

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
17. Januar 2002 (17.01.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/05005 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G02B 7/36**,
G01C 1/02

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **ZSP GEODÄTISCHE SYSTEME GMBH**
[DE/DE]; Carl-Zeiss-Promenade 10, 07745 Jena (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/07931

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Juli 2001 (10.07.2001)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MAROLD, Thomas**
[DE/DE]; Dorothea-Veit-Strasse 35, 07747 Jena (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(74) Anwälte: **BREIT, Ulrich**; Geyer, Fehners & Partner
(G.b.R.), Sellierstrasse 1, 07745 Jena usw. (DE).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

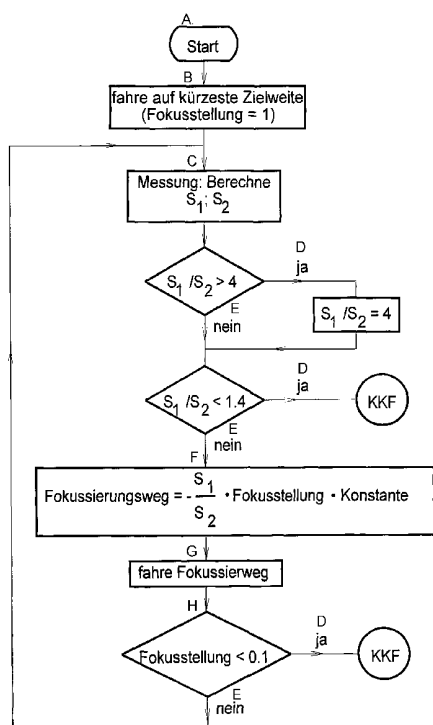
(30) Angaben zur Priorität:
100 33 483.0 10. Juli 2000 (10.07.2000) DE

(81) Bestimmungsstaat (national): US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: AUTOFOCUSING METHOD FOR TELESCOPES PERTAINING TO SURVEYING EQUIPMENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR AUTOFOKUSSIERUNG FÜR FERNROHRE VON VERMESSUNGSGERÄTEN



A...START
B...MOVEMENT ON THE
SHORTEST FOCUSING
DISTANCE (FOCUS POSITION=1)
C...MEASUREMENT: CALCULATE S₁:S₂
D...YES

E...NO
F...FOCUSING PATH = $-\frac{S_1}{S_2}$
FOCUS POSITION · CONSTANT
G...MOVEMENT ON THE FOCUSING
PATH
H...FOCUS POSITION

(57) Abstract: The invention relates to an autofocus method, especially for telescopes pertaining to surveying equipment, said telescopes being fitted with image sensors which split the image signal into individual image elements (pixel), such as CCD lines and/or matrices and CMOS image sensors. Starting from the pixel lying closest to the optical axis, the local signal amplitude is calculated from the monotonously falling or rising signal to the next local maximum and minimum. As long as said local signal amplitude is substantially smaller than the maximum signal, and the focussing element pertaining to the telescope lens is in the focussing position for short target distances, said focussing element is displaced in large steps. The step distance is shortened according to the size of the local signal amplitude in relation to the maximum signal, and according to the position of the focussing element in the region of larger target distances. For a certain size of local signal amplitude in relation to the maximum signal, the cross-correlation functions (KKF) are formed respectively from certain pixels pertaining to the signal, and suitable comparison structures. For a particular relation between a reference function formed from the KKF, and the local signal amplitude, a step distance which is comparable with the optical depth of field is selected and focussed on the maximum of the KKF.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Autofokussierung, insbesondere für Fernrohre von Vermessungsgeräten, die mit Bildsensoren, die das Bildsignal in einzelne Bildelemente (Pixel) auflösen, wie CCD- Zeilen und/oder -Matrizen sowie CMOS- Bildsensoren, ausgerüstet sind. Ausgehend von dem Pixel, das der optischen Achse am nächsten gelegen ist, wird die lokale Signalamplitude aus dem monoton fallenden oder steigenden Signal

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 02/05005 A1



(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

bis zum nächsten lokalen Maximum und Minimum berechnet. Dabei wird, solange diese lokale Signalamplitude wesentlich kleiner ist, als das maximale Signal ist und sich das Fokussierglied des Fernrohrobjektives in Fokussierstellung für kurze Zielweiten befindet, dieses Fokussierglied in grossen Schritten verschoben. Je nach Grösse der lokalen Signalamplitude im Verhältnis zum Maximalsignal und der Lage (Position) des Fokussiergliedes im Bereich grösserer Zielweiten wird die Schrittweite verkürzt. Bei einer bestimmten Grösse der lokalen Signalamplitude im Verhältnis zum Maximalsignal werden zusätzlich die Kreuzkorrelationsfunktionen (KKF) jeweils aus einigen Pixeln des Signals und geeigneten Vergleichsstrukturen gebildet und bei einem bestimmten Verhältnis einer aus der KKF gebildeten Bezugsfunktion zur lokalen Signalamplitude eine mit der optischen Tiefenschärfe vergleichbare Schrittweite gewählt und auf das Maximum der KKF fokussiert.

5

Titel

10 Verfahren zur Autofokussierung für Fernrohre von Vermessungsgeräten

Gebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Autofokussierung, insbesondere
15 für Fernrohre von Vermessungsgeräten, und ist für Bildsensoren, die das Bildsignal
in einzelne Bildelemente (Pixel) auflösen, wie CCD- Zeilen und Matrizen sowie CMOS-
Bildsensoren, geeignet.

20 **Stand der Technik**

Autofokussysteme für Vermessungsgeräte sind bekannt. Die DE- OS 196 14 235
beschreibt einen Autofokus für ein Nivellier. Eine hinter der Bildebene liegende Zu-
satzoptik dient dabei zur Erfassung der Scharfeinstellung mittels zweier Abbil-
dungsobjektive, die Objektbilder auf zwei Liniensensoren erzeugen. Weiterhin sind
25 Mittel zur Erfassung der Fokussierlinsenposition erforderlich.

In diesem Zusammenhang ist die DE- OS 195 49 048 zu sehen, die mittels eines
Strahlenteilers eine zur Bildebene äquivalente Ebene für das Fokuserfassungssystem
erzeugt. Diese Lösung hat den Nachteil, daß sie nicht ohne weiteres auf ein Digital-
30 nivellier übertragbar ist.

