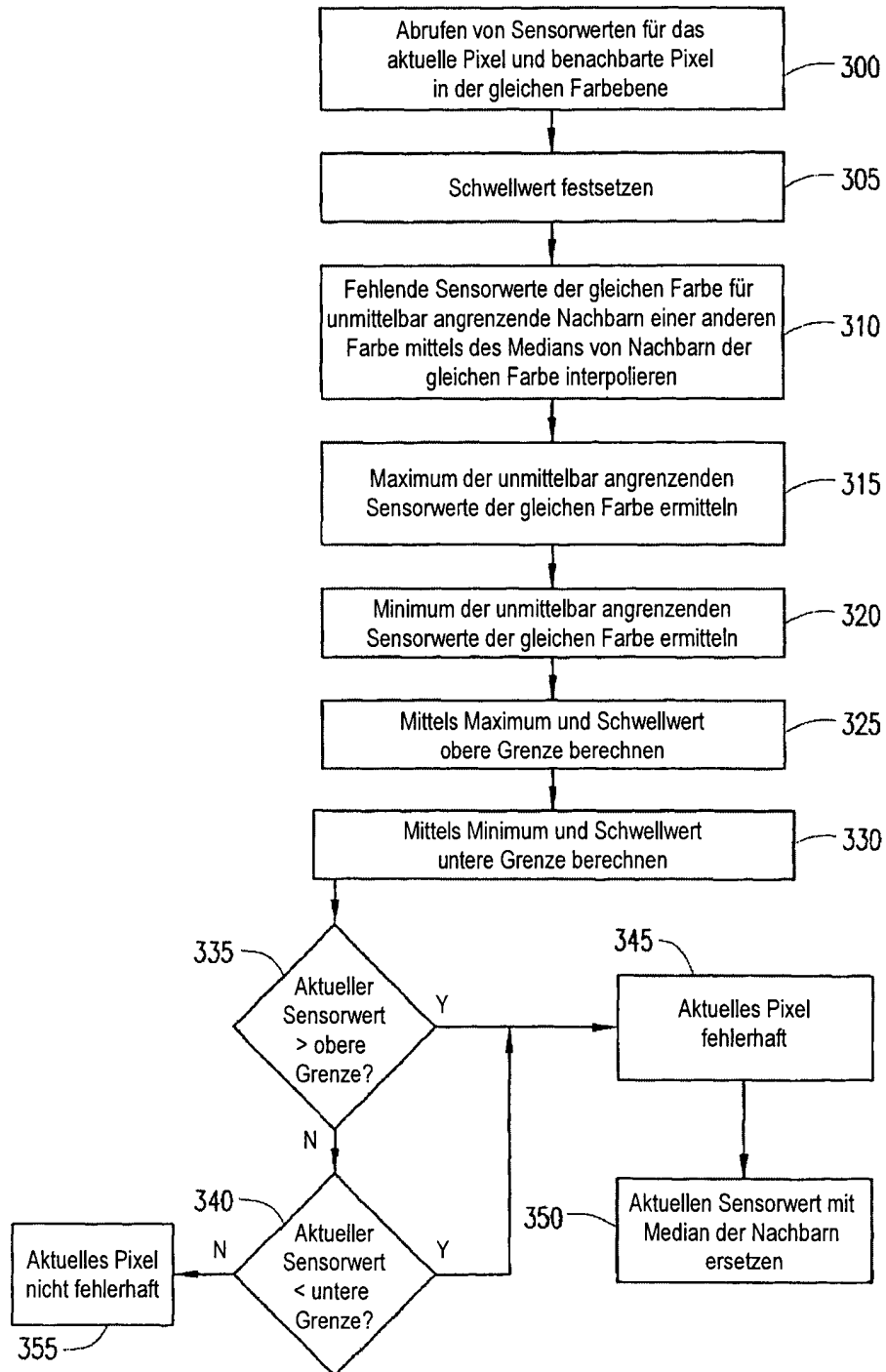
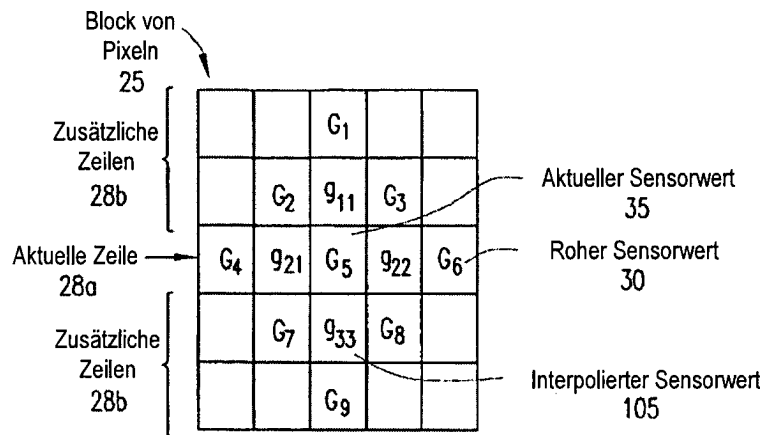
