



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **199 26 100.8**  
(22) Anmeldetag: **08.06.1999**  
(43) Offenlegungstag: **16.12.1999**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **16.10.2014**

(51) Int Cl.: **G01S 7/295 (2006.01)**  
**G06T 5/50 (2006.01)**  
**G01S 7/06 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**10-160186 09.06.1998 JP**  
**10-160187 09.06.1998 JP**

(73) Patentinhaber:  
**Furuno Electric Co., Ltd., Nishinomiya, Hyogo, JP**

(74) Vertreter:  
**Müller Hoffmann & Partner Patentanwälte mbB,**  
**81541 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Fujikawa, Takumi, Sanda, Hyogo, JP; Kondo,**  
**Motoji, Ashiya, Hyogo, JP**

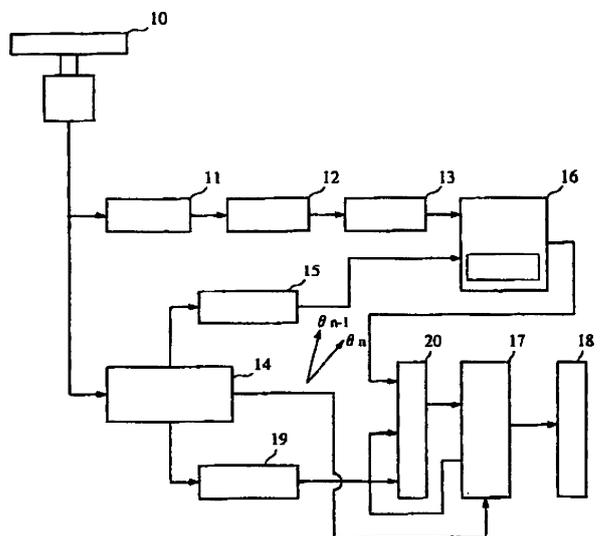
(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>US</b>	<b>4 845 501</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>3-11669</b>	<b>B2</b>
<b>JP</b>	<b>3-582</b>	<b>B2</b>

(54) Bezeichnung: **Radar- und ähnliche Systeme sowie Verfahren zum Verbessern der Bildqualität**

(57) Hauptanspruch: System, bei dem ein empfangenes Echosignal angezeigt wird, insbesondere ein Radar- oder Sonarsystem, mit:  
einer Antenne (10), die sich mit im Wesentlichen konstanter Drehzahl dreht und aufeinanderfolgend Suchsignale sendet und Echosignale empfängt;  
einer Einrichtung zum Ziehen einer ersten und einer zweiten Durchfahrlinie auf Pixeln;  
einer Einrichtung (19) zum Erfassen des letzten Abtastpunkts (i) auf der ersten Durchfahrlinie für ein Pixel;  
einem Primärspeicher (13), der in Echtzeit empfangene Daten von der Antenne (10) speichert;  
einem Koordinatenwandler (14) zum Umsetzen eines im Polarkoordinatensystem definierten Punkts in einen entsprechenden im Cartesischen Koordinatensystem definierten Punkt;  
einem Bildspeicher (17) zum Speichern von im Cartesischen Koordinatensystem definierten Signalen, die aus entsprechenden, im Polarkoordinatensystem definierten Signalen umgesetzt wurden; eine Schreibdaten-Erzeugungseinrichtung (20) zum Ausführen einer Korrelationsoperation an den in den Bildspeicher (17) eingespeicherten Daten sowie frischen Eingangsdaten und zum neuen Einschreiben sich ergebender Korrelationssignale in dieselben Speicherelemente des Bildspeichers (17) für Umdrehungen der Antenne (10); und  
einem Display (18) zum Anzeigen der vom Bildspeicher (17) ausgegebenen Daten,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Erfassungseinrichtung (19) für einen letzten Abtastpunkt ausgebildet ist, so dass sie beurteilt, ob ein Bildpunkt,

dem ein Abtastpunkt i auf der ersten Durchfahrlinie  $\Theta_{n-1}$  zugeordnet ist, nicht mit einem von Pixeln überstimmt, denen mehrere benachbarte Abtastpunkte auf der ersten Durchfahrlinie  $\Theta_{n-1}$  und der zweiten Durchfahrlinie  $\Theta_n$  zugeordnet sind, und den Abtastpunkt i als letzten Abtastpunkt ermittelt, wenn sie nicht übereinstimmen; wobei die mehreren benachbarten Abtastpunkte auf der ersten Durchfahrlinie und der zweiten Durchfahrlinie aus vier Abtastpunkten bestehen, nämlich  
(1) einem Abtastpunkt angrenzend an den Abtastpunkt i auf der ersten Durchfahrlinie und an dessen Außenseite, ...



**Beschreibung**

Priorität:

9. Juni 1998, Japan, 10-160186 (P)

9. Juni 1998, Japan, 10-160187 (P)

Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft Radar- und ähnliche Systeme, bei denen ein empfangenes Echosignal, das ursprünglich für das Polarkoordinatensystem formatiert ist, in ein Bildsignal für das Cartesische Koordinatensystem umgesetzt wird und das Bildsignal in einen Bildspeicher eingespeichert und dann auf einem durchgerasterten Display angezeigt wird. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Einschreiben eines Bildsignals in einen Bildspeicher. Insbesondere betrifft die Erfindung Radarsysteme und Verfahren, die die Bildqualität angezeigter Bilder verbessern können.

**[0002]** Eine Art zum Verbessern der Bildqualität besteht darin, für empfangene Echodaten eine Raster-Raster-Korrelation zu verwenden.

**[0003]** Bei einem System, das dazu konzipiert ist, empfangene Echosignale, die für das Polarkoordinatensystem formatiert sind, in Signale für das Cartesische Koordinatensystem umzusetzen und die umgesetzten Signale mit Abrasterungsformat anzuzeigen, sind Abtastpunkte eines Echosignals nahe dem Zentrum des Abrasterungsvorgangs, oder des Durchfahrungsprungs, dicht verteilt, und sie werden außerhalb des Durchfahrungsprungs allmählich stärker ausgedünnt, wie es in **Fig. 13** veranschaulicht ist. Demgemäß wird, wenn ein Signal in Daten für Cartesische Koordinaten  $(x, y)$  umgesetzt wird, eine zunehmend größere Anzahl von Werten empfangener Daten Pixeln zugeordnet, die näher am Durchfahrungsprung liegen, der einer zentralen Adresse in einem Bildspeicher entspricht. Wenn Werte der empfangenen Daten für ein spezielles Pixel einfach aufeinanderfolgend über zuvor gespeicherte Daten in einem Bildelement mit einer entsprechenden Adresse im Bildspeicher eingeschrieben werden, wenn mehr als ein Abtastpunkt diesem Pixel zugeordnet wird, wird schließlich nur der zuletzt eingeschriebene Wert als tatsächlicher Datenwert im Speicherelement für das Pixel abgespeichert. Dies führt zum Problem, dass dann, wenn ein Datenwert mit hohem Signalpegel im Verlauf des Prozesses des Einschreibens aufeinanderfolgender Werte für ein einzelnes Pixel empfangen wird, im Bildspeicher keine Information zum Signal hohen Pegels aufbewahrt wird.

**[0004]** Ein bekanntes Beispiel bisheriger Vorgehensweisen, die auf die Lösung dieses Problems ausgerichtet sind, ist ein Abtastverfahren für den maximalen Datenwert, bei dem der maximale Datenwert

unter allen empfangenen Daten für jedes Pixel in einen Speicher eingeschrieben wird. Beim Maximaldatenwert-Abtastverfahren, wie es z. B. in JP-B-3-582 und JP-B-3-11669 offenbart ist, ist eine Erfassungsschaltung für den ersten Abtastpunkt vorhanden, die einen ersten Zugriff auf eine Adresse, entsprechend einem spezifizierten Pixel, im Prozess des Einschreibens empfangener Daten in einen Bildspeicher erfasst. Wenn die Erfassungsschaltung für den ersten Abtastpunkt den ersten, einem gegebenen Pixel zugeordneten Abtastpunkt erfasst hat, wird der empfangene Datenwert in das entsprechende Speicherelement eingeschrieben. Wenn ein neu empfangener Datenwert ein zweiter oder ein späterer (also nicht ein erster Abtastwert) ist, der dem Pixel zugeordnet ist, erfolgt zwischen dem zuvor eingeschriebenen Datenwert und dem neu empfangenen Datenwert ein Vergleich, und der größere Datenwert wird unter derselben Adresse eingeschrieben, wodurch der vorhandene Datenwert überschrieben wird. Dieser Überschreibvorgang wird wiederholt ausgeführt, und infolgedessen werden alle empfangenen Daten für jedes Pixel verglichen, und der maximale Datenwert wird entnommen und in das relevante Speicherelement im Bildspeicher eingetragen.

**[0005]** Abgesehen vom Maximaldatenwert-Abtastverfahren verwenden Radarsysteme im Allgemeinen eine Raster-Raster-Korrelationstechnik, bei der aus einer Antennenumdrehung nacheinander gewonnene Echosignale miteinander pixelweise verglichen werden, um unerwünschte Signal zu beseitigen, wie Störsignale vom Meer. Genauer gesagt, wird ein Satz von Daten, wie aus der letzten Antennenumdrehung erhalten, mit einem Satz von Daten verglichen, der zuvor auf Grundlage vorangegangener Antennenumdrehungen in einen Speicher eingespeichert wurde, und aus diesem Vergleich werden Daten bestimmt, die neu in den Speicher einzuschreiben sind. Bei einer Form der Korrelationstechnik werden die aus den vorangegangenen Antennenumdrehungen gewonnenen vorhandenen Daten und die neuen Daten einfach gemittelt, und die Mittelwerte der so erhaltenen Daten werden in den Speicher eingeschrieben, wodurch die vorhandenen Daten überschrieben werden. Ein Beispiel der Raster-Raster-Korrelationstechnik ist in JP-B-3-12266 offenbart.

**[0006]** Bei einem die Raster-Raster-Korrelationstechnik verwendenden System, wie es in den oben genannten Patentveröffentlichungen beschrieben ist, ist es jedoch unmöglich, gemeinsam das Maximaldatenwert-Abtastverfahren zu verwenden. Maximaldatenwert-Abtastvorgänge und Raster-Raster-Korrelationsvorgänge werden durch Schaltungen mit ähnlichen Konfigurationen ausgeführt, da diese Vorgänge dahingehend eine gewisse Ähnlichkeit aufweisen, dass aufeinanderfolgend empfangene Daten verglichen und für jedes einzelne Pixel verarbeitet werden. Jedoch ist es unmöglich, diese Vorgänge

durch eine einzelne Schaltung gleichzeitig auszuführen. Selbst wenn zwei unabhängige Verarbeitungsschaltungen in Reihe geschaltet werden, um die zwei Vorgänge auszuführen, ist es unmöglich, den Raster-Raster-Korrelationsvorgang unter Verwendung der Daten auszuführen, die durch den Maximaldatenwert-Abtastvorgang erhalten wurden, der nur auf der Erfassung des ersten Abtastwerts für jedes Pixel beruht, was aus den nachfolgend erläuterten Gründen (1) und (2) der Fall ist.

(1) Sowohl der Maximaldatenwert-Abtastvorgang als auch der Raster-Raster-Korrelationsvorgang bestimmen Werte von Daten, die während jeder Antennenumdrehung auf Grundlage eines Vergleichs zwischen vorhandenen Daten und neu empfangenen Daten, wie oben erörtert, in einen Speicher einzuspeichern sind. Jedoch unterscheiden sich die zwei Vorgänge dahingehend, dass der Maximaldatenwert-Abtastvorgang, wie er z. B. bei einem Radarsystem angewandt wird, wiederholte Verarbeitungszyklen beinhaltet, die für jedes Pixel bei jeder Antennenumdrehung ausgeführt werden, wohingegen der Raster-Raster-Korrelationsvorgang nur einen Verarbeitungszyklus beinhaltet, der für jedes Pixel bei einer Antennenumdrehung ausgeführt wird. Daher ist es unmöglich, die zwei Vorgänge gleichzeitig durch eine einzelne Schaltung auszuführen.

(2) Wenn eine Maximaldatenwert-Abtastschaltung und eine Raster-Raster-Korrelationsschaltung gesondert angebracht werden und in Reihe geschaltet werden, um die zwei Vorgänge aufeinanderfolgend auszuführen, entsteht ein neues Problem, das unten beschrieben wird.

**[0007]** Da beim Raster-Raster-Korrelationsvorgang nur ein Verarbeitungszyklus für jedes Pixel während jeder Antennenumdrehung auszuführen ist, ist es erforderlich, dass diesem Vorgang zu unterziehende Daten solche sind, die als Ergebnis des für ein gegebenes Pixel ausgeführten Maximaldatenwert-Abtastvorgangs erhalten wurden. Die durch den Maximaldatenwert-Abtastvorgang erhaltenen Daten werden einfach aufeinanderfolgend in relevante Speicherelemente in einem Bildspeicher eingeschrieben, wenn das herkömmliche Maximaldatenwert-Abtastverfahren ausgeführt wird, und daher ist es bei diesem Prozess nicht erforderlich, den Zeitpunkt des Abschlusses des Maximaldatenwert-Abtastvorgangs für jedes Pixel zu kennen. Aus diesem Grund war es unmöglich, den Raster-Raster-Korrelationsvorgang unter Verwendung der durch einen Maximaldatenwert-Abtastvorgang erhaltenen Daten auszuführen, selbst wenn diese Vorgänge durch gesonderte Verarbeitungsschaltungen ausgeführt worden wären. Ferner würde eine Maximaldatenwert-Abtastschaltung zwei Bildspeicher benötigen, die teuer sind, um es zu ermöglichen, den Maximaldatenwert-Abtastvorgang und den Raster-Raster-Korrelationsvorgang unabhängig voneinander auszuführen, was zu einer un-

wirtschaftlichen Schaltungskonfiguration führen würde.

**[0008]** Eine andere Vorgehensweise zum Verbessern der Qualität eines angezeigten Bilds besteht darin, eine Interpolation zwischen Pixeldaten auszuführen.

**[0009]** Fig. 41 ist ein Blockdiagramm, das eine typische Konfiguration eines herkömmlichen Radarsystems zeigt.

**[0010]** Während eine Radarantenne **201** mit einer vorgegebenen Drehzahl in einer horizontalen Ebene gedreht wird, sendet sie kurze Impulsbündel von Funkwellen mit einer spezifizierten Impulswiederholrate, und sie empfängt ein durch Ziele reflektiertes Echosignal. Eine Empfängerschaltung **202** erhält das von der Antenne **201** empfangene Signal und verstärkt es. Ein Analog/Digital(A/D)-Wandler **203** setzt das von der Empfängerschaltung **202** ausgegebene analoge Signal in ein digitales Signal um. Ein Primärspeicher **204** speichert A/D-umgesetzte Daten zu empfangenen Echosignalen für einen Radialdurchfahrvorgang auf Echtzeitbasis, und er dient als Puffer, der die an einen Bildspeicher **207** zu übertragenden Daten hält, bis ein von einem nächsten Sendevorgang von der Antenne **201** erhaltenes neues Echosignal eingeschrieben wird. Da die Daten nicht in den Bildspeicher **207** in Echtzeit übertragen werden können, während die Daten in den Primärspeicher **204** eingeschrieben werden, ist zwischen dem Primärspeicher **204** und dem Bildspeicher **207** in einigen Fällen ein Sekundärspeicher **205** vorhanden. In derartigen Fällen werden die in den Primärspeicher **204** eingeschriebenen Daten unmittelbar an den Sekundärspeicher **205** übertragen. Dann werden die Daten vom Sekundärspeicher **205** an den Bildspeicher **207** geliefert, während neue Daten vom nächsten Sendevorgang auf Echtzeitbasis in den Primärspeicher **204** eingeschrieben werden. Ein Koordinatenwandler **206** liefert entsprechend einem Pixel eines Bildschirms eine Adresse an den Bildspeicher **207**, was durch Berechnen seiner Cartesischen Koordinaten (X, Y) aus der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta$ , wie gegenüber der Fahrtrichtung eines Schiffs gemessen, gemäß der die Antenne **201** aktuell ausgerichtet ist, und dem Abstand R des Pixels, gemessen ausgehend vom Durchfahrursprung des Schirmbilds, erfolgt.

**[0011]** Genauer gesagt, besteht der Koordinatenwandler **206** aus einer Hardwarevorrichtung, die die folgenden mathematischen Operationen ausführen kann:

$$X = X_s + R \cdot \sin\Theta$$

$$Y = Y_s + R \cdot \cos\Theta$$

mit

Xs: x-Koordinate des Durchfahrungsprungs  
 Ys: y-Koordinate des Durchfahrungsprungs  
 R: Abstand vom Durchfahrungsprung  
 $\Theta$ : Antennenrichtung

**[0012]** Der Bildspeicher **207** der **Fig. 41** verfügt über eine solche Speicherkapazität, dass er die während einer Antennenumdrehung empfangenen Daten speichern kann. Ein nicht dargestellter Anzeigecontroller liest den Dateninhalt des Bildspeichers **207** aus und gibt ihn an ein im Wesentlichen aus einer Kathodenstrahlröhre (CRT) bestehendes Display **208**, was synchron mit dem Abrastervorgang der CRT erfolgt.

**[0013]** Die Drehzahl, oder die Winkelgeschwindigkeit, der Antenne **201** sowie die Impulswiederholfrequenz (PRF = Pulse Repetition Frequency), oder die Dateneingangsrate, werden in den meisten Fällen nicht synchron gesteuert. Während die Drehzahl der Antenne **201** typischerweise im Bereich von 12 bis 60 U/Min. eingestellt wird, kann die tatsächliche Drehzahl wegen Änderungen des Luftwiderstands oder anderen Bedingungen variieren. Andererseits fällt die PRF typischerweise in einen Bereich von einigen 100 bis einigen 1000 Hz. Die PRF wird abhängig von der Wahl von Bereichsmaßstäben in einigen Stufen eingestellt. Genauer gesagt, werden in kurzen Bereichen hohe PRFs verwendet, während in langen Bereichen niedrige PRFs verwendet werden. Idealerweise sollten Daten auf dem Schirmbild, wie sie für eine Antennenumdrehung im Bildspeicher **207** gespeichert sind, vollständig durch neue Daten aktualisiert werden, wie sie aus einer anschließenden Antennenumdrehung gewonnen werden.

**[0014]** Wenn jedoch die Drehzahl der Antenne **201** hoch ist und das Impulswiederholintervall lang ist und neue Daten für eine einzelne Durchfahrlinie in den Bildspeicher **207** eingeschrieben werden, nachdem für jede Übertragung von Impulswellen eine Koordinatenumsetzung erfolgte, ist es in bestimmten Fällen unmöglich, die Daten für alle Pixel des Schirmbilds während einer Antennenumdrehung im Bildspeicher **207** vollständig zu aktualisieren. Daher werden die neuen Daten im Allgemeinen ohne spezielle zeitliche Beziehung, oder Synchronisation, zur PRF in den Bildspeicher **207** geschrieben. Genauer gesagt, erfolgt, obwohl der Dateninhalt des Primärspeichers **204** (oder des Sekundärspeichers **205**) für jeden Übertragungsvorgang unmittelbar aktualisiert wird, der Aktualisierungsvorgang für Daten für jede Durchfahrlinie, wie im Bildspeicher **207** gespeichert, durch einen vordefinierten Prozess, der Schritte enthält, gemäß denen die Richtung einer Durchfahrlinie ausgehend von der Strahlrichtung, in der die Antenne **201** zum Zeitpunkt des Sendevorgangs ausgerichtet war, bestimmt wird, der Dateninhalt des Primärspeichers **204** (oder des Sekundärspeichers **205**) ausge-

lesen wird und der Datenwert für die relevante Durchfahrlinie in den Bildspeicher **207** eingeschrieben wird. Dieser Prozess wird für aufeinanderfolgende Durchfahrlinien wiederholt ausgeführt, um die Daten für das vollständige Schirmbild für eine Antennenumdrehung nach der anderen zu aktualisieren.

**[0015]** Bei diesem Schirmbild-Aktualisierungsprozess kann der Fall auftreten, dass ein von einem Abtastpunkt herrührender Datenwert in Adressen zweier oder mehrerer benachbarter Pixel im Bildspeicher **207** eingeschrieben wird. Im Gegensatz hierzu kann auch der Fall auftreten, dass mehrere benachbarte Abtastpunkte einem einzelnen Pixel zugeordnet werden und verschiedene, von derartigen Abtastpunkten gewonnene Daten wiederholt unter der Adresse des relevanten Pixels eingeschrieben werden. Im letzteren Fall, in dem Abtastpunkte demselben Pixel zugeordnet sind, wird schließlich nur der zuletzt eingeschriebene Datenwert unter der Adresse des Pixels aufbewahrt, wenn alle aufeinanderfolgende Datenwerte einfach unter der Adresse eingeschrieben werden, wodurch der zuvor eingeschriebene Datenwert überschrieben wird. Eine Technik, wie sie gelegentlich herkömmlicherweise verwendet wird, um diesen Mangel zu vermeiden, ist ein Maximaldatenwert-Abtastverfahren, bei dem der maximale Datenwert unter allen empfangenen Daten für jedes Pixel selektiv an der entsprechenden Adresse eingeschrieben wird.

**[0016]** Wenn die gesamte Zeit für den Koordinatenumsetzungsvorgang verwendet werden kann, muss die folgende Ungleichung (1) erfüllt sein, damit das Aktualisieren aller Daten im Bildspeicher **207** während einer Antennenumdrehung abgeschlossen wird:

$$T \geq T_{\text{sweep}} \cdot N \quad (1)$$

mit

T: für eine Antennenumdrehung erforderliche Zeit  
 Tsweep: Zeit, die zur Koordinatenumsetzung der Daten für eine Durchfahrlinie erforderlich ist  
 N: Minimalanzahl von Durchfahrlinien, oder Anzahl von Sendevorgängen pro Antennenumdrehung, wie für Zugriff auf alle Pixel eines Schirmbilds erforderlich (N ist proportional zu R)

**[0017]** Hierbei ist Tsweep wie folgt ausgedrückt:

$$T_{\text{sweep}} = R_{\text{max}} \cdot T_{\text{cyc}} \quad (2)$$

mit

Rmax: Anzahl, gemäß der der Koordinatenumsetzungsvorgang pro Zeile ausgeführt wird

Tcyc: Zeit, die für einen Koordinatenumsetzungsvorgang erforderlich ist, wobei diese durch Schaltungseigenschaften beschränkt ist.

**[0018]** Rmax nimmt zu, wenn N größer wird. Es ist angenommen, dass Rmax proportional zu N ist, also

$$N = k \cdot R_{\max} \quad (3)$$

mit

k: Proportionalitätskonstante

**[0019]** Aus der vorstehenden Erörterung wird die folgende Ungleichung erhalten:

$$T \geq R_{\max} \cdot R_{\max} \cdot T_{\text{cyc}} \cdot k \quad (4)$$

**[0020]** In den letzten Jahren wächst die Tendenz, hohe Antennendrehzahlen zu verwenden, um den Erfordernissen von mit hoher Geschwindigkeit fahrenden Schiffen zu genügen, und auch eine erhöhte Anzahl von Pixeln zu verwenden, um verbesserte Bildqualität zu erzielen. Wenn die Ungleichung (4) nicht erfüllt ist, wird während einer Antennenumdrehung auf einige Pixel nicht zugegriffen, was zu "Pixelausfällen" führt, oder es ist die Anzahl der Pixel begrenzt. Genauer gesagt, wird Rmax größer, wenn die Pixelanzahl erhöht wird, um die Bildqualität zu verbessern. Dann fällt die Antennendrehzahl, bei der während einer Antennenumdrehung auf alle Pixel zugegriffen werden kann, proportional zum Quadrat von Rmax. Wenn die Antennendrehzahl bestimmt ist, ist automatisch die Obergrenze der Anzahl von Pixeln bestimmt, bei der es nicht zu Pixelausfällen kommt.

**[0021]** Es existieren zwei Gründe für Pixelausfälle, die nachfolgend erläutert werden. Obwohl sich die Richtung  $\Theta_n$  der Durchfahrlinie tatsächlich in diskreten Schritten ändert, wird hier angenommen, dass sich die Richtung  $\Theta_n$  kontinuierlich ändert, wobei sie wahlfreie Werte annimmt.

#### GRUND 1

**[0022]** Der erste Grund für Pixelausfall ist der, dass der Abstand zwischen zwei beliebigen aufeinanderfolgenden Durchfahrlinien proportional zum Abstand vom Durchfahrursprung zunimmt.

**[0023]** Unter Bezugnahme auf die Fig. 42 wird nachfolgend eine Grundbedingung zum Vermeiden des Auftretens von Pixelausfällen wegen dieses ersten Grundes erörtert.

