



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 017 536 A1 2004.10.21**

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 017 536.5**

(22) Anmeldetag: **08.04.2004**

(43) Offenlegungstag: **21.10.2004**

(51) Int Cl.7: **G03B 13/36**

G02B 7/28, G02B 7/32, G02B 7/36

(30) Unionspriorität:

2003/104383 08.04.2003 JP

(71) Anmelder:

Pentax Corp., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

Schaumburg, Thoenes, Thurn, Landskron, 81679 München

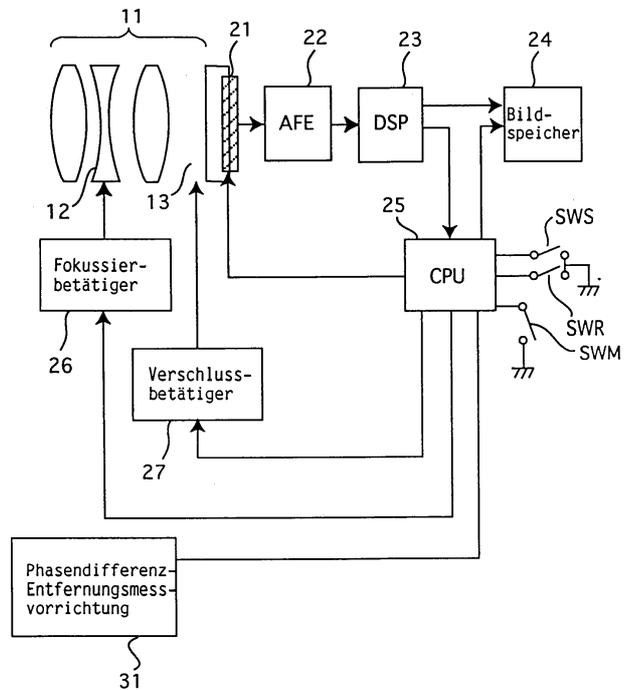
(72) Erfinder:

Nakahara, Naoto, Tokio/Tokyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zur automatischen Schärfeneinstellung**

(57) Zusammenfassung: Beschrieben ist ein Autofokussystem für eine Kamera mit einem Kontrast-Schärfendetektor (11, 12, 21, 22, 23, 25, 26), der diejenige Position einer Fokussierlinsengruppe (12), in der der Kontrast eines durch eine Aufnahmeoptik (11) erzeugten Objektbildes ein Maximum erreicht, erfasst, während die Fokussierlinsengruppe (12) über einen Linsenantrieb (26) bewegt wird (26), und diese Position als Kontrast-Schärfe-position definiert, mit einem Phasendifferenz-Schärfendetektor (31), der ein auf das Objektbild bezogenes Lichtbündel so in zwei Lichtbündel teilt, dass diese beiden Lichtbündel in Form von zwei Objektbildern auf einem Lichtempfangselement (21) abgebildet werden, um eine Phasendifferenz zwischen den beiden Objektbildern auf dem Lichtempfangselement (21) zu erfassen, wobei der Phasendifferenz-Schärfendetektor (31) diejenige Position der Fokussierlinsengruppe (12), in der für das Objekt ein Schärfenzustand erfasst wird, als Phasendifferenz-Schärfe-position definiert, und mit einer Steuerung (25), die die Fokussierlinsengruppe (12) über den Linsenantrieb (26) in eine der beiden definierten Schärfepositionen bewegt, wobei die Steuerung (25) einen Bewegungsbereich der Fokussierlinsengruppe (12) für die Erfassung des Kontrastes durch den Kontrast-Schärfendetektor (11, 12, 21, 22, 23, 25, 26) in Abhängigkeit eines Zuverlässigkeitsmaßes für die Phasendifferenz-Schärfe-position einstellt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein System und Verfahren zur automatischen Schärfeneinstellung. Insbesondere betrifft die Erfindung ein sogenanntes passives Autofokussystem für eine Kamera, das sowohl mit einem passiven Phasendifferenzverfahren als auch einem passiven Kontrasterfassungsverfahren arbeitet.

Stand der Technik

[0002] Herkömmliche Schärfenerfassungsverfahren, mit denen für elektronische Kameras bestimmte Autofokussysteme arbeiten, sind das aktive Autofokusverfahren, das eine Triangulation anwendet, und das passive Autofokusverfahren. Als passive Autofokusverfahren sind aus dem Stand der Technik ein Phasendifferenzverfahren und ein Kontrasterfassungsverfahren bekannt.

[0003] Das eine Triangulation anwendende aktive Autofokusverfahren arbeitet z.B. mit einem Infrarotsender und einem positionssensitiven Detektor (PSD), durch die unter Anwendung der Triangulation eine Objektentfernung bestimmt wird. Dabei empfängt der positionssensitive Detektor ein Infrarotsignal, das zunächst von dem Infrarotsender ausgegeben wird, anschließend an einem Objekt reflektiert wird und schließlich auf den positionssensitiven Detektor fällt, um die Position des empfangenen Infrarotsignals zu erfassen. Bei diesem mit der Triangulation arbeitenden aktiven Autofokusverfahren ist die für die Bestimmung der Objektentfernung erforderliche Zeit kurz, und die Fokussierlinsengruppe kann mit einem einzigen Hub angetrieben werden, da die Objektentfernung in einer direkten Weise bestimmt wird, so dass für einen Autofokusprozess nur eine kurze Zeit benötigt wird. Jedoch kann mit dem die Triangulation anwendenden aktiven Autofokusverfahren die Objektentfernung nicht mit hoher Genauigkeit gemessen werden. Außerdem ist der Bereich auf dem Objekt, auf der der Infrarotsender das Infrarotlicht sendet, auf eine kleine Fläche beschränkt, da die Schärfenerfassungsfläche klein und die Aussende- richtung des Infrarotlichtes festgelegt ist, so dass die Gefahr besteht, dass nicht auf den Vordergrund, d.h. das Objekt, sondern auf den Hintergrund fokussiert wird.

[0004] In dem Phasendifferenzverfahren wird ein auf ein Objektbild bezogenes Lichtbündel, das durch eine Aufnahmeoptik tritt, um in einen vorbestimmten Schärfenerfassungsbereich einer Referenzschärfenebene abgebildet zu werden, nach einem Austrittspupillen-Teilverfahren (Phasendifferenzverfahren) in zwei Lichtbündel geteilt, so dass zwei Objektbilder auf einem Zeilensensor, der eine Anordnung fotoelektrischer Wandlerelemente enthält, erzeugt werden, deren Phasendifferenz auf

dem Zeilensensor erfasst wird. An Hand der erfassten Phasendifferenz wird in einer vorbestimmten Defokussieroperation ein Defokussierwert bestimmt. Die Fokussierlinsengruppe wird in eine Position bewegt, in der der Defokussierwert minimal wird. Das Phasendifferenzverfahren hat den Vorteil eines langen Entfernungsmessbereichs. Jedoch ist der Schärfenerfassungsbereich klein und festgelegt.

[0005] Das Kontrasterfassungsverfahren, das mit einem mit einer elektronischen Kamera eingefangenen Videosignal arbeitet, nutzt die Eigenschaft des Videosignals, dass der Wert von dessen Hochfrequenzkomponenten für ein Objekt in einer vorgegebenen Entfernung im fokussierten Zustand maximal ist. In dem Kontrasterfassungsverfahren wird demnach die Fokussierlinsengruppe in kleinen Schritten angetrieben, um die Hochfrequenzkomponenten des eingefangenen Videosignals zu erfassen. Die Schärfenposition der Fokussierlinsengruppe wird so festgelegt, dass der Wert der Hochfrequenzkomponenten des Videosignals sein Maximum erreicht. Dadurch ist eine hochgenaue Schärfeneinstellung möglich. Da jedoch der Bildkontrast erfasst wird, indem die Fokussierlinsengruppe in kleinen Schritten bewegt wird, erfordert es lange Zeit, um die Peak- oder Spitzenkontrastintensität und damit die Schärfenposition zu bestimmen. Befindet sich die Fokussierlinsengruppe weit von ihrer Schärfenposition entfernt, so erfordert die Bestimmung der Spitzenkontrastintensität besonders lange Zeit.

[0006] Angesichts der vorstehend beschriebenen Nachteile der herkömmlichen Schärfenerfassungsverfahren wurde in den Japanischen Patentveröffentlichungen H05-210042 und 2001-141984 ein Hybrid-Autofokussystem vorgeschlagen, das sowohl mit dem die Triangulation anwendenden aktiven Autofokusverfahren als auch mit dem Kontrasterfassungsverfahren arbeitet. Ein weiteres Hybrid-Autofokussystem, das mit dem Phasendifferenzverfahren und dem Kontrasterfassungsverfahren arbeitet, wurde in der Japanischen Patentveröffentlichung H07-43605 vorgeschlagen.