Aus der DE- PS 34 24 806 sowie der "Zeitschrift für Vermessungswesen und Rau-
mordnung", April 1995, Seiten 65 bis 78, ist es bekannt, in Digitalnivellieren
Strahlenteiler zur Erzeugung einer zweiten Bildebene für die zur Auswertung erfor-
35 derliche CCD- Zeile zu verwenden. Eine zusätzliche Autofokusoptik würde dann eine
dritte äquivalente Bildebene erfordern, wenn weiterhin mit dem Fernrohr visuell
beobachtet werden soll.

Aus der EP 576 004 ist ein Digitalnivellier mit Autofokus bekannt, bei dem auf eine maximale gemessene oder durch lineare Interpolation errechnete Amplitude der Fouriertransformierten des Detektorsignals in einem Grob- und Feinschrittraster fokussiert wird. Auch diese Lösung ist problematisch. Die Fouriertransformation eines Meßbildes kann je nach Zielweite zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, wenn, wie bei Digitalnivellieren erforderlich, das Abtasttheorem nicht für alle vorkommenden Lattenstriche über den gesamten Zielweitenbereich eingehalten werden kann.

10

Die JP-OS 4- 93 711 beinhaltet einen Autofokus für eine an ein Tachymeterfernrohr über einen Strahlenteiler angeschlossene CCD- Kamera. Eine Fokussierlinse wird motorisch so eingestellt, daß die Bildgröße des abgebildeten Objekts minimal ist. Auch diese Lösung sichert nicht unbedingt optimale Bildschärfe, da das Minimum relativ breit sein kann und deshalb schwer erfaßbar ist.

15

Die US 54 81 329 beschreibt eine Autofokuseinrichtung mit einer Zusatzabbildung nach der Bildebene auf vier Sensoren und Korrelation der gegenüberliegenden, entstandenen Bilder. Als Kontrastwert wird die Summe aus der Differenz jeweils benachbarter Pixel genommen. Je nach Erfolg stehen weitere Filter für andere Ortsfrequenzen zur Verfügung. Je nachdem, ob ein Objekt ein kontrastreiches oder kontrastarmes Bild erzeugt, wird der Gleichlichtanteil vollständig oder unvollständig entfernt. Nachteilig und aufwendig an dieser Einrichtung ist die erforderliche Zusatzoptik.

25

Aus der US 57 15 483 ist bekannt, zunächst Messungen in großen Schrittweiten über den gesamten Fokussierbereich durchzuführen, wobei das Maximum des Ausgangssignals eines Breitbandfilters als Kriterium genutzt wird. In einem zweiten Schritt wird dann in einem kleineren Bereich um den Wert des Maximums mit kleineren Schritten mit einem Hochpaßfilter als Kriterium gesucht. Damit will man vermeiden, daß Nebenmaxima einer für den Autofokus relevanten Funktion zu einer falschen Fokuseinstellung führen. Auch dieser Lösung haften Nachteile an. So muß zunächst über den gesamten Bereich fokussiert werden, um mit einem Breitbandfilter ein Maximum zu finden. Wenn so kein Maximum gefunden werden kann, muß im zweiten Schritt ein Tiefpaßfilter anstelle eines Hochpaßfilters verwendet werden. Die ganze Verfahrensweise ist umständlich und aufwendig.

30
35

Es ist allgemein bekannt, daß bei optimaler Fokussierung der Bildkontrast maximal ist. Aus der DE 195 00 817 ist weiterhin bekannt, Kanten als Objekte größten Kontrastes im Bild als lokales Maximum oder Minimum der Kreuzkorrelationsfunktion (KKF) einiger Pixel des Bildinhaltes mit einer Idealkante zu finden.

5

Beschreibung der Erfindung

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Nachteile des Standes der Technik weitestgehend zu beseitigen, ein Autofokussteuersignal zu gewinnen, und den
10 Punkt (Zustand) optimaler Fokussierung des Fernrohres zu bestimmen, ohne zusätzliche optische Mittel einzusetzen und ohne notwendigerweise den Fokussierbereich vollständig überfahren zu müssen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit den im ersten Patentanspruch angegebenen
15 Mitteln gelöst. In den Unteransprüchen sind Einzelheiten und Ausgestaltungen der Erfindung dargelegt.

So ist es für Bilder von zweidimensionalen Bildempfängern vorteilhaft, die Berechnungen in Richtung der Zeilen, der Spalten oder gleichzeitig in beiden Richtungen
20 durchzuführen.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn der Fokussierweg bis zur nächsten Messung als Produkt aus dem Verhältnis des maximalen Signals zur lokalen Signalamplitude, der Fokusstellung in Bezug auf die Stellung bei Fokussierung auf unendlich und einer
25 Konstante ermittelt wird.

Ferner kann es vorteilhaft sein, wenn als Vergleichsstruktur für die KKF eine ideale Kante vorgesehen ist. Es ist weiterhin vorteilhaft, wenn die Bezugsfunktion das Maximum der KKF ist.

30

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Es zeigen:

35

Fig. 1 die Signaldarstellung einer CCD- Zeile bei völlig defokussiertem Bild,

Fig. 2 die Signaldarstellung einer CCD- Zeile bei defokussiertem Bild, jedoch mit

schon erkennbarem Bildinhalt,

Fig. 3 die Signaldarstellung einer CCD- Zeile bei fokussiertem Bild,

Fig. 4 ein Flußdiagramm für den ersten Teil des im Beispiel

beschriebenen Autofokusalgorithmus und

5 Fig. 5 ein Flußdiagramm für den zweiten Teil des im Beispiel
beschriebenen Autofokusalgorithmus.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

10 Die Fig. 1 zeigt das Meßbild der CCD- Zeile eines Digitalnivelliers bei völliger Defokussierung. Die x- Achse 1 zeigt fortlaufend die Pixelnummer i von 0 bis 1799. Auf der y- Achse 2 ist die Helligkeit des jeweiligen Pixels Y_i in willkürlichen Einheiten aufgetragen. Der Wert 255 bedeutet kein Signal (schwarz), der Wert 0 bedeutet maximales Signal (weiß), womit sich eine Negativdarstellung ergibt. Die eigentliche
15 Meßkurve 3 zeigt somit die Helligkeit als Funktion der Pixelnummer $Y_i = f(i)$.

Aufgrund der Defokussierung sind im Fig. 1 nur zwei wesentliche Merkmale zu erkennen. Die Funktionswerte am Zeilenanfang 4 und am Zeilenende 6 werden hier näherungsweise als Dunkelsignal Y_D gewertet (Y_1 bzw. $Y_{1799} = Y_D$).