**[0024]** Es wird angenommen, dass jedes Pixel quadratisch ist und seine eine Seite in radialer Richtung eine Einheitslänge 1 (= 1/Rmax) einnimmt, während seine eine Seite in der tangentialen Richtung dieselbe Einheitslänge 1 aufweist. Um zu gewährleisten, dass mindestens eine Durchfahrlinie jedes Pixel auf dem Schirmbild schneidet, sollte die durch die folgende Ungleichung (5) ausgedrückte Beziehung zwischen dem Abstand R vom Durchfahrursprung und der Minimalanzahl N von Durchfahrlinien existieren: Da  $R\Theta \leq 1$  gilt (mit  $\Theta = 2\pi/N$ ), gilt:

$$N \geq 2\pi T \quad (5)$$

**[0025]** Wenn z. B. Rmax = 256 gilt, ist die Minimalanzahl N von Durchfahrlinien pro Antennenumdrehung, um Pixelausfall zu vermeiden, N = 1608.

#### GRUND 2

**[0026]** Selbst wenn die Voraussetzung zum Vermeiden von Pixelausfällen durch den oben genannten ersten Grund erfüllt ist, kann ein Pixelausfall dann auftreten, falls eine geometrische Beziehung, wie sie in Fig. 43 veranschaulicht ist, zwischen einem speziellen Pixel und zwei aufeinanderfolgenden Durchfahrlinien existiert.

**[0027]** In diesem Fall existiert eine durch die folgende Ungleichung ausgedrückte Beziehung zwischen dem Abstand R vom Durchfahrursprung und dem Winkel  $\Theta$  zwischen den zwei Durchfahrlinien:

$$R\Theta \leq (\sqrt{2} - 1) \quad (6)$$

**[0028]** Demgemäß gilt:

$$N \geq 2\pi R / (\sqrt{2} - 1)$$

**[0029]** Ein Pixelausfall in diesem Fall ist nicht durch die Tatsache bedingt, dass der Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Durchfahrlinien nach außen ausgehend vom Durchfahrursprung zunimmt. Die Minimalanzahl N von Durchfahrlinien pro Antennenumdrehung, um diese Art eines Pixelausfalls zu vermeiden, ist das 2,4-fache derjenigen zum Vermeiden von Pixelausfall durch den ersten Grund.

**[0030]** Wenn z. B. Rmax = 256 gilt, beträgt die Minimalanzahl N von Durchfahrlinien pro Antennenumdrehung zum Vermeiden von Pixelausfall durch diesen zweiten Grund  $N = 1608 / (\sqrt{2} - 1) = 3882$ .

**[0031]** Bisherige Vorgehensweisen hinsichtlich einer Lösung des oben genannten Pixelausfallproblems finden sich z. B. in JP-B-6-19429 und JP-A-9-318729.

**[0032]** Bei einem System gemäß der in JP-B-6-19429 offenbarten Vorgehensweise werden die Strahlrichtungen  $\Theta_n$ , in denen die Antenne **201**

ausgerichtet wird und Impulswellen sendet, in ungeradzahlige und geradzahlige Richtungen gruppiert, und Pixel auf Durchfahrlinien in den ungeradzahligen und den geradzahligen Strahlrichtungen werden gesondert erfasst, um das vollständige Schirmbild in zwei aufeinanderfolgenden Antennenumdrehungen zu aktualisieren.

**[0033]** Ein System gemäß der Vorgehensweise, wie sie in JP-A-9-318729 offenbart ist, verfügt, zusätzlich zu einem Primärbildspeicher, über einen Kennungsspeicher für Pixel, auf die nicht zugegriffen wurde, der dieselbe Adressenstruktur wie der Primärbildspeicher hat. Das System identifiziert Pixel, auf die während eines Koordinatenumsetzungsvorgangs nicht zugegriffen wurde, und sie speichert die Orte derartiger Pixel in den Kennungsspeicher für Pixel, auf die nicht zugegriffen wurde, ein. Wenn vom Bildspeicher Bilddaten an ein Display ausgegeben werden, wird der Dateninhalt des Kennungsspeichers für Pixel, auf die nicht zugegriffen wurde, gleichzeitig ausgelesen, und wenn irgendwelche Pixel existieren, auf die nicht zugegriffen wurde, werden die Bilddaten, wie sie für benachbarte Pixel, die den Pixeln zeitlich vorangehen, auf die nicht zugegriffen wurde, aus dem Bildspeicher ausgelesen, und die aus den benachbarten Pixeln entnommenen Bilddaten werden in die Pixel, auf die nicht zugegriffen wurde, eingefügt, was durch Interpolation erfolgen kann, um dadurch Pixelausfall zu vermeiden.

**[0034]** Obwohl das System gemäß JP-B-6-19429 die Vorteile aufweist, dass die Antennendrehzahl gegenüber der beim zuvor beschriebenen Primärradarsystem verdoppelt ist und der Wert von  $R_{max}$  in Beziehung zur Antennendrehzahl erhöht werden kann, gehen mit ihm die folgenden Probleme einher:

- (a) Die Peilungserkennung im Schirmbild ist beeinträchtigt.
- (b) Es ist unmöglich, alle Pixel des Schirmbilds bei einer Antennenumdrehung zu aktualisieren.
- (c) Es ist unmöglich, Pixelausfälle durch den ersten Grund zu vermeiden, wie er unter Bezugnahme auf **Fig. 42** erörtert wurde.

**[0035]** Obwohl das System gemäß JP-A-9-318729 die Vorteile aufweist, dass die Antennendrehzahl gegenüber der beim Primärradarsystem verdoppelt ist und der Wert von  $R_{max}$  in Beziehung zur Antennendrehzahl erhöht werden kann, gehen mit ihm die folgenden Probleme einher:

- (d) Die Peilungserkennung im Schirmbild ist beeinträchtigt, da die Anzahl von Peilungsdaten absichtlich halbiert ist, um zu gewährleisten, dass sich die Pixel, auf die zugegriffen wird, nicht von einer Antennendrehung zur nächsten ändern.
- (e) Da die Richtung von zur Interpolation verwendeten Daten durch die Umdrehungsrichtung (oder die Abrasterrichtung) der Durchfahrlinie auf dem

Display bestimmt ist, erfolgt die Interpolation auf unnatürliche Weise.

(f) Dieses System benötigt den Kennungsspeicher für Pixel, auf die nicht zugegriffen wurde, der eine Speicherkapazität für die Daten eines vollständigen kreisförmigen Schirmbilds aufweisen muss, zusätzlich zum Primärbildspeicher, und dies bewirkt eine Erhöhung der Produktionskosten.

**[0036]** Aus der US 4845501 ist ein Radarsystem bekannt, bei dem die mit einer Antenne empfangenen Echosignale nach einer Umsetzung von Polarkoordinaten in Cartesische Koordinaten in einen Videospeicher eingespeichert werden und anschließend auf einem Display dargestellt werden. Das Radarsystem umfasst eine Einrichtung zum Erkennen ob es das erste oder das letzte Mal ist, dass eine Adresse für ein Pixel generiert wird, da eine Adresse mehrfach erzeugt werden kann, wenn aufeinanderfolgende Durchfahrlinien dem selben Pixel zugeordnet sind. Dadurch wird ein Überschreiben von Daten im Speicher vermieden. Die Daten aller Durchfahrlinien eines Pixels werden einer Oder-Verknüpfung unterworfen. So wird ein Wert ermittelt, als ob nur die Werte einer Durchfahrlinie vorlägen und dann wird das Pixel für diese Abtastung auf den neuesten Stand gebracht.

**[0037]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Radar- und ähnliche Systeme sowie Verfahren zu schaffen, die verbesserte Anzeigebildqualität liefern können.

**[0038]** Eine andere Aufgabe der Erfindung ist es. Radar- und ähnliche Systeme sowie Verfahren zu schaffen, die einen Koordinatenwandler für im Polarkoordinatensystem definierte Signale in entsprechende im Cartesischen Koordinatensystem definierte Signale, einen Bildspeicher und ein Display aufweisen, dessen Anzahl mit der der Speicherelemente des Bildspeichers übereinstimmt, und die die Qualität von auf dem Schirm des Displays angezeigten Bildern verbessern können.

**[0039]** Eine andere Aufgabe der Erfindung ist es. Radar- und ähnliche Systeme sowie Verfahren zu schaffen, die einen Koordinatenwandler für im Polarkoordinatensystem definierte Signale in im Cartesischen Koordinatensystem definierte Signale, einen Bildspeicher und ein Display mit einer Anzahl von Pixeln, die dieselbe wie die der Speicherelemente des Bildspeichers ist, aufweisen, ferner mit einer Einrichtung zum Ziehen einer imaginären ersten und zweiten Durchfahrlinie auf Pixeln oder Speicherelementen des Bildspeichers zum Bestimmen des letzten Abtastpunkts für ein Pixel auf der ersten Durchfahrlinie sowie einer Einrichtung zum Ausführen einer Signalverarbeitung auf den erfassten letzten Abtastpunkt hin, so dass die Qualität des angezeigten Bilds verbessert ist.

**[0040]** Eine andere Aufgabe der Erfindung ist es, Radar- und ähnliche Systeme sowie verfahren zu schaffen, die einen Koordinatenwandler für im Polarkoordinatensystem definierte Signale in im Cartesischen Koordinatensystem definierte Signale, einen Bildspeicher und ein Display mit einer Anzahl von Pixeln, die dieselbe wie die der Speicherelemente des Bildspeichers ist, aufweisen, ferner mit einer Einrichtung zum Ziehen einer imaginären ersten und zweiten Durchfahrlinie auf Pixeln oder Speicherelementen des Bildspeichers, um den ersten Abtastpunkt eines Pixels auf der zweiten Durchfahrlinie zu bestimmen oder den letzten Abtastpunkt für ein Pixel auf der ersten Durchfahrlinie zu bestimmen, und um eine Signalverarbeitung wie eine Datenkorrelation oder -interpolation auf den erfassten ersten Abtastpunkt oder den erfassten zweiten Abtastpunkt hin auszuführen, so dass die Qualität des angezeigten Bilds verbessert ist.

**[0041]** Eine andere Aufgabe der Erfindung ist es, Radar- und ähnliche Systeme sowie verfahren zu schaffen, die einen Koordinatenwandler für im Polarkoordinatensystem definierte Signale in im Cartesischen Koordinatensystem definierte Signale, einen Bildspeicher und ein Display mit einer Anzahl von Pixeln, die dieselbe wie die von Speicherelementen des Bildspeichers ist, aufweisen, ferner mit einer Einrichtung zum Ziehen einer imaginären ersten und zweiten Durchfahrlinie auf Pixeln oder Speicherelementen des Bildspeichers, um einen ersten Abtastpunkt für ein Pixel auf der zweiten Durchfahrlinie zu bestimmen, und zum Ausführen einer Interpolationsverarbeitung zum Ersetzen eines Ausfallpixels durch ein Signal, so dass die Qualität des angezeigten Bilds verbessert ist.

**[0042]** Eine andere Aufgabe der Erfindung ist es, Radar- und ähnliche Systeme oder Verfahren zu schaffen, die gleichzeitig einen Datenentnahmevorgang und einen Raster-Raster-Korrelationsvorgang bei einfacher Schaltungskonfiguration ausführen können.

**[0043]** Eine andere Aufgabe der Erfindung ist es, Radar- und ähnliche Systeme oder Verfahren zu schaffen, die einen Pixelausfall erfassen können und das ausgefallene Pixel durch ein Interpolationssignal ersetzen, so dass die Qualität des angezeigten Bilds verbessert ist.

**[0044]** Gemäß der Erfindung ist ein System, bei dem ein empfangenes Echosignal angezeigt wird, insbesondere ein Radar- oder Sonarsystem mit den Merkmalen im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 versehen. Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Systems ergeben sich aus den Patentansprüchen 2 bis 8.

**[0045]** Erfindungsgemäße Bilddaten-Einschreibeverfahren für das System sind in den Patentansprüchen 9 und 10 angegeben und erfindungsgemäße Dateninterpolationsverfahren sind in den Patentansprüchen 11 und 12 angegeben.

**[0046]** Als Erstes wird ein Gesichtspunkt der Erfindung erläutert.

**[0047]** Fig. 1 ist ein Diagramm, das allgemein eine Schaltungskonfiguration zum Erfassen eines letzten Abtastpunkts sowie den Betrieb derselben bei einem erfindungsgemäßen Radarsystem veranschaulicht. Obwohl nachfolgend ein Radarsystem als praxisbezogenes Beispiel erörtert wird, gilt grundsätzlich dieselbe Erörterung für andere Systeme, wie z. B. PPI-Sonarsysteme, bei denen im Cartesischen Koordinatensystem formatierte Bildsignale angezeigt werden, die durch Umsetzen empfangener Signale erhalten wurden, die ursprünglich im Polarkoordinatensystem formatiert waren.

**[0048]** Es wird auf die Fig. 1 Bezug genommen, in der  $\Theta_n$  die aktuelle Richtung eines von einer Radarantenne erzeugten Empfangsstrahls angibt, während  $\Theta_{n-1}$  die Richtung angibt, in der ein vorangegangener Empfangsstrahl erzeugt wurde. Wie es aus der folgenden Erläuterung ersichtlich ist, wird eine Durchfahrlinie auf einem Radarschirm in der Richtung  $\Theta_{n-1}$  gezogen, wenn die Antenne in der Richtung  $\Theta_n$  ausgerichtet ist, so dass die Richtung der aktuellen Durchfahrlinie für die Anzeige der vorangegangenen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  entspricht. In ähnlicher Weise ist die aktuelle Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  die Richtung der nächsten Durchfahrlinie.

**[0049]** Von aufeinanderfolgenden Abtastpunkten in jeder Strahlrichtung erhaltene Signale werden nacheinander mit der Frequenz eines Taktsignals  $R$  verarbeitet. Eine in Fig. 1 dargestellte Erfassungsschaltung **3** für den letzten Abtastpunkt bestimmt, ob der von einem gegebenen Abtastpunkt  $i$  in der vorangegangenen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrtrichtung)  $\Theta_{n-1}$  der letzte Abtastpunkt ist, der einem entsprechenden Pixel zugeordnet ist. Wenn der am Abtastpunkt  $i$  entnommene Datenwert der letzte Abtastwert für das entsprechende Pixel ist, wird ein später beschriebener Datenwert, der der Maximalwert unter dem Pixel zugeordneten Abtastpunkten ist, an einen Schreibdatengenerator **2** als Datenwert geliefert, der einem Raster-Raster-Korrelationsvorgang zu unterziehen ist. Wenn ein spezieller Abtastpunkt den letzten Abtastwert liefert, definiert der relevante Abtastpunkt den letzten Zugriff auf das entsprechende Pixel, und dies bedeutet, dass es nun möglich ist, den Raster-Raster-Korrelationsvorgang für dieses Pixel auszuführen.

**[0050]** Für die folgende Erläuterung ist ein gegebener Abtastpunkt  $i$  in der vorangegangenen Strahlrichtung

tung (aktuelle Durchfahrriichtung)  $\Theta_{n-1}$  als Punkt B bezeichnet, und ein unmittelbar äußerer Abtastpunkt in derselben Durchfahrriichtung  $\Theta_{n-1}$  ist als Punkt C bezeichnet, wie es in **Fig. 1** dargestellt ist.

**[0051]** Auf ähnliche Weise sind aufeinanderfolgende Abtastpunkte in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahrriichtung) an als Punkte D, E und F in dieser Reihenfolge nach außen bezeichnet. Von den letzteren drei aufeinanderfolgenden Abtastpunkten D, E, F liegt der Punkt E in der nächsten Durchfahrriichtung  $\Theta_n$ , um denselben Abstand vom Durchfahrursprung entfernt wie der Punkt B in der aktuellen Durchfahrriichtung  $\Theta_{n-1}$ , während der innere Punkt D und der äußere Punkt F in der nächsten Durchfahrriichtung  $\Theta_n$  unmittelbar angrenzend an den Punkt E liegen.

**[0052]** Wie es später detaillierter beschrieben wird, wird die erforderliche und ausreichende Bedingung zum Ermitteln, ob der Punkt B der letzte Abtastpunkt ist, dadurch erfüllt, dass beurteilt wird, ob der Punkt B und jeder der vier Punkte C–F einem gemeinsamen Pixel zugeordnet sind. Genauer gesagt, besteht die erforderliche und ausreichende Bedingung zum Ermitteln, dass der Punkt B der letzte Abtastpunkt ist, darin, dass das Pixel, dem der Punkt B zugeordnet ist, nicht mit einem der Pixel zusammenfällt, denen die Punkte C–F zugeordnet sind. Diese Beurteilung, nachfolgend als Erkennungsbeurteilung für den letzten Abtastpunkt bezeichnet, für den Punkt B auf der aktuellen Durchfahrriichtung (vorige Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$ ) erfolgt dann, wenn die Antenne in der Richtung der nächsten Durchfahrriichtung (aktuelle Strahlrichtung  $\Theta_n$ ) ausgerichtet ist.

**[0053]** Wenn das Pixel, dem der Punkt B zugeordnet ist, mit keinem der Pixel übereinstimmt, denen die Punkte C–F zugeordnet sind, wird beurteilt, dass der Punkt B der letzte Abtastpunkt ist, der seinem entsprechenden Pixel zugeordnet ist. In diesem Fall kann der maximale Datenwert unter den Abtastpunkten, die dem Pixel zugeordnet sind, dem der Abtastpunkt B zugeordnet ist, dem Raster-Raster-Korrelationsvorgang unterzogen werden. Anders gesagt, ist es möglich, dadurch zu beurteilen, ob der Punkt B der letzte Abtastpunkt ist oder nicht, dass eine Erkennungsbeurteilung für den letzten Abtastpunkt für den Punkt B auf der aktuellen Durchfahrriichtung (vorige Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$ ) in Bezug auf andere Punkt C–F vorgenommen wird, wenn die Antenne in der nächsten Durchfahrriichtung  $\Theta_n$  ausgerichtet ist, und wenn der Punkt B als letzter Abtastpunkt für sein entsprechendes Pixel beurteilt wurde, ist es möglich, den maximalen Datenwert, der bereits in einem später beschriebenen Entnahmedatenspeicher **6a** gespeichert ist, dem Raster-Raster-Korrelationsvorgang zu unterziehen.

**[0054]** In **Fig. 1** führt die Erfassungsschaltung **3** für den letzten Datenwert eine Beurteilung dahingehend

aus, ob jeder Abtastpunkt auf der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrriichtung)  $\Theta_{n-1}$  ein letzter Abtastpunkt ist, was auf die oben genannte Weise erfolgt, und sie sendet das Beurteilungsergebnis an den Schreibdatengenerator **2**. Wenn der Punkt B als letzter Abtastpunkt erkannt wurde, der seinem entsprechenden Pixel zugeordnet ist, führt der Schreibdatengenerator **2** z. B. einen Raster-Raster-Korrelationsvorgang am maximalen Datenwert für das Pixel, wie im Entnahmedatenspeicher **6a** gespeichert, und einem zuvor in einem Bildspeicher **1** abgespeicherten vorhandenen Datenwert aus, und das Ergebnis dieser Korrelationsoperation wird in den Bildspeicher **1** eingeschrieben, wobei der zuvor gespeicherte Datenwert überschrieben wird. Wenn der Punkt B nicht der letzte Abtastpunkt ist, schreibt der Schreibdatengenerator **2** jedoch den zuvor gespeicherten Datenwert neu in den Bildspeicher **1** ein, so dass sein Dateninhalt unverändert verbleibt.

**[0055]** Obwohl es dadurch möglich ist zu ermitteln, ob der Punkt B der letzte Abtastpunkt ist oder nicht, dass eine Erkennungsbeurteilung für den letzten Abtastpunkt für den Punkt B gegenüber einer gewünschten Anzahl geeignet ausgewählter Abtastpunkte in der Nähe erfolgt, ist die erforderliche und ausreichende Bedingung dadurch erfüllt, dass dafür gesorgt wird, dass die Erkennungsbeurteilung für den letzten Abtastpunkt für den Punkt B gegenüber den in **Fig. 1** dargestellten vier Punkten C–F erfolgt. Der Grund dafür ist der, dass es nicht erforderlich ist, eine Erkennungsbeurteilung für den letzten Abtastpunkt für den Punkt B gegenüber dem unmittelbar benachbarten inneren Abtastpunkt A in der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrriichtung)  $\Theta_{n-1}$  oder gegenüber solchen Abtastpunkten auszuführen, die außerhalb des Punkts C liegen, da die Erkennungsbeurteilungen für den letzten Abtastpunkt für einzelne Abtastpunkte auf derselben Durchfahrriichtung aufeinanderfolgend nach außen entlang der aktuellen Durchfahrriichtung erfolgen. Es ist leicht zu erkennen, dass dann, wenn das Pixel, dem der Punkt C zugeordnet ist, nicht mit dem Pixel übereinstimmt, dem der Punkt B zugeordnet ist, kein Abtastpunkt auf derselben Durchfahrriichtung, die nach dem Punkt C durchgefahen wird, demselben Pixel wie dem Punkt B zugeordnet ist. Ferner ist es nicht erforderlich, eine Erkennungsbeurteilung für den letzten Abtastpunkt für den Punkt B gegenüber einem beliebigen Abtastpunkt auszuführen, der innerhalb des Punkts D oder außerhalb des Punkts F in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahrriichtung)  $\Theta_n$  liegt. Dies, da dann, wenn das Pixel, dem der Punkt F zugeordnet ist, nicht mit dem Pixel übereinstimmt, dem der Punkt B zugeordnet ist, kein Abtastpunkt in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahrriichtung)  $\Theta_n$ , wie nach dem Punkt F durchgefahen, demselben Pixel wie der Punkt B zugeordnet ist, wobei dann, wenn das Pixel, dem der Punkt D zugeordnet ist, nicht mit dem Pixel übereinstimmt, dem der Punkt B zugeordnet ist, kein Abtastpunkt in

der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahr- richtung)  $\Theta_n$  demselben Pixel wie dem Punkt B zugeord- net ist.

**[0056]** Aus der obigen Erörterung ist erkennbar, dass die obigen vier Abtastpunkte erforderliche und ausreichende Vergleichsabtastpunkte sind, um zu er- mitteln, ob der Punkt B der letzte Abtastpunkt ist, nämlich die vier Abtastpunkte mit dem Punkt C unmit- telbar außerhalb des Punkts B in der vorigen Strahl- richtung (aktuelle Durchfahr- richtung)  $\Theta_{n-1}$ , dem Punkt E, der denselben Abstand vom Durchfahr- sprung wie der Punkt B aufweist, jedoch in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahr- richtung)  $\Theta_n$ , und den Punkten D und F, die unmittelbar innerhalb bzw. außerhalb des Punkts E liegen.

**[0057]** Bei der in **Fig. 1** dargestellten Schaltungs- konfiguration ist es möglich, dann, wenn die Antenne in der Richtung  $\Theta_n$  ausgerichtet ist, zu bestimmen, ob der von einem vorgegebenen Abtastpunkt *i* in der vo- rigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahr- richtung)  $\Theta_{n-1}$  entnommene Datenwert der letzte Abtastwert für das Pixel ist oder nicht, dem der Abtastpunkt *i* zugeordnet ist, und dann, wenn der am Abtastpunkt *i* entnomme- ne Datenwert der letzte Abtastwert für das relevante Pixel ist, wird der maximale Datenwert unter den dem Pixel zugeordneten Abtastpunkten dem Raster- Raster-Korrelationsvorgang unterzogen.

**[0058]** Nun wird eine Schaltungs- konfiguration zum Ausführen eines Maximaldatenwert- Abtastvorgangs beschrieben, wenn die Antenne in der Richtung  $\Theta_n$  der nächsten Durchfahr- linie ausgerichtet ist.

**[0059]** **Fig. 2** zeigt die Konfiguration eines Maximal- datenwert- Abtastabschnitts.

**[0060]** Der Maximaldatenwert- Abtastabschnitt um- fasst eine Erfassungsschaltung für den ersten Abtast- punkt **5** und eine Maximaldatenwert- Entnahmeschal- tung **6**. Die Erfassungsschaltung für den ersten Ab- tastpunkt **5** beurteilt, ob ein gegebener Abtastpunkt *j* in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahr- richtung)  $\Theta_n$  ein erster Abtastpunkt ist, der einen ers- ten Abtastwert für ein entsprechendes Pixel liefert. Diese Beurteilung, die nachfolgend als erste Abtast- wert- Erkennungsbeurteilung bezeichnet wird, erfolgt zum Erkennen des ersten Abtastwerts, wie er jedem Pixel zugeordnet ist.

**[0061]** Die erste Abtastwert- Erkennungsbeurteilung für den Punkt E in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahr- richtung)  $\Theta_n$  erfolgt z. B. durch Be- urteilen, ob das Pixel, dem der Punkt E zugeordnet ist, mit dem Pixel übereinstimmt, dem der Punkt D in derselben Richtung  $\Theta_n$  oder ein beliebiger der Punk- te A, B und C in der vorigen Strahlrichtung (aktuel- le Durchfahr- richtung)  $\Theta_{n-1}$  zugeordnet ist. Wenn kei- ner der letzteren vier Punkte A–D dem Pixel zuge-

ordnet ist, dem der Punkt E zugeordnet ist, wird der Punkt E als erster Abtastpunkt beurteilt. Wenn dage- gen einer der vier Punkte A–D demselben Pixel wie der Punkt E zugeordnet ist, wird der Punkt E nicht als erster Abtastpunkt beurteilt. Wie im Fall der Erfas- sung des letzteren Abtastpunkts, wie er in **Fig. 1** ver- anschaulicht ist, ist die erforderliche und ausreichen- de Bedingung zum Ermitteln, ob der Punkt E der ers- te Abtastpunkt ist, dann erfüllt, wenn beurteilt wird, ob der Punkt E und einer der vier Punkte A–D, wie sie in **Fig. 2** dargestellt sind, einem gemeinsamen Pixel zugeordnet sind oder nicht.