[0007] Das in den Japanischen Patentveröffentlichungen H05-210042 und 2001-141984 offenbarte Hybrid-Autofokussystem misst zunächst unter Anwendung der Triangulation die Objektentfernung, um eine vorläufige Schärfenposition der Fokussierlinse zu bestimmen, bewegt dann die Fokussierlinsengruppe unter Bezugnahme auf die vorläufige Schärfenposition in eine vorbestimmte Position und bewegt anschließend die Fokussierlinsengruppe schrittweise unter Bezugnahme auf die vorläufige Schärfenposition, um unter Anwendung des Kontrasterfassungsverfahrens die Spitzenkontrastintensität zu bestimmen.

[0008] In jedem dieser beiden herkömmlichen Hyb-

rid-Autofokussystemen wird eine Fokussierung unter Anwendung des Kontrasterfassungsverfahrens über einen festen Bereich von Schärfeneinstellungen unter Bezugnahme auf die ermittelte vorläufige Schärfenposition ungeachtet der Genauigkeit der Anfangsoperation durchgeführt, in der die vorläufige Schärfenposition ermittelt wird. So wird bekanntermaßen sowohl bei dem Phasendifferenzverfahren als auch dem Kontrasterfassungsverfahren, die beide den Bildkontrast nutzen, die vorstehend genannte Operation zur Bestimmung der vorläufigen Schärfenposition für ein kontrastreiches Objekt mit hoher Genauigkeit und für ein kontrastarmes Objekt mit geringer Genauigkeit durchgeführt. Wegen dieser Eigenschaft führen herkömmliche Schärfenerfassungssysteme, die eine Fokussieroperation unter Anwendung des Kontrasterfassungsverfahrens vornehmen, für ein kontrastreiches Objekt eine Suche über einen überflüssig weiten Bereich von Schärfeneinstellungen durch. Andererseits führen diese herkömmlichen Schärfenerfassungsbereiche die Suche für ein kontrastarmes Objekt über einen sehr schmalen Bereich von Schärfeneinstellungen durch, was dazu führen kann, dass die Spitzenkontrastintensität geringfügig oder weit außerhalb des Suchbereichs liegt und damit die Ermittlung der Spitzenkontrastintensität unmöglich wird.

Aufgabenstellung

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es, ein System und ein Verfahren zur automatischen Scharfeinstellung (Autofokus) anzugeben, welche die vorstehend erläuterten Probleme vermeiden.

[0010] Die Erfindung löst diese Aufgabe durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0011] Die Erfindung stellt ein passives Autofokussystem für Kameras bereit, das sowohl mit einem Phasendifferenzverfahren als auch mit einem Kontrasterfassungsverfahren arbeitet, wobei der Erfassungsbereich für die Erfassung des Bildkontrasts nach dem Kontrasterfassungsverfahren in Abhängigkeit des Erfassungsergebnisses eingestellt wird, das nach dem passiven Phasendifferenzverfahren ermittelt wird.

[0012] Bei dem Autofokussystem nach Anspruch 1 wird der für das Kontrasterfassungsverfahren vorgesehene Bewegungsbereich der Fokussierlinsengruppe so eingestellt, dass er mit Zunahme des Zuverlässigkeitsmaßes der nach dem Phasendifferenzverfahren ermittelten Phasendifferenz-Schärfenposition abnimmt. Ist das Zuverlässigkeitsmaß hoch, so erfordert es deshalb nur kurze Zeit, die Spitzenkontrastintensität zu erfassen. Ist dagegen das Zuverlässigkeitsmaß gering, so kann die Spitzenkon-

trastintensität mit hoher Zuverlässigkeit erfasst werden.

[0013] Die Erfindung wird im Folgenden an Hand der Figuren näher erläutert. Darin zeigen:

[0014] Fig. 1A ein Blockdiagramm, das ein passives Autofokussystem für eine elektronische Objektivverschluss-Kamera als Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigt,

[0015] Fig. 1B eine schematische Darstellung eines Entfernungsmessensors, der in der in Fig. 1A gezeigten elektronischen Objektivverschluss-Kamera vorgesehen ist,

[0016] Fig. 2A einen Graphen, der zwei Bildsignale für ein kontrastreiches Objekt zeigt, die von einem Referenzbereich und einem Vergleichsbereich eines Zeilensensors erfasst werden,

[0017] Fig. 2B ein Balkendiagramm, das die Korrelationswerte zwischen den beiden in Fig. 2A dargestellten Bildsignalen zeigt,

[0018] Fig. 3A einen Graphen, der zwei Bildsignale für ein kontrastarmes Objekt zeigt, die von dem Referenzbereich und dem Vergleichsbereich erfasst werden,

[0019] Fig. 3B ein Balkendiagramm, das die Korrelationswerte zwischen den beiden in Fig. 3A dargestellten Bildsignalen zeigt,

[0020] Fig. 4A einen Graphen, der die Steigungen zweier gerader Linien zeigt, welche die in Fig. 2B gezeigten Korrelationswerte darstellen,

[0021] Fig. 4B einen Graphen, der die Steigungen zweier gerader Linien zeigt, welche die in Fig. 3B gezeigten Korrelationswerte darstellen,

[0022] Fig. 5A einen Graphen, der den Zusammenhang zwischen einer nach dem Phasendifferenzverfahren ermittelten Schärfenposition und einer nach dem Kontrasterfassungsverfahren ermittelten Schärfenposition für einen hohen Bildkontrast zeigt,

[0023] Fig. 5B einen Graphen, der den Zusammenhang zwischen einer nach dem Phasendifferenzverfahren ermittelten Schärfenposition und einer nach dem Kontrasterfassungsverfahren ermittelten Schärfenposition für einen geringen Bildkontrast zeigt,

[0024] Fig. 6A einen Graphen, der den Zusammenhang zwischen einer nach dem Phasendifferenzverfahren ermittelten Schärfenposition, dem Verstellweg der Fokussierlinsengruppe sowie deren

nach dem Kontrasterfassungsverfahren ermittelten Schärfenposition für einen hohen Bildkontrast zeigt,

[0025] Fig. 6B einen Graphen, der den Zusammenhang zwischen einer nach dem Phasendifferenzverfahren ermittelten Schärfenposition, des Verstellweges der Fokussierlinsengruppe sowie deren nach dem Kontrasterfassungsverfahren ermittelten Schärfenposition für einen geringen Bildkontrast zeigt,

[0026] Fig. 7 ein Flussdiagramm des Hauptprozesses eines in der elektronischen Objektivverschluss-Kamera durchgeführten Autofokusprozesses nach der Erfindung,

[0027] Fig. 8 das Flussdiagramm eines Autofokus-Steuerprozesses, der Teil des in Fig. 7 gezeigten Hauptprozesses ist, und

[0028] Fig. 9 das Flussdiagramm eines AF-Kontrast-Prozesses, der Teil des in Fig. 8 gezeigten Autofokus-Steuerprozesses ist.

Ausführungsbeispiel

[0029] Fig. 1A zeigt einen schematischen Schaltplan eines für eine elektronische Objektivverschluss-Kamera bestimmten passiven Autofokussystems, das ein Ausführungsbeispiel darstellt. Die elektronische Kamera hat ein Aufnahmeobjektiv **11**, einen CCD-Bildsensor **21**, einen Analogeingang **22**, kurz AFE (analog front end), einen DSP (digitaler Signalprozessor) **23**, einen Bildspeicher **24** und eine CPU **25**. Der CCD-Bildsensor **21**, der als Bildaufnahmeverrichtung dient, empfängt ein durch das Aufnahmeobjektiv **11** tretendes Lichtbündel eines Objektbildes und wandelt das einfallende Licht des Objektbildes in ein elektrisches Bildsignal. Der AFE, der als Bildprozessor dient, verarbeitet das von dem CCD-Bildsensor **21** ausgegebene Bildsignal. Die elektronische Kamera hat an ihrem Kamerakörper eine nicht gezeigte Auslösetaste. Ferner hat sie einen Fotometrieschalter SWS und einen Auslöseschalter SWR, die mit der Auslösetaste verbunden sind. Der Fotometrieschalter SWS und der Auslöseschalter SWR sind an die CPU **25** angeschlossen. Die Auslösetaste ist so mit dem Fotometrieschalter SWS und dem Auslöseschalter SWR verbunden, dass der Fotometrieschalter SWS eingeschaltet wird, wenn die Auslösetaste halb gedrückt wird, und dass der Auslöseschalter SWR eingeschaltet wird und zugleich der Fotometrieschalter SWS eingeschaltet bleibt, wenn die Auslösetaste vollständig gedrückt wird. Ferner ist in Fig. 1A ein Hauptschalter SWM der Kamera gezeigt. Mit Betätigen des Hauptschalters SWM beginnt die CPU **25** zu arbeiten, so dass die elektronische Kamera in Betrieb geht und ein Autofokusprozess, ein Bilderzeugungsprozess und andere Prozesse durchgeführt werden können.

[0030] Das Aufnahmeobjektiv **11** enthält eine Fokussierlinsengruppe **12** und eine Objektivverschluss-einheit **13**. Die Fokussierlinsengruppe **12** ist längs ihrer optischen Achse frei bewegbar geführt. Die Bewegung der Fokussierlinsengruppe **12** längs ihrer optischen Achse wird von der CPU **25** über einen für die Fokussierlinsengruppe **12** vorgesehenen Fokussierantrieb oder -betätiger gesteuert. Die Objektivverschluss-einheit **13** dient als Verschluss und zugleich als Blende. Die entsprechenden Operationen der Objektivverschluss-einheit **13** als Verschluss und als Blende werden von der CPU **25** über einen Verschlussbetätiger **27** gesteuert.