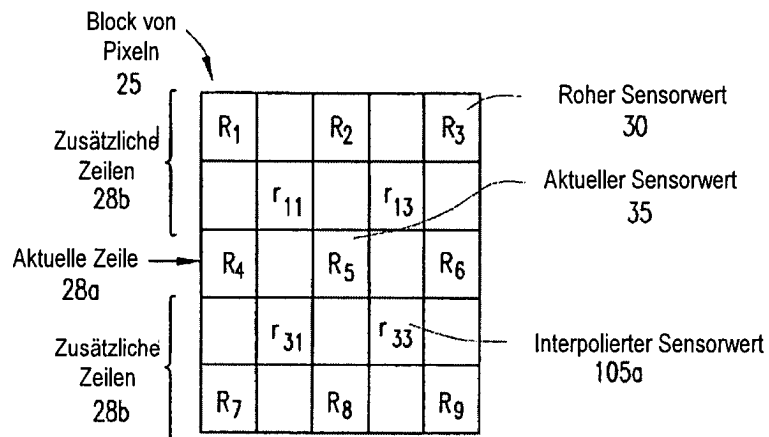
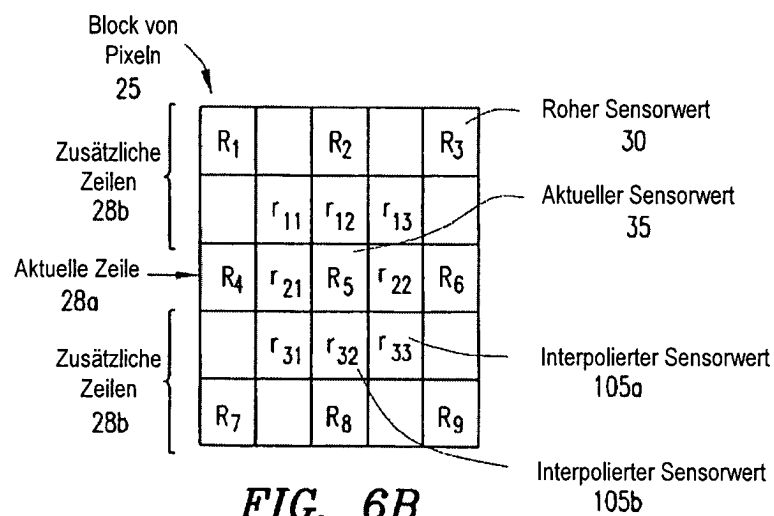