**[0062]** Die Maximaldatenwert- Entnahmeschal- tung **6** erhält den maximalen Datenwert für jedes Pixel, dem einer der Abtastpunkte in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahr- richtung)  $\Theta_n$  zugeordnet ist, und sie speichert den Datenwert in den Entnahmedaten- speicher **6a** ein. Der Entnahmedatenspeicher **6a** ver- fügt über eine Speicherkapazität entsprechend einer einzelnen Durchfahr- linie, und er speichert den maxi- malen Datenwert für jedes Pixel ein, dem einer der Abtastpunkte in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahr- richtung)  $\Theta_n$  zugeordnet ist. Der Entnahme- datenspeicher **6a** dient auch als Zeitverzögerungs- puffer, dessen Speicherkapazität einer Durchfahr- linie entspricht. Er speichert den maximalen Datenwert, wie er für jedes Pixel erhalten wurde, dem ein be- liebiger der Abtastpunkte in der aktuellen Strahl- richtung (nächste Durchfahr- richtung)  $\Theta_n$  zugeordnet ist, bis die Erfassungsschal- tung **3** für den letzten Abtast- punkt gemäß der **Fig. 1** den letzten Abtastwert für je- des Pixel erfasst hat.

**[0063]** Wenn der Punkt E als erster Abtastpunkt er- kannt wurde, wird der neu eingegebene, vom Punkt E erhaltene Datenwert in den Entnahmedaten- speicher **6a** eingespeichert. Wenn jedoch der Punkt E nicht der erste Abtastpunkt für sein entsprechendes Pixel ist, wird der vom Punkt E erhaltene Datenwert mit dem Datenwert verglichen, der zuvor im entspre- chenden Pixel im Entnahmedaten- speicher **6a** abge- speichert wurde, und der neue oder der zuvor ge- speicherte Wert, nämlich derjenige, der größer ist, wird in den Entnahmedaten- speicher **6a** eingespei- chert. Durch wiederholtes Ausführen dieses Daten- speichervorgangs hält der Entnahmedaten- speicher **6a** den maximalen Datenwert für jedes Pixel aufrecht.

**[0064]** Wie insoweit beschrieben, erfolgt der Maxi- maldatenwert- Abtastvorgang für jedes Pixel in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahr- richtung)  $\Theta_n$ , während die Erfassungsschal- tung **3** für den letz- ten Abtastpunkt die Erkennungsbeurteilung für den letzten Abtastpunkt ausführt, um zu ermitteln, ob je- der Abtastpunkt in der vorigen Strahlrichtung (aktuel- le Durchfahr- richtung)  $\Theta_{n-1}$  der letzte Abtastpunkt ist, der seinem entsprechenden Pixel zugeordnet ist. Aus der vorstehenden Erörterung ist erkennbar, dass der Maximaldatenwert- Abtastvorgang für die aktuel-

le Durchfahrlinie, die in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  ausgerichtet ist, auf Grundlage der Ergebnisse des Maximaldatenwert-Abtastvorgangs und der Erkennungsbeurteilung für den letzten Abtastpunkt beurteilt, wie für die Abtastpunkte in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  ausgeführt, wenn die Antenne in der nächsten Durchfahrrichtung  $\Theta_n$  ausgerichtet ist.

**[0065]** Nachfolgend wird ein anderer Gesichtspunkt der Erfindung erläutert.

**[0066]** Fig. 14 ist ein Diagramm, das allgemein eine Schaltungskonfiguration zum Ausführen eines ersten Verfahrens einer Pi-xeldateninterpolation und deren Funktion in einem Radarsystem bei einer Form der Erfindung veranschaulicht.

**[0067]** In Fig. 14 kennzeichnet  $\Theta_n$  die aktuelle Richtung eines durch eine Radarantenne erzeugten Empfangsstrahls, während  $\Theta_{n-1}$  die Richtung kennzeichnet, in der ein voriger Empfangsstrahl erzeugt wurde. Wie es aus der folgenden Erörterung ersichtlich ist, wird eine Durchfahrlinie auf einem Radarschirm in der Richtung  $\Theta_{n-1}$  gezogen, wenn die Antenne in der Richtung  $\Theta_n$  ausgerichtet ist, so dass die Richtung der aktuellen Durchfahrlinie der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  entspricht. In ähnlicher Weise wird die aktuelle Strahlrichtung  $\Theta_n$  die Richtung einer nächsten Durchfahrlinie.

**[0068]** Von aufeinanderfolgenden Abtastpunkten in jeder Strahlrichtung erhaltene Signale werden nacheinander mit der Frequenz eines Taktsignals R verarbeitet. Eine in Fig. 14 dargestellte Erfassungsschaltung **210** für den letzten Abtastpunkt beurteilt, ob von einem gegebenen Abtastpunkt  $i$  in der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrrichtung)  $\Theta_{n-1}$  hergeleiteter Datenwert ein letzter Abtastwert ist, der einem entsprechenden Pixel zugeordnet ist. Wenn der Abtastpunkt  $i$  als letzter Abtastpunkt für sein entsprechendes Pixel beurteilt wurde, wird sein Zustand, dass es sich um den letzten Abtastpunkt handelt, an einen Pixelausfalldetektor **211** geliefert. In diesem Fall, d. h., der Abtastpunkt  $i$  ist der letzte Abtastpunkt), beurteilt der Pixelausfalldetektor **211**, ob ein Pixel, das in der Abrasterrichtung an das Pixel angrenzt, dem der letzte Abtastpunkt  $i$  zugeordnet ist, mit einem beliebigen der Pixel übereinstimmt, dem Abtastpunkte angrenzend an den Abtastpunkt  $i$  zugeordnet sind. Wenn die Beurteilung ein negatives Ergebnis liefert, schließt der Pixelausfalldetektor **211**, dass dem Pixel, das in der Abrasterrichtung an das Pixel angrenzt, dem der letzte Abtastpunkt  $i$  zugeordnet ist, kein Abtastpunkt zugeordnet ist, wodurch das Auftreten eines Pixelausfalls erkannt wird.

**[0069]** Wenn ein Pixelausfall erkannt wurde, erzeugt ein Interpolationsadressengenerator **212** die Interpolationsadresse für das relevante benachbarte Pixel, das durch Interpolation erzeugt werden soll.

Wenn die Interpolationsadresse erzeugt wurde, interpoliert ein Bildspeicher **213** das durch die Interpolationsadresse spezifizierte Pixel unter Verwendung eines von einem benachbarten Pixel geborgten Datenwerts.

**[0070]** Beim in Fig. 14 dargestellten Beispiel nimmt die Erfassungsschaltung **210** für den letzten Abtastpunkt eine Beurteilung dahingehend vor, ob der Punkt B auf der aktuellen Durchfahrlinie in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  ein letzter Abtastpunkt ist, der dem Pixel X – 1 zugeordnet ist. Diese Beurteilung, die nachfolgend als Erkennungsbeurteilung für den letzten Abtastpunkt bezeichnet wird, erfolgt für den Punkt C auf der aktuellen Durchfahrlinie, wie auch für Punkte D–F auf der nächsten Durchfahrlinie in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$ . Wie es später erläutert wird, ist es nicht erforderlich, die Erkennungsbeurteilung für den letzten Abtastpunkt für den Punkt A auf der aktuellen Durchfahrlinie auszuführen. Da das Pixel X – 1, dem der Punkt B zugeordnet ist, mit keinem der Pixel übereinstimmt, dem die Punkte C–F beim Beispiel der Fig. 14 zugeordnet sind, wird der Punkt B als letzter Abtastpunkt für das Pixel X – 1 beurteilt.

**[0071]** Der Pixelausfalldetektor **211** untersucht, ob eines der Pixel, denen die Punkte C–F zugeordnet sind, mit dem Pixel X übereinstimmt, das in der Abrasterrichtung benachbart zum Pixel X – 1 liegt, dem Punkt B zugeordnet ist. Da keines der Pixel, denen die Punkte C–F zugeordnet sind, beim Beispiel der Fig. 14 mit dem Pixel X benachbart zum Pixel X – 1 übereinstimmt, beurteilt der Pixelausfalldetektor **211**, dass am Pixel X ein Pixelausfall vorliegt. In dieser Situation erzeugt der Interpolationsadressengenerator **212** die Interpolationsadresse für das Pixel X, das durch Interpolation dadurch erzeugt werden soll, dass der Datenwert von seinem benachbarten Pixel X – 1 geborgt wird. Wenn der Bildspeicher **213** die das zu interpolierende Pixel X spezifizierende Interpolationsadresse empfängt, schreibt er den aus dem Punkt B gewonnenen Datenwert oder den in das Pixel X – 1 eingeschriebenen Datenwert an der Adresse des Pixels X ein.

**[0072]** Der Grund, weswegen es erforderlich ist, eine Erkennungsbeurteilung für den letzten Abtastpunkt zum Erkennen von Pixelausfällen auszuführen, ist der folgende.

**[0073]** Seim in Fig. 15A dargestellten Beispiel ergibt sich, dass der Punkt E in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  ein Abtastpunkt ist, der dem Pixel X – 1 zugeordnet ist, nachdem der Punkt B in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  als demselben Pixel X – 1 zugeordnet erkannt wurde, so dass der Punkt B nicht der letzte Abtastpunkt für das Pixel X – 1 ist. In ähnlicher Weise ist der Punkt B beim in Fig. 15B dargestellten Beispiel auch nicht der letzte Abtastpunkt für das Pixel X – 1. Aus diesen Beispielen ist es erkennbar, dass

es unmöglich ist zu beurteilen, ob ein Pixelausfall am Pixel X vorliegt, solange nicht der Punkt B der letzte Abtastpunkt für das Pixel  $X - 1$  ist.

**[0074]** Fig. 16 ist ein Diagramm, das allgemein eine Schaltungskonfiguration zum Ausführen eines zweiten Verfahrens einer Pixeldateninterpolation und deren Funktion in einem erfindungsgemäßen Radarsystem veranschaulicht.

**[0075]** Die Schaltungskonfiguration von Fig. 16 beinhaltet eine Erfassungsschaltung für den ersten Abtastpunkt **215** anstelle der Erfassungsschaltung **210** für den letzten Abtastpunkt in Fig. 14. In der Schaltungskonfiguration der Fig. 14 bestimmt die Erfassungsschaltung **210** für den letzten Abtastpunkt, ob der Punkt B auf der aktuellen Durchfahrline in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  der letzte Abtastpunkt ist, und wenn der Punkt B der letzte Abtastpunkt ist, untersucht der Pixelausfalldetektor **11**, ob am Pixel X ein Pixelausfall vorliegt. Bei der Schaltungskonfiguration der Fig. 16 ermittelt jedoch die Erfassungsschaltung für den ersten Abtastpunkt **215**, ob der Punkt E auf der nächsten Durchfahrline in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  der erste Abtastpunkt ist, der dem Pixel  $X + 1$  zugeordnet ist, und wenn der Punkt E der erste Abtastpunkt ist, untersucht der Pixelausfalldetektor **211**, ob eines der Pixel, dem fünf Punkte A–D, F zugeordnet sind, mit dem Pixel X übereinstimmt, das in der Richtung entgegengesetzt zur Abrasterichtung benachbart zum Pixel  $X + 1$  liegt. Wenn keines der Pixel, denen die fünf Punkte A–D, F zugeordnet sind, mit dem Pixel X benachbart zum Pixel  $X + 1$  übereinstimmt, beurteilt der Pixelausfalldetektor **211**, dass am Pixel X ein Pixelausfall vorliegt.

**[0076]** Der Grund, weswegen die Erfassungsschaltung für den ersten Abtastpunkt **215** zum Ausführen der oben genannten Erkennungsbeurteilung für den ersten Abtastpunkt in der Konfiguration der Fig. 16 erforderlich ist, wird nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 17 erläutert.

**[0077]** Beim in Fig. 17 veranschaulichten Beispiel zeigt sich, dass ein anderer Abtastpunkt als der Punkt E dem Pixel  $X + 1$  zugeordnet ist, bevor der Punkt E dahingehend erkannt wird, dass er demselben Pixel  $X - 1$  zugeordnet ist, so dass der Punkt E nicht der erste Abtastpunkt für das Pixel  $X + 1$  ist. Bei diesem Beispiel besteht die Möglichkeit, dass ein Abtastpunkt auf einer vorigen Durchfahrline  $\Theta_{n-2}$  dem Pixel X zugeordnet wurde, das benachbart zum Pixel  $X + 1$  liegt. Daher ist es unmöglich zu beurteilen, ob am Pixel X ein Pixelausfall vorliegt, solange der Punkt E nicht der erste Abtastpunkt für das Pixel  $X + 1$  ist.

**[0078]** Wie im Fall der Erfassung des letzten Abtastpunkts, wie in Fig. 14 veranschaulicht, ist die erforderliche und ausreichende Bedingung zum Ermitteln, ob der Punkt E der erste Abtastpunkt ist, dann er-

füllt, wenn erkannt wird, dass der Punkt E und einer der vier Punkte A–D, wie in Fig. 16 dargestellt, einem gemeinsamen Pixel zugeordnet sind. Dies bedeutet nicht notwendigerweise, dass die Anzahl von Abtastpunkten, auf die bei der Erkennungsbeurteilung für den ersten Abtastpunkt für einen vorgegebenen Abtastwert Bezug genommen wird, auf vier beschränkt wäre, sondern es kann auf mehr als vier Abtastpunkte in der Nähe Bezug genommen werden. Da das Pixel X unter Verwendung des Datenwerts interpoliert wird, der vom benachbarten Pixel  $X - 1$  entnommen wird, wenn die Antenne in der Richtung  $\Theta_n$  der nächsten Durchfahrline ausgerichtet ist, während das erste, in Fig. 14 veranschaulichte Verfahren zur Pixeldateninterpolation ausgeführt wird, existiert das Erfordernis eines Zeitverzögerungspuffers mit einer Speicherkapazität zum Aufbewahren empfangener Signale für eine Durchfahrline. Beim zweiten, in Fig. 16 veranschaulichten Verfahren einer Pixeldateninterpolation wird jedoch das Pixel X unter Verwendung des Datenwerts interpoliert, der vom benachbarten Pixel  $X + 1$  in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  geborgt wird. Das zweite Verfahren der Fig. 16 hat den Vorteil, dass es keinen Zeitverzögerungspuffer benötigt, da die Interpolation unter Verwendung des Datenwerts erfolgt, der aus der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  erhalten wird.

**[0079]** Es ist vernünftig anzunehmen, dass Pixelausfälle entlang der Abrasterichtung oder zwischen aufeinanderfolgenden Durchfahrlinien auftreten. Beim Untersuchen, wie Pixelausfälle auftreten, wird die Fläche des vollständigen Kreises in acht Sektoren unterteilt, die in Uhrzeigerrichtung als Sektor 0 bis Sektor 7 nummeriert werden, wie es in Fig. 18 dargestellt ist. Beim System der Fig. 14, das die Erfassungsschaltung **210** für den letzten Abtastpunkt verwendet, liegen der Punkt B und ein zu interpolierendes Pixel in jedem der acht Sektoren dergestalt, wie es in Fig. 18 veranschaulicht ist, wobei die durchgezogenen Pfeile eine Situation kennzeichnen, bei der sich der durch die Antenne erzeugte Empfangsstrahl in Uhrzeigerrichtung dreht, während gestrichelte Pfeile eine Situation kennzeichnen, bei der sich der durch die Antenne erzeugte Empfangsstrahl in Gegenuhrzeigerrichtung dreht.

**[0080]** Hierbei ist angenommen, dass die Abrasterichtung die Uhrzeigerrichtung ist und sowohl die vorige Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrline)  $\Theta_{n-1}$  als auch die aktuelle Strahlrichtung (nächste Durchfahrline)  $\Theta_n$  im Sektor 0 liegen. Wenn die Cartesische Koordinaten des Punkts B die Koordinaten  $(x, y)$  sind, sind die Cartesischen Koordinaten des Pixels, bei denen ein Pixelausfall auftreten kann,  $(x + 1, y)$ . Wenn mindestens eines von Pixeln, denen fünf Abtastpunkte A, C–F in der Nähe zugeordnet sind, mit dem Pixel  $(x + 1, y)$  übereinstimmen, tritt am relevanten Pixel kein Pixelausfall auf. Im Sektor 1 sind, wenn die Cartesische Koordinaten des Punkts B als  $(x, y)$  gegeben sind, die Cartesische Koordinaten des Pi-

xels, bei denen ein Pixelausfall auftreten kann ( $x, y + 1$ ), wobei das positive Ende der Y-Achse nach unten zeigt, wie es dargestellt ist. Wenn ein Schiff einen schnellen Schwenk zum Hafen (in Gegenuhrzeigerichtung) ausführt, kann sich der durch die Antenne erzeugte Empfangsstrahl möglicherweise für einen kurzen Zeitraum in Gegenuhrzeigerichtung drehen, obwohl sich die Antenne kontinuierlich in Uhrzeigerichtung dreht. Die durch die gestrichelten Pfeile der Fig. 18 veranschaulichte Situation tritt dann auf, wenn sich der Empfangsstrahl aus einem solchen Grund in Gegenuhrzeigerichtung dreht.

**[0081]** Gemäß den oben genannten Verfahren einer Pixeldateninterpolation ist die Peilungserkennung auf dem Schirmbild nicht beeinträchtigt, da es nicht erforderlich ist, die Anzahl von Strahlrichtungen  $\Theta_n$  zu verringern, in denen die Antenne ausgerichtet wird und Impulswellen sendet. Ferner ist es möglich, alle Pixel des Schirmbilds bei einer Antennenumdrehung zu aktualisieren. Ferner ist es möglich, die Interpolation auf natürliche Weise auszuführen, da sie entlang der Abrasterrichtung, oder zwischen aufeinanderfolgenden Durchfahrlinien, erfolgt, ohne dass ein zusätzlicher Speicher mit großer Speicherkapazität erforderlich ist. Darüber hinaus ist es möglich, die Antennendrehzahl und die Abrastergeschwindigkeit im Vergleich zu ähnlichen Systemen im Stand der Technik zu erhöhen.

**[0082]** Diese und andere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der Erfindung werden beim Lesen der folgenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen deutlicher.

**[0083]** Fig. 1 ist ein Diagramm zum Veranschaulichen des Betriebs eines Erfassungsabschnitts für den letzten Abtastpunkt sowie der Konstruktion derselben, wie sie für die Erfindung verwendet wird

**[0084]** Fig. 2 ist ein Diagramm zum Veranschaulichen des Betriebs eines Maximaldatenwert-Abtastabschnitts mit einer Erfassungsschaltung für den ersten Abtastpunkt und einer Maximaldatenwert-Entnahmeschaltung, wie für die Erfindung verwendet;

**[0085]** Fig. 3 ist ein Blockdiagramm eines Radarsystems gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

**[0086]** Fig. 4 ist ein Diagramm zum Veranschaulichen des erfindungsgemäßen Radarsystems;

**[0087]** Fig. 5 ist ein Blockdiagramm einer stromaufwärtigen Stufe eines Koordinatenwandlers für die Erfindung;

**[0088]** Fig. 6 ist ein Blockdiagramm einer stromabwärtigen Stufe des Koordinatenwandlers für die Erfindung;

**[0089]** Fig. 7 ist ein Diagramm, das Zählrichtungen für x- und y-Koordinaten eines in Fig. 6 dargestellten Auf/Ab-Zählers in einzelnen Quadrantenabzasterzonen zeigt;

**[0090]** Fig. 8 ist ein Blockdiagramm einer Erfassungsschaltung für den ersten Abtastpunkt für die Erfindung;

**[0091]** Fig. 9 ist ein Diagramm, das Zählrichtungen der Erfassungsschaltung für den ersten Abtastpunkt in jedem Quadranten zeigt;

**[0092]** Fig. 10 ist ein Diagramm, das Zählrichtungen der Erfassungsschaltung für den ersten Abtastpunkt zeigt, wenn zwei gleichzeitig verarbeitete Durchfahrlinien in verschiedenen Quadranten liegen;

**[0093]** Fig. 11 ist ein Blockdiagramm einer Erfassungsschaltung für den letzten Abtastpunkt für die Erfindung;

**[0094]** Fig. 12 ist ein Blockdiagramm einer Maximaldatenwert-Entnahmeschaltung;

**[0095]** Fig. 13 ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen Pixeln im Cartesischen Koordinatensystem und Abtastpunkten im Polarkoordinatensystem zeigt;

**[0096]** Fig. 14 ist ein Diagramm, das eine Schaltungskonfiguration zum Ausführen eines ersten Verfahrens zur Pixeldateninterpolation und deren Funktion bei einem erfindungsgemäßen Radarsystem veranschaulicht;

**[0097]** Fig. 15A und Fig. 15B sind Diagramme, die zeigen, weswegen ein Punkt B der letzte dem Pixel X - 1 zugeordnete Abtastpunkt sein muss, wenn die in Fig. 14 veranschaulichte Pixeldateninterpolation ausgeführt wird;

**[0098]** Fig. 16 ist ein Diagramm, das eine Schaltungskonfiguration zum Ausführen eines zweiten Verfahrens zur Pixeldateninterpolation und deren Funktion bei einem erfindungsgemäßen Radarsystem zeigt;

**[0099]** Fig. 17 ist ein Diagramm, das zeigt, weswegen ein Punkt E ein erster, einem Pixel X + 1 zugeordneter Abtastpunkt sein muss, wenn die in Fig. 16 veranschaulichte Pixeldateninterpolation ausgeführt wird;

**[0100]** Fig. 18 ist ein Diagramm, das die geometrische Beziehung zwischen einem Punkt B und einem zu interpolierenden Pixel in jedem von acht Sektorgebieten um den Durchfahrursprung herum zeigt;

**[0101]** Fig. 19 ist ein Blockdiagramm eines Radarsystems gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

**[0102]** Fig. 20 ist ein Schaltbild einer stromaufwärtigen Stufe eines Koordinatenwandlers in Fig. 19;

**[0103]** Fig. 21 ist ein Schaltbild einer stromabwärtigen Stufe des Koordinatenwandlers von Fig. 19;

**[0104]** Fig. 22 ist ein Diagramm, das Zählrichtungen für x- und y-Koordinaten eines Auf/Ab-Zählers veranschaulicht;

**[0105]** Fig. 23 ist ein Schaltbild eines Teils eines Pixelausfalldetektors in Fig. 19;

**[0106]** Fig. 24 ist ein Schaltbild eines anderen Teils des Pixelausfalldetektors von Fig. 19;

**[0107]** Fig. 25A und Fig. 25B sind Diagramme, die zeigen, wie ein Pixelausfall auf Grundlage eines Vergleichs des Punkts B mit Punkten A und C erfasst wird;

**[0108]** Fig. 26 ist ein Kurvenbild, das zeigt, wie ein Pixelausfall auf Grundlage eines Vergleichs des Punkts B mit den Punkten A und C in einzelnen Sektorgebieten erfasst wird;

**[0109]** Fig. 27 ist ein Schaltbild einer Schaltung in Fig. 24 zum Vergleichen von B mit A-C;

**[0110]** Fig. 28A und Fig. 28B zeigen, wie der Punkt B und die Punkte D-F in jedem Quadranten liegen, wenn die Abrasterrichtung die Uhrzeigerrichtung bzw. die Gegenuhrzeigerrichtung ist;

**[0111]** Fig. 29 ist ein Kurvenbild, das Zählrichtungen für x- und y-Überträge zeigt, wie sie anwendbar sind, wenn die Abrasterrichtung beim Vergleichen des Punktes B mit den Punkten D-F die Uhrzeigerrichtung und die Gegenuhrzeigerrichtung ist;

**[0112]** Fig. 30 ist ein Schaltbild einer Schaltung in Fig. 24 zum Vergleichen von B mit D-F;

**[0113]** Fig. 31 ist ein Schaltbild einer Differenzzählerschaltung;

**[0114]** Fig. 32 ist ein Schaltbild eines Teils einer Tor-schaltung in Fig. 30;

**[0115]** Fig. 33A und Fig. 33B zeigen Situationen, bei denen zwei aufeinanderfolgende Durchfahrlinien in zwei benachbarten Quadranten liegen;

**[0116]** Fig. 34 ist ein Schaltbild einer Verarbeitungsschaltung zum Erfassen des Auftretens gleichzeitiger y-Überträge an zwei Abtastpunkten auf zwei auf-

einanderfolgenden Durchfahrlinien, die in benachbarten Quadranten auf entgegengesetzten Seiten der x-Achse liegen;

**[0117]** Fig. 35 ist ein Schaltbild einer Erfassungsschaltung für den letzten Abtastpunkt in Fig. 24;

**[0118]** Fig. 36A und Fig. 36B zeigen, in welcher Richtung ein Pixelausfall abhängig vom Ort des zu interpolierenden Pixels und der Abrasterrichtung interpoliert werden sollte, wobei Fig. 23A für Abrastern in Uhrzeigerrichtung und Fig. 23B für Abrastern in Gegenuhrzeigerrichtung gilt;

**[0119]** Fig. 37 ist ein Schaltbild eines Interpolationsadressengenerators in Fig. 19;

**[0120]** Fig. 38 ist ein Schaltbild einer Erfassungsschaltung für den ersten Abtastpunkt, wie sie bei einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung verwendet wird;

**[0121]** Fig. 39 ist ein Schaltbild eines Teils eines Pixelausfalldetektors des Ausführungsbeispiels;

**[0122]** Fig. 40A bis Fig. 40C sind Diagramme, die drei verschiedene Muster für Adressenverschiebung zeigen;

**[0123]** Fig. 41 ist ein Blockdiagramm eines herkömmlichen Radarsystems;

**[0124]** Fig. 42 ist ein Diagramm, das einen ersten Grund für Pixelausfall veranschaulicht; und

**[0125]** Fig. 43 ist ein Diagramm, das einen zweiten Grund für Pixelausfall veranschaulicht.

**[0126]** Anhand des Blockdiagramms der Fig. 3 wird nun ein Radarsystem gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben.