[0031] Das von dem CCD-Bildsensor **21** ausgegebene Bildsignal wird von dem AFE **22** verstärkt, abgetastet, gehalten und anschließend in ein digitales Bildsignal gewandelt, um es an den DSP **23** auszugeben. Der DSP **23** unterzieht das zugeführte digitale Bildsignal einer Bildverarbeitung (z.B. einem Weißabgleich, einer Austastung, einer Klemmoperation und einer Gamma-Korrektur) und schreibt das so verarbeitete digitale Bildsignal in den Bildspeicher **24**. Der Bildspeicher **24** ist ein Cache-Speicher. Eine nicht löschbare Speicherkarte (nicht gezeigt), die als weiterer Bildspeicher dient, ist entfernbar in die elektronische Kamera eingesetzt.

[0032] Der DSP **23** enthält ein nicht gezeigtes digitales Filter, das als Hochpassfilter dient, eine Vollwellen-Erfassungsschaltung und eine Integrationsschaltung. Das digitale Filter tastet die Hochfrequenzkomponenten des zugeführten digitalen Bildsignals ab und ordnet die positiven und die negativen Bestandteile der Hochfrequenzkomponenten in einer Richtung an, um diese zu demodulieren und zu integrieren. Dieses integrierte und demodulierte Signal wird dann in Form von Kontrastdaten an die CPU **25** ausgegeben.

[0033] Die CPU **25** empfängt die Kontrastdaten, während sie die Fokussierlinsengruppe **12** stufenweise antreibt, um die Spitzenkontrastintensität zu suchen. Anschließend legt die CPU **25** eine Position der Fokussierlinsengruppe **12**, in der Spitzenkontrastintensität erfasst wird, als Kontrast-Schärfenposition der Fokussierlinsengruppe **12** fest und bewegt letztere in diese Kontrast-Schärfenposition. In den Fig. 6A und 6B sind die durch das Kontrasterfassungsverfahren verursachten Verstellwege der Fokussierlinsengruppe **12** gezeigt. In diesem Fall bilden das Aufnahmeobjektiv **11**, der CCD-Bildsensor **21**, der AFE **22**, der DSP **23**, die CPU **25**, der Fokussierbetätiger **26** und die Fokussierlinsengruppe **12** einen Kontrast-schärfendetektor.

[0034] Die elektronische Kamera ist mit einer Phasendifferenz-Entfernungsmessvorrichtung **31** versehen, die einen von dem vorstehend genannten Kontrast-Schärfendetektor unabhängigen Phasendiffe-

renz-Schärfendetektor bildet. Die Phasendifferenz-Entfernungsmessvorrichtung **31** ist eine herkömmliche, nach dem Prinzip der Phasendifferenzfassung arbeitende AF-Einheit. **Fig. 1B** zeigt schematisch den Aufbau der Phasendifferenz-Entfernungsmessvorrichtung **31**. Die Phasendifferenz-Entfernungsmessvorrichtung **31** umfasst ein Paar separater Linsen **31a** und ein zugehöriges Paar Zeilensensoren **31b**. Das durch jede der Entfernungsmesszonen betrachtete Bild wird jeweils durch die beiden Separatorlinsen in zwei Bilder geteilt, die in Form von zwei separaten Bildern auf den entsprechenden beiden Zeilensensoren **31b** abgebildet wird. Jeder Zeilensensor **31b** umfasst eine Anordnung von Fotodioden (fotoelektrische Wandlerelemente), die in **Fig. 1B** nicht im Detail dargestellt sind. Jede Fotodiode des jeweiligen Zeilensensors **31b** empfängt die abgeteilten Objektlichtbündel, wandelt das Licht in elektrische Ladungen und sammelt, d.h. integriert die elektrischen Ladungen. Die Ladungen, die durch den Integrationsprozess in jeder Fotodiode des jeweiligen Zeilensensors **31b** erfasst werden, werden nacheinander für jedes Pixel in Spannungen gewandelt und als Bildsignal an die CPU **25** ausgegeben. Einer der beiden Zeilensensoren **31b** bildet einen Referenz-Zeilensensor A (Referenzbereich) und der andere einen Vergleichs-Zeilensensor B (Vergleichsbereich). In einer Korrelationsberechnung werden das von dem Referenz-Zeilensensor A gelieferte Ausgangssignal als dessen Referenzbereichssignal und das von dem Vergleichs-Zeilensensor B gelieferte Ausgangssignal als dessen Vergleichsbereichssignal genutzt.

[0035] Die CPU **25** berechnet den Absolutwert der Differenz zwischen den beiden Bildsignalen der beiden separierten Objektbilder eine vorbestimmte Anzahl von Malen durch Verschieben der Pixel, um Korrelationswerte zwischen den beiden separierten Objektbildern zu ermitteln. Aus diesen Korrelationswerten berechnet die CPU **25** eine Phasendifferenz (Separationsgröße) zwischen den beiden separierten Objektbildern. Anschließend berechnet die CPU **25** aus der Phasendifferenz die Entfernung zu dem Objekt und ermittelt eine Schärfenposition der Fokussierlinsengruppe **12**, bei der das Objekt in der berechneten Entfernung in den Fokussierzustand gebracht ist. Mit Ermittlung der Schärfenposition der Fokussierlinsengruppe **12** steuert die CPU **25** den Fokussierbetätiger **26** so an, dass die Fokussierlinsengruppe **12** in ihre ermittelte Schärfenposition bewegt wird.

[0036] Die **Fig. 2A** und **2B** zeigen Bildsignale, die aus dem Referenzbereich und dem Vergleichsbereich des Zeilensensors nach dem Verfahren der Phasendifferenzfassung erzeugt werden sowie Korrelationswerte und zugehörige Zustände, die aus den Bildsignalen ermittelt werden. **Fig. 2A** ist ein Graph, der für ein kontrastreiches Objekt zwei Bildsi-

gnale zeigt, die man aus dem Referenzbereich bzw. dem Vergleichsbereich erhält. **Fig. 2B** ist ein Balkendiagramm, das die Korrelationswerte zwischen den beiden in **Fig. 2A** dargestellten Bildsignalen zeigt. **Fig. 3A** ist ein Graph, der für ein kontrastarmes Objekt zwei Bildsignale zeigt, die man aus dem Referenzbereich bzw. dem Vergleichsbereich erhält. **Fig. 3B** ist ein Balkendiagramm, das die Korrelationswerten zwischen den beiden in **Fig. 3A** dargestellten Bildsignalen zeigt. **Fig. 4A** ist ein Graph, der die Steigungen zweier gerader Linien zeigt, welche die in **Fig. 2B** gezeigten Korrelationswerte darstellen. **Fig. 4B** ist ein Graph, der die Steigungen zweier gerader Linien zeigt, welche die in **Fig. 3B** gezeigten Korrelationswerte darstellen.

[0037] In den die Korrelationswerte zeigenden Graphen nach den **Fig. 2B, 3B, 4A** und **4B** entspricht die tiefste Stelle des V-förmigen Tals der Peak- oder Spitzenkontrastintensität, welche die Schärfenposition (Kontrast-Schärfenposition) der Fokussierlinsengruppe **12** darstellt. Die Zuverlässigkeit dieser Kontrast-Schärfenposition ist um so höher, je kleiner der minimale Korrelationswert ist, d.h. je tiefer die vorstehend genannte tiefste Stelle des V-förmigen Tals liegt, und je größer die Steigungen der beiden geraden Linien (Korrelationslinien) sind, die das V-förmige Tal bilden. In **Fig. 4A**, deren Graph die Korrelationswerte für ein kontrastreiches Objekt darstellt, ist die Steigung der einen geraden Linie, nämlich der in **Fig. 4A** linken Linie, durch a und die Steigung der anderen geraden Linie, nämlich der in **Fig. 4A** rechten Linie, mit b bezeichnet. In **Fig. 4B**, deren Graph die Korrelationswerte für ein kontrastarmes Objekt darstellt, ist die Neigung der einen geraden Linie, d.h. der in **Fig. 4B** linken Linie, durch a' und die Neigung der anderen geraden Linie, d.h. der in **Fig. 4B** rechten Linie, durch b' dargestellt. Jede der vier Steigungen a, b, a' und b' wird größer, wenn ihr Absolutwert zunimmt.

[0038] Bekanntlich ist in einem Schärfenerfassungssystem, das nach einem Phasendifferenzfassungsungsverfahren arbeitet, der Fehler der ermittelten Schärfenposition gegenüber der tatsächlichen Schärfenposition um so kleiner, je höher die Zuverlässigkeit der auf die Schärfenposition bezogenen Daten ist. Außerdem kann die Schärfenposition durch das Kontrasterfassungsungsverfahren mit einer höheren Genauigkeit als durch das Phasendifferenzfassungsungsverfahren erfasst werden, selbst wenn der Bildkontrast etwas gering ist.