FIG. 3



**FIG. 4****FIG. 6A****FIG. 6B**

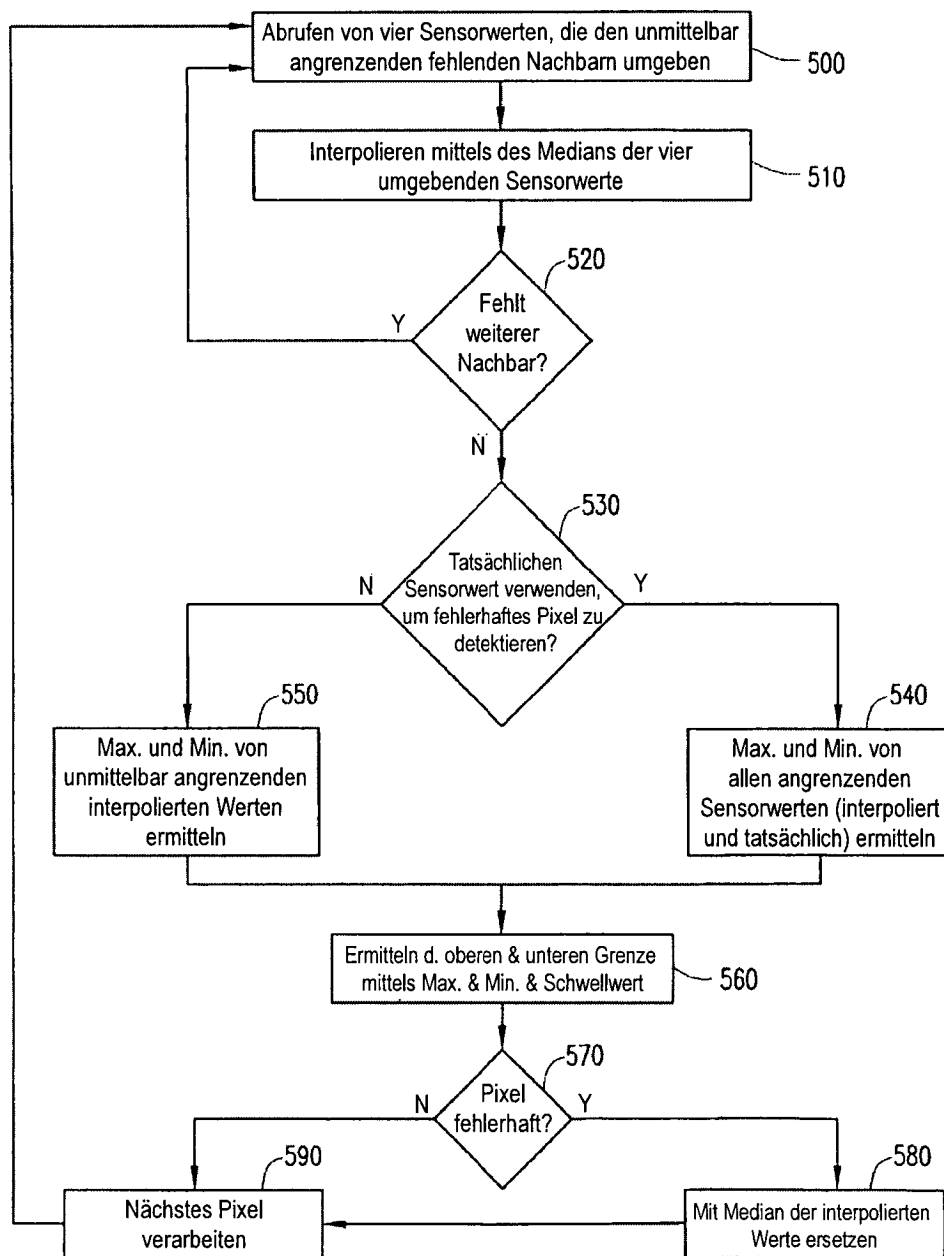