**[0127]** Ein von einer Antenne 10 empfangenes und eingespeistes analoges Echosignal wird durch einen Analog/Digital(A/D)-Wandler 11 in digitale Werte umgesetzt und durch eine Abtastschaltung 12 mit einer Abtastfrequenz abgetastet, die entsprechend einem verwendeten Bereichsmaßstab bestimmt wird. Durch diesen Abtastvorgang erhaltene Daten für jeden radialen Durchfahrvorgang werden auf Echtzeitbasis in einen Primärspeicher 13 eingespeichert. Der Primärspeicher 13 ist vorhanden, da der Abtastvorgang mit sehr hoher Geschwindigkeit ausgeführt wird. Er dient als Zeitverzögerungspuffer, der die Eingangsdaten zunächst einspeichert und für einiges an Zeitverzögerung sorgt, so dass die Daten zu einem späteren Stadium mit korrekter zeitlicher Lage aus einem Bildspeicher 17 ausgelesen und in diesen eingeschrieben werden können.

**[0128]** Obwohl das ursprünglich empfangene Analogsignal für das Polarkoordinatensystem formatiert ist, benötigt der Bildspeicher **17** ein für das Cartesische Koordinatensystem formatiertes Bildsignal, um für eine Anzeige auf einem abgerasterten Display **18** zu sorgen. Aus diesem Grund ist ein Koordinatenwandler **14** vorhanden, der Polarkoordinaten  $(R, \Theta)$  in Cartesische Koordinaten  $(x, y)$  umsetzt. Die vom Koordinatenwandler **14** ausgeführte Koordinatenumsetzungsoperation ist durch die folgenden Gleichungen ausgedrückt:  $X = R \cdot \sin\Theta$ ,  $Y = R \cdot \cos\Theta$ .

**[0129]** Eine Erfassungsschaltung **15** für den ersten Abtastpunkt beurteilt, ob ein gegebener Abtastpunkt in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahrungsrichtung zur Anzeige)  $\Theta_n$  ein erster Abtastpunkt oder ein zweiter oder späterer Abtastpunkt ist, der einem entsprechenden Pixel zugeordnet ist, was auf eine Weise erfolgt, wie sie zuvor unter Bezugnahme auf **Fig. 2** beschrieben wurde. Die Erfassungsschaltung **15** für den ersten Abtastpunkt führt diese Erkennungsbeurteilung für den ersten Abtastpunkt auf Grundlage von Übertragsimpulsen aus, wie sie vom Koordinatenwandler **14** erzeugt werden.

**[0130]** Wie die Maximaldatenwert-Entnahmeschaltung **6** der **Fig. 2** verfügt eine Maximaldatenwert-Entnahmeschaltung **16** in **Fig. 3** über einen Entnahmedatenspeicher **100** (in **Fig. 12** dargestellt) zum Einspeichern des Maximaldatenwerts für jedes Pixel in einer vollständigen Durchfahrungsline. Die Maximaldatenwert-Entnahmeschaltung **16** führt einen Maximaldatenwert-Abtastvorgang auf die folgende Weise aus. Wenn die Antenne **10** in der Richtung  $\Theta_{n-1}$  in **Fig. 2** ausgerichtet ist, speichert der Entnahmedatenspeicher **100** den Maximaldatenwert für jedes Pixel ein, das auf einer Durchfahrungsline liegt, die in der Richtung  $\Theta_{n-1}$  zu ziehen ist, und wenn die Antenne **10** in der Richtung  $\Theta_n$  in **Fig. 2** ausgerichtet ist, speichert der Entnahmedatenspeicher **100** den Maximalwert für jedes Pixel ein, das auf einer Durchfahrungsline liegt, die in der Richtung  $\Theta_n$  zu ziehen ist. Wenn die Antenne **10** aktuell in der Richtung  $\Theta_n$  ausgerichtet ist und ein gegebener Abtastpunkt in der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrungsrichtung)  $\Theta_{n-1}$  als letzter Abtastpunkt für ein Pixel beurteilt wurde, dem der Abtastpunkt zugeordnet ist, gibt die Maximaldatenwert-Entnahmeschaltung **16** den maximalen Datenwert für dasselbe Pixel, das im Entnahmedatenspeicher **100** gespeichert ist, an einen später beschriebenen Schreibdatengenerator **20** aus.

**[0131]** Der Bildspeicher **17** speichert Bilddaten für ein vollständiges Schirmbild. Jedesmal, wenn ein Maximaldatenwert-Abtastvorgang ausgeführt wird, werden die im Bildspeicher **17** gespeicherten Bilddaten ausgelesen und an den Schreibdatengenerator **20** ausgegeben. Koordinaten  $(x, y)$ , die jede Adresse im Bildspeicher **17** spezifizieren, auf die zuzugreifen ist, werden vom Koordinatenwandler **14** ausgegeben.

Das Display **18** zeigt das Schirmbild im Abrasterformat auf Grundlage der im Bildspeicher **17** gespeicherten Bilddaten an.

**[0132]** Eine Erfassungsschaltung **19** für den letzten Abtastpunkt beurteilt, ob jeder Abtastpunkt in der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrungsrichtung)  $\Theta_n$  ein letzter Abtastpunkt ist, der einem entsprechenden Pixel zugeordnet ist. Wenn ein spezieller Abtastpunkt in der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Strahlrichtung)  $\Theta_{n-1}$  als letzter Abtastpunkt beurteilt wird, liest der Schreibdatengenerator **20** den Maximaldatenwert für das relevante Pixel aus dem Entnahmedatenspeicher **100** aus und vergleicht diesen Maximaldatenwert mit dem Bilddatenwert für dasselbe Pixel, wie er vom Bildspeicher **17** rückgeliefert wird, um dadurch den Raster-Raster-Korrelationsvorgang auszuführen. Das Ergebnis des Raster-Raster-Korrelationsvorgangs wird erneut unter einer Adresse im Bildspeicher **17**, die dem relevanten Pixel entspricht, eingeschrieben, wodurch der zuvor gespeicherte Bilddatenwert überschrieben wird.

**[0133]** Bei der oben beschriebenen Konfiguration führt gleichzeitig die Maximaldatenwert-Entnahmeschaltung **16** den Maximaldatenwert-Abtastvorgang für jeden Abtastpunkt in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahrungsrichtung zur Anzeige)  $\Theta_n$  aus, während die Erfassungsschaltung **19** für den letzten Abtastpunkt eine Erkennungsbeurteilung für den letzten Abtastpunkt ausführt, um zu ermitteln, ob jeder Abtastpunkt der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrungsrichtung)  $\Theta_{n-1}$  der letzte Abtastpunkt ist, der einem entsprechenden Pixel zugeordnet ist. Wenn ein spezieller Abtastpunkt auf der aktuell entlang der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  entsprechenden Durchfahrungsline als letzter Abtastpunkt erkannt wurde, führt der Schreibdatengenerator **20** den Raster-Raster-Korrelationsvorgang für das Pixel aus, dem der Abtastpunkt zugeordnet ist, und der als Ergebnis des Raster-Raster-Korrelationsvorgangs erhaltene Datenwert wird erneut an der relevanten Adresse in den Bildspeicher **17** eingeschrieben. Das Display **18** liest die im Bildspeicher **17** gespeicherten Daten aus und zeigt das Schirmbild mit hoher Auffrischrate an, die gesondert von der Taktfrequenz eingestellt ist, um den Maximaldatenwert-Abtastvorgang und den Raster-Raster-Korrelationsvorgang zu steuern. Der Schreibdatengenerator **20** führt den Raster-Raster-Korrelationsvorgang ein Mal während jeder Antennenumdrehung für jedes gegebene Pixel aus. Obwohl der Schreibdatengenerator **20** bei diesem Ausführungsbeispiel den Mittelwert aus dem zuvor im Bildspeicher **17** eingespeicherten Datenwert und dem neuen Eingangsdatenwert mit dem Maximalwert für jedes Pixel liefert, kann der Raster-Raster-Korrelationsvorgang eine andere Form einer mathematischen Operation als Mittelwertbildung einnehmen.

**[0134]** Fig. 4 ist ein Schema, das veranschaulicht, wie die Abtastpunkte, einschließlich des ersten und letzten Abtastpunkts, einzelnen Pixeln zugeordnet sind. In der Fig. 4 sind Punkte a, b und c Abtastpunkte, die einem Pixel I zugeordnet sind. Wenn sich die Radarantenne **10** in Uhrzeigerrichtung dreht, wie dargestellt, wird der Punkt a als erster Abtastpunkt für das Pixel I erfasst, der Punkt b als zweiter (oder späterer) Abtastpunkt und der Punkt c als letzter Abtastpunkt.

**[0135]** Zur Erläuterung sei nun angenommen, dass aus diesen Abtastpunkten erhaltene Daten die folgenden Werte aufweisen:  $a = 3$ ,  $b = 4$ ,  $c = 6$ . Wenn der Punkt a als erster Abtastpunkt für das Pixel I erkannt wird, wenn die Antenne **10** in der Richtung  $\Theta_{n-1}$  ausgerichtet ist, wird der Datenwert "3" unter derjenigen Adresse im Entnahmedatenspeicher **100** eingespeichert, die diesem Pixel I entspricht. Wenn der Punkt b als zweiter (oder späterer) Abtastpunkt während eines folgenden Abtastzyklus erfasst wird, vergleicht die Maximaldatenwert-Entnahmeschaltung **16** den vom Punkt b erhaltenen Datenwert "4" mit dem vom Punkt a erhaltenen Datenwert "3", wie er zuvor in den Entnahmedatenspeicher **100** eingespeichert wurde. Da der Datenwert "4" als Ergebnis des Vergleichs als größer als der Datenwert "3" erkannt wird, wird der Datenwert "4" unter der Adresse, die dem Pixel I entspricht, in den Entnahmedatenspeicher **100** eingeschrieben. Wenn die Antenne **10** anschließend in der Richtung  $\Theta_n$  ausgerichtet wird, erfolgt eine Beurteilung zum Ermitteln, ob der Punkt c der erste Abtastpunkt ist. Da der Punkt c nicht der erste Abtastpunkt ist, wird jedoch beurteilt, dass es der zweite oder ein späterer Abtastpunkt ist, der dem Pixel I zugeordnet ist. Dann wird der vom Punkt c erhaltene Datenwert "6" mit dem vom Punkt b erhaltenen Datenwert "4" verglichen, wie er zuvor in den Entnahmedatenspeicher **100** eingespeichert wurde. Da der Datenwert "6" größer als der Datenwert "4" ist, wird der Datenwert "6" unter der dem Pixel I entsprechenden Adresse in den Entnahmedatenspeicher **100** eingeschrieben. Beim letzteren Datenvergleichsvorgang ist es nicht erforderlich, den vom Punkt c erhaltenen Datenwert "6" mit dem vom Punkt a erhaltenen Datenwert "3" zu vergleichen. Dies, da der größere der von den Punkten a und b entnommenen Datenwerte in diesem Stadium bereits im Entnahmedatenspeicher **100** abgespeichert ist.

**[0136]** Wenn die Antenne **10** in der Richtung  $\Theta_n$  ausgerichtet wird, erfolgt eine zusätzliche Beurteilung zum Ermitteln, ob der Punkt a oder b in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  ein letzter Abtastpunkt ist. Es wird jedoch weder der Punkt a noch der Punkt b als letzter Abtastpunkt beurteilt, da der Punkt c in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  demselben Pixel I zugeordnet ist. Daher wird der Raster-Raster-Korrelationsvorgang zu diesem Zeitpunkt für das Pixel I nicht ausgeführt (wenn die Antenne **10** anschließend in der

Richtung  $\Theta_n$  ausgerichtet wird). Wenn die Antenne **10** anschließend in einer folgenden Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  ausgerichtet wird, wird der Punkt c als letzter Abtastpunkt für das Pixel I erkannt. Zu diesem Zeitpunkt wird der Raster-Raster-Korrelationsvorgang für das Pixel I ausgeführt. Genauer gesagt, wird der vom Punkt c erhaltene und im Entnahmedatenspeicher **100** abgespeicherte Datenwert "6" als Maximaldatenwert für das Pixel I an den Schreibdatengenerator **20** ausgegeben, während der für dasselbe Pixel I für eine Antennenumdrehung zuvor in den Bildspeicher **17** eingeschriebene Bilddatenwert ausgelesen und an den Schreibdatengenerator **20** übertragen wird, wobei dann der Mittelwert dieser Daten berechnet wird und erneut an der dem Pixel I entsprechenden Adresse in den Bildspeicher **17** eingeschrieben wird.

**[0137]** Fig. 5 ist ein Blockdiagramm einer stromaufwärtigen Stufe des Koordinatenwandlers **14**. Ein Datenwert für die aktuelle Strahlrichtung  $\Theta_n$ , in der die Antenne **10** aktuell ausgerichtet ist, wird von einem Antennentreiberabschnitt erhalten und sowohl in einen Sinusdaten-Festwertspeicher (ROM) **30** als auch einen Cosinusdaten-ROM **31** eingegeben. Die Ausgangssignale des Sinusdaten-ROM **30** und des Cosinusdaten-ROM **31** werden in Latchstufen **32** bzw. **34** eingegeben, damit von Latchstufen **32** bis **35** Latchausgangssignale  $\sin(\Theta_n)$ ,  $\sin(\Theta_{n-1})$ ,  $\cos(\Theta_n)$  und  $\cos(\Theta_{n-1})$  geliefert werden. Die Ausgangsdaten der Latchstufen **32–35** werden in einen Akkumulator **36** zum Berechnen von  $r \cdot \sin(\Theta_n)$ , einen Akkumulator **37** zum Berechnen von  $r \cdot \sin(\Theta_{n-1})$ , einen Akkumulator **38** zum Berechnen von  $r \cdot \cos(\Theta_n)$  bzw. einen Akkumulator **39** zum Berechnen von  $r \cdot \cos(\Theta_{n-1})$  eingegeben, zusammen mit einem Taktsignal R, das mit einer Rate von einem Impuls pro Abtastzyklus erzeugt wird. Diese Akkumulatoren **36–39** sind in der Technik bekannte Schaltungen, die so konzipiert sind, dass sie die oben genannten mathematischen Operationen ausführen. Die Akkumulatoren **36–39** geben jedesmal dann ein Übertragungssignal aus, wenn der Wert der x- oder der y-Koordinate im Cartesischen Koordinatensystem um einen Wert inkrementiert oder dekrementiert wird, der der Breite oder Höhe eines Pixels entspricht, was als Ergebnis der Koordinatenumsetzungsoperation erfolgt. Genauer gesagt, gibt der Akkumulator **36** für die nächste Durchfahrline in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  einen x-Übertragungsimpuls aus, der Akkumulator **37** gibt für die aktuelle Durchfahrline in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  einen x-Übertragungsimpuls aus, der Akkumulator **38** gibt für die nächste Durchfahrline in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  einen y-Übertragungsimpuls aus, und der Akkumulator **39** gibt für die aktuelle Durchfahrline in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  einen y-Übertragungsimpuls aus. Latchstufen **40** und **41** speichern die Daten in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  und der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  ein, die bei einer später beschriebenen Quadrantenbeurteilung und Durchfahrungsbeurteilung verwendet werden.

**[0138]** Die Latchstufen **32–35**, **40**, **41** führen eine Zwischenspeicherung aufeinanderfolgender Daten in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  synchron mit einem Sendetriggerimpuls T1-ORG aus, das ein Feuerimpuls ist, wie er für jede aufeinanderfolgende Strahlrichtung erzeugt wird. Durch diese Latchoperation werden Daten in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  um den Wert eines Durchfahrintervalls, oder eines Impulswiederholintervalls, verzögert und als Daten für die nächste Durchfahrrichtung verwendet.

**[0139]** Fig. 6 ist ein Blockdiagramm einer stromabwärtigen Stufe des Koordinatenwandlers **14**, die einen Quadrantengenerator **50** und einen Auf/Ab-Zähler **51** enthält.

**[0140]** Ein bei jeder Antennenumdrehung überdecktes vollständiges Kreisgebiet wird in vier Sektoren von  $90^\circ$ , oder Quadranten, unterteilt. Sei diesem Radersystem wird der Quadrant oben rechts als erster Quadrant bezeichnet, der Quadrant unten rechts als zweiter Quadrant, der Quadrant unten links als dritter Quadrant und der Quadrant oben links als vierter Quadrant, abweichend von der üblichen Vorgehensweise in der Mathematik.

**[0141]** Der Quadrantengenerator **50** ermittelt, in welchem Quadranten ein aktuell verarbeiteter Abtastpunkt liegt, und er gibt Quadrantendaten an den Auf/Ab-Zähler **51** aus.

**[0142]** Der Auf/Ab-Zähler **51** inkrementiert den Wert der x- oder der y-Koordinate jedesmal dann, wenn ein Übertragimpuls eingegeben wird, und er gibt eine inkrementierte x- oder y-Koordinate an den Bildspeicher **17** aus. In den Auf/Ab-Zähler **51** wird nur der x-Übertragimpuls für die aktuelle Durchfahrlinie in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  vom Akkumulator **37** sowie der y-Übertragimpuls für die vorige Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  vom Akkumulator **39** eingegeben. Dies, da der Raster-Raster-Korrelationsvorgang für die aktuelle Durchfahrlinie, für die die Koordinatenumsetzoperation aktuell erforderlich ist, nur dann ausgeführt wird, wenn die Erkennungsbeurteilung für den letzten Abtastpunkt für die Abtastpunkte in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  erfolgte, und demgemäß sind nur die Übertragimpulse für die Pixel in der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrriehtung)  $\Theta_{n-1}$  erforderlich. Demgemäß ist aktuell ein paar Auf/Ab-Zähler **51** vorhanden, die einzeln mit den Ausgängen der Akkumulatoren **37** und **39** verbunden sind.

**[0143]** Der Quadrantengenerator **50** gibt die Quadrantendaten aus, die die Zählrichtung (ansteigend oder abnehmend) für die x- und y-Koordinaten des Auf/Ab-Zählers **51** im ersten bis vierten Quadranten spezifizieren, wie es in Fig. 7 dargestellt ist. im ersten Quadranten ist es z. B. erforderlich, sowohl die x- als auch die y-Koordinate entlang jeder Durchfahrinie nach außen ausgehend vom Durchfahrursprung

0 fortlaufend zu inkrementieren. Im zweiten Quadranten ist es jedoch erforderlich, die x-Koordinate fortlaufend zu inkrementieren und die y-Koordinate fortlaufend entlang jeder Durchfahrinie nach außen ausgehend vom Durchfahrursprung zu dekrementieren. Wie es aus diesen Beispielen erkennbar ist, ist es erforderlich, die Zählrichtungen des Auf/Ab-Zählers **51** abhängig davon zu ändern, in welchem Quadranten die aktuelle Durchfahrinie liegt. Der Quadrantengenerator **50** erzeugt die Quadrantendaten, die den aktuellen Quadranten anzeigen, und er gibt sie an den Auf/Ab-Zähler **51** aus. Auch werden Vorgabedaten in den Auf/Ab-Zähler **51** eingegeben, die Anfangswerte für den Zählvorgang desselben für die Zählvorgänge für die x- und die y-Koordinate einstellen. Diese Anfangswerte spezifizieren Startkoordinaten ( $x_0$ ,  $y_0$ ), von denen ausgehend die Koordinatenumsetzoperation startet.

**[0144]** Fig. 8 ist ein Blockdiagramm der Erfassungsschaltung für den ersten Abtastpunkt **15**. Die x- und die y-Übertragimpulse für die aktuelle Durchfahrinie in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$ , wie sie vom Akkumulator **37** bzw. vom Akkumulator **39** des in Fig. 5 dargestellten Koordinatenwandlers **14** geliefert werden, werden in eine Latchstufe **60** eingegeben. Die Latchstufe **60** ist mit Latchstufen **61** und **62**, in dieser Reihenfolge, verbunden, die gemeinsam eine Schiebenschaltung bilden. Nun sei angenommen, dass die Erfassungsschaltung für den ersten Abtastpunkt damit beginnt zu beurteilen, ob der Punkt E in Fig. 2 ein erster Abtastpunkt ist. Zu diesem Zeitpunkt geben die Latchstufen **60–62** die x- und die y-Übertragimpulse für die Punkte C, B und A auf der aktuellen Durchfahrinie in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  aus, wie in Fig. 2 dargestellt. In ähnlicher Weise werden die x- und y-Übertragimpulse für die nächste Durchfahrinie in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$ , wie vom Akkumulator **36** bzw. vom Akkumulator **38** von Fig. 5 geliefert, in eine Latchstufe **63** eingegeben. Die Latchstufe **63** ist in Reihe mit Latchstufen **64** und **65**, in dieser Reihenfolge, geschaltet, die gemeinsam eine Schiebenschaltung bilden. So geben die Latchstufen **63–65** die x- und y-Übertragimpulse für die Punkte F, E und D auf der nächsten Durchfahrinie in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$ , wie in Fig. 2 dargestellt, aus.

**[0145]** Es wäre möglich, durch Vergleichen der Cartesischen Koordinaten der einzelnen Abtastpunkte nach der Koordinatenumsetzoperation zu beurteilen, ob ein beliebiger dieser benachbarter Abtastpunkte demselben Pixel (Koordinaten) wie der Punkt E zugeordnet ist. Bei diesem Ausführungsbeispiel erfolgt jedoch eine derartige Abtastpunkt-Zuordnungsbeurteilung zum Ermitteln, ob die benachbarten Abtastpunkte demselben Pixel (Koordinaten) zugeordnet sind, durch Vergleichen der Anzahl der durch die Latchstufen **60–65** erhaltenen Übertragimpulse. Genauer gesagt, wird beurteilt, dass zwei Abtastpunkte verschiedenen Pixeln (Koordinaten) zugeordnet sind,

wenn ihnen verschiedene Anzahlen von Übertragungspulsen zugeordnet sind, wohingegen die zwei Abtastpunkte als einem gemeinsamen Pixel (Koordinaten) zugeordnet angesehen werden, wenn ihnen dieselbe Anzahl von Übertragungspulsen zugeordnet ist. Die Ausgangssignale der einzelnen Latchstufen **60–65** werden in Übertragungsdifferenz-Erfassungsschaltungen **66–68** eingegeben, die aus Zählern bestehen, die nur dann nach oben oder unten zählen, wenn zwischen der Anzahl von Übertragungspulsen eine Differenz besteht.