[0039] **Fig. 5A** zeigt einen Graphen, der den Zusammenhang zwischen der nach dem Phasendifferenzfassungsungsverfahren ermittelten Schärfenposition und der nach dem Kontrasterfassungsungsverfahren erfassten Schärfenposition für ein kontrastreiches Objekt darstellt. **Fig. 6A** zeigt einen Graphen, der den Zusammenhang zwischen der nach dem Phasendif-

ferenzerfassungsverfahren ermittelten Schärfenposition, dem Verstellweg der Fokussierlinsengruppe **12** sowie deren nach dem Kontrasterfassungsverfahren ermittelten Schärfenposition für ein kontrastreiches Objekt darstellt. **Fig. 5B** zeigt einen Graphen, der den Zusammenhang zwischen der nach dem Phasendifferenzerfassungsverfahren ermittelten Schärfenposition und der nach dem Kontrasterfassungsverfahren ermittelten Schärfenposition für ein kontrastarmes Objekt darstellt. **Fig. 6B** zeigt einen Graphen, der den Zusammenhang zwischen der nach dem Phasendifferenzerfassungsverfahren ermittelten Schärfenposition, dem Verstellweg der Fokussierlinsengruppe **12** sowie deren nach dem Kontrasterfassungsverfahren ermittelten Schärfenposition für ein kontrastarmes Objekt darstellt. In den **Fig. 5A** bis **6B** ist jeweils die Schärfenposition der Fokussierlinsengruppe **12**, die nach AF-Phasendifferenzerfassungsverfahren ermittelt und im Folgenden als "Phasendifferenz-Schärfenposition" bezeichnet wird, durch einen leeren Kreis dargestellt, während die Schärfenposition der Fokussierlinsengruppe **12**, die nach dem AF-Kontrasterfassungsverfahren ermittelt und im Folgenden als "Kontrast-Schärfenposition" bezeichnet wird, durch einen ausgefüllten Kreis dargestellt ist. Da der Kontrast eines Objektbildes üblicherweise sein Maximum in einer präzisen Schärfenposition erreicht, ist die Kontrast-Schärfenposition der tatsächlichen Schärfenposition der Fokussierlinse **12** näher als die Phasendifferenz-Schärfenposition. Die Phasendifferenz-Schärfenposition weicht demnach üblicherweise etwas von der tatsächlichen Schärfenposition der Fokussierlinsengruppe **12** ab. Ferner verdeutlichen die **Fig. 5A** bis **6B** den Umstand, dass die Schärfenposition der Fokussierlinsengruppe **12** nach dem Phasendifferenzerfassungsverfahren für ein kontrastreiches Objekt mit hoher Genauigkeit ermittelt werden kann. Die Genauigkeit nimmt mit geringer werdendem Kontrast des Objektbildes ab. So verdeutlichen die **Fig. 5A** und **6B** den Umstand, dass die Abweichung der Phasendifferenz-Schärfenposition gegenüber der tatsächlichen Schärfenposition der Fokussierlinse **12** mit abnehmendem Bildkontrast zunimmt.

[0040] Unter Berücksichtigung dieser Umstände wird in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel des passiven Autofokussystems zunächst ein mit dem Phasendifferenzerfassungsverfahren arbeitender Autofokus-Prozess durchgeführt, um die Phasendifferenz-Schärfenposition und das Maß deren Zuverlässigkeit zu ermitteln. Ist das Zuverlässigkeitsmaß der Phasendifferenz-Schärfenposition hoch, so wird eine Position der Fokussierlinsengruppe **12**, die um einen Verstellwert α gegenüber der Phasendifferenz-Schärfenposition zur Unendlich-Seite (∞) hin verschoben ist, als Anfangsposition für einen Autofokus-Prozess gesetzt, der nach dem Kontrast-Erfassungsverfahren arbeitet.

[0041] Ist dagegen das Zuverlässigkeitsmaß der Phasendifferenz-Schärfenposition gering, so wird eine Position der Fokussierlinsengruppe **12**, die gegenüber der Phasendifferenz-Schärfenposition um einen Verstellwert β zur Unendlich-Seite (∞) hin verschoben ist, als Anfangsposition für den nach dem Kontrasterfassungsverfahren arbeitenden Autofokus-Prozess gesetzt. Der Verstellwert β ist absolut größer als der Verstellwert α , d.h. $|\alpha| < |\beta|$.

[0042] Anschließend wird der mit dem Kontrasterfassungsverfahren arbeitende Autofokus-Prozess durchgeführt, während die Fokussierlinsengruppe **12** aus der für den Autofokus-Prozess vorgesehenen Anfangsposition schrittweise zur Phasendifferenz-Schärfenposition hin bewegt wird.

[0043] Der Autofokus-Prozess, der sowohl mit dem Phasendifferenzverfahren als auch mit dem Kontrasterfassungsverfahren arbeitet, wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die **Fig. 7** bis **9** näher erläutert. **Fig. 7** zeigt das Flussdiagramm eines Hauptprozesses des Autofokus-Prozesses nach der Erfindung. Der Steuerablauf tritt in diesen Hauptprozess ein, unmittelbar nachdem der Hauptschalter SWM eingeschaltet worden ist. In diesem besonderen Ausführungsbeispiel ist die elektronische Kamera in einer AF-Sperr-Betriebsart eingestellt, in der der Schärfenzustand gehalten wird, während der Fotometrieschalter SWR eingeschaltet bleibt, nachdem der Autofokus-Prozess nach Einschalten des Fotometrieschalters SWS abgeschlossen ist. In den in den **Fig. 7** und **9** gezeigten Flussdiagrammen sind nur Operationen und Prozesse gezeigt, die einen Bezug zu der vorliegenden Erfindung haben.

[0044] Unmittelbar nachdem der Hauptschalter SWM eingeschaltet worden ist, wird ein Prozess zur Hardware- und Software-Initialisierung durchgeführt (Schritt S11). Anschließend wird ermittelt, ob der Hauptschalter SWM eingeschaltet ist (Schritt S13). Ist der Hauptschalter SWM eingeschaltet (JA in Schritt S13), so werden die Schritte S15 bis S21 wiederholt, so lange der Hauptschalter SWM eingeschaltet bleibt. Mit Ausschalten des Hauptschalters SWM geht der Steuerablauf von Schritt S13 zu Schritt S23 über, in dem ein Stromabschaltprozess durchgeführt wird, um den Hauptprozess zu beenden.

[0045] Die die Schritte S13 und S21 enthaltende Schleife wird wiederholt, so lange der Hauptschalter SWM eingeschaltet bleibt. Diese Schleife wird im Folgenden beschrieben. Der Steuerablauf wartet darauf, dass der sich im ausgeschalteten Zustand befindliche Hauptschalter SWM eingeschaltet wird (Schritt S13). Mit Einschalten des Hauptschalters SWM (JA in Schritt S13) wird ermittelt, ob der Fotometrieschalter SWS aus dem ausgeschalteten Zustand heraus eingeschaltet worden ist. Ist der Fotometrieschalter

SWS eingeschaltet (JA in Schritt S15), so wird ein Autofokus-Steuerprozess durchgeführt, um die Fokussierlinsengruppe **12** in ihre Schärfenposition zu bewegen (Schritt S17). Anschließend wird ermittelt, ob der Auslöseschalter SWR eingeschaltet ist (Schritt S19). Ist der Auslöseschalter SWR eingeschaltet (JA in Schritt S19), so wird ein Bilderzeugungsprozess durchgeführt (Schritt S21). Nach Abschluss des Bilderzeugungsprozesses kehrt der Steuerablauf zu Schritt S13 zurück. Wird in Schritt S19 festgestellt, dass der Auslöseschalter SWR nicht eingeschaltet ist (NEIN in Schritt S19), so kehrt der Steuerablauf zu Schritt S13 zurück.

[0046] Wird in Schritt S15 festgestellt, dass der Fotometrieschalter SWS noch nicht eingeschaltet worden ist (NEIN in Schritt S15), so überspringt der Steuerablauf den Autofokus-Steuerprozess in Schritt S17 und fährt mit Schritt S19 fort.

[0047] Unter Bezugnahme auf das in **Fig. 8** gezeigte Flussdiagramm wird im Folgenden der Autofokus-Steuerprozess genauer beschrieben, der in Schritt S17 beginnt, unmittelbar nachdem der Fotometrieschalter SWS durch halbes Drücken der Auslösetaste eingeschaltet worden ist.