20

Die Meßbilder gemäß den Fig. 1 bis 3 wurden mit einem Digitalnivellier aufgenommen, bei dem konstruktionsbedingt nur wenig Licht an den Anfang oder das Ende der CCD- Zeile gelangen kann. Prinzipiell ist es natürlich auch möglich, das Dunkelsignal aus einer separaten Messung zu bestimmen. Das zweite wesentliche Merkmal
25 ist die hellste Stelle 5 im Fig. 1, $Y_{720} = Y_{\min}$

Die hellste Stelle ergibt sich in diesem Beispiel etwa am Pixel 720. Das Signal $Y_{\min}$ wird in bekannter Weise zur Belichtungssteuerung verwendet. $Y_{\min}$ muß innerhalb gewisser Grenzen gehalten werden. So darf es zum Beispiel nicht Null werden, da
30 dann die CCD- Zeile überbelichtet wird.

Der erste für die Fokussierung wesentliche Wert, der aus dem Meßbild gewonnen wird, ist das maximale Signal S_1 :

35

$$S_1 = Y_D - Y_{\min} \quad (1)$$

Aus Fig. 1 kann man daraus ableiten, daß $Y_D = 210$ und $Y_{\min} = 100$ sind. Somit ergibt sich S_1 zu 110.

Anhand der Fig. 2 wird nun die Gewinnung des zweiten Wertes aus dem dargestellten Meßbild erläutert. In dieser Fig. 2 wird eine Signaldarstellung einer CCD- Zeile bei defokussiertem Bild gezeigt. Ein gewisser Bildinhalt ist hier bereits erkennbar. Das Pixel 10 auf der Kurve, das der optischen Achse am nächsten kommt, sei das Pixel $i = 900$. Es wird im folgenden als Mittelpixel (MPX) bezeichnet. Es wird, ausgehend vom MPX, die lokale Signalamplitude S_2 aus dem monoton fallenden oder steigenden Signal bis zum nächsten lokalen Maximum $Y_{\max}$ und Minimum $Y_{\min}$ berechnet. Dazu wird i ausgehend von $i = \text{MPX}$ solange verringert, bis sich entweder ein lokales Maximum oder ein lokales Minimum ergibt, so daß folgende Vorschriften oder Regeln vorgesehen werden:

15 i von $i = \text{MPX}$ in Schritten -1 fallend, maximal N Schritte, (2)
solange $Y_i \leq Y_{i+1}$, das letzte i ergibt $Y_{\min}$
oder

20 i von $i = \text{MPX}$ in Schritten -1 fallend, maximal N Schritte (3)
solange $Y_i \geq Y_{i+1}$, das letzte i ergibt $Y_{\max}$

Anschließend wird i von MPX aus vergrößert, so daß:

25 i von $i = \text{MPX}$ in Schritten +1 ansteigend, maximal N Schritte (4)
solange $Y_{i+1} \geq Y_i$, das letzte i ergibt $Y_{\max}$

oder

30 i von $i = \text{MPX}$ in Schritten +1 ansteigend, maximal N Schritte (5)
solange $Y_{i+1} \leq Y_i$, das letzte i ergibt $Y_{\min}$,

wobei für die Regeln (4) oder (5) nur das jeweilig umgekehrte Kleiner- oder Größerzeichen ausgewertet wird, wie in der Regel (2) oder (3) realisiert.

35 Die Zahl N, über die die Regeln (2) bis (5) maximal laufen dürfen, ergibt sich aus der halben Strukturbreite des bei der kürzesten Zielweite zu fokussierenden Gegenstan-

des. In diesem Beispiel sei $N = 180$. Dieser Wert ergibt sich aus den Strukturbreiten der abgebildeten Digitalnivelliermeßplatte.

Falls sich jedoch nach den Regeln (2) bis (5) in beiden Richtungen ein Maximum bzw. ein Minimum ergibt, wird $Y_{MPX} = Y_{Imin}$ bzw. $Y_{MPX} = Y_{Imax}$.

In weiterer Verfeinerung der Regeln (2) bis (5) kann zur Rauschunterdrückung eine lokal von der monotonen Folge abweichend, andere Amplitude von ca. ± 3 Amplitudenschritten zugelassen werden.

10

Die lokale Signalamplitude ergibt sich somit zu:

$$S_2 = Y_{Imax} - Y_{Imin} \quad (6)$$

15 In Fig. 2 sei ein Pixel 12 dasjenige mit dem lokalen Maximum (I_{max}) bei $i = 800$ und ein Pixel 11 dasjenige mit dem lokalen Minimum (I_{min}) bei $i = 950$. Es gilt:

$$Y_{Imax} = Y_{800} = 140$$

$$Y_{Imin} = Y_{950} = 80$$

$$\text{Somit ergibt sich } S_2 = Y_{800} - Y_{950} = 60.$$

20

Die erste Beziehung (Formel) zur Fokussierung lautet wie folgt:

$$\text{Fokussierweg} = (S_1 / S_2) \cdot \text{Fokusstellung} \cdot \text{Konstante} \quad (7)$$

25 Dabei gelten folgende Regeln bzw. Festlegungen:

S_1 / S_2 wird auf einen Maximalwert begrenzt, z.B. 4 (Fig. 4).

Fokusstellung normiert auf den Fokussierweg ≈ 1 ; Unendlich hat den niedrigsten Wert ($= 0$).

30 In der Fig. 1 ist $S_1 = 110$, $S_2 = 20$. Somit wird $S_1 / S_2 = 5.5$. Wird als Konstante z.B. 0.05 gewählt, kann mit diesen Werten bei einer Fokusstellung nahe 1 (kürzeste Zielweite) ein Fokussierweg von 0.28 mit dem nächsten Schritt überfahren werden.

In Fig. 2 ist $S_1 = 150$, $S_2 = 60$ und $S_1 / S_2 = 2.5$. Mit der Konstante 0.05 ergibt sich bei einer Fokusstellung nahe 1 (kürzeste Zielweite) ein Fokussierweg von 0.12, der mit dem nächsten Schritt überfahren werden kann.

35

Bei einer Fokusstellung nahe 0 (Unendlich) ergibt sich trotz extremer Defokussierung nur ein kleiner möglicher Betrag für den Fokussierweg. Hierbei hat es sich nämlich gezeigt, daß mit Hilfe des Kriteriums S_1 / S_2 zielweitenabhängig entschieden werden kann, ob bis zur nächsten Messung ein großer oder ein kleiner Fokussierweg zurückgelegt werden kann, ohne den Fokus dabei zu überfahren. Das Flußdiagramm dazu ist in Fig. 4 dargestellt.