**[0146]** Gemäß der **Fig. 2** werden Abtastpunkte in der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrrichtung)  $\Theta_{n-1}$ , die der oben genannten Abtastpunkt-Zuordnungsbeurteilung zu unterziehen ist, fortlaufend ausgehend vom Durchfahrursprung 0 mit einer Rate nach außen verschoben, die durch das Taktsignal R bestimmt ist. Wenn zwei Abtastpunkte in den Richtungen  $\Theta_{n-1}$  und  $\Theta_n$ , die der Abtastpunkt-Zuordnungsbeurteilung zu unterziehen sind, demselben Pixel (Koordinaten) zugeordnet sind, existiert in der Anzahl von Übertragungspulsen keine Differenz. Wenn die zwei Abtastpunkte verschiedenen Pixeln (Koordinaten) zugeordnet sind, tritt jedoch eine Differenz in der Anzahl von Übertragungspulsen auf. Wenn z. B. für den Abtastpunkt in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahrrichtung)  $\Theta_n$  ein Übertrag existiert, während für den Abtastpunkt in der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrrichtung)  $\Theta_{n-1}$  kein Übertrag existiert, wird dafür gesorgt, dass der relevante Zähler um Eins nach oben zählt. Im Gegensatz hierzu wird dafür gesorgt, dass der relevante Zähler um Eins nach oben zählt, wenn kein Übertrag für den Abtastpunkt in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahrrichtung)  $\Theta_n$  existiert, während ein Übertrag für den Abtastpunkt in der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrrichtung)  $\Theta_{n-1}$  besteht. Wenn für den Abtastpunkt in jeder der Richtungen  $\Theta_{n-1}$  und  $\Theta_n$  ein Übertrag existiert oder wenn für die Abtastpunkte in keiner der Richtungen  $\Theta_{n-1}$  und  $\Theta_n$  ein Übertrag existiert, zählt der Zähler weder nach oben noch nach unten. Dieser Vorgang wird für aufeinanderfolgende Abtastpunkte auf jeder Durchfahrlinie nach außen ausgehend vom Durchfahrursprung 0 entsprechend dem Taktsignal R ausgeführt. Wenn z. B. der Zählwert des Zählers, in den die Übertragungspulse für die Punkte E und C in **Fig. 2** eingegeben werden, "0" (Anfangswert) ist, sind die Punkte E und C demselben Pixel zugeordnet. Wenn jedoch der Zählwert des Zählers "1" ist, ist der Punkt E einem Pixel benachbart zum Pixel zugeordnet, dem der Punkt C zugeordnet ist. Der oben genannte Zähler besteht aus einem Auf/Ab-Zähler, dessen Zählrichtung (aufwärts oder abwärts) abhängig davon variiert, in welchem Quadranten die Durchfahrlinie liegt.

**[0147]** **Fig. 9** zeigt Zählrichtungen (zunehmend oder abnehmend) im ersten bis vierten Quadranten. Wenn die Radarantenne **10** in Uhrzeigerichtung rotiert, wie

dargestellt, geht der Abtastpunkt in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahrrichtung)  $\Theta_n$ , unter den zwei Abtastpunkten, die der Abtastpunkt-Zuordnungsbeurteilung zu unterziehen sind, dem Abtastpunkt in der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrrichtung)  $\Theta_{n-1}$  hinsichtlich der Anzahl von x-Übertragungspulsen im ersten Quadranten voraus. So werden die x-Übertragungspulse für die Abtastpunkte im ersten Quadranten der Richtung  $\Theta_n$  in der zunehmenden Richtung (+) gezählt und diejenigen in der Richtung  $\Theta_{n-1}$  werden in der abnehmenden Richtung (–) gezählt, so dass die Differenz zwischen den Anzahlen x-Übertragungspulsen einen positiven (+) Wert hat. Andererseits geht im ersten Quadranten der Abtastpunkt in der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrrichtung)  $\Theta_{n-1}$ , unter den zwei Abtastpunkten, die der Abtastpunkt-Zuordnungsbeurteilung zu unterziehen sind, dem Abtastpunkt in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahrrichtung)  $\Theta_n$  hinsichtlich der Anzahl von y-Übertragungspulsen voraus. So werden die y-Übertragungspulse für die Abtastpunkte im ersten Quadranten in der Richtung  $\Theta_{n-1}$  in der zunehmenden Richtung (+) gezählt, und diejenigen in der Richtung  $\Theta_n$  werden in der abnehmenden Richtung (–) gezählt, so dass die Differenz zwischen den Anzahlen der y-Übertragungspulse einen positiven (+) Wert hat.

**[0148]** Die Plus- und Minuszeichen in der **Fig. 9** kennzeichnen die Zählrichtungen, die in jedem der vier Quadranten immer zu einem positiven Zählwert (Differenz zwischen den Anzahlen von Übertragungspulsen) führen.

**[0149]** Es wird erneut auf die **Fig. 8** Bezug genommen, gemäß der die Zähler **66–68** die Differenzen zwischen den Anzahlen von Übertragungspulsen zwischen dem Punkt E und jedem seiner benachbarten Abtastimpulse, wie in **Fig. 20** dargestellt, liefern. Genauer gesagt, liefert der Zähler **66** die Differenz zwischen den Anzahlen von x-Übertragungspulsen und die Differenz zwischen den Anzahlen von y-Übertragungspulsen zwischen den Punkten E und C, der Zähler **67** liefert die Differenz zwischen den Anzahlen von x-Übertragungspulsen und die Differenz zwischen den Anzahlen von y-Übertragungspulsen zwischen den Punkten E und B, und der Zähler **68** liefert die Differenz zwischen den Anzahlen von x-Übertragungspulsen und die Differenz zwischen den Anzahlen von y-Übertragungspulsen zwischen den Punkten E und A.

**[0150]** Von diesen drei Zählern **66–68** liefert z. B. der Zähler **66** zum Erzielen der Differenz zwischen den Anzahlen von x-Übertragungspulsen zwischen den Punkten E und C den Zählwert "1", wenn die Anzahl von x-Übertragungspulsen ausgehend vom Durchfahrursprung 0 für den Punkt E von der für den Punkt C verschieden ist. Es ist nicht erforderlich, irgendeine Schaltung zum Erfassen der Differenz zwischen den Anzahlen von Übertragungspulsen zwischen Abtastpunkten auf derselben Durchfahrlinie bereitzustellen.

Dies, da dann, wenn ein Übertrag auftritt, wenn der Abtastpunkt vom Punkt D auf den Punkt E in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahrrichtung)  $\Theta_n$  in der Fig. 2 verschoben wird, wodurch eine Differenz zwischen den Anzahlen von Übertragimpulsen z. B. zwischen den Punkten D und E erzeugt wird, erkennbar ist, dass diese Abtastpunkte (D und E) verschiedenen Pixeln zugeordnet sind. Daher führen die in der Fig. 8 dargestellten Leitungen 69 die x- und y-Übertragimpulse für den Punkt E unmittelbar an eine Torschaltung in einer folgenden Stufe.

**[0151]** ODER-Gatter 70–73 erzeugen individuell logische Summen der von den Zählern 66–68 ausgegebenen Signale und der über die Leitungen 69 gelieferten Signale. Die Ausgangssignale dieser ODER-Gatter 70–73 werden in ein UND-Gatter 74 eingegeben. Das UND-Gatter 74 gibt den Zustand "1" aus, wenn alle Eingangssignale "1" sind, d. h., wenn keiner der vier benachbarten Punkte A–D demselben Pixel wie der Punkt E zugeordnet ist. Der vom UND-Gatter 74 ausgegebene Zustand "1" zeigt an, dass der Punkt E der erste Abtastpunkt ist.

**[0152]** Während die oben unter Bezugnahme auf die Fig. 8 und Fig. 9 erfolgte Beschreibung zur Abtastpunkt-Zuordnungsbeurteilung für den Fall gilt, dass sowohl die aktuelle Durchfahrlinie (vorige Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$ ) als auch die nächste Durchfahrlinie (aktuelle Strahlrichtung  $\Theta_n$ ) im selben Quadranten liegen, ist eine andere Beurteilungsoperation erforderlich, wenn die zwei Durchfahrlinien in verschiedenen Quadranten liegen.

**[0153]** Fig. 10 zeigt Zählrichtungen der Erfassungsschaltung für den ersten Abtastpunkt 15, wenn die zwei Abtastlinien in verschiedenen Quadranten liegen. Dabei ist angenommen, dass sich die Radarantenne 10 in Uhrzeigerichtung dreht. Wenn z. B. die nächste Durchfahrlinie in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  im ersten Quadranten liegt und die aktuelle Durchfahrlinie in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  im vierten Quadranten liegt, werden die x-Übertragimpulse in derselben Richtung gezählt wie dann, wenn ein Übertrag für den Abtastpunkt auf einer der Durchfahrlinien (Richtung  $\Theta_n$  oder  $\Theta_{n-1}$ ) vorliegt. In diesem Fall werden y-Übertragimpulse gezählt, wenn eine Differenz zwischen den Anzahlen der Übertragimpulse zwischen Abtastpunkten auf den zwei Durchfahrlinien (-Richtungen  $\Theta_n$ ,  $\Theta_{n-1}$ ) liegen, und diese Zähloperation erfolgt abhängig davon, in welcher Richtung ( $\Theta_n$  oder  $\Theta_{n-1}$ ) der Übertrag auftritt, in der zunehmenden oder abnehmenden Richtung. Die Differenzzähler 66–68 der Fig. 8 werden auch dann für die Zähloperation verwendet, wenn die zwei Durchfahrlinien in verschiedenen Quadranten liegen.

**[0154]** Nun wird die Erfassungsschaltung 19 für den letzten Abtastpunkt unter Bezugnahme auf die Fig. 11 und Fig. 12 beschrieben.

**[0155]** Fig. 11 ist ein Blockdiagramm der Erfassungsschaltung 19 für den letzten Abtastpunkt. Wie es aus der Fig. 1 erkennbar ist, erfolgt die Erkennungsbeurteilung für den letzten Abtastpunkt zwischen dem Punkt B und jedem der Punkte C–F. Demgemäß beinhaltet die Erfassungsschaltung 19 für den letzten Abtastpunkt Zähler 80–82 zum Erfassen von Differenzen zwischen den Anzahlen von x- und y-Übertragimpulsen, ODER-Gattern 84–87 sowie ein UND-Gatter 88, wobei die Ausgangssignale der Zähler 80–82 jeweils in die ODER-Gatter 84–86 eingegeben werden, die Leitungen 83 die x- und y-Übertragimpulse für den Punkt B unmittelbar zum ODER-Gatter 87 führen, und die Ausgangssignale der ODER-Gatter 84–87 in das UND-Gatter 88 eingegeben werden. Das UND-Gatter 88 gibt ein Signal aus, das anzeigt, ob der Punkt B der letzte Abtastpunkt ist oder nicht. Die Zähler 80–82 sind mit den Zählern 66–68 der Erfassungsschaltung 15 für den ersten Abtastpunkt identisch, und die Leitungen 83 sind mit den Leitungen 69 identisch. Bei diesem Aufbau gibt das UND-Gatter 88 einen Zustand "1" aus, wenn keiner der benachbarten vier Punkte C–F demselben Pixel wie der Punkt B zugeordnet ist. Der vom UND-Gatter 88 ausgegebene Zustand "1" zeigt an, dass der Punkt B der letzte Abtastpunkt ist.

**[0156]** Fig. 12 ist ein Blockdiagramm der Maximaldatenwert-Entnahmeschaltung 16. Der Entnahmedatenspeicher 100 dient zum Speichern von Maximaldatenwerten für jedes Pixel auf der nächsten Durchfahrlinie in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$ . Wenn der Punkt E in Fig. 2 als erster Abtastpunkt beurteilt wurde, speichert der Entnahmedatenspeicher 100 ohne Bedingung den neuen Datenwert ein, wie er vom Punkt E abgetastet wurde und vom Primärspeicher 13 in Fig. 3 ausgegeben wird. Wenn jedoch der Punkt E nicht der erste Abtastpunkt für sein entsprechendes Pixel ist, speichert der Entnahmedatenspeicher 100 den neuen, vom Punkt E erhaltenen Datenwert, oder einen von einer Auswähleinrichtung 104 ausgewählten Datenwert, wobei der größere Wert ausgewählt wird.

**[0157]** Ein Komparator 105 vergleicht den von der Auswähleinrichtung 104 ausgewählten Datenwert und den vom Primärspeicher 13 ausgegebenen neuen Datenwert miteinander, und wenn der neue Datenwert größer ist, gibt der Komparator 105 den Zustand "1" an eine Auswähleinrichtung 106 aus.

**[0158]** Die Auswähleinrichtung 106 wählt ihren Anschluss B aus, wenn die logische Summe aus dem Ausgangssignal des Komparators 105 und dem Ausgangssignal des UND-Gatters 74, das anzeigt, ob der Punkt E der erste Abtastpunkt ist, "1" ist. Andernfalls wählt die Auswähleinrichtung 106 ihren Anschluss A aus, mit dem der Ausgang der Auswähleinrichtung 104 verbunden ist. Demgemäß wird der neue Datenwert durch die Auswähleinrichtung 106 ausgewählt

und an den Entnahmedatenspeicher **100** ausgegeben, wenn der in **Fig. 2** dargestellte Punkt E der erste Abtastpunkt ist, wohingegen der Komparator **105** den Ausgangsdatenwert der Auswähleinrichtung **104** und den neuen Datenwert miteinander vergleicht und der größere Datenwert durch die Auswähleinrichtung **106** ausgewählt wird und an den Entnahmedatenspeicher **100** ausgegeben wird, wenn der Punkt E nicht der erste Abtastpunkt ist. Eine Latchstufe **107** verzögert das Ausgangssignal der Auswähleinrichtung **106** um einen Abtastzyklus und gibt den Maximaldatenwert für ein Pixel, dem der Punkt D zugeordnet ist, der zuvor in den Entnahmedatenspeicher **100** eingeschrieben wurde, aus. Dieses Ausgangssignal der Latchstufe **107** wird dabei als Maximaldatenwert für das Pixel, dem der Punkt D zugeordnet ist, in die Auswähleinrichtung **104** eingegeben.

**[0159]** Der Datenwert wird vom Entnahmedatenspeicher **100** ungefähr in der ersten Hälfte eines Abtastzyklus gelesen, und der Maximaldatenwert wird in der zweiten Hälfte des Abtastzyklus in den Entnahmedatenspeicher **100** eingeschrieben. Das Ausgangssignal des Entnahmedatenspeichers **100** wird durch Latchstufen **101–103** verzögert. Diese Latchstufen **101–103** geben Maxidatenwerte für Pixel aus, denen jeweils die Punkte C, B bzw. A zugeordnet sind. Diese Daten werden in die Auswähleinrichtung **104** eingegeben, während das Ausgangssignal der Latchstufe **102**, oder der Maximaldatenwert für das Pixel, dem der Punkt B zugeordnet ist, als Datenwert, der einem Raster-Raster-Korrelationsvorgang zu unterziehen ist, an den Schreibdatengenerator **20** ausgegeben wird. Wie bereits ausgeführt, wird der Ausgangsdatenwert der Latchstufe **102** mit dem Maximaldatenwert für das Pixel, dem der Punkt B zugeordnet ist, als Datenwert verwendet, der dem Raster-Raster-Korrelationsvorgang zu unterziehen ist, wenn beurteilt wurde, dass der Punkt B der letzte Abtastpunkt für das Pixel ist.

**[0160]** Die Auswähleinrichtung **104** gibt den Maximaldatenwert unter den Daten von den Punkten A–D nur dann aus, wenn der Punkt E nicht der erste Abtastpunkt ist. Der von der Auswähleinrichtung **104** auszugebende Datenwert wird durch einen Prioritätscodierer **109** bestimmt. Dieser Prioritätscodierer **109** dient dazu, ein Auswählsignal für die Auswähleinrichtung **104** zu erzeugen. Wenn die Punkte A–D demselben Pixel wie der Punkt E zugeordnet sind, wird aus einem Satz von fünf einzelnen Datenwerten, die den vom Primärspeicher **13** gelieferten neuen Datenwert für den Punkt E enthalten, und den von den Punkten A–D erhaltenen Datenwerten der Maximalwert ausgewählt. Der Maximaldatenwert ist immer der zuletzt ausgewählte Datenwert. Daher ist der Datenwert mit dem maximalen Wert unter den Daten von den Punkten A–D der vom Punkt D erhaltene Datenwert. Dies bedeutet, dass es nicht erforderlich ist, dass der Kom-

parator **105** den neuen Datenwert mit allen vier einzelnen Datenwerten vergleicht.

**[0161]** In diesem Fall werden vier Pixelkonkordanzdaten von einem Detektor **110** für den ersten Abtastpunkt in den Prioritätscodierer **109** eingegeben. Dies verleiht dem Prioritätscodierer **109** Priorität für die Punkte A, B, C und D in solcher Weise, dass der Punkt D höchste Priorität aufweist, und es wird ein Signal an die Auswähleinrichtung **104** ausgegeben, so dass diese den Datenwert mit dem maximalen Wert unter den Daten von einem der Punkte A–D, die demselben Pixel wie der Punkt E zugeordnet sind, auswählt. Der Prioritätscodierer **109** arbeitet nur dann, wenn der Punkt E nicht der erste Abtastpunkt ist. Wenn der Punkt E der erste Abtastpunkt ist, wird der neue Datenwert ohne Bedingung als Maximaldatenwert in den Entnahmedatenspeicher **100** eingeschrieben.

**[0162]** Wie es bisher beschrieben wurde, ist es möglich, einen letzten Abtastpunkt, wie er jedem Pixel im Bildspeicher **17** zugeordnet ist, durch Bereitstellen der Erfassungsschaltung **19** für den letzten Abtastpunkt zu erkennen, und infolgedessen kann der an den Schreibdatengenerator **20** übertragene Datenwert, wenn auf den letzten Abtastpunkt zugegriffen wurde, dem Raster-Raster-Korrelationsvorgang für das Pixel unterzogen werden, dem der letzte Abtastpunkt zugeordnet ist. Es ist auch möglich, den Maximaldatenwert-Abtastvorgang bei der oben genannten Konstruktion auszuführen, da der Datenwert, wie er an den Schreibdatengenerator **20** übertragen wird, wenn auf den letzten Abtastpunkt zugegriffen wurde, der Maximaldatenwert ist, der durch die Erfassungsschaltung **15** für den ersten Abtastpunkt und die Maximaldatenwert-Entnahmeschaltung **16** ausgegeben wurde.

**[0163]** Zusammengefasst gesagt, ist es möglich, den Maximaldatenwert-Abtastvorgang für jedes Pixel in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahrungsrichtung)  $\Theta_n$  auszuführen, während der Raster-Raster-Korrelationsvorgang für die aktuelle Durchfahrungsrichtung ausgeführt wird, die in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  ausgerichtet ist. Ferner muss der Entnahmedatenspeicher **100** der Maximaldatenwert-Entnahmeschaltung **16** eine Speicherkapazität aufweisen, die nur einer Durchfahrungsrichtung entspricht, und es muss nicht gesondert ein teurer Bildspeicher bereitgestellt werden, um den Maximaldatenwert-Abtastvorgang auszuführen. Ferner kann, da die Abtastpunkt-Zuordnungsbeurteilung zum Ermitteln, ob benachbarte Abtastpunkte demselben Pixel (Koordinaten) wie ein gegebener Abtastpunkt zugeordnet sind, unter Verwendung der von den Akkumulatoren **36–39** ausgegebenen Übertragungsimpulse erfolgt, die Gesamtschaltungskonfiguration bei diesem Ausführungsbeispiel im Vergleich mit einer Schaltungskonfiguration vereinfacht sein, bei der die Abtastpunkt-Zuordnungsbeurteilung

dadurch erfolgt, dass die Cartesischen Koordinaten der einzelnen Abtastpunkte nach der Koordinatenumsetzungsoperation verglichen werden.

**[0164]** Fig. 19 ist ein Blockdiagramm eines Radarsystems gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung, und sie zeigt speziell die Konfiguration des Steuerabschnitts.

**[0165]** Dieses Radarsystem umfasst, zusätzlich zu den Elementen des in Fig. 41 dargestellten herkömmlichen Radarsystems, einen Pixelausfalldetektor **221**, einen Zeitverzögerungspuffer **222**, einen Interpolationsadressengenerator **223** und ein getaktetes Tor **224**. Das Radarsystem dieses Ausführungsbeispiels umfasst ferner einen Koordinatenwandler **220**, der gegenüber dem Koordinatenwandler **206** des herkömmlichen Radarsystems modifiziert ist.

**[0166]** Der Koordinatenwandler **220** erzeugt x- und y-Koordinaten sowie x- und y-Übertragimpulse für eine aktuelle Durchfahrlinie in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  sowie für eine nächste Durchfahrlinie in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$ .

**[0167]** Der Pixelausfalldetektor **221** erfasst Pixelausfälle unter Verwendung der x- und der y-Übertragimpulse. Bei diesem Ausführungsbeispiel erfolgt die Erfassung von Pixelausfällen auf Grundlage der Differenz zwischen den Anzahlen der x- und der y-Übertragimpulse, wie sie im Koordinatenwandler **220** während des Prozesses der Koordinatenumsetzungsoperation erzeugt werden, ohne dass auf x- und y-Koordinaten Bezug genommen wird. Ein Vorteil der Verwendung der x- und der y-Übertragimpulse bei der Pixelausfallerkennung ist es, dass die Gesamtschaltungskonfiguration verkleinert werden kann.

**[0168]** Fig. 20 ist ein Schaltbild einer stromaufwärtigen Stufe des Koordinatenwandlers **220**.

**[0169]** Ein Datenwert in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$ , in der die Antenne **201** aktuell ausgerichtet ist, wird von einem Antennentreiberabschnitt erhalten und sowohl in einen Sinusdaten-Festwertspeicher (ROM) **230** als auch einen Cosinusdaten-ROM **231** eingegeben. Die Ausgangssignale des Sinusdaten-ROM **230** und des Cosinusdaten-ROM **231** werden in Latchstufen **232–235** eingegeben, die Latchausgangssignale  $\sin(\Theta_n)$ ,  $\sin(\Theta_{n-1})$ ,  $\cos(\Theta_n)$  bzw.  $\cos(\Theta_{n-1})$  liefern. Die Ausgangsdaten der Latchstufen **232–235** werden in einen Akkumulator **236** zum Berechnen von  $r \cdot \sin(\Theta_{n-1})$ , einen Akkumulator **237** zum Berechnen von  $r \cdot \sin(\Theta_n)$ , einen Akkumulator **238** zum Berechnen von  $r \cdot \cos(\Theta_n)$  bzw. einen Akkumulator **239** zum Berechnen von  $r \cdot \cos(\Theta_{n-1})$  zusammen mit einem Taktsignal R eingegeben, das mit der Rate eines Impulses pro Abtastzyklus erzeugt wird. Diese Akkumulatoren **236–239** sind in der Technik bekannte Schaltungen, die so konzipiert sind, dass

sie die oben genannten mathematischen Operationen ausführen. Die Akkumulatoren **236–239** geben jedesmal einen Übertrag aus, wenn der Wert der x- oder y-Koordinaten im Cartesischen Koordinatensystem um einen Wert inkrementiert oder dekrementiert wird, der der Breite oder Höhe eines Pixels entspricht, was als Ergebnis der Koordinatenumsetzungsoperation erfolgt. Genauer gesagt, gibt der Akkumulator **236** einen x-Übertragimpuls für die nächste Durchfahrlinie in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  aus, der Akkumulator **237** gibt einen x-Übertragimpuls für die aktuelle Durchfahrlinie in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  aus, der Akkumulator **238** gibt einen y-Übertragimpuls für die nächste Durchfahrlinie in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  aus, und der Akkumulator **239** gibt einen y-Übertragimpuls für die aktuelle Durchfahrlinie in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  aus. Latchstufen **240** und **241** geben die Daten in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  und der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  aus, die bei einer später beschriebenen Quadrantenbeurteilung und Durchfahrtrichtungsbeurteilung verwendet werden.

**[0170]** Die Latchstufen **232–235**, **240**, **241** führen eine Zwischenspeicherung aufeinanderfolgender Daten in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  synchron mit einem Sendetriggersignal T1-ORG aus, das ein Feuerimpuls ist, wie er für jede aufeinanderfolgende Strahlrichtung erzeugt wird. Durch diesen Zwischenspeicherungsvorgang wird der Datenwert in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  um ein Durchfahrintervall, oder ein Impulswiederholintervall, verzögert und als Datenwert für die nächste Durchfahrtrichtung verwendet.

**[0171]** Fig. 21 ist ein Schaltbild einer stromabwärtigen Stufe des Koordinatenwandlers **220**, die einen Quadrantendatengenerator **250** und einen Auf/Ab-Zähler **251** enthält.

**[0172]** Das bei jeder Antennenrotation überdeckte Gebiet eines voll-ständigen Kreises ist in vier Sektoren von  $90^\circ$ , oder Quadranten, unterteilt. Bei diesem Radarsystem wird der Quadrant oben rechts als erster Quadrant bezeichnet, der Quadrant unten rechts als zweiter Quadrant, der Quadrant unten links als dritter Quadrant und der Quadrant oben links als vierter Quadrant, abweichend von der üblichen Vorgehensweise in der Mathematik.

**[0173]** Der Quadrantendatengenerator **250** bestimmt, in welchem Quadranten ein aktuell verarbeiteter Abtastpunkt liegt, und er gibt Quadrantendaten an den Auf/Ab-Zähler **251** aus.

**[0174]** Der Auf/Ab-Zähler **251** inkrementiert den Wert der x- oder der y-Koordinate jedesmal dann, wenn ein Übertragimpuls eingegeben wird, und er gibt eine inkrementierte x- oder y-Koordinate an den Bildspeicher **207** aus. In den Auf/Ab-Zähler **251** wird nur der x-Übertragimpuls für die aktuelle Durchfahrlinie in

der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  vom Akkumulator **237** sowie der y-Übertragimpuls für die vorige Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  vom Akkumulator **239** eingegeben. Dies, da es erforderlich ist, die Koordinatenumsetzungsoperation tatsächlich nur dann auszuführen, wenn die Erkennungsbeurteilung für den letzten Abtastpunkt für Abtastpunkte in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  erfolgt, so dass nur die Übertragimpulse für die Pixel in der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrrichtung)  $\Theta_{n-1}$  benötigt werden. Demgemäß ist tatsächlich ein Paar Auf/Ab-Zähler **251** vorhanden, die einzeln mit den Ausgängen der Akkumulatoren **237** und **239** verbunden sind.