[0048] In dem Autofokus-Steuerprozess wird zunächst der Autofokus-Prozess durchgeführt, der mit dem Phasendifferenzverfahren (AF-Phasendifferenzprozess) arbeitet (Schritt S31). In dem mit dem Phasendifferenzverfahren arbeitenden Autofokus-Prozess aktiviert die CPU **25** die Phasendifferenz-Entfernungsmessvorrichtung **31**, damit diese Bildsignale der beiden separaten Objektbilder, die auf dem Referenzbereich bzw. dem Vergleichsbereich des Zeilensensors erzeugt werden, liefert, bestimmt die Korrelationswerte zwischen den beiden separaten Bildern und bestimmt außerdem eine Phasendifferenz zwischen den beiden separaten Objektbildern aus diesen Korrelationswerten, um eine Schärfenposition der Fokussierlinsengruppe **12** (Phasendifferenz-Schärfenposition) zu ermitteln. Bei der Ermittlung der Korrelationswerte bestimmt die CPU **25** auch das Zuverlässigkeitsmaß für die Phasendifferenz-Schärfenposition. Dieses Zuverlässigkeitsmaß entspricht der Summe der Steigungswinkel (Summe der Absolutwerte oder Winkel zwischen den beiden Korrelationslinien) der beiden oben beschriebenen Korrelationslinien (vergl. **Fig. 4A** und **4B**), die einen V-förmigen Graphen bilden. Dabei bezeichnet der Punkt, in dem sich die beiden Korrelationslinien schneiden, den minimalen Korrelationswert, der den Punkt darstellt, in dem die Koinzidenz maximal ist.

[0049] Anschließend wird ermittelt, ob die nach dem Phasendifferenzverfahren ermittelte Phasendifferenz-Schärfenposition zuverlässig ist (Schritt S33). Diese Zuverlässigkeit entspricht den Steigungswinkeln der beiden oben beschriebenen Korre-

lationslinien. Die Phasendifferenz-Schärfenposition wird als zuverlässig beurteilt, wenn die Summe der Steigungswinkel der beiden Korrelationslinien gleich oder größer als ein vorbestimmter Wert ist. Dagegen wird sie als unzuverlässig beurteilt, wenn diese Summe der Steigungswinkel kleiner als ein vorbestimmter Wert ist.

[0050] Wird in Schritt S33 die Phasendifferenz-Schärfenposition als zuverlässig beurteilt ("zuverlässig" in Schritt S33), so wird eine Position der Fokussierlinsengruppe **12**, die um den Verstellwert α gegenüber der Phasendifferenz-Schärfenposition zur Unendlich-Seite (∞) hin verschoben ist, als Anfangsposition für den mit dem Kontrasterfassungsverfahren arbeitenden Autofokus-Prozess gesetzt, und die Fokussierlinsengruppe **12** wird in diese Anfangsposition bewegt (Schritt S35).

[0051] Wird dagegen in Schritt S33 festgestellt, dass die Phasendifferenz-Schärfenposition unzuverlässig ist ("unzuverlässig" in Schritt S33), so wird eine Position der Fokussierlinse **12**, die um den Verstellwert β gegenüber der Phasendifferenz-Schärfenposition zur Unendlich-Seite (∞) hin verschoben ist, als Anfangsposition für den mit dem Kontrasterfassungsverfahren arbeitenden Autofokus-Prozess gesetzt, und die Fokussierlinsengruppe **12** wird in diese Anfangsposition bewegt (Schritt S37).

[0052] Anschließend wird der mit dem Kontrasterfassungsverfahren arbeitende Autofokus-Prozess (AF-Kontrast-Prozess) durchgeführt, während die Fokussierlinsengruppe **12** schrittweise aus der für den Autofokus-Prozess vorgesehenen Anfangsposition bewegt wird, um sie in die Kontrastschärfenposition zu bewegen (Schritt S39). Anschließend kehrt der Steuerablauf zum Hauptprozess zurück.

[0053] Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf das in **Fig. 9** gezeigte Flussdiagramm der in Schritt S39 durchgeführte AF-Kontrast-Prozess genauer beschrieben.

[0054] In dem AF-Kontrast-Prozess aktiviert zunächst die CPU **25** die CCD **21**, damit dieses ein Objektbild einfängt, erhält Daten von dem DSP **23** und speichert die laufende Position der Fokussierlinsengruppe **12**, d.h. es wird der Kontrastwert berechnet (Schritt S51).

[0055] Anschließend wird ermittelt, ob ein maximaler Kontrastwert erfasst worden ist (Schritt S53). Hat der Kontrastwert ein Maximum noch nicht erreicht (NEIN in Schritt S53), so wird die Fokussierlinsengruppe **12** um einen Schritt bewegt (Schritt S55) und Schritt S51 wiederholt. Die die Schritte S51, S53 und S55 enthaltende Schleife wird so lange wiederholt, bis der Kontrastwert ein Maximum erreicht hat, d.h. bis die Spitzenkontrastintensität (Kontrastschärfen-

position) ermittelt worden ist.

[0056] Wird in Schritt S53 festgestellt, dass der Kontrastwert ein Maximum erreicht hat (JA in Schritt S53), so aktiviert die CPU **25** den Fokussierbetätiger **26**, um die Fokussierlinsengruppe **12** in die Position (Kontrastschärfe) zu bewegen, in der die Spitzenkontrastintensität ermittelt worden ist, und die CPU **25** stoppt die Bewegung der Fokussierlinsengruppe **12** (Schritt S57). Anschließend kehrt der Steuerablauf zum Hauptprozess zurück.

[0057] Wie aus obiger Beschreibung hervorgeht, erfordert es nur kurze Zeit, den AF-Phasendifferenz-Prozess abzuschließen, wenn das Zuverlässigkeitsmaß hoch ist, während bei einem geringen Zuverlässigkeitsmaß der Kontrast über einen weiten Bewegungsbereich der Fokussierlinsengruppe erfasst wird, um eine zuverlässige Erfassung der Spitzenkontrastintensität zu ermöglichen, auch wenn dies eine vergleichsweise lange Zeit erfordert.

[0058] In dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel ist der AF-Kontrast-Prozess in zwei Zustände klassifiziert, nämlich in einen zuverlässigen Zustand und einen unzuverlässigen Zustand. Jedoch kann die Zuverlässigkeit des AF-Kontrast-Prozesses in mehr als zwei Zustände klassifiziert werden, um die Anfangsposition für den mit dem Kontrasterfassungsverfahren arbeitenden Autofokus-Prozess in Stufen zu ändern. Die Anfangsposition für den Autofokus-Prozess kann in dem AF-Kontrast-Prozess auch entsprechend dem Zuverlässigkeitsmaß kontinuierlich variiert werden. Außerdem kann die Anfangsposition für den mit dem Kontrasterfassungsverfahren arbeitenden Autofokus-Prozess näher zu der Seite minimalen Abstandes hin eingestellt werden als die Phasendifferenz-Schärfe, wobei dann die Fokussierlinsengruppe in eine auf die Kontrast-Schärfe weisende Richtung angetrieben werden kann.

[0059] Wie aus obiger Beschreibung hervorgeht, sieht die Erfindung vor, den Bewegungsbereich der Fokussierlinsengruppe in dem Kontrasterfassungsverfahren so einzustellen, dass dieser mit Zunahme des Zuverlässigkeitsmaßes der mit dem passiven Phasendifferenzverfahren ermittelten Phasendifferenz-Schärfe abnimmt. Deshalb erfordert es bei einem hohen Zuverlässigkeitsmaß nur kurze Zeit, die Spitzenkontrastintensität zu erfassen, während bei einem geringen Zuverlässigkeitsmaß die Spitzenkontrastintensität mit hoher Zuverlässigkeit erfasst werden kann.

Patentansprüche

1. System zur automatischen Schärfeneinstellung, mit einem Kontrast-Schärfendetektor (**11**, **12**, **21**, **22**, **23**, **25**, **26**), der diejenige Position einer Fo-

kussierlinsengruppe (**12**), in der der Kontrast eines durch eine Aufnahmeoptik (**11**) erzeugten Objektbildes ein Maximum erreicht, erfasst, während die Fokussierlinsengruppe (**12**) über einen Linsenantrieb bewegt wird (**26**), und diese Position als Kontrast-Schärfe position definiert, einem Phasendifferenz-Schärfendetektor (**31**), der ein auf das Objektbild bezogenes Lichtbündel so in zwei Lichtbündel teilt, dass diese beiden Lichtbündel in Form von zwei Objektbildern auf einem Lichtempfangselement (**21**) abgebildet werden, um eine Phasendifferenz zwischen den beiden Objektbildern auf dem Lichtempfangselement (**21**) zu erfassen, wobei der Phasendifferenz-Schärfendetektor (**31**) diejenige Position der Fokussierlinsengruppe (**12**), in der für das Objekt ein Schärfenzustand erfasst wird, als Phasendifferenz-Schärfe position definiert, und einer Steuerung (**25**), die die Fokussierlinsengruppe (**12**) über den Linsenantrieb (**26**) in eine der beiden definierten Schärfenpositionen bewegt, wobei die Steuerung (**25**) einen Bewegungsbereich der Fokussierlinsengruppe (**12**) für die Erfassung des Kontrastes durch den Kontrast-Schärfendetektor (**11**, **12**, **21**, **22**, **23**, **25**, **26**) in Abhängigkeit eines Zuverlässigkeitsmaßes für die Phasendifferenz-Schärfe position einstellt.