Die Tatsache, daß in die Regel (7) nicht die Signalamplitude, sondern das Verhältnis S_1 / S_2 eingeht, hat den Vorteil, daß die Regel (7) amplitudenunabhängig ist. Daher kann sie schon angewendet werden, bevor eine optimale Belichtungsregelung erfolgt ist. Somit können die Berechnungen und Fokussierstellungsänderungen der Glieder für den Autofokus schon während der Belichtungsregelung erfolgen.

Das für die nachfolgende Feinfokussierung erforderliche Verfahren und ein weiterer, dabei benutzter Rechenwert werden anhand der Fig. 3 erläutert, welche wiederum dasselbe Objekt wie in Fig. 1 und 2, aber in fokussiertem Zustand, zeigt. Die Meßkurve 20 enthält dunkle Bereiche 21 und helle Bereiche 22, die durch Kanten 23 getrennt sind. Die Kanten erstrecken sich nur über wenige Pixel des Bildes. Die Pixel 24, 25, 26 und 27 der Kante 23 sind in Fig. 3 eingezeichnet.

Die Pixel 24 bis 27 haben in dieser Reihenfolge die Signale:

24: $Y_{860} = 189$; 25: $Y_{861} = 170$; 26: $Y_{862} = 135$ und 27: $Y_{863} = 115$.

Die dritte, für den Fokussiervorgang wesentliche Funktion sei die Kreuzkorrelationsfunktion (KKF) aus jeweils vier Pixeln und einer idealen Dunkel-Hell-Kante mit den Signalen (+1;+1;-1;-1).

Sie wird nach folgender Gleichung gebildet:

$$KKF(i) = Y_i + Y_{i+1} - Y_{i+2} - Y_{i+3} \quad (8)$$

Im Beispiel der Kante 23 ergibt sich für $KKF(860) = 109$. In der aus der DE 195 00 817 bekannten Weise wird die KKF pixelweise gebildet. An Stellen eines lokalen Maximums dieser Funktion ergeben sich Kanten im Meßbild, die jeweils im Bereich der Pixel Y_{i+1} und Y_{i+2} liegen. Die genaue Lage wird anschließend durch Interpolation ermittelt.

Für den Vorgang der Fokussierung ist wesentlich, daß die KKF ein Maß für den Bildkontrast ist. Aus den KKF- Maxima kann eine Bezugsfunktion gebildet werden, die es gestattet, Aussagen über den Fokussierzustand zu machen. Es ist zweckmäßig und am einfachsten, als Bezugsfunktion den Maximalwert der KKF im ganzen Bildfeld zu verwenden. Mit etwas größerem Aufwand könnte ebenfalls als Bezugsfunktion der Mittelwert aus den lokalen Maxima der KKF verwendet werden. Im folgenden wird die so gebildete Bezugsfunktion als KKF_{MAX} bezeichnet.

Der weitere Fokussiervorgang besteht darin, die Funktion KKF_{MAX} / S_2 zu maximieren. Es ist zweckmäßig, abhängig von der Größe der Funktion KKF_{MAX} / S_2 den Fokussierweg entweder auf die doppelte Tiefenschärfe einzustellen, solange $KKF_{MAX} / S_2 < 0.5$ ist. Bei Überschreiten des Wertes 0.5 wird dann der Fokussierweg bis zur nächsten Messung auf die Tiefenschärfe begrenzt. Der Ablauf des Fokussiervorganges ist als Flußdiagramm in Fig. 5 dargestellt.

Der Fokussierweg kann dabei gemessen werden oder auch durch eine geeignete Steuerung des Fokussiermotors, z.B. eines Schrittmotors, ohne Messung mit hinreichender Genauigkeit eingestellt werden.

Um das Maximum von KKF_{MAX} / S_2 zu finden, sind dann, wenn es einmal überfahren wurde, im allgemeinen drei Messungen in der Nähe des Maximums ausreichend. Im einfachsten Fall ist das Maximum der größte Wert von KKF_{MAX} / S_2 dieser drei Messungen. Mit etwas erhöhtem Aufwand kann die Lage des Maximums auch mit höherer Auflösung zum Beispiel durch parabolische Interpolation aus den drei Meßwerten berechnet werden. Derartige Verfahren sind bekannt und daher nicht näher beschrieben.

Die bezüglich der Fokussierung lautenden Regeln sind zusammenfassend in Fig. 4 und 5 dargestellt. Fig. 4 zeigt, daß die Regel (7) angewendet wird, bis entweder die Fokusstellung < 0.1 ist, oder S_1 / S_2 einen Wert von 1.4 unterschreitet.

Fig. 5 zeigt, daß, wenn eine der obigen Bedingungen erfüllt ist, KKF_{MAX} / S_2 gebildet wird. Die Schrittweite wird auf die Tiefenschärfe begrenzt, sobald $KKF_{MAX} / S_2 > 0.5$. Anschließend erfolgt das Einfahren bis zum Maximum KKF_{MAX} / S_2 .

Die Erfindung ist nicht auf das vorstehende Beispiel begrenzt. Die für Entscheidun-

gen gewählten Konstanten können andere Werte annehmen, die optimal an das jeweilige optische System angepaßt sind. Die in der Fig. 5 angegebenen Schrittweiten für die Fokussierung können auch andere Werte annehmen, so die ganze und halbe Tiefenschärfe. Anstelle der KKF kann auch eine andere stark kontrastabhängige Funktion verwendet werden. Es ist auch möglich anstelle von KKF_{MAX} / S_2 als Entscheidungskriterium die Funktion KKF_{MAX} zu verwenden, nur muß dann gesichert sein, daß sich die Belichtung während des Fokussiervorgangs nicht mehr ändert.