**[0175]** Der Quadrantengenerators **250** gibt einen Quadrantendatenwert aus, der die Zählrichtung (zunehmend oder abnehmend) für die x- und y-Koordinaten des Auf/Ab-Zählers **251** im ersten bis vierten Quadranten spezifiziert, wie es in **Fig. 22** dargestellt ist. Z. B. ist es im ersten Quadranten erforderlich, die x-Koordinate fortlaufend zu inkrementieren und die y-Koordinate zu dekrementieren, wobei die Links-Rechts-Richtung als zunehmende Richtung für die x-Achse verwendet ist und die Aufwärtsrichtung als zunehmende Richtung für die y-Achse verwendet ist. Im zweiten Quadranten ist es jedoch erforderlich, sowohl die x- als auch die y-Koordinate fortlaufend zu dekrementieren. Wie es aus diesen Beispielen ersichtlich ist, ist es erforderlich, die Zählrichtung des Auf/Ab-Zählers **251** abhängig von der Abrasterichtung und dem Quadranten zu ändern, in dem die Durchfahrlinie liegt. Der Quadrantengenerators **250** erzeugt den Quadrantendatenwert, der die Zählrichtung anzeigt, und er gibt ihn an den Auf/Ab-Zähler **251** aus. In den Auf/Ab-Zähler **251** werden auch Vorgabedaten eingegeben, die Anfangswerte für den x/y-Koordinatenzählvorgang des Auf/Ab-Zählers **251** einstellen. Diese Anfangswerte spezifizieren Startkoordinaten, von denen ausgehend die Koordinatenumsetzungsoperation gestartet wird.

**[0176]** **Fig. 23** ist ein Schaltbild eines Teils des Pixelausfalldetektors **221**. Dieser Teil des Pixelausfalldetektors **221** umfasst dreistufige Schiebeschaltungen für die x- und y-Übertragimpulse für die nächste Durchfahrlinie in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  sowie für x- und y-Übertragimpulse für die aktuelle Durchfahrlinie in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$ . Wie es in **Fig. 23** dargestellt ist, erzeugten Latchstufen **260–265** Übertragungssignale für die einzelnen Abtastpunkte A–F in **Fig. 14**.

**[0177]** **Fig. 24** ist ein Schaltbild eines anderen Teils des Pixelausfalldetektors **221**. Um Pixelausfälle zu erfassen, umfasst dieser Teil des Pixelausfalldetektors **221** eine Schaltung **270** zum Vergleichen von B mit D–F, eine Schaltung **271** zum Vergleichen von B mit A–C, eine Erfassungsschaltung **272** für den letzten Abtastpunkt und ein ODER-Gatter **273**. Das ODER-Gatter **273** gibt dann den Zustand "1" aus,

der anzeigt, dass kein Pixelausfall vorliegt, wenn die Schaltung **270** zum Vergleichen von B mit D–F oder die Schaltung **271** zum Vergleichen von B mit A–C erkennt, dass kein Pixelausfall vorliegt, oder wenn die Erfassungsschaltung **272** für den letzten Abtastpunkt erkennt, dass der Punkt B nicht der letzte Abtastpunkt ist. Demgegenüber gibt das ODER-Gatter **273** den Zustand "0" aus, der anzeigt, dass ein Pixelausfall vorliegt, wenn sowohl die Schaltung **270** zum Vergleichen von B mit D–F als auch die Schaltung **271** zum Vergleichen von B mit A–C den Wert "0" ausgibt und die Erfassungsschaltung **272** für den letzten Abtastpunkt erkennt, dass der Punkt B der letzte Abtastpunkt ist.

**[0178]** Wie es in **Fig. 24** dargestellt ist, umfasst der Prozess zur Pixelausfallerkennung hinsichtlich des Punkts B zwei Operationen, die unabhängig voneinander ausgeführt werden. Dies sind ein Vergleich des Punkts B mit jedem der Punkte D–F sowie ein Vergleich des Punkts B mit den Punkten A und C. Diese Vergleiche werden in den einzelnen Sektorgebieten verschieden ausgeführt.

**[0179]** Die **Fig. 25A–Fig. 25B** sowie **Fig. 26** sind Diagramme zum Veranschaulichen des Betriebs der Schaltung **271** zum Vergleichen von B mit A–C.

**[0180]** Die **Fig. 25A–Fig. 25B** veranschaulichen, wie ein Pixelausfall in verschiedenen Sektorgebieten erkannt wird. Zur Pixelausfallerkennung, wie sie vom Pixelausfalldetektor **221** ausgeführt wird, wird das Gebiet eines vollen Kreises in acht Sektoren unterteilt, die in Uhrzeigerichtung als Sektor 0 bis Sektor 7 nummeriert werden, wie es in **Fig. 18** dargestellt ist.

**[0181]** Wenn die Punkte A–C im Sektor 0 liegen, wie es beispielhaft in **Fig. 25A** dargestellt ist, ist es in einigen Fällen möglich zu erkennen, dass ein Pixelausfall vorliegt, während es in anderen Fällen unmöglich ist. Genauer gesagt, ist es unmöglich zu erkennen, ob ein Pixelausfall am Pixel X vorliegt, wenn sowohl x- als y-Überträge auftreten, wenn eine Bewegung vom Punkt B zum Punkt C erfolgt. Wenn ein x-Übertrag auftritt, während kein y-Übertrag vorliegt, ist es erkennbar, dass am Pixel X kein Pixelausfall vorliegt. In diesem Fall ist es nicht erforderlich, den Punkt A zu berücksichtigen, da er nie dem Pixel X zugeordnet ist.

**[0182]** Wenn die Punkte A–C im Sektor 1 liegen, wie es in **Fig. 25B** dargestellt ist, ist es unmöglich zu erkennen, ob ein Pixelausfall am Pixel X vorliegt, wenn sowohl ein x- als auch ein y-Übertrag auftreten, wenn eine Bewegung vom Punkt A zum Punkt B erfolgt. Wenn ein y-Übertrag auftritt, während kein x-Übertrag vorliegt, ist es erkennbar, dass am Pixel X kein Pixelausfall auftritt. In diesem Fall ist es nicht erforderlich, den Punkt C zu berücksichtigen, da er nie dem Pixel x zugeordnet ist.

**[0183]** Wie es oben unter Bezugnahme auf die Beispiele der **Fig. 25A–Fig. 25B** erörtert ist, variieren Abtastpunkte, die beim Ausführen des Pixelausfall-Erkennungsprozesses unberücksichtigt bleiben können, sowie Bedingungen zum Beurteilen, dass kein Pixelausfall auftritt, abhängig davon, in welchem Sektor der Punkt B liegt. Es ist möglich, den Pixelausfall-Erkennungsprozess und die Schaltungskonfiguration zum Ausführen desselben dadurch zu vereinfachen, dass die oben genannten "irrelevanten" Abtastpunkte ausgeschlossen werden, die nicht zu berücksichtigen sind.

**[0184]** Ein Kurvenbild in **Fig. 26** zeigt zu prüfende Abtastpunkte und Bedingungen zum Beurteilen, dass in den einzelnen Sektoren 0–7 kein Pixelausfall vorliegt, und zwar sowohl für die Abtastrichtung in Uhrzeigerrichtung als auch die in Gegenuhrzeigerrichtung. **Fig. 27** ist ein Schaltbild der Schaltung **271** zum Vergleichen von B mit A–C, die den Pixelausfall-Erkennungsprozess gemäß den für die **Fig. 26** vorgegebenen Bedingungen ausführen kann.

**[0185]** Wie es aus der **Fig. 26** erkennbar ist, existieren Fälle, in denen dieselben Prüfpunkte und -bedingungen bei bestimmten Sektorgruppen angewandt werden. Z. B. haben die Sektoren 0 und 4 dieselben Prüfpunkte und -bedingungen. Aus **Fig. 26** ist es erkennbar, dass die Schaltung **271** zum Vergleichen von B mit A–C für vier Sektorgruppen konfiguriert werden kann. **Fig. 27** zeigt ein Beispiel einer so aufgebauten Schaltungskonfiguration.

**[0186]** Bei der Schaltungskonfiguration von **Fig. 27** dient ein Tor **280** zum Ausführen einer Beurteilung hinsichtlich des Vorliegens oder Fehlens von x- und y-Überträgen in den in **Fig. 26** dargestellten Sektoren 0 und 4. In ähnlicher Weise dient ein Tor **281** zum Ausführen derselben Beurteilung in den Sektoren 1 und 5, ein Tor **282** dient zum Ausführen derselben Beurteilung in den Sektoren 2 und 6, und ein Tor **283** dient zum Ausführen derselben Beurteilung in den Sektoren 3 und 7. Die Ausgangssignale dieser Tore **280–283** werden in eine Auswähleinrichtung **284** eingegeben, die abhängig von einem Sektorgruppensignal eines der Ausgangssignale der Gatter **280–283** auswählt.

**[0187]** Nun wird unter Bezugnahme auf die **Fig. 28** bis **Fig. 34** nachfolgend die Schaltung **270** zum Vergleichen von B mit D–F gemäß **Fig. 24** beschrieben.

**[0188]** Es ist möglich, eine Beurteilung dahingehend, ob das Pixel X der **Fig. 14** mit einem der Pixel übereinstimmt, denen die Punkte D–F zugeordnet sind, auf Grundlage der Differenz zwischen der Gesamtanzahl von Überträgen ausgehend vom Durchfahrursprung 0 zum Punkt B und der Gesamtanzahl von Überträgen vom Durchfahrursprung 0 zu jedem der Punkte D–F auszuführen.

**[0189]** Da der Punkt B und die Punkte D–F demselben Pixel zugeordnet sind, wenn sie in der Nähe des Durchfahrursprungs liegen, existiert keine Differenz hinsichtlich der Anzahl von Überträgen. Jedermal dann, wenn hinsichtlich der Anzahl von Überträgen eine Differenz auftritt, wenn die Abtastpunkte ausgehend vom Durchfahrursprung 0 nach außen verschoben sind, wird die Anzahl von Malen gezählt, gemäß der eine Differenz aufgetreten ist. Das Ergebnis dieses Zählvorgangs repräsentiert eine Positionsbeziehung zwischen dem Punkt B und den Punkten D–F. Zwei aufeinanderfolgende Durchfahrlinien sind radial nach außen hin allmählich voneinander getrennt, weswegen dann, wenn die Differenz hinsichtlich der Anzahl von Überträgen einen Wert über 1 erreicht hat, dieser Wert nicht wieder auf 1 oder 0 abnimmt. Demgemäß ist es dann, wenn die Differenz zwischen den Anzahl von Überträgen einen zweckdienlichen Wert erreicht hat, nicht mehr erforderlich weiterzuzählen. Dann kann der Zählvorgang angehalten werden, und es ist möglich anzunehmen, dass Pixel, denen zwei Abtastpunkte zugeordnet sind, die auf den zwei aufeinanderfolgenden Durchfahrlinien herausgegriffen sind, ausreichend voneinander getrennt sind. Auf Grundlage dieser Annahme kann der Zählvorgang durch einen kleinen Zähler mit einer Kapazität einiger weniger Bits ausgeführt werden.

**[0190]** Da der Punkt B und die Punkt D–F auf verschiedenen Durchfahrlinien liegen, ist es erforderlich, die Zählrichtung abhängig davon zu ändern, in welchem Quadrant die zwei Durchfahrlinien liegen.

**[0191]** Es existieren die folgenden drei Fälle (a) bis (c) hinsichtlich der arte zweier aufeinanderfolgender Durchfahrlinien.

Fall (a)

**[0192]** Zwei Durchfahrlinien liegen in diesem Fall im Quadranten in entgegengesetzten Richtungen (z. B. eine Durchfahrlinie im ersten Quadranten und die andere Durchfahrlinie im dritten Quadranten). Pixelausfälle treten in diesem Fall immer auf. Obwohl dieser Fall theoretisch möglich ist, ist es ziemlich unwahrscheinlich zu erwarten, dass dieser Fall auftritt, außer in ganz ungewöhnlichen Umständen. Dieser Typ von Pixelausfällen wird aus der Betrachtung beim Ausführen einer Pixelinterpolation ausgeschlossen.

Fall (b)

**[0193]** In diesem Fall liegen zwei Durchfahrlinien im selben Quadranten. In diesem Fall werden Übertragungsimpulse gezählt, wenn ein Übertragungsimpuls für nur einen von zwei Abtastpunkten auf zwei aufeinanderfolgenden Durchfahrlinien auftritt. Dies, da dann, wenn Überträge für beide Abtastpunkte vorliegen, beide Überträge einander aufheben, ohne dass es zu irgendeiner Differenz zwischen der Anzahl von Über-

trägen kommt. Die Übertragimpulse für die Abtastpunkte auf den zwei Durchfahrlinien werden in entgegengesetzten Richtungen gezählt. Dies, da dann, wenn ein Übertrag zunächst am Punkt B und dann am Punkt E auftritt, die zwei Überträge einander aufheben, wodurch die Differenz zwischen den Anzahlen von Überträgen beseitigt wird.

## Fall (c)

**[0194]** In diesem Fall liegen zwei Abtastlinien in zwei benachbarten Quadranten. Dieser Fall wird später im Einzelnen beschrieben.

**[0195]** Im obigen Fall (b) ist es erforderlich, die Übertrag-Zählrichtung abhängig davon zu ändern, in welchem Quadranten die zwei Durchfahrlinien liegen.

**[0196]** Fig. 28A zeigt, wie der Punkt B und die Punkte D–F in jedem Quadranten liegen, wenn die Abrasterrichtung die Uhrzeigerrichtung ist, und Fig. 28B zeigt, wie der Punkt B und die Punkte D–F in jedem Quadranten liegen, wenn die Abrasterrichtung die Gegenuhrzeigerrichtung ist. Fig. 29 ist ein Kurvenbild, das Zählrichtungen für x- und y-Überträge zeigt, wie sie anwendbar sind, wenn die Abrasterrichtung die Uhrzeigerrichtung und die Gegenuhrzeigerrichtung ist.

**[0197]** Wenn die Abrasterrichtung die Uhrzeigerrichtung ist, wie es beispielhaft in Fig. 28A dargestellt ist, werden im ersten Quadranten x-Überträge in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  in der zunehmenden (+: positiv) Richtung gezählt, während x-Überträge in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  in der abnehmenden (-: negativ) Richtung gezählt werden. Plus- und Minuszeichen, die die Übertrag-Zählrichtung in Fig. 29 kennzeichnen, sind so bestimmt, dass die Zählwerte immer positiv (+) sind. Demgemäß ist der Zählwert der x-Überträge in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  im ersten Quadranten immer größer als der Zählwert der x-Überträge in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$ , und demgemäß ist die Zählrichtung in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  positiv (+), während sie in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  negativ (-) ist. Aus ähnlichen Gründen werden y-Überträge in der Richtung  $\Theta_n$  im ersten Quadranten in der abnehmenden (-: negativ) Richtung gezählt, während y-Überträge in der Richtung  $\Theta_{n-1}$  in der zunehmenden (+: positiv) Richtung gezählt werden, so dass die Zählwerte immer positiv (+) sind.

**[0198]** Fig. 30 ist ein Schaltbild der Schaltung 270 zum Vergleichen von B mit D–F gemäß Fig. 24, und Fig. 31 ist ein Schaltbild einer Differenzzählerschaltung, die einen Teil der Schaltung 270 zum Vergleichen von B mit D–F bildet. Ein Differenzzählerarray 290 in Fig. 30 besteht aus einem Array von Auf/Ab-Zählern 293 und zugeordneten Schaltungen. Das Differenzzählerarray 290 berechnet die Differenzen der

Anzahlen von Überträgen, wie sie in den in Fig. 29 dargestellten Richtungen für Paare von Abtastpunkten B–D, B–E und B–F gezählt werden. Z. B. dient die in Fig. 31 dargestellte Differenzzählerschaltung zum Berechnen der Differenz zwischen den Anzahlen von Überträgen für die Punkte B und D.

**[0199]** Die Differenzzählerschaltung von Fig. 31 besteht aus einem Auf/Ab-Zähler 293, einem Exklusiv-ODER-Gatter 294 und einer Erkennungsschaltung 295 für die Auf/Ab-Richtung. Das Exklusiv-Oder-Gatter 294 veranlasst den Auf/Ab-Zähler 293, einen Zählvorgang dann auszuführen, wenn nur für einen der Punkte B und D ein Übertrag auftritt. Die Erkennungsschaltung 295 für die Auf/Ab-Richtung bestimmt die Übertrag-Zählrichtung entsprechend dem Diagramm der Fig. 29. Der Auf/Ab-Zähler 293 gibt einen Zustand "0" oder "1" aus, wobei "0" anzeigt, dass der Punkt D demselben Pixel wie der Punkt B zugeordnet ist, und "1" anzeigt, dass das Pixel, dem der Punkt D zugeordnet ist, in der X-Achsenrichtung ausgehend vom Pixel, dem der Punkt B zugeordnet ist, um eine Einheitslänge 1 verschoben ist.

**[0200]** Fig. 32 ist ein Schaltbild eines Teils einer in Fig. 30 dargestellten Torschaltung 291. In Fig. 32 decodieren Decodierschaltungen 300, 301 die Ausgangssignale der Auf/Ab-Zähler 293, und die Ausgangssignale der Decodierschaltungen 300, 301 werden an UND-Gatter 302, 303 geliefert.

**[0201]** Das UND-Gatter 302 gibt den Zustand "1" aus, wenn die Differenz zwischen den Anzahlen von x-Überträgen 0 ist und die Differenz zwischen den Anzahlen von y-Überträgen zwischen den Punkten B und D 1 ist (d. h.  $X = 0$ ,  $Y = 1$ ). Dies entspricht dem Fall, bei dem das Pixel, dem der Punkt D zugeordnet ist, um die Einheitslänge 1 in der y-Achsenrichtung ausgehend vom Pixel verschoben ist, dem der Punkt B im Sektor 0, 3, 4 oder 7 zugeordnet ist, weswegen in diesem Fall kein Pixelausfall auftritt. Das UND-Gatter 303 gibt den Zustand "12" aus, wenn die Differenz zwischen den Anzahlen von x-Überträgen 1 ist und die Differenz zwischen den Anzahlen von y-Überträgen zwischen den Punkten B und D 0 ist (d. h.  $X = 1$ ,  $Y = 0$ ). Dies entspricht dem Fall, dass das Pixel, dem der Punkt D zugeordnet ist, um die Einheitslänge 1 in der x-Achsenrichtung vom Pixel verschoben ist, dem der Punkt B im Sektor 1, 2, 5 oder 6 zugeordnet ist, weswegen in diesem Fall kein Pixelausfall auftritt. während der in Fig. 32 dargestellte Teil der Torschaltung 291 zum Untersuchen der Möglichkeit eines Pixelausfalls zwischen den Abtastpunkten B und D dient, beinhaltet die Torschaltung 291 ähnliche Schaltungsteile zum Untersuchen der Möglichkeit eines Pixelausfalls zwischen dem Punkt B und anderen Abtastpunkten als dem Punkt D.

**[0202]** Ein in Fig. 30 dargestelltes ODER-Gatter 292 erzeugt die logische Summe der Ausgangssigna-

le der Torschaltung **291** für die Paare von Abtastpunkten B–D, B–E und B–F. Diese logische Summe wird vom ODER-Gatter **292** als Ausgangssignal der Schaltung **270** zum Vergleichen von B mit D–F ausgegeben. Der vom ODER-Gatter **292** ausgegebene Zustand "1" zeigt an, dass zwischen den Abtastpunkten B–D, B–E oder B–F kein Pixelausfall vorliegt.

**[0203]** Die vorstehende Erörterung, die unter Bezugnahme auf die **Fig. 15–Fig. 19** erfolgte, beschäftigte sich mit dem Fall (b), bei dem sowohl die aktuelle Durchfahrlinie in der vorigen Strahlrichtung  $\Theta_{n-1}$  als auch die nächste Durchfahrlinie in der aktuellen Strahlrichtung  $\Theta_n$  im selben Quadranten liegen. Im Fall (c), in dem die beiden Durchfahrlinien in zwei benachbarten Quadranten liegen, wird der Übertrag-Zählvorgang auf die unten beschriebene Weise ausgeführt.

**[0204]** Die **Fig. 33A** und **Fig. 33B** zeigen Situationen, in denen die zwei aufeinanderfolgenden Durchfahrlinien zu beiden Seiten der y- bzw. x-Achse liegen.

#### Situationen (A)

**[0205]** In der in **Fig. 33A** dargestellten Situation (A) werden x-Übertragimpulse gezählt, wenn ein Übertrag bei zumindest einem von zwei Abtastpunkten auf den zwei aufeinanderfolgenden Durchfahrlinien auftritt, und y-Übertragimpulse werden dann gezählt, wenn ein Übertrag nur für einen von zwei Abtastpunkten auf den zwei aufeinanderfolgenden Durchfahrlinien vorliegt. Die x-Übertragimpulse für die Abtastpunkte auf den zwei Durchfahrlinien werden in derselben Richtung gezählt, während die y-Übertragimpulse für die Abtastpunkte auf den zwei Durchfahrlinien in entgegengesetzten Richtungen gezählt werden. Da die zwei Durchfahrlinien in verschiedenen Quadranten liegen, die sich in der Situation (A) auf entgegengesetzten Seiten der Y-Achse befinden, nimmt die Differenz zwischen den Anzahlen von x-Übertragimpulsen einfach zu (und nimmt niemals ab), wenn die Abtastpunkte auf den zwei Durchfahrlinien weg vom Durchfahrursprung nach außen verschoben werden. Daher wird der Übertragzählvorgang auf die oben genannte Weise ausgeführt.

#### Situation (B)

**[0206]** In der in **Fig. 33B** dargestellten Situation (B) werden x-Übertragimpulse dann gezählt, wenn ein Übertrag nur für einen von zwei Abtastpunkten auf den zwei aufeinanderfolgenden Linien auftritt, und y-Übertragimpulse werden dann gezählt, wenn ein Übertrag für mindestens einen von zwei Abtastpunkten auf den zwei aufeinanderfolgenden Durchfahrlinien auftritt. Die x-Übertragimpulse für die Abtastpunkte auf den zwei Durchfahrlinien werden in entgegengesetzten Richtungen gezählt, während die y-Übertragimpulse für die Abtastpunkte auf den zwei

Durchfahrlinien in derselben Richtung gezählt werden. Da die zwei Durchfahrlinien in zwei verschiedenen Quadranten liegen, die sich in der Situation (B) auf entgegengesetzten Seiten der X-Achse befinden, nimmt die Differenz zwischen den Anzahlen von y-Übertragimpulsen einfach zu (und nimmt niemals ab), wenn die Abtastpunkte auf den zwei Durchfahrlinien weg vom Durchfahrursprung nach außen verschoben werden. Daher wird der Übertragzählvorgang auf die oben genannte Weise ausgeführt.

**[0207]** Es wird darauf hingewiesen, dass die Änderung des Zählwerts von x-Überträgen in der Situation (A) und des Zählwerts von y-Überträgen in der Situation (B) selbst dann 1 ist, wenn ein Übertrag für zwei Abtastpunkte auf beiden aufeinanderfolgenden Durchfahrlinien auftritt, wobei tatsächlich die Differenz 2 zwischen den Anzahlen von Übertragimpulsen erzeugt wird. Daher wird der Zählwert nur ein Mal um 1 inkrementiert. Da es unmöglich ist, zwischen 1 und 2 zu unterscheiden, wird das folgende Verfahren dazu verwendet, zwischen ihnen zu unterscheiden.

**[0208]** Da die zwei Durchfahrlinien in verschiedenen Quadranten liegen, nimmt die Differenz zwischen den Anzahlen von x- oder y-Übertragimpulsen einfach zu (und nimmt niemals ab), wenn die Abtastpunkte auf den zwei Durchfahrlinien weg vom Durchfahrursprung nach außen verschoben werden. Die zu erfassende Differenz zwischen den Anzahlen von Übertragimpulsen beträgt 0, 1, 2 oder mehr. Wenn die Differenz 2 oder mehr beträgt, ist es sicher, dass ein Pixelausfall vorliegt. In diesem Fall ist dafür gesorgt, das Auftreten gleichzeitiger Überträge an zwei Abtastpunkten auf den zwei aufeinanderfolgenden Durchfahrlinien zu erfassen. Wenn dies erfasst wurde, kann angenommen werden, dass beliebige zwei Abtastpunkte, auf die später auf den zwei aufeinanderfolgenden Durchfahrlinien zugegriffen wird, nicht benachbarten Pixeln zugeordnet sind.

**[0209]** **Fig. 34** ist ein Schaltbild einer Verarbeitungsschaltung zum Erkennen des Auftretens gleichzeitiger y-Überträge an den zwei Abtastpunkten B und D auf den zwei aufeinanderfolgenden Durchfahrlinien, die in benachbarten Quadranten auf entgegengesetzten Seiten der X-Achse liegen (Situation (B) in **Fig. 33B**).