2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Zuverlässigkeitsmaß einem Minimalwert einer Korrelationsfunktion der beiden Objektbilder entspricht, und dass die Steuerung (**25**) zur Kontrasterfassung die Fokussierlinsengruppe (**12**) in eine Anfangsposition bewegt, die, wenn der Minimalwert kleiner als ein vorbestimmter Wert ist, um einen ersten Verstellwert (\acute{a}) und, wenn der Minimalwert gleich oder größer als der vorbestimmte Wert ist, um einen zweiten Verstellwert (\grave{a}) von der Phasendifferenz-Schärfe position entfernt ist, und dann die Fokussierlinsengruppe (**12**) aus dieser Anfangsposition zu der Phasendifferenz-Schärfe position hin bewegt, wobei der zweite Verstellwert (\grave{a}) absolut größer als der erste Verstellwert (\acute{a}) ist.

3. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Zuverlässigkeitsmaß den Steigungswinkeln zweier Korrelationslinien entspricht, zwischen denen sich ein Minimalwert einer Korrelationsfunktion der beiden Objektbilder befindet, und dass die Steuerung (**25**) zur Kontrasterfassung die Fokussierlinsengruppe (**12**) in eine Anfangsposition bewegt, die, wenn der Minimalwert gleich oder größer als ein vorbestimmter Wert ist, um einen ersten Verstellwert (\acute{a}) und, wenn der Minimalwert kleiner als der vorbestimmte Wert ist, um einen zweiten Verstellwert (\grave{a}) von der Phasendifferenz-Schärfe position entfernt ist, und dann die Fokussierlinsengruppe (**12**) aus dieser Anfangsposition zu der Phasendifferenz-Schärfe position hin bewegt, wobei der zweite Verstellwert absolut (\grave{a}) größer als der erste Verstell-

wert (\hat{a}) ist.

4. System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegung der Fokussierlinsengruppe (**12**) um den ersten (\hat{a}) und den zweiten Verstellwert (\hat{a}) aus der Phasendifferenz-Schärfe-position zur Unendlich-Einstellung hin gerichtet ist.

5. System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegung der Fokussierlinsengruppe (**12**) um den ersten (\hat{a}) und den zweiten Verstellwert (\hat{a}) aus der Phasendifferenz-Schärfe-position zu der Position minimaler Aufnahmeentfernung hin gerichtet ist.

6. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Phasendifferenz-Schärfendetektor (**31**) eine von dem Kontrast-Schärfendetektor (**11, 12, 21, 22, 23, 25, 26**) unabhängige Einheit bildet.

7. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es für eine Kamera bestimmt ist.

8. Verfahren zur automatischen Scharfeinstellung, mit folgenden Schritten:

Erfassen derjenigen Position einer Fokussierlinsengruppe (**12**), in der der Kontrast eines durch eine Aufnahmeoptik (**11**) erzeugten Objektbildes ein Maximum erreicht, während die Fokussierlinsengruppe (**12**) bewegt wird,

Definieren der Position der Fokussierlinsengruppe (**12**), in der der Kontrast des Objektbildes ein Maximum erreicht, als Kontrast-Schärfe-position,

Teilen eines auf das Objektbild bezogenen Lichtbündels in zwei Lichtbündel derart, dass die beiden Lichtbündel in Form von zwei Objektbildern auf ein Lichtempfangselement (**21**) abgebildet werden, um eine Phasendifferenz zwischen diesen beiden Objektbildern zu erfassen,

Definieren derjenigen Position der Fokussierlinsengruppe (**12**), in der für das Objekt der Schärfenzustand erreicht wird, als Phasendifferenz-Schärfe-position, und

Beginnen mit der Bewegung der Fokussierlinsengruppe (**12**) in einem Abstand von der Phasendifferenz-Schärfe-position, der in Abhängigkeit eines Zuverlässigkeitsmaßes der Phasendifferenz-Schärfe-position eingestellt wird.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Fig. 1A