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Autofokussierung, insbesondere für Fernrohre von Vermessungsgeräten, mit Bildsensoren, die das Bildsignal in einzelne Bildelemente (Pixel) auflösen, wie CCD- Zeilen und/oder -Matrizen sowie CMOS- Bildsensoren,
dadurch gekennzeichnet,
- 10 --- daß ausgehend von dem Pixel, das der optischen Achse am nächsten gelegen ist, die lokale Signalamplitude aus dem monoton fallenden oder steigenden Signal bis zum nächsten lokalen Maximum und Minimum berechnet wird,
 --- daß solange diese lokale Signalamplitude wesentlich kleiner ist, als das maximale Signal und sich das Fokussierglied des Fernrohrobjektives in Fokussierstellung für kurze Zielweiten befindet, dieses Fokussierglied in großen Schritten verschoben wird,
 --- daß je nach Größe der lokalen Signalamplitude im Verhältnis zum Maximalsignal und der Lage (Position) des Fokussiergliedes im Bereich größerer Zielweiten die Schrittweite verkürzt wird,
- 15 --- daß bei einer bestimmten Größe der lokalen Signalamplitude im Verhältnis zum Maximalsignal zusätzlich die Kreuzkorrelationsfunktionen (KKF) jeweils aus einigen Pixeln des Signals und geeigneten Vergleichsstrukturen gebildet werden
 --- und daß bei einem bestimmten Verhältnis einer aus der KKF gebildeten Bezugsfunktion zur lokalen Signalamplitude eine mit der optischen Tiefenschärfe vergleichbare Schrittweite gewählt und auf das Maximum der KKF fokussiert wird.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für Bilder von zweidimensionalen Bildempfängern die Berechnungen in Richtung der Zeilen, der Spalten oder gleichzeitig in beiden Richtungen durchgeführt werden.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Fokussierweg bis zur nächsten Messung als Produkt aus dem Verhältnis des maximalen Signals zur lokalen Signalamplitude, der Fokusstellung in Bezug auf die Stellung bei Fokussierung auf unendlich und einer Konstante ermittelt wird.
- 35

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Vergleichsstruktur für die KKF eine ideale Kante vorgesehen wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Bezugsfunktion das Maximum der KKF verwendet wird.