**[0210]** Wenn y-Überträge gleichzeitig an den Punkten B und D auftreten, wenn die zwei Durchfahrlinien in benachbarten Quadranten auf entgegengesetzten Seiten der X-Achse liegen, wie es in **Fig. 33B** dargestellt ist, gibt ein UND-Gatter **310** in **Fig. 34** den Zustand "1" aus. Dieser Zustand "1" wird durch eine Kombination aus einem ODER-Gatter **311** und einem Flipflop **312** abgespeichert und danach aufrechterhalten. Das Ausgangssignal P des Flipflops **312** wird in das UND-Gatter **302** der **Fig. 32** eingegeben.

**[0211]** Wenn das Ausgangssignal P den Wert "1" hat oder wenn y-Überträge gleichzeitig auf den zwei Durchfahrlinien auftraten, die auf entgegengesetzten Seiten der X-Achse liegen, gibt das UND-Gatter **302** den Zustand "0" aus. Da das UND-Gatter **302** (Fig. 32) ein Gatter zum Erfassen des durch ( $X = 0$ ,  $Y = 1$ ) ausgedrückten Zustand sind, werden Signale, wie sie beim Auftreten gleichzeitiger y-Überträge an den Punkten B und D erzeugt werden, als Bedingungen zum Ausgeben des Zustands "0" angesehen. In ähnlicher Weise werden für das UND-Gatter **302** in Fig. 32 Signale, wie sie beim Auftreten gleichzeitiger x-Überträge an den Punkten B und D erzeugt werden, als Bedingungen zum Ausgeben des Zustands "0" angesehen. Verarbeitungsschaltungen mit derselben Konfiguration wie der gemäß Fig. 34 sind einzeln mit UND-Gattern der Schaltungsteile (nicht dargestellt) der Torschaltung **291** für die Paare von Abtastpunkten B–E und B–F verbunden.

**[0212]** Nun wird die Erfassungsschaltung **272** der Fig. 24 für den letzten Abtastpunkt im Einzelnen beschrieben.

**[0213]** Wie es bereits unter Bezugnahme auf Fig. 14 erörtert wurde, ist es möglich zu erkennen, dass der Punkt B der letzte Abtastpunkt ist, wenn keines der Pixel, denen die Punkte C–F zugeordnet sind, mit dem Pixel übereinstimmen, dem der Punkt B zugeordnet ist. Fig. 35 ist ein Schaltbild der Erfassungsschaltung **272** der Fig. 24 für den letzten Abtastpunkt. Von der in Fig. 23 dargestellten Schaltung werden einzelne Übertragungssignale erhalten, die in die Erfassungsschaltung **272** für den letzten Abtastpunkt ein-zugeben sind. In Fig. 35 erfassen Zähler **320–322** Differenzen zwischen den Anzahlen von x- und y-Übertragungsimpulsen. Diese Zähler **320–322** sind Übertragungsdifferenz-Erfassungsschaltungen, die aus Auf-/Ab-Zählern bestehen, die nur dann nach oben oder unten zählen, wenn eine Differenz zwischen den Anzahlen eingegebener Übertragungsimpulse vorliegt.

**[0214]** Gemäß Fig. 14 werden zwei benachbarte Abtastpunkte in der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrrichtung)  $\Theta_{n-1}$  und der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahrrichtung)  $\Theta_n$ , die einer Abtastpunkt-Zuordnungsbeurteilung zum Bestimmen, ob die Abtastpunkte demselben Pixel {Koordinaten} zugeordnet sind, zu unterziehen sind, fortlaufend mit einer durch das Taktsignal R bestimmten Rate nach außen weg vom Durchfahrursprung 0 verschoben. Wenn zwei Abtastpunkte in den Richtungen  $\Theta_{n-1}$  und  $\Theta_n$ , die der Abtastpunkt-Zuordnungsbeurteilung zu unterziehen sind, demselben Pixel (Koordinaten) zugeordnet sind, existiert keine Differenz zwischen den Anzahlen von Übertragungsimpulsen für die zwei Abtastpunkte. Wenn die zwei Abtastpunkte verschiedenen Pixeln (Koordinaten) zugeordnet sind, tritt jedoch eine Differenz zwischen den Anzahlen von Übertragungsimpulsen auf. Wenn z. B. für den Abtastpunkt in der ak-

tuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahrrichtung)  $\Theta_n$  ein Übertrag existiert, während für den Abtastpunkt in der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrrichtung)  $\Theta_{n-1}$  kein Übertrag existiert, wird dafür gesorgt, dass der relevante Zähler um Eins hochzählt. Im Gegensatz hierzu wird, wenn für den Abtastpunkt in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahrrichtung)  $\Theta_n$  kein Übertrag existiert und für den Abtastpunkt in der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrrichtung)  $\Theta_{n-1}$  ein Übertrag existiert, dafür gesorgt, dass der relevante Zähler um Eins nach unten zählt. Wenn für den Abtastpunkt in jeder der Richtungen  $\Theta_{n-1}$  und  $\Theta_n$  ein Übertrag existiert, oder wenn für den Abtastpunkt in keiner der Richtungen  $\Theta_{n-1}$  und  $\Theta_n$  ein Übertrag existiert, zählt der Zähler weder nach oben noch nach unten. Dieser Vorgang wird für aufeinanderfolgende Abtastpunkte auf jeder Durchfahrlinie nach außen weg vom Durchfahrursprung 0 entsprechend dem Taktsignal R ausgeführt. Wenn der Zählwert des Zählers, in den die Übertragungsimpulse für die Punkte B und F der Fig. 14 eingegeben werden, z. B. "0" ist, sind die Punkte B und F demselben Pixel zugeordnet. Wenn jedoch der Zählwert des Zählers "1" ist, ist der Punkt F einem Pixel benachbart zu einem Pixel zugeordnet, dem der Punkt B zugeordnet ist. Die Zählrichtung (zunehmend oder abnehmend) der oben genannten Zähler variiert abhängig davon, in welchem Quadranten die Durchfahrlinie liegt.

**[0215]** Die Fig. 15A und Fig. 15B zeigen Zählrichtungen (zunehmend oder abnehmend) für Überträge im ersten bis vierten Quadranten, wie sie anwendbar sind, wenn die Abrasterrichtung die Uhrzeigerichtung bzw. die Gegenuhrzeigerichtung ist.

**[0216]** Wenn sich die Radarantenne **1** in Uhrzeigerichtung dreht, geht der Abtastpunkt in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahrrichtung)  $\Theta_n$  zwischen den zwei Abtastpunkten, die der Abtastpunkt-Zuordnungsbeurteilung zu unterziehen sind, dem Abtastpunkt in der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrrichtung)  $\Theta_{n-1}$  in Bezug auf die Anzahl von x-Übertragungsimpulsen im ersten Quadranten voraus. Demgemäß werden die x-Übertragungsimpulse für die Abtastpunkte in der Richtung  $\Theta_n$  in der zunehmenden Richtung (+) gezählt, und diejenigen in der Richtung  $\Theta_{n-1}$  werden in der abnehmenden Richtung (–) gezählt, was für den ersten Quadranten gilt, so dass die Differenz zwischen den Anzahlen der x-Übertragungsimpulse einen positiven (+) Wert einnimmt. Andererseits geht der Abtastpunkt in der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrrichtung)  $\Theta_{n-1}$  unter den zwei Abtastpunkten, die der Abtastpunkt-Zuordnungsbeurteilung zu unterziehen sind, dem Abtastpunkt in der aktuellen Strahlrichtung (nächste Durchfahrrichtung)  $\Theta_n$  hinsichtlich der Anzahl von y-Übertragungsimpulsen im ersten Quadranten voraus. Demgemäß werden die y-Übertragungsimpulse für die Abtastpunkte in der Richtung  $\Theta_{n-1}$  im ersten Quadranten in der zunehmenden Richtung (+) gezählt, während die-

jenigen in der Richtung  $\Theta_n$  in der abnehmenden Richtung (-) gezählt werden, so dass die Differenz zwischen den Anzahlen der y-Übertragimpulse einen positiven (+) Wert einnimmt.

**[0217]** Fig. 29 zeigt die Zählrichtungen für x- und y-Überträge, wie sie anwendbar sind, wenn die Abrasterrichtung die Uhrzeigerrichtung und die Gegenuhrzeigerrichtung ist, und zwar beim Vergleichen des Punkts B mit den Punkten B-F in den einzelnen Quadranten.

**[0218]** Es wird erneut auf die Fig. 35 Bezug genommen, gemäß der Zähler 320-322 die Differenzen zwischen den Anzahlen von Übertragimpulsen zwischen dem Punkt B und jedem seiner benachbarten Abtastpunkte, wie in Fig. 14 dargestellt, liefern. Genauer gesagt, liefert der Zähler 320 die Differenz zwischen den Anzahlen von x-Übertragimpulsen und die Differenz zwischen den Anzahlen von y-Übertragimpulsen zwischen den Punkten B und F, der Zähler 321 liefert die Differenz zwischen den Anzahlen von x-Übertragimpulsen und die Differenz zwischen den Anzahlen von y-Übertragimpulsen zwischen den Punkten S und E, und der Zähler 322 liefert die Differenz zwischen den Anzahlen von x-Übertragimpulsen und die Differenz zwischen den Anzahlen von y-Übertragimpulsen zwischen den Punkten B und D.

**[0219]** Zwischen diesen drei Zählern 320-322 liefert der Zähler 120 zum Erzielen der Differenz zwischen den Anzahlen von x-Übertragimpulsen zwischen z. B. den Punkten B und F den Zählwert "1", wenn die Anzahl der x-Übertragimpulse vom Durchfahrursprung 0 für den Punkt B verschieden von der für den Punkt F ist. Es ist nicht erforderlich, irgendeine spezielle Schaltung zum Erfassen der Differenz zwischen den Anzahlen von Übertragimpulsen zwischen Abtastpunkten auf derselben Durchfahrlinie bereitzustellen. Dies, da dann, wenn ein Übertrag auftritt, wenn z. B. der Abtastpunkt vom Punkt B auf den Punkt C in der vorigen Strahlrichtung (aktuelle Durchfahrrichtung)  $\Theta_{n-1}$  in Fig. 14 verschoben wird, wodurch eine Differenz zwischen den Anzahlen von Übertragimpulsen für die Punkte B und C erzeugt wird, erkennbar ist, dass diese Abtastpunkte (B und C) verschiedenen Pixeln zugeordnet sind. Daher führen in Fig. 35 dargestellte Leitungen 323 die x- und y-Übertragimpulse für den Punkt C unmittelbar zu einer Torschaltung in einer folgenden Stufe.

**[0220]** ODER-Gatter 324-327 erzeugen individuell die logischen Summen der von den Zählern 320-322 ausgegebenen Signale und der über die Leitungen 323 gelieferten Signale. Die Ausgangssignale dieser ODER-Gatter 324-327 werden in ein UND-Gatter 328 eingegeben. Das UND-Gatter 328 gibt den Zustand "1" aus, wenn alle Eingangssignale "1" sind, d. h., wenn keiner der benachbarten vier Punkte C-F demselben Pixel wie der Punkt B zugeordnet ist. Der

vom UND-Gatter 328 ausgegebene Zustand "1" zeigt an, dass der Punkt B der letzte Abtastpunkt ist.

**[0221]** Wie es in der vorstehenden Erörterung angegeben ist, gibt das ODER-Gatter 273 der Fig. 24 den Zustand "0", der anzeigt, dass ein Pixelausfall vorliegt, nur dann aus, wenn die Ausgangssignale der Schaltung 270 zum Vergleichen von B mit D-F, der Schaltung 271 zum Vergleichen von B mit A-C und der Erfassungsschaltung 272 für den letzten Abtastpunkt alle "0" sind.

**[0222]** Nun wird der Interpolationsadressengenerator 223 der Fig. 19 beschrieben.

**[0223]** Da der Hauptgrund für Pixelausfälle derjenige ist, dass aufeinanderfolgende Durchfahrlinien weggehend vom Durchfahrursprung 0 fächerförmig aufgeweitet sind, ist es bevorzugt, die Pixelausfälle unter Verwendung von Bilddaten zu interpolieren, die von benachbarten Pixeln geborgt werden, die in tangentialer Richtung statt in radialer Richtung liegen.

**[0224]** Es wird erneut auf die Fig. 14 Bezug genommen, gemäß der die Interpolationsadresse für das zu interpolierende Pixel X dadurch erhalten wird, dass die Adresse des Pixels X - 1 in der X-Achsenrichtung um 1 inkrementiert wird, wenn der Punkt B als letzter Abtastpunkt erkannt wurde und durch den Pixelausfalldetektor 221 ein Pixelausfall erkannt wurde. Es wird darauf hingewiesen, dass jedoch die Interpolationsadresse durch Dekrementieren der Adresse des Pixels X - 1 um 1 in der X-Achsenrichtung oder durch Inkrementieren oder Dekrementieren der Adresse des Pixels X - 1 um 1 in der X-Achsenrichtung abhängig von den Orten erfolgen sollte, an denen die relevanten Durchfahrlinien liegen. Genauer gesagt, wird abhängig davon, in welchem der acht Sektoren der Punkt B liegt, und abhängig von der Abrasterrichtung bestimmt, ob die Adresse des Pixels X - 1 in der X- oder der Y-Achsenrichtung inkrementiert oder dekrementiert werden sollte.

**[0225]** Die Fig. 36A-Fig. 36B zeigen, in welcher Richtung ein Pixelausfall abhängig vom Ort des zu interpolierenden Pixels X und der Abrasterrichtung interpoliert werden sollte, wobei Fig. 36A für Abrastern in Uhrzeigerrichtung und Fig. 36B für Abrastern in Gegenuhrzeigerrichtung gilt. Wenn die Abrasterrichtung die Uhrzeigerrichtung ist und z. B. im Sektor 0 ein Pixelausfall existiert, wird das zu interpolierende Pixel X dadurch erhalten, dass die Adresse des Pixels X - 1 um 1 in der X-Achsenrichtung inkrementiert wird. Wenn die Abrasterrichtung die Uhrzeigerrichtung ist und das Pixel X - 1, dem der Punkt B zuzuordnen ist, im Sektor 1 liegt, wird das zu interpolierende Pixel X dadurch erhalten, dass die Adresse des Pixels X - 1 in der y-Achsenrichtung um 1 inkrementiert wird.

**[0226]** Fig. 37 ist ein Schaltbild des Interpolationsadressengenerators **223** der Fig. 19.

**[0227]** Eine Interpolationsrichtung-Einstellschaltung **230** bestimmt die Interpolationsrichtung abhängig von dem in den Fig. 23A–Fig. 23B dargestellten Diagramm unter Verwendung der Abrasterrichtung und des Sektordatenwerts, der den einen der acht Sektoren spezifiziert, in dem der Punkt B liegt. Die Interpolationsrichtung-Einstellschaltung **230** gibt einen Interpolationsrichtung-Datenwert an eine x-Schiebeschaltung **331**, eine y-Schiebeschaltung **332** sowie UND-Schaltungen **333**, **334** aus. Ein vom ODER-Gatter **273** von Fig. 24 ausgegebenes Interpolationssignal wird über die UND-Schaltung **333** und die UND-Schaltung **334** in die x-Schiebeschaltung **331** bzw. die y-Schiebeschaltung **332** eingegeben. Wenn der Zustand des Interpolationssignals "1" ist (das invertierte Interpolationssignal ist "0"), verschiebt die x-Schiebeschaltung **331** die x-Koordinate des zu interpolierenden Pixels X um 1, oder die y-Schiebeschaltung **332** verschiebt die y-Koordinate des zu interpolierenden Pixels X um 1.

**[0228]** Bei der Schaltungskonfiguration der Fig. 37 liefern die Ausgangsanschlüsse a und b der Interpolationsrichtung-Einstellschaltung **330** den Zustand "1", und ihre Ausgangsanschlüsse c und d liefern den Zustand "0", wenn das zu interpolierende Pixel X z. B. im Sektor 0 liegt. Wenn der Zustand des Interpolationssignals in diesem Fall "1" ist (Interpolation erforderlich), addiert die x-Schiebeschaltung **331** den an ihrem Eingangsanschluss B eingegebenen Wert 1 zur an ihrem Eingangsanschluss A eingegebenen x-Koordinate des Pixels X, und sie gibt das Additionsergebnis aus.

**[0229]** Wenn auf die obige Weise eine Interpolationsadresse erzeugt wurde, wird der vom Punkt B gewonnene und in den Zeitverzögerungspuffer **222** eingespeicherte Datenwert in die spezifizierte Adresse des Bildspeichers **207** eingeschrieben, um das zu interpolierende Pixel X aufzufüllen. Wenn der Zustand des Interpolationssignals "0" ist (es ist keine Interpolation erforderlich), gibt der Interpolationsadressengenerator **223** die x- und y-Koordinaten des Pixels X ohne Verschiebung an den Bildspeicher **207** aus. Das getaktete Tor **24** in Fig. 19 hebt die Funktion des Primärspeichers **204**, des Sekundärspeichers **205** und des Zeitverzögerungspuffers **222** zeitweilig auf, um ausreichende Zeit zum Ausführen des oben beschriebenen Interpolationsvorgangs zu schaffen.

**[0230]** Wenn für das Pixel X ein Pixelausfall erkannt wurde und der Punkt B als letzter Abtastpunkt erkannt wurde, wird das Pixel X unter Verwendung desjenigen Datenwerts interpoliert, der von seinem benachbarten Pixel X – 1 geborgt ist, dem der Punkt B zugeordnet ist, was auf die oben genannte Weise erfolgt.

**[0231]** während das vorstehende Ausführungsbeispiel auf der in Fig. 14 dargestellten Schaltungskonfiguration beruht, ist es möglich, bei einem alternativen Ausführungsbeispiel der Erfindung die Schaltungskonfiguration der Fig. 16 zu verwenden. Bei diesem zweiten Ausführungsbeispiel ist eine Erfassungsschaltung **352** für den ersten Abtastpunkt anstelle der Erfassungsschaltung **272** für den letzten Abtastpunkt vorhanden.

**[0232]** Fig. 38 ist ein Schaltbild der Erfassungsschaltung **352** für den ersten Abtastpunkt. Zähler **340–342** zum Erfassen der Differenzen zwischen den Anzahlen von x- und y-Übertragimpulsen, ODER-Gatter **344–347** sowie ein UND-Gatter **348** sind auf dieselbe Weise wie bei der in Fig. 35 dargestellten Erfassungsschaltung **272** für den letzten Abtastpunkt konfiguriert.

**[0233]** Innerhalb der Erfassungsschaltung **352** für den ersten Abtastpunkt wird der in Fig. 16 dargestellte Punkt E als erster Abtastpunkt beurteilt, wenn keines der Pixel, denen die Punkte A–D zugeordnet sind, mit dem Pixel übereinstimmt, dem der Punkt E zugeordnet ist. Diese Erkennungsbeurteilung für den ersten Abtastpunkt erfolgt durch Erfassen der Differenzen zwischen den Anzahlen von x- und y-Übertragimpulsen, auf ähnliche Weise wie bei der bereits beschriebenen Erkennungsbeurteilung für den letzten Abtastpunkt.

**[0234]** Der Teil des Pixelausfalldetektors **221**, wie in Fig. 19 dargestellt, ist beim zweiten Ausführungsbeispiel so modifiziert, wie es in Fig. 39 dargestellt ist. Eine Schaltung **350** zum Vergleichen von E mit A–C beurteilt durch Vergleichen des Punkts E mit jedem der Punkte A–C, ob für das Pixel X ein Pixelausfall vorliegt. In ähnlicher Weise beurteilt eine Schaltung **351** zum Vergleichen von E mit D–F auf Grundlage eines Vergleichs des Punkts E mit den Punkten D und F, ob für das Pixel ein Pixelausfall vorliegt. Die Erfassungsschaltung **352** für den ersten Abtastpunkt ist so konfiguriert, wie es in Fig. 38 dargestellt ist. Die Ausgangssignale der Schaltung **350** zum Vergleichen von E mit A–C, der Schaltung **351** zum Vergleichen von E mit D–F und der Erfassungsschaltung **351** für den ersten Abtastpunkt werden in ein ODER-Gatter **353** eingegeben. Dieses ODER-Gatter **353** gibt den Zustand "0", der anzeigt, dass ein Pixelausfall vorliegt, nur dann aus, wenn die Ausgangssignale der Schaltung **350** zum Vergleichen von E mit A–C, der Schaltung **351** zum Vergleichen von E mit D–F und der Erfassungsschaltung **352** für den ersten Abtastpunkt alle "0" sind.

**[0235]** während das zweite Ausführungsbeispiel den Interpolationsadressengenerator **223** mit derselben Schaltungskonfiguration verwendet, wie sie in Fig. 37 dargestellt ist, sind Plus- und Minuszeichen oder positive und negative Richtungen umgekehrt, da die In-

terpolationsrichtung umgekehrt ist. Der Zeitverzögerungspuffer **222** gemäß **Fig. 19** ist beim zweiten Ausführungsbeispiel nicht erforderlich, da es nicht erforderlich ist, empfangene Signale für eine Durchfahrlinie aufrechtzuerhalten. Das zweite Ausführungsbeispiel verfügt ansonsten über denselben Aufbau wie das erste Ausführungsbeispiel.

**[0236]** Die **Fig. 40A–Fig. 40C** zeigen drei verschiedene Muster zum Verschieben von Adressen (vom Interpolationsadressengenerator **223** ausgegebene x- und y-Koordinaten) entlang aufeinanderfolgender Durchfahrlinien. Bei diesen verschiedenen Mustern werden Pixelausfälle so interpoliert, wie es durch einzelne Pfeile dargestellt ist.

### Patentansprüche

1. System, bei dem ein empfangenes Echosignal angezeigt wird, insbesondere ein Radar- oder Sonarsystem, mit:

- einer Antenne (**10**), die sich mit im Wesentlichen konstanter Drehzahl dreht und aufeinanderfolgend Suchsignale sendet und Echosignale empfängt;
- einer Einrichtung zum Ziehen einer ersten und einer zweiten Durchfahrlinie auf Pixeln;
- einer Einrichtung (**19**) zum Erfassen des letzten Abtastpunkts (*i*) auf der ersten Durchfahrlinie für ein Pixel;
- einem Primärspeicher (**13**), der in Echtzeit empfangene Daten von der Antenne (**10**) speichert;
- einem Koordinatenwandler (**14**) zum Umsetzen eines im Polarkoordinatensystem definierten Punkts in einen entsprechenden im Cartesischen Koordinatensystem definierten Punkt;
- einem Bildspeicher (**17**) zum Speichern von im Cartesischen Koordinatensystem definierten Signalen, die aus entsprechenden, im Polarkoordinatensystem definierten Signalen umgesetzt wurden; eine Schreibdaten-Erzeugungseinrichtung (**20**) zum Ausführen einer Korrelationsoperation an den in den Bildspeicher (**17**) eingespeicherten Daten sowie frischen Eingangsdaten und zum neuen Einschreiben sich ergebender Korrelationssignale in dieselben Speicherelemente des Bildspeichers (**17**) für Umdrehungen der Antenne (**10**); und
- einem Display (**18**) zum Anzeigen der vom Bildspeicher (**17**) ausgegebenen Daten, **dadurch gekennzeichnet**, dass

die Erfassungseinrichtung (**19**) für einen letzten Abtastpunkt ausgebildet ist, so dass sie beurteilt, ob ein Bildpunkt, dem ein Abtastpunkt *i* auf der ersten Durchfahrlinie  $\Theta_{n-1}$  zugeordnet ist, nicht mit einem von Pixeln überstimmt, denen mehrere benachbarte Abtastpunkte auf der ersten Durchfahrlinie  $\Theta_{n-1}$  und der zweiten Durchfahrlinie  $\Theta_n$  zugeordnet sind, und den Abtastpunkt *i* als letzten Abtastpunkt ermittelt, wenn sie nicht übereinstimmen; wobei

die mehreren benachbarten Abtastpunkte auf der ersten Durchfahrlinie und der zweiten Durchfahrlinie aus vier Abtastpunkten bestehen, nämlich

- (1) einem Abtastpunkt angrenzend an den Abtastpunkt *i* auf der ersten Durchfahrlinie und an dessen Außenseite,
- (2) einem Abtastpunkt mit demselben Abstand vom Durchfahrursprung auf der zweiten Durchfahrlinie und
- (3) zwei Abtastpunkten auf der zweiten Durchfahrlinie, die benachbart zum Abtastpunkt mit demselben Abstand zu dessen beiden Seiten liegen; und dass

die Schreibdaten-Erzeugungseinrichtung (**20**) dann, wenn ein Abtastpunkt *i* als letzter Abtastpunkt für ein Pixel erkannt wird, den Datenwert, der am Abtastpunkt *i* erhalten wurde, als frischen Eingangsdatenwert verwendet.