FIG. 5

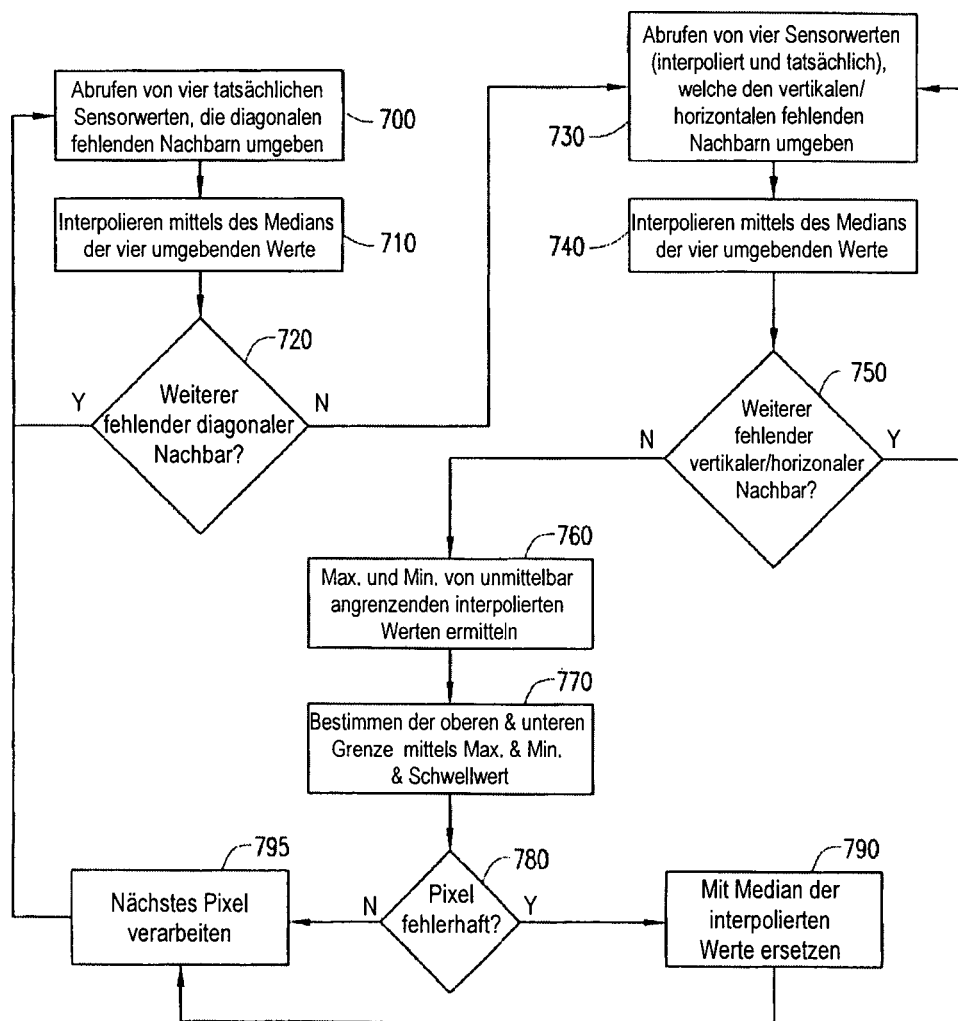


FIG. 7