1/5

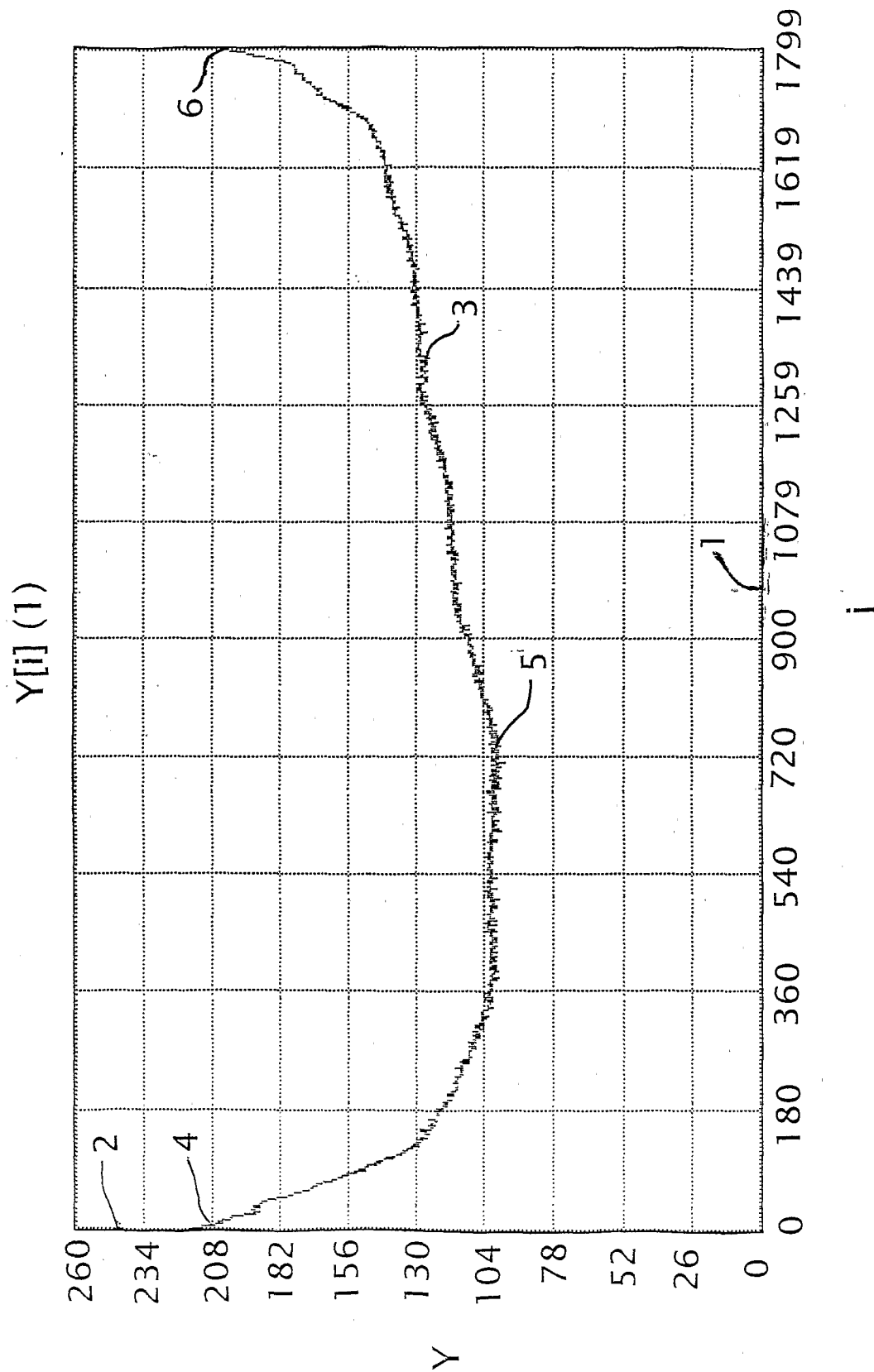


Fig.1

2/5

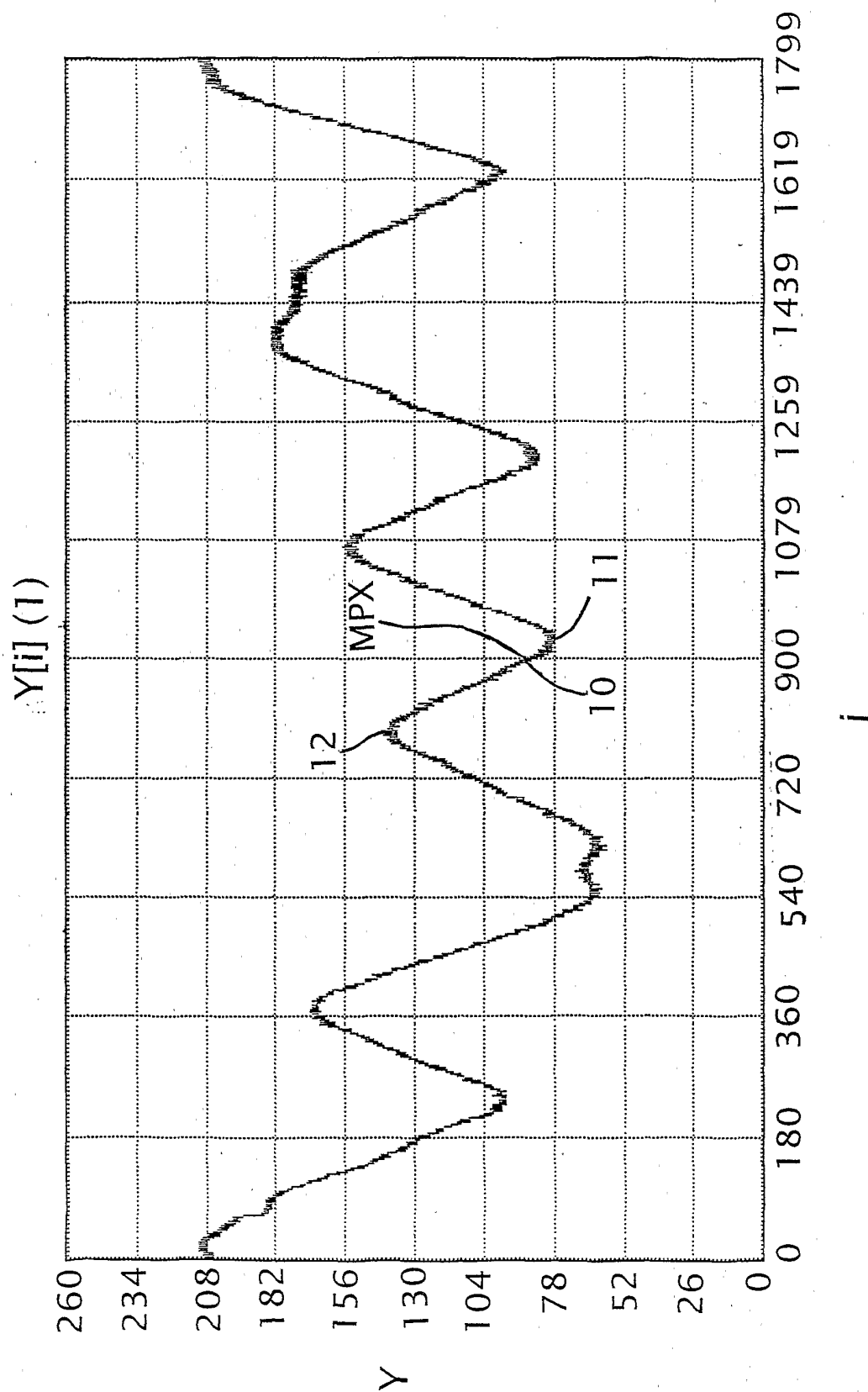


Fig.2

3/5

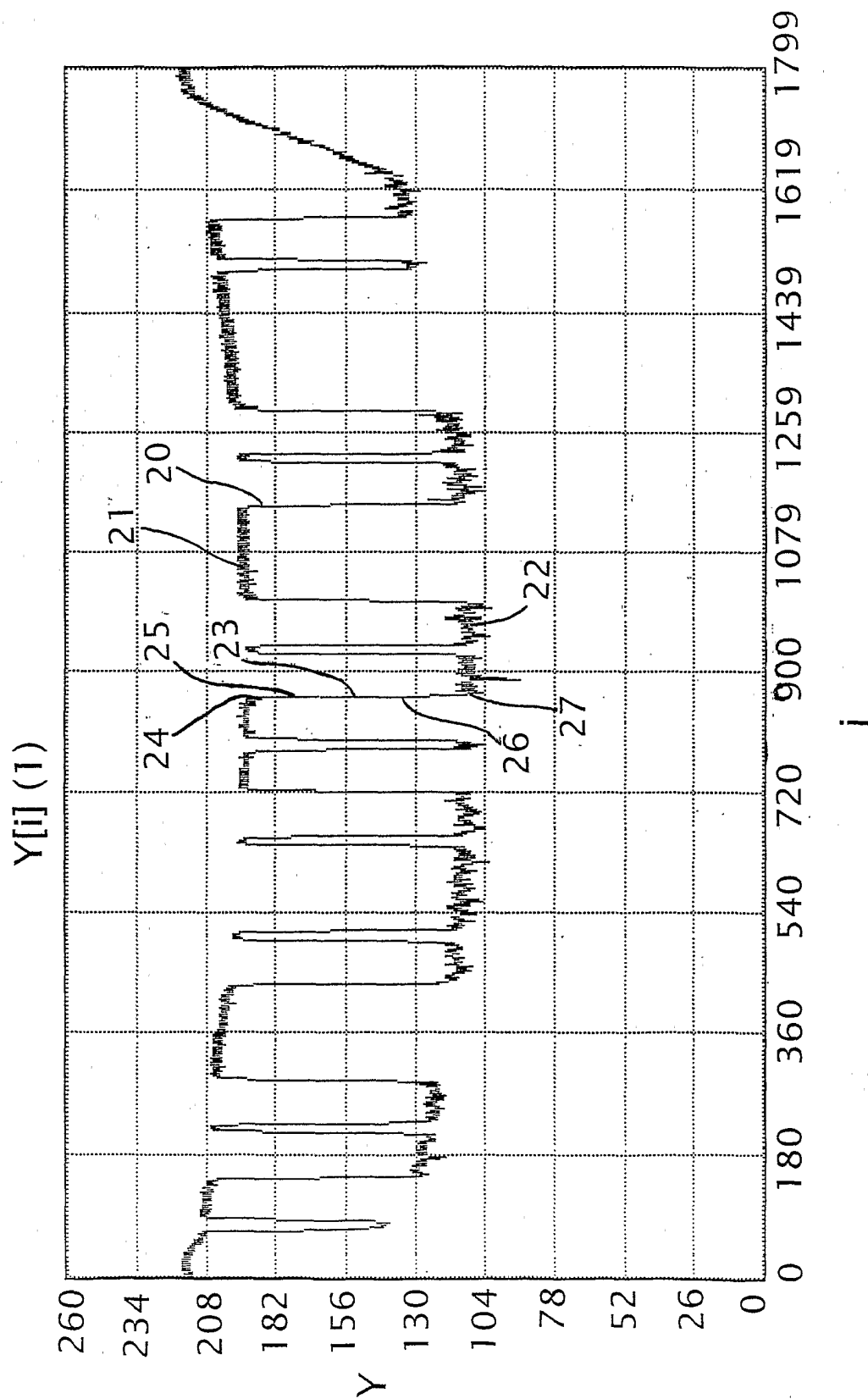


Fig.3

4/5

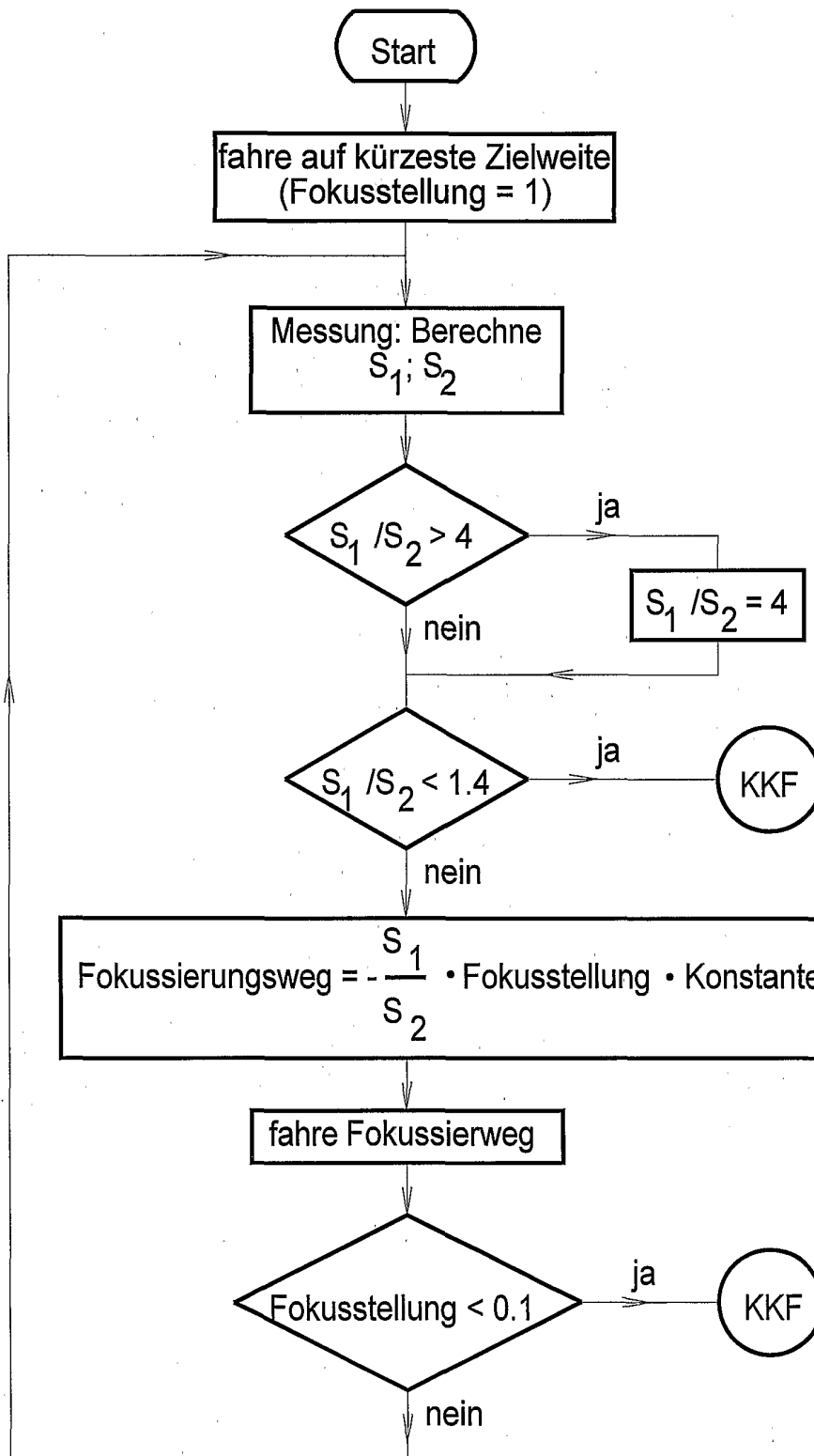


Fig.4

5/5

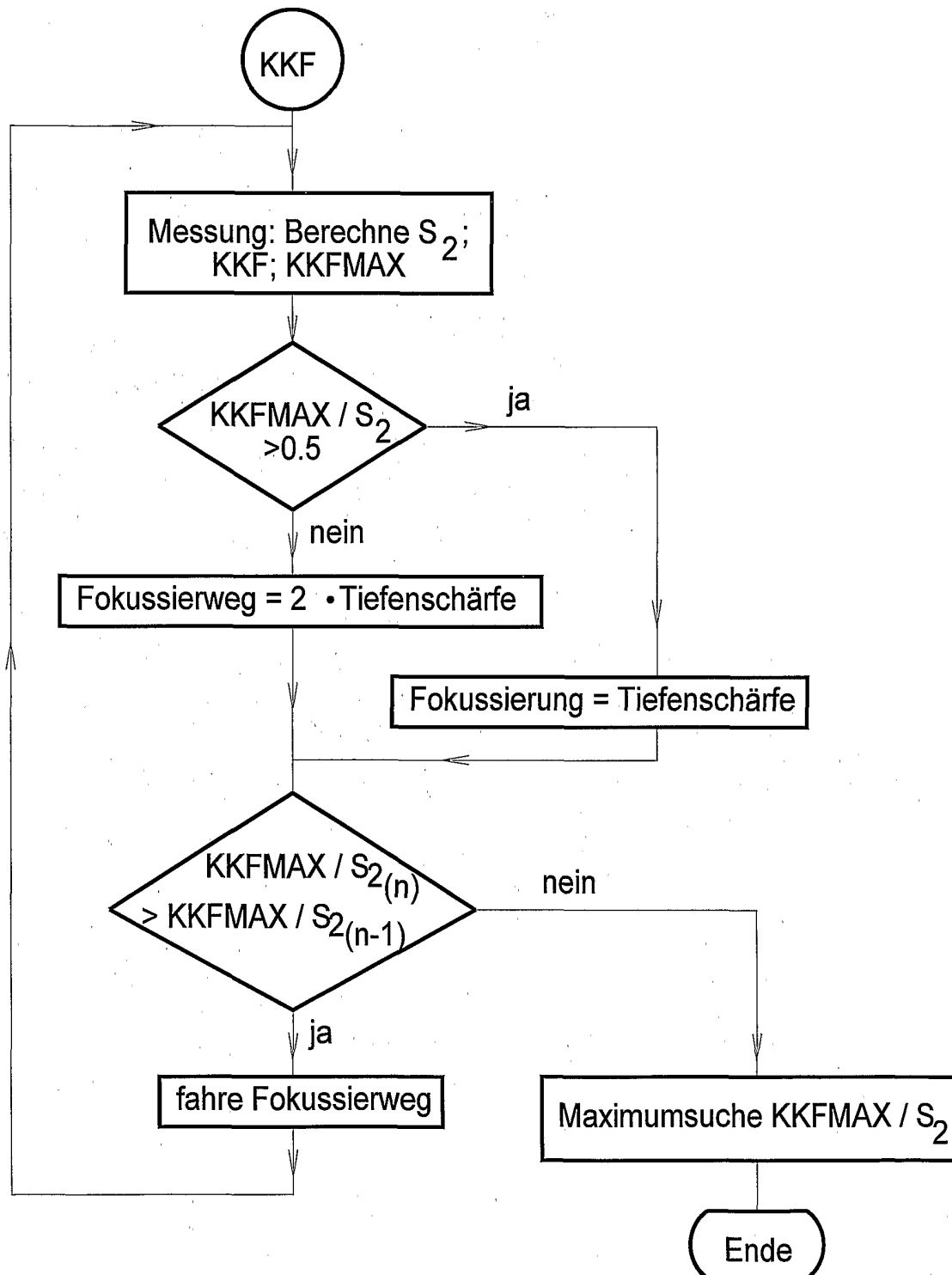


Fig.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In national Application No

EP 01/07931

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G02B7/36 G01C1/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02B G01C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP -0 459 004 A (PROMETRIX CORP)- 4 December 1991 (1991-12-04) abstract page 5 -page 9 figures 2-5	1,2 3-5
A	GB 2 003 692 A (OLYMPUS OPTICAL CO) 14 March 1979 (1979-03-14) abstract page 1-4	1-5
A	US 4 725 722 A (KUBOTA HITOSHI ET AL) 16 February 1988 (1988-02-16) abstract figures 4,8	1-5
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 October 2001

Date of mailing of the international search report

31/10/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ward, S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/JP 01/07931

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3 938 893 A (NANBA YASUHIRO ET AL) 17 February 1976 (1976-02-17) abstract ----	1-5
A	SIDNEY F.RAY: "Applied Photographic Optics" 1994 , FOCAL PRESS XP002180038 page 190 -page 192 ----	1-5
A	WARREN J. SMITH: "Modern Optical Engineering" 1966 , MC GRAW-HILL XP002180039 page 308 -page 310 ----	1-5