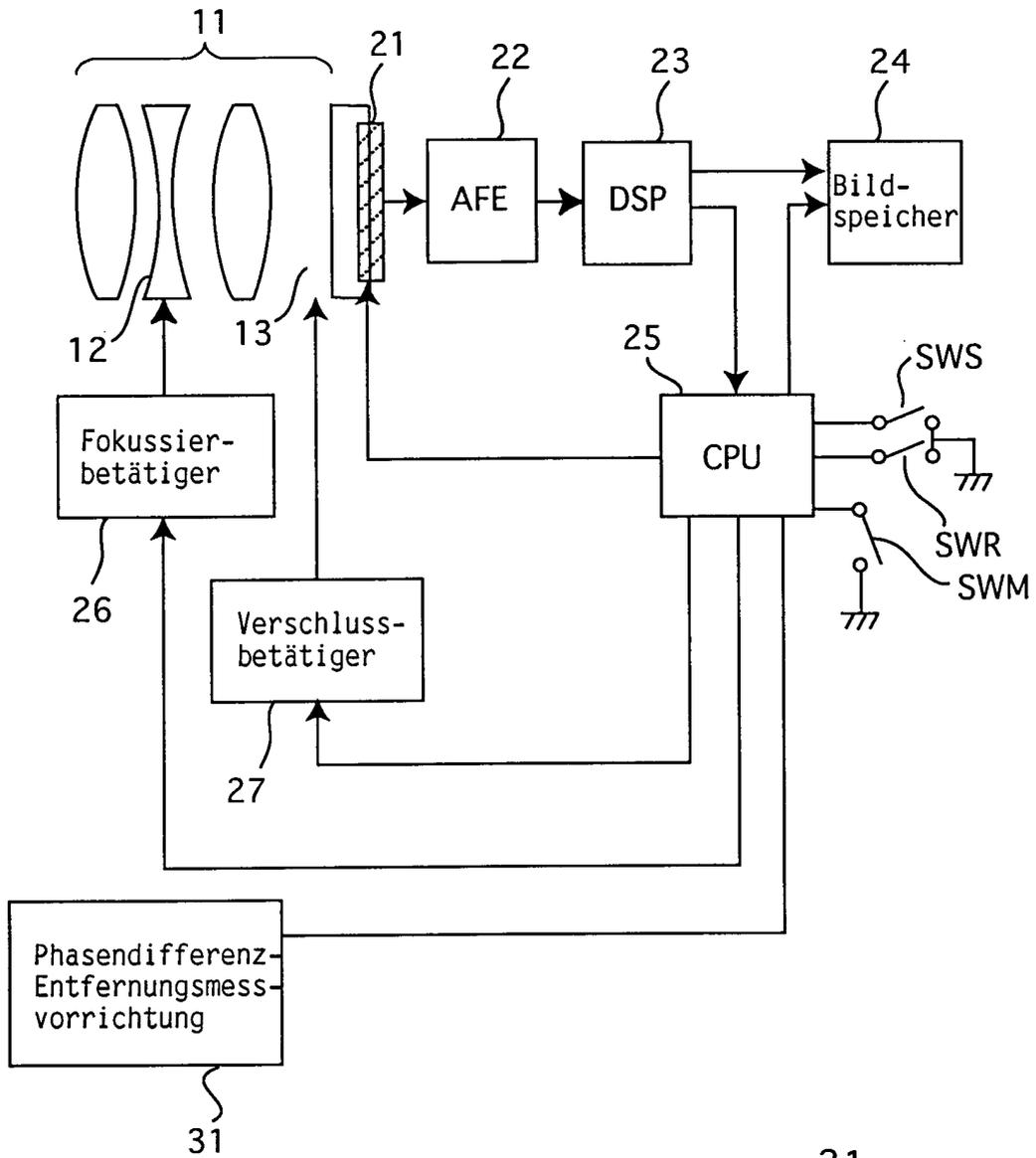


Fig. 1B

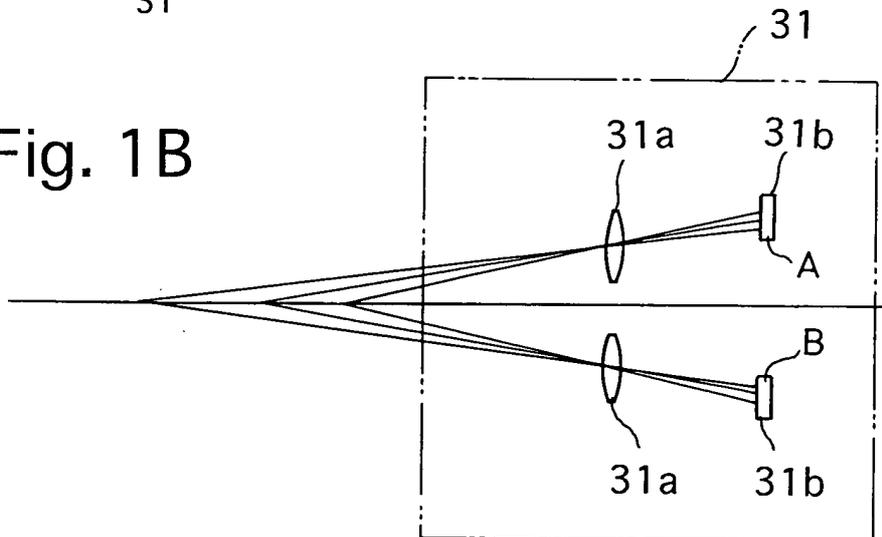


Fig. 2A

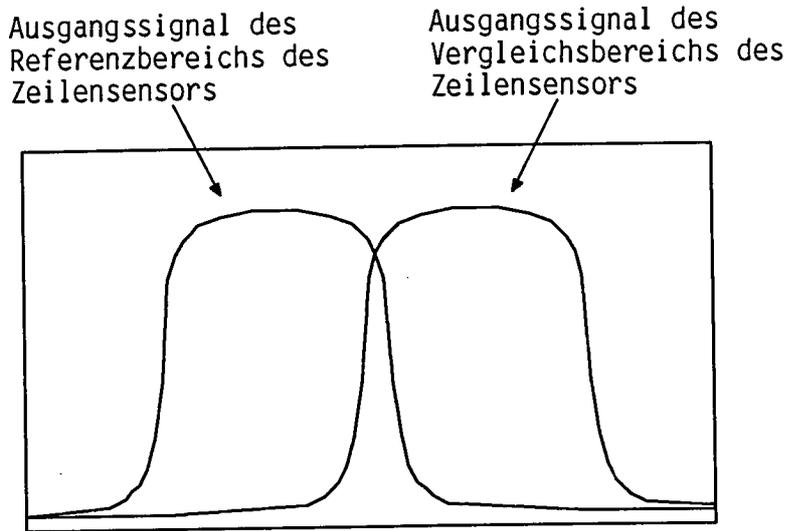


Fig. 2B

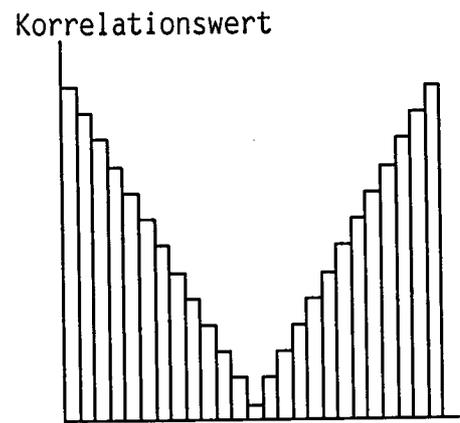


Fig. 3A

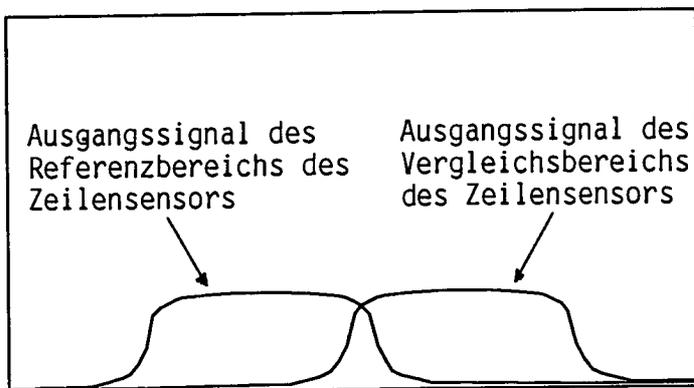


Fig. 3B

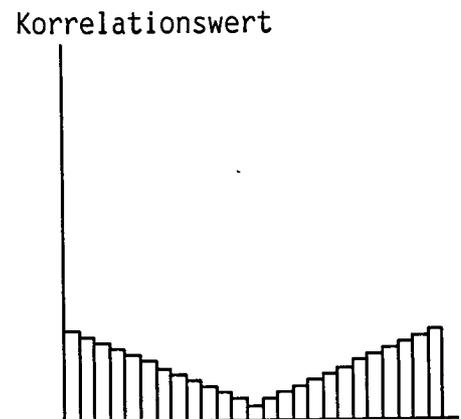


Fig. 4B

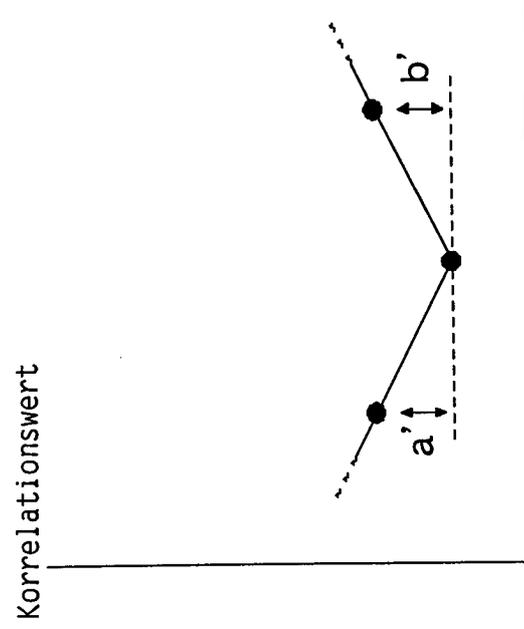


Fig. 4A