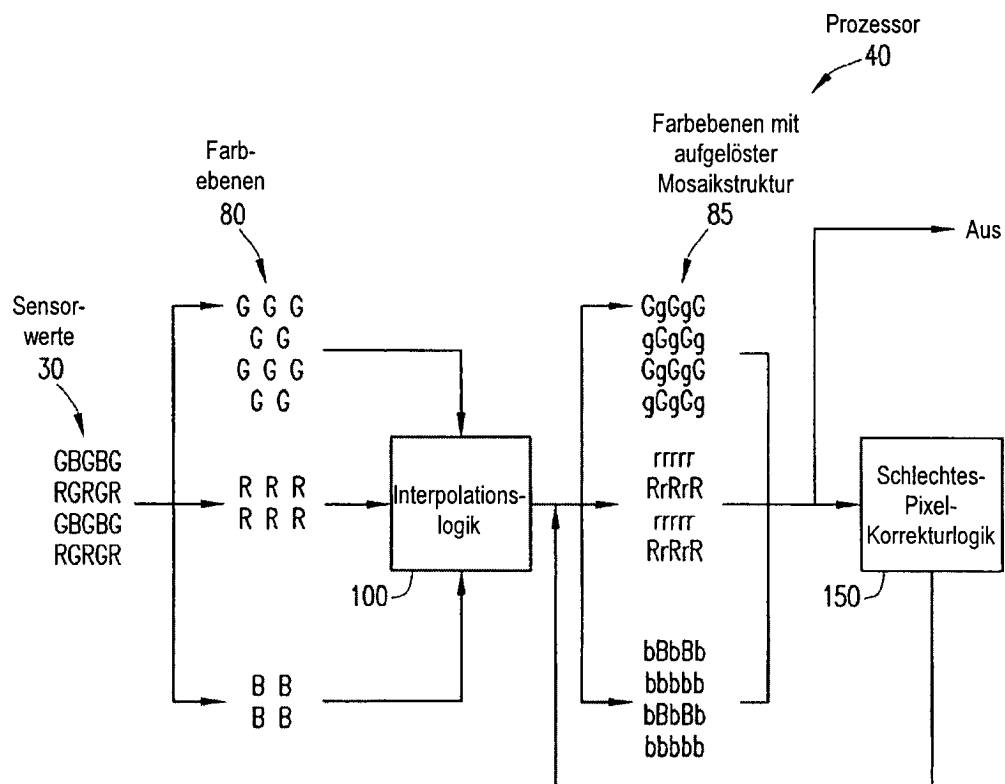
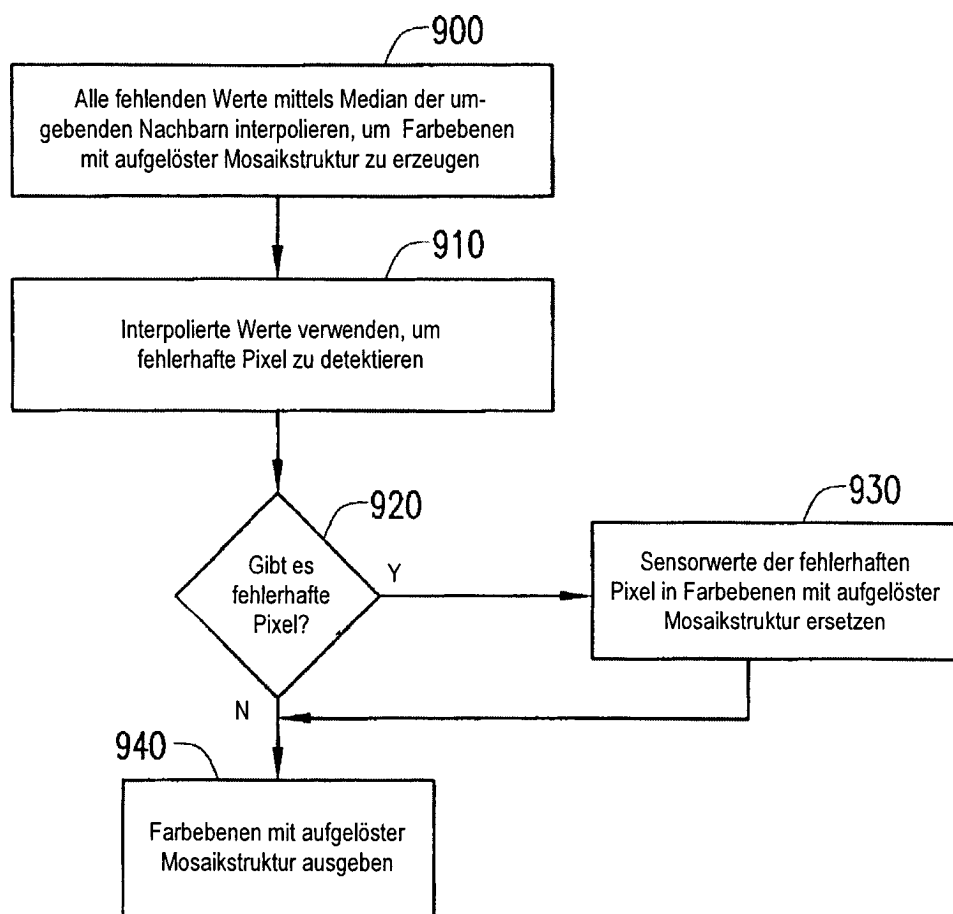


FIG. 8

**FIG. 9**