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 064 (P-059), 30 April 1981 (1981-04-30) -& JP 56 016806 A (HITACHI LTD), 18 February 1981 (1981-02-18) the whole document -----	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
information on patent family members

In International Application No
PCT/JP 01/07931

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0459004	A	04-12-1991	US EP	4945220 A 0459004 A1	31-07-1990 04-12-1991
GB 2003692	A	14-03-1979	JP JP DE FR	54138427 A 54039126 A 2838121 A1 2402222 A1	26-10-1979 26-03-1979 22-03-1979 30-03-1979
US 4725722	A	16-02-1988	JP JP JP	1886049 C 6010694 B 61235808 A	22-11-1994 09-02-1994 21-10-1986
US 3938893	A	17-02-1976	JP DE	50078321 A 2452522 A1	26-06-1975 15-05-1975
JP 56016806	A	18-02-1981	JP JP	1433890 C 62043482 B	07-04-1988 14-09-1987

ل.ج.ع.ر 01/07931

IPK 7 G02B7/36 G01C1/02

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

IPK 7 G02B G01C

EPO-Internal, PAJ

Kategorie ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
------------------------	--	--------------------

X	EP 0 459 004 A-(PROMETRIX CORP)	1,2
	4. Dezember 1991 (1991-12-04)	
A	Zusammenfassung	3-5
	Seite 5 -Seite 9	
	Abbildungen 2-5	

A	GB 2 003 692 A (OLYMPUS OPTICAL CO)	1-5
	14. März 1979 (1979-03-14)	
	Zusammenfassung	
	Seite 1-4	

A	US 4 725 722 A (KUBOTA HITOSHI ET AL)	1-5