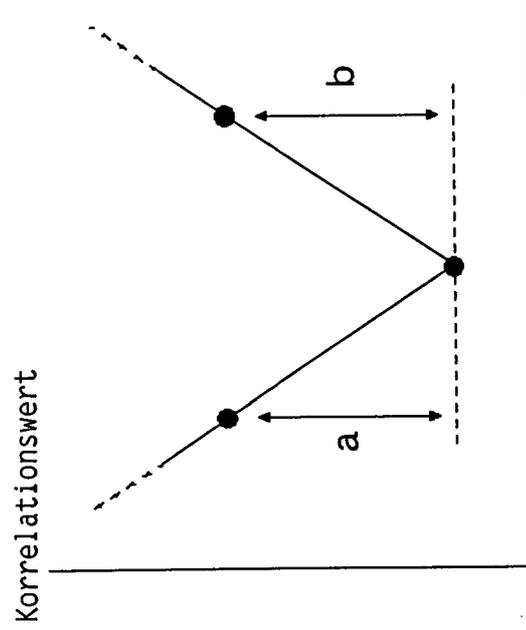


Fig. 5B

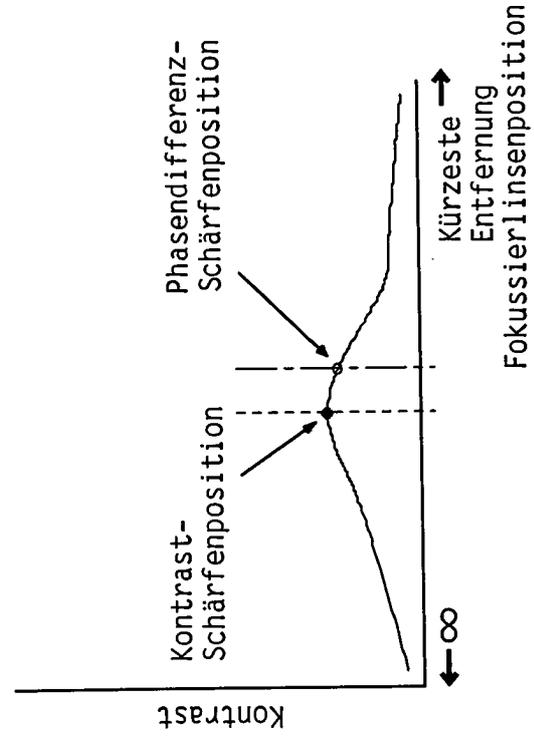


Fig. 5A

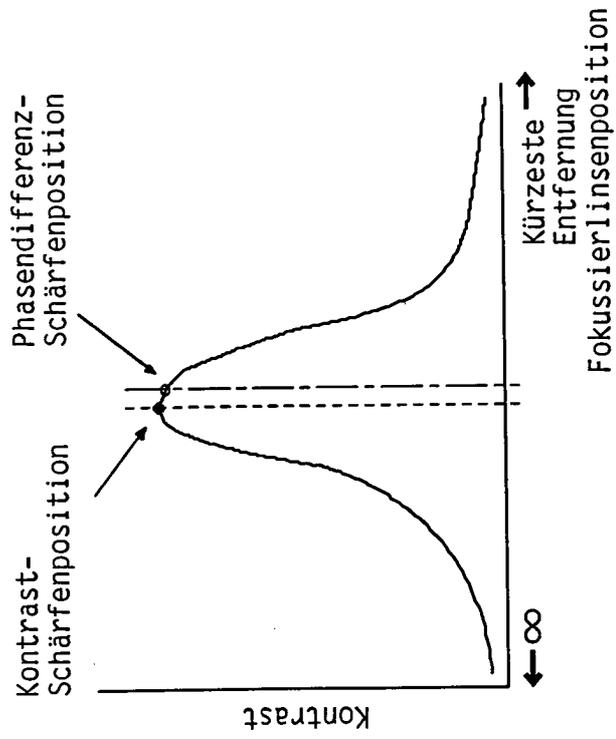


Fig. 6A

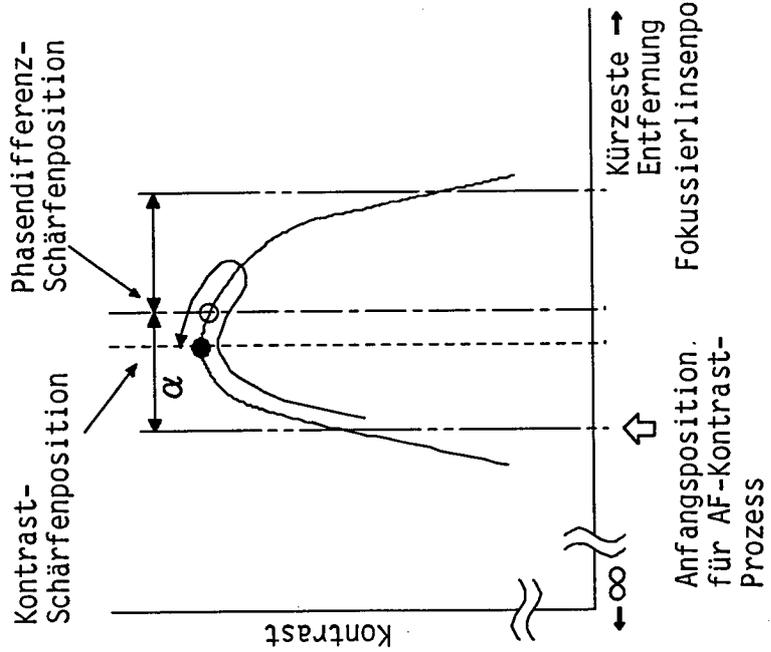


Fig. 6B

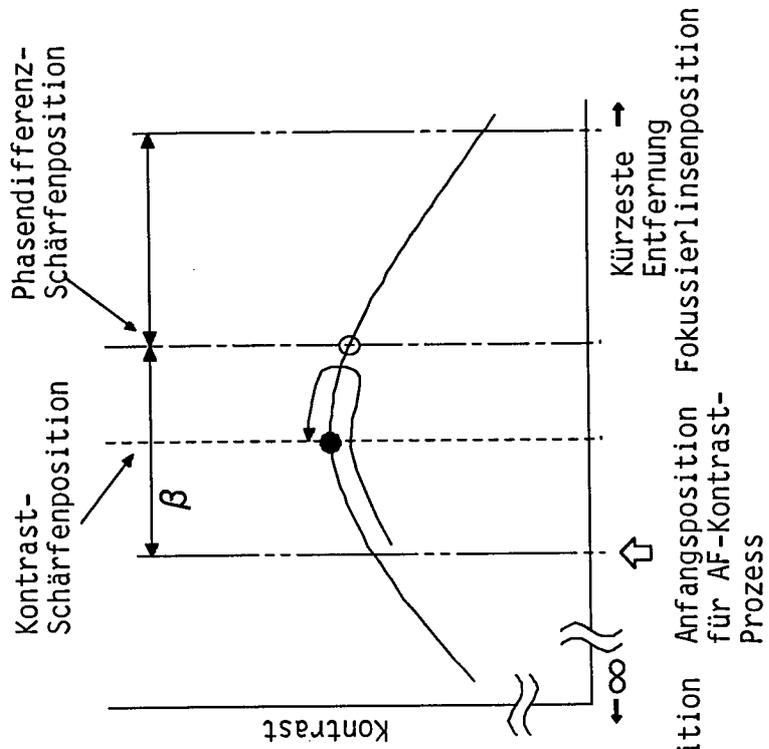


Fig. 7

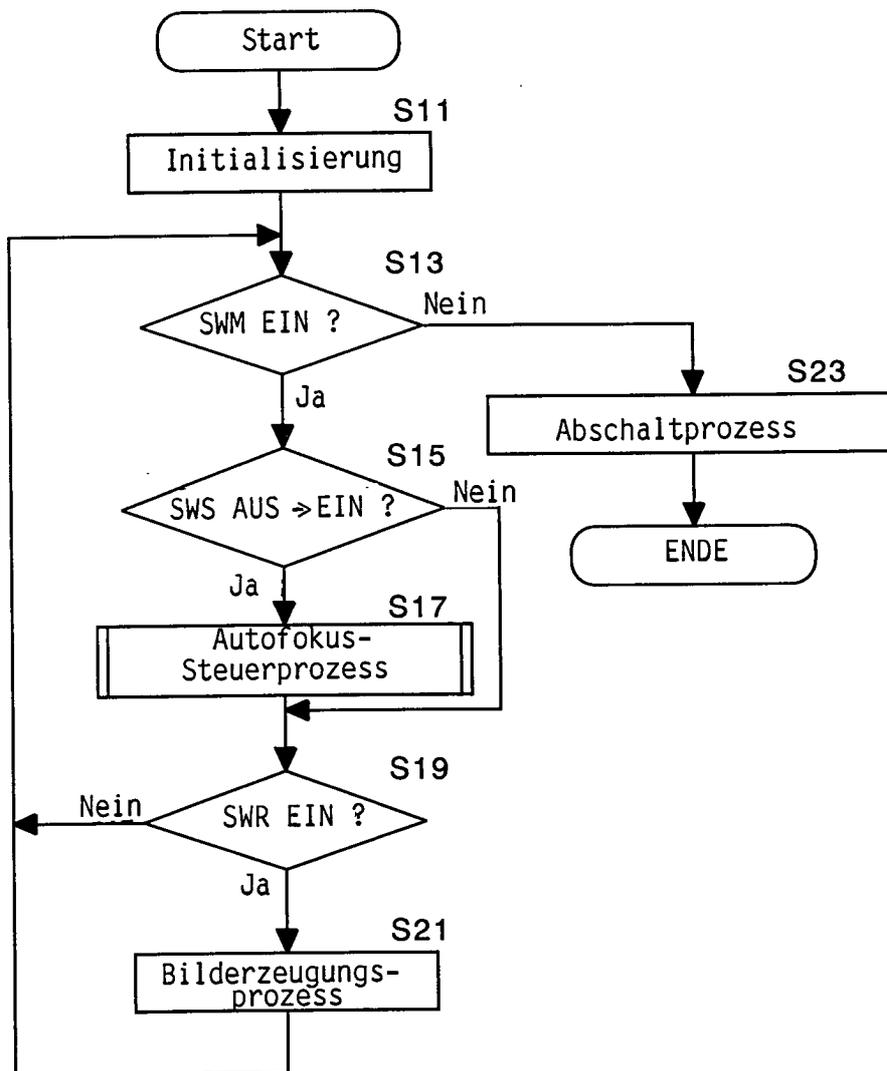


Fig. 8

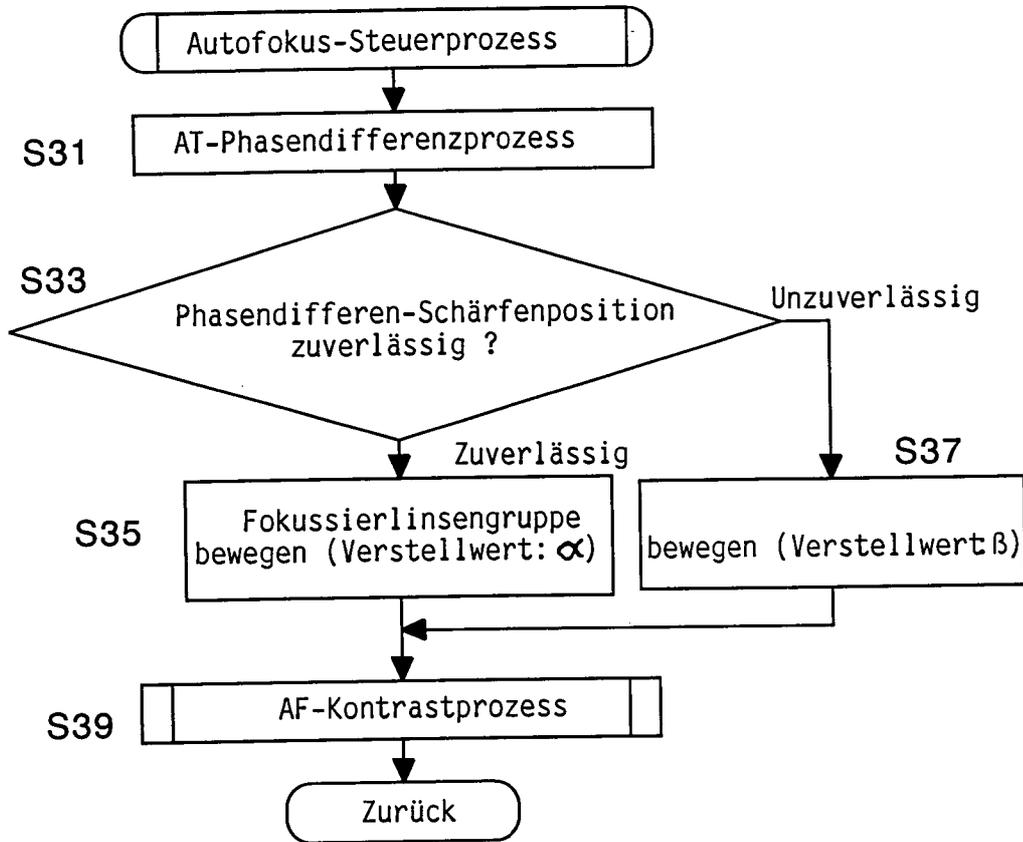


Fig. 9