	16. Februar 1988 (1988-02-16)	
	Zusammenfassung	
	Abbildungen 4,8	

— / —

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angeeignet ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

31/10/2001

Ward, S

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 3 938 893 A (NANBA YASUHIRO ET AL) 17. Februar 1976 (1976-02-17) Zusammenfassung ----	1-5
A	SIDNEY F.RAY: "Applied Photographic Optics" 1994 , FOCAL PRESS XP002180038 Seite 190 -Seite 192 ----	1-5
A	WARREN J. SMITH: "Modern Optical Engineering" 1966 , MC GRAW-HILL XP002180039 Seite 308 -Seite 310 ----	1-5
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 064 (P-059), 30. April 1981 (1981-04-30) -& JP 56 016806 A (HITACHI LTD), 18. Februar 1981 -(1981-02-18) das ganze Dokument -----	1-5

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlicht , die zur selben Patentfamilie gehören

Int iales Aktenzeichen

PCT, LP 01/07931

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0459004 A	04-12-1991	US 4945220 A EP 0459004 A1	31-07-1990 04-12-1991
GB 2003692 A	14-03-1979	JP 54138427 A JP 54039126 A DE 2838121 A1 FR 2402222 A1	26-10-1979 26-03-1979 22-03-1979 30-03-1979
US 4725722 A	16-02-1988	JP 1886049 C JP 6010694 B JP 61235808 A	22-11-1994 09-02-1994 21-10-1986
US 3938893 A	17-02-1976	JP 50078321 A DE 2452522 A1	26-06-1975 15-05-1975
JP 56016806 A	18-02-1981	JP 1433890 C JP 62043482 B	07-04-1988 14-09-1987