2. System nach Anspruch 1, mit einer Erfassungseinrichtung (**15**) für einen ersten Abtastpunkt *j*, **dadurch gekennzeichnet**, dass

die Erfassungseinrichtung (**15**) für einen ersten Abtastpunkt ausgebildet ist, so dass sie beurteilt, ob ein Pixel, dem ein Abtastpunkt *j* auf der zweiten Durchfahrlinie zugeordnet ist, nicht mit einem der Pixel übereinstimmt, denen mehrere benachbarte Abtastpunkte auf der ersten Durchfahrlinie  $\Theta_{n-1}$  und der zweiten Durchfahrlinie  $\Theta_n$  zugeordnet sind, und um den Abtastpunkt *j* als ersten Abtastpunkt zu bestimmen, wenn sie nicht übereinstimmen; dass

ein Speicher (**16**) angeordnet ist zum Speichern des für jeweilige Abtastpunkte für ein Pixel auf der zweiten Durchfahrlinie erhaltenen Maximaldatenwerts; und dass

eine Maximaldatenwert-Entnahmeeinrichtung (**100**) angeordnet ist zum Einschreiben des frischen Eingangsdatenwerts, der an einem Abtastpunkt *j* erhalten wurde, der einem Pixel zugeordnet ist und auf der zweiten Durchfahrlinie liegt, in den Speicher (**16**), wenn dieser Abtastpunkt *j* als erster Abtastpunkt ermittelt wird, und um in den Speicher (**16**) den größeren Datenwert hinsichtlich des am Abtastpunkt *j* erhaltenen frischen Eingangsdatenwerts und des Datenwerts einzuschreiben, der dem Pixel entspricht und zuvor in den Speicher (**16**) eingespeichert wurde, wenn dieser Abtastpunkt *j* nicht als erster Abtastpunkt ermittelt wird, wobei

die mehreren benachbarten Abtastpunkte auf der ersten Durchfahrlinie und der zweiten Durchfahrlinie, auf die von der Erfassungseinrichtung (**15**) für den ersten Abtastpunkt Bezug genommen wird, aus vier Abtastpunkten bestehen, nämlich:

- (1) einem Abtastpunkt benachbart zum Abtastpunkt *j* auf der zweiten Durchfahrlinie und an dessen Innenseite,
- (2) einem Abtastpunkt mit demselben Abstand vom Durchfahrursprung auf der ersten Durchfahrlinie und
- (3) zwei Abtastpunkten auf der ersten Durchfahrlinie, die zum Abtastpunkt mit demselben Abstand benachbart sind und zu dessen beiden Seiten liegen, und

wobei die Schreibdaten-Erzeugungseinrichtung (20) dann, wenn ein Abtastpunkt  $i$  als letzter Abtastpunkt beurteilt wird, denjenigen Datenwert als frischen Eingangsdatenwert verwendet, der am Abtastpunkt  $i$  für das Pixel erhalten wurde.

3. System nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Speicher (16) Speicherelemente zum Einspeichern von Daten während einer gesamten Durchfahrlinie enthält.

4. System nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Speicher (16) zu einem Zeitpunkt empfangene Daten um eine Zeit verzögert, die einer gesamten Durchfahrlinie entspricht.

5. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Echosignale empfangen und an Punkten abgetastet werden, die den Abtastpunkten der zweiten gezogenen Durchfahrlinie entsprechen.

6. System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch eine Pixelausfall-Erfassungseinrichtung zum Beurteilen, ob die Pixel, denen die Abtastpunkte zugeordnet sind, mit Pixeln übereinstimmen, die benachbart zum Pixel sind, zu dem der letzte Abtastpunkt gehört und das zwischen der ersten und zweiten Durchfahrlinie liegt, und zum Bestimmen, dass keine dem benachbarten Pixel zugeordneten Abtastpunkte existieren und demgemäß ein Pixelausfall vorliegt; und eine Interpolationseinrichtung zum Liefern des ausgefallenen Pixels mittels eines Signals auf Grundlage von Signalen, die in Speicherelementen gespeichert sind, die Pixeln benachbart zum ausgefallenen Pixel entsprechen.

7. System nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Interpolationseinrichtung das ausgefallene Pixel mit einem Signal auf Grundlage von Signalen versieht, die in Speicherelementen gespeichert sind, und zwar entsprechend Pixeln, die in der Drehrichtung der Antenne (10) benachbart positioniert liegen.

8. System nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Ausführen einer Korrelationsoperation an den in den Bildspeicher (17) eingespeicherten Daten und frischen Eingangsdaten, wenn der letzte Abtastpunkt erkannt wurde, und zum neuen Einschreiben sich ergebender Korrelationssignale in dasselbe Speicherelement des Bildspeichers (17), entsprechend dem Pixel, für Umdrehungen der Antenne (10).

9. Bilddaten-Einschreibverfahren für das System nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

einem Schritt des Bereitstellens des Systems nach Anspruch 1,

einem Schritt des Ausführens einer Korrelationsoperation an den in den Bildspeicher (17) eingespeicherten Daten und frischen Eingangsdaten und zum Einschreiben sich ergebender Signale in dieselben Speicherelemente des Bildspeichers (17) für Rotationen der Antenne (10); und

einem Schritt des Beurteilens, ob ein Pixel, dem ein Abtastpunkt  $i$  auf einer ersten Durchfahrlinie zugeordnet ist, nicht mit einem der Pixel übereinstimmt, denen mehrere benachbarte Abtastpunkte auf der ersten Durchfahrlinie  $\Theta_{n-1}$  und der zweiten Durchfahrlinie  $\Theta_n$  zugeordnet sind, und um den Abtastpunkt  $i$  als letzten Abtastpunkt zu bestimmen, wenn sie nicht übereinstimmen,

wobei der Schreibschritt dann, wenn ein Abtastpunkt  $i$  als letzter Abtastpunkt beurteilt wird, den Datenwert, der am Abtastpunkt  $i$  für das Pixel erhalten wurde, als frischen Eingangsdatenwert verwendet.

10. Bilddaten-Einschreibverfahren für das System nach Anspruch 1, mit den folgenden Schritten:

einem Schritt des Bereitstellens des Systems nach Anspruch 1,

einem Erfassungsschritt für einen ersten Abtastpunkt zum Beurteilen, ob ein Pixel, dem ein Abtastpunkt  $j$  auf der zweiten Durchfahrlinie zugeordnet ist, nicht mit einem von Pixeln übereinstimmt, denen mehrere benachbarte Abtastpunkte auf einer ersten Durchfahrlinie  $\Theta_{n-1}$  und der zweiten Durchfahrlinie  $\Theta_n$  zugeordnet sind, und zum Bestimmen des Abtastpunkts  $j$  als ersten Abtastpunkt, wenn sie nicht übereinstimmen;

einem Schritt des Einspeicherns des Maximaldatenwerts in einen Speicher (16), der an Abtastpunkten für ein Pixel auf der zweiten Durchfahrlinie erhalten wurde;

einem Maximaldatenwert-Entnahmeschritt zum Einschreiben des frischen Eingangsdatenwerts, der an einem einem Pixel zugeordneten Abtastpunkt  $j$  erhalten wurde und auf der zweiten Durchfahrlinie liegt, in den Speicher (16), wenn dieser Abtastpunkt  $j$  als erster Abtastpunkt bestimmt ist, und zum Einschreiben des größeren Datenwerts hinsichtlich dem frischen Eingangsdatenwert, wie er am Abtastpunkt  $j$  erhalten wurde, oder des Datenwerts, der dem Pixel entspricht und zuvor in den Speicher (16) eingespeichert wurde, wenn dieser Abtastpunkt  $j$  nicht als erster Abtastpunkt für das Pixel bestimmt wurde, in den Speicher (16), wobei der Maximaldatenwert-Speicherschritt den Datenwert, der am Abtastpunkt  $i$  erhalten wurde, als frischen Datenwert verwendet, wenn der Abtastpunkt  $i$  als letzter Abtastpunkt für das Pixel beurteilt wurde.

11. Dateninterpolationsverfahren für das System nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

einem Schritt des Bereitstellens des Systems nach Anspruch 1,

einem Schritt des Beurteilens, ob ein Pixel, dem ein Abtastpunkt  $i$  auf einer ersten Durchfahrline zugeordnet ist, nicht mit irgendeinem der Pixel übereinstimmt, denen mehrere benachbarte Abtastpunkte auf der ersten Durchfahrline  $\Theta_{n-1}$  und der zweiten Durchfahrline  $\Theta_n$  zugeordnet sind, und um den Abtastpunkt  $i$  als letzten Abtastpunkt zu bestimmen, wenn sie nicht übereinstimmen;

einem Schritt des Beurteilens, ob die Pixel, denen die Abtastpunkte zugeordnet sind, mit einem Pixel übereinstimmen, das benachbart zum Pixel liegt, zu dem der letzte Abtastpunkt gehört und das zwischen der ersten und zweiten Durchfahrline positioniert ist, und zum Bestimmen, dass dem benachbarten Pixel keine Abtastpunkte zugeordnet sind und demgemäß ein Pixelausfall vorliegt; und

einem Schritt des Versorgens des ausgefallenen Pixels mit einem Signal auf Grundlage von Signalen, die in Speicherelementen gespeichert sind, die Pixeln benachbart zum ausgefallenen Pixel entsprechen.

12. Dateninterpolationsverfahren für das System nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

einem Schritt des Bereitstellens des Systems nach Anspruch 1,

einem Schritt des Beurteilens, ob ein Pixel, dem ein Abtastpunkt  $j$  auf der zweiten Durchfahrline zugeordnet ist, nicht mit einem der Pixel übereinstimmt, denen mehrere benachbarte Abtastpunkte auf der ersten Durchfahrline  $\Theta_{n-1}$  und der zweiten Durchfahrline  $\Theta_n$  zugeordnet sind, und um den Abtastpunkt  $j$  als ersten Abtastpunkt zu bestimmen, wenn sie nicht übereinstimmen;

einem Schritt des Beurteilens, ob die Pixel, denen die Abtastpunkte zugeordnet sind, mit einem Pixel übereinstimmen, das benachbart zum Pixel liegt, zu dem der erste Abtastpunkt gehört und das zwischen der zweiten und ersten Durchfahrline positioniert ist, und zum Bestimmen, dass keine dem benachbarten Pixel zugeordneten Abtastpunkte vorliegen und demgemäß ein Pixelausfall vorliegt; und

einem Schritt des Versorgens des ausgefallenen Pixels mit einem Signal auf Grundlage von Signalen, die in Speicherelementen gespeichert sind, die Pixeln benachbart zum ausgefallenen Pixel entsprechen.

Es folgen 36 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

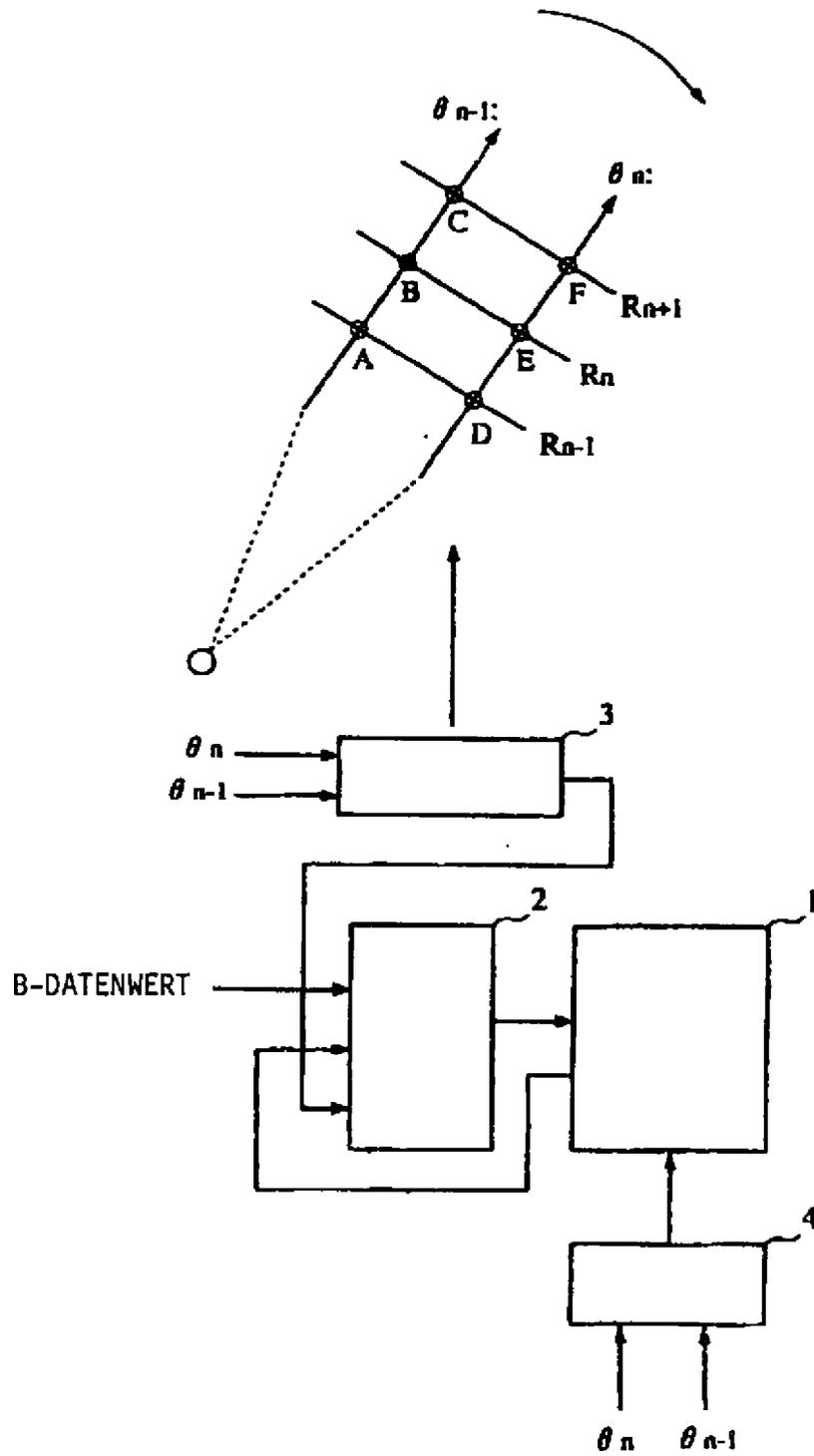


Fig. 2

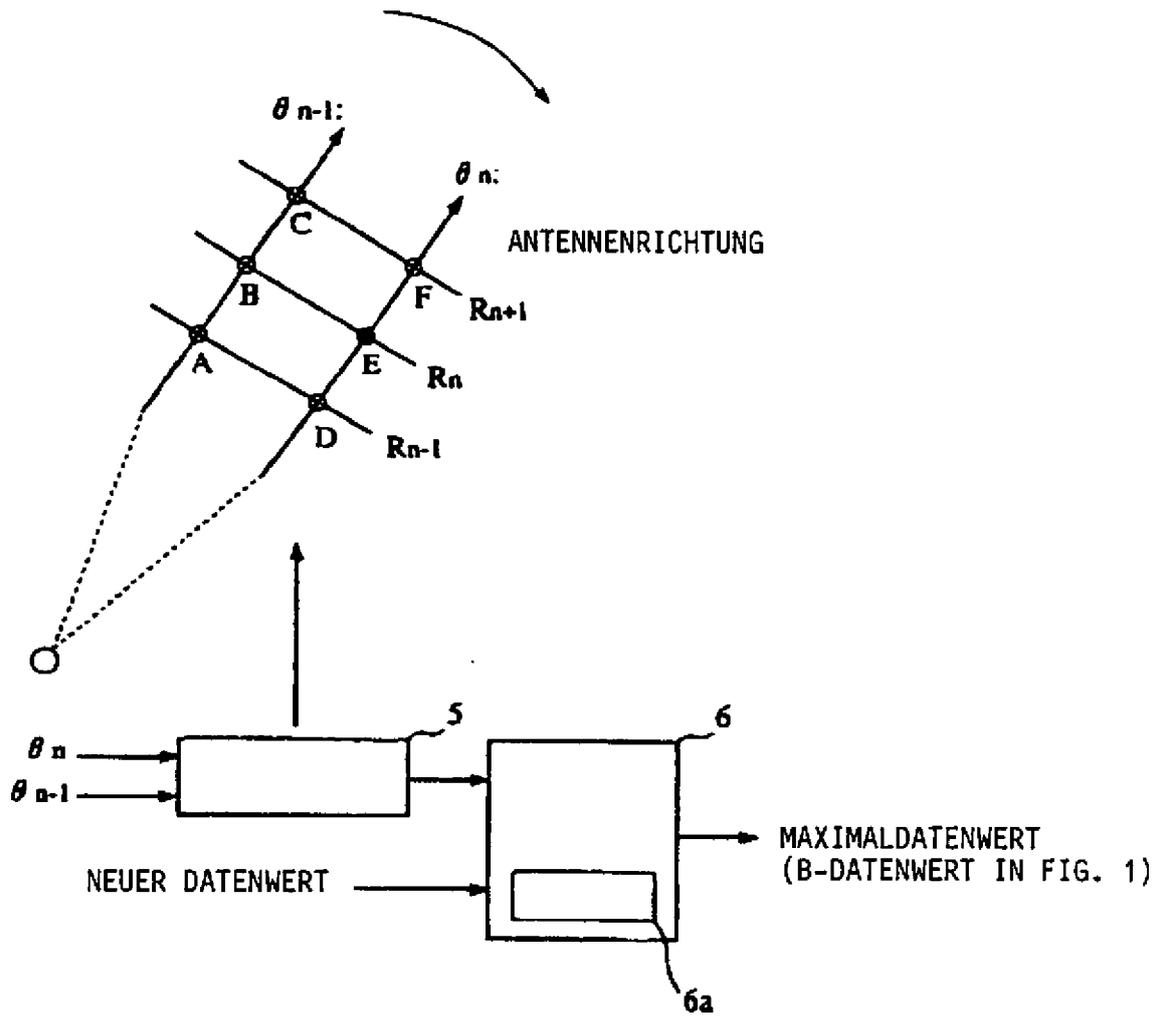


Fig. 3

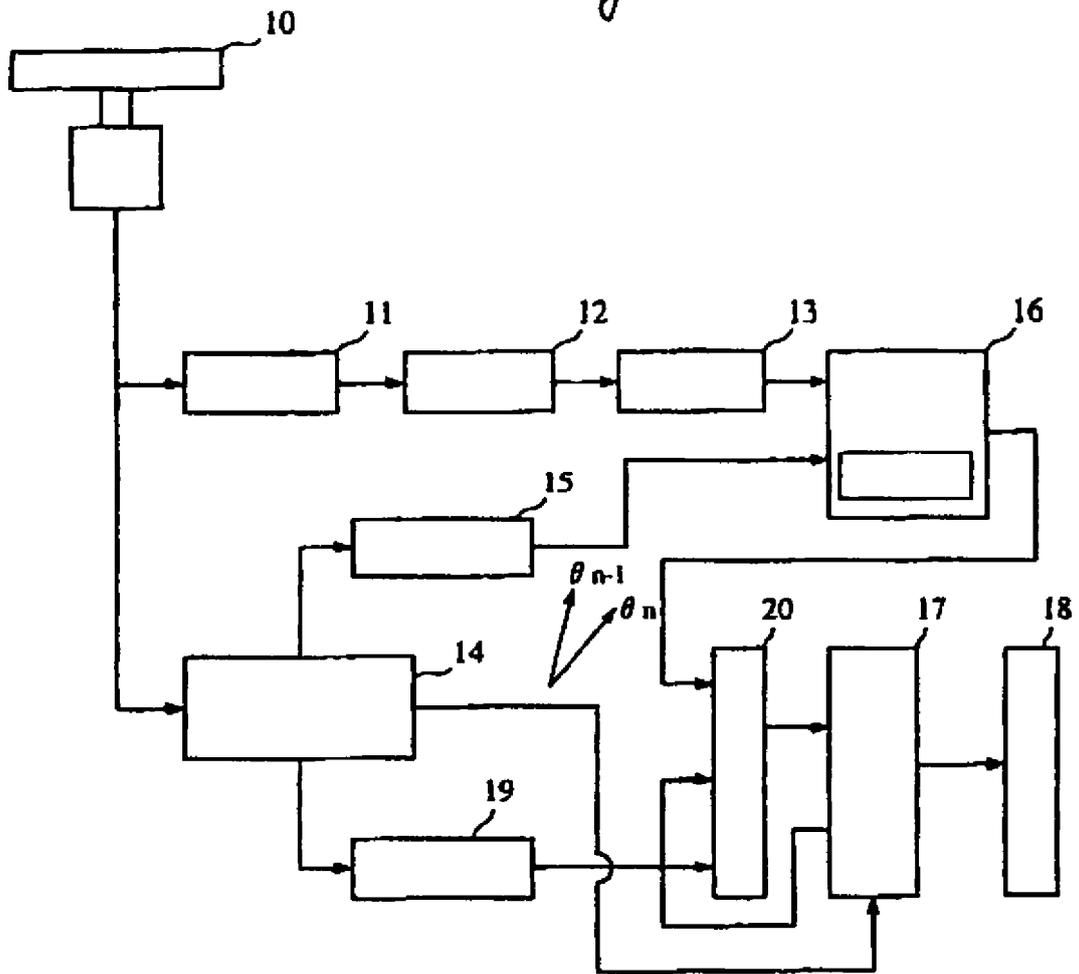


Fig. 4

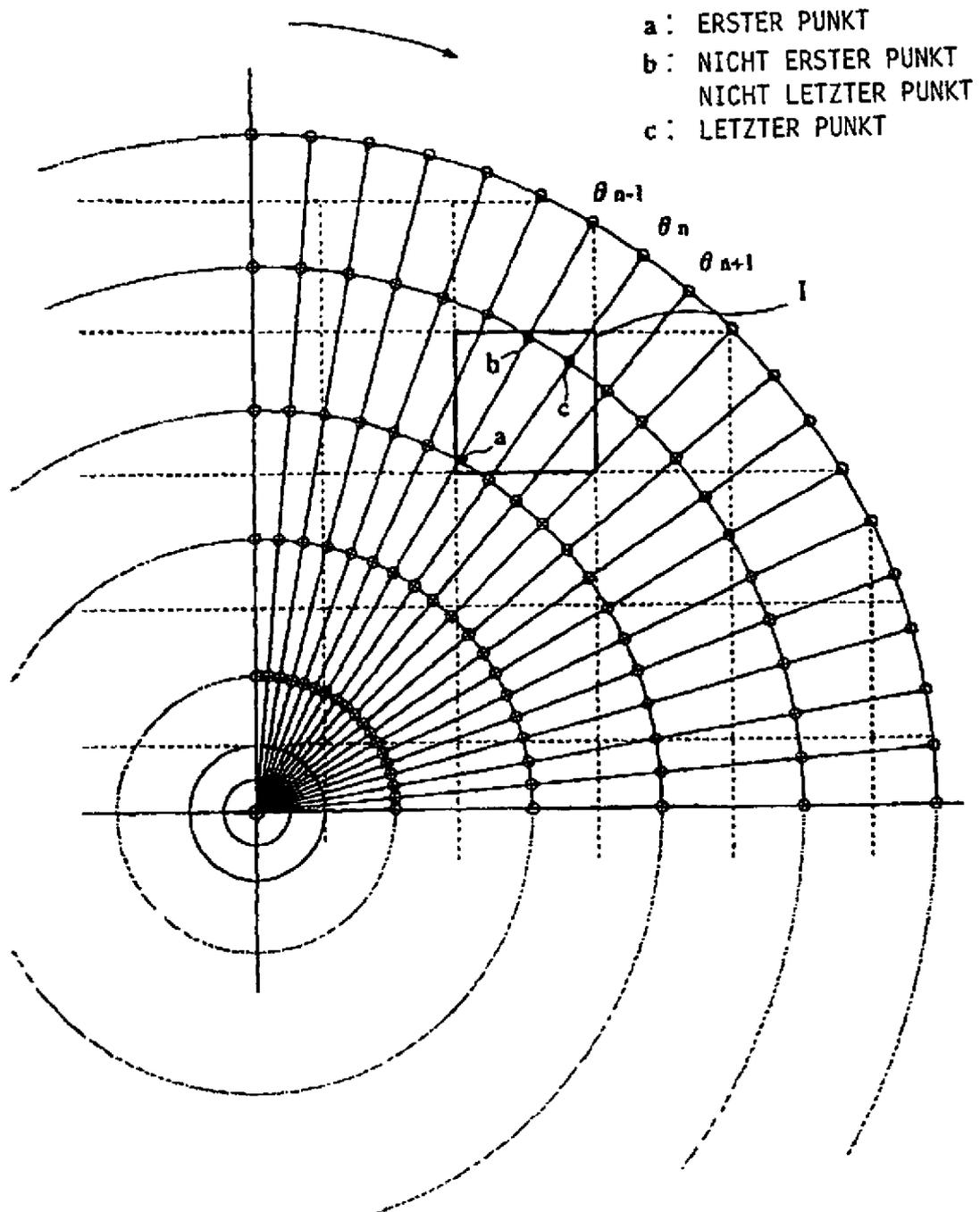


Fig. 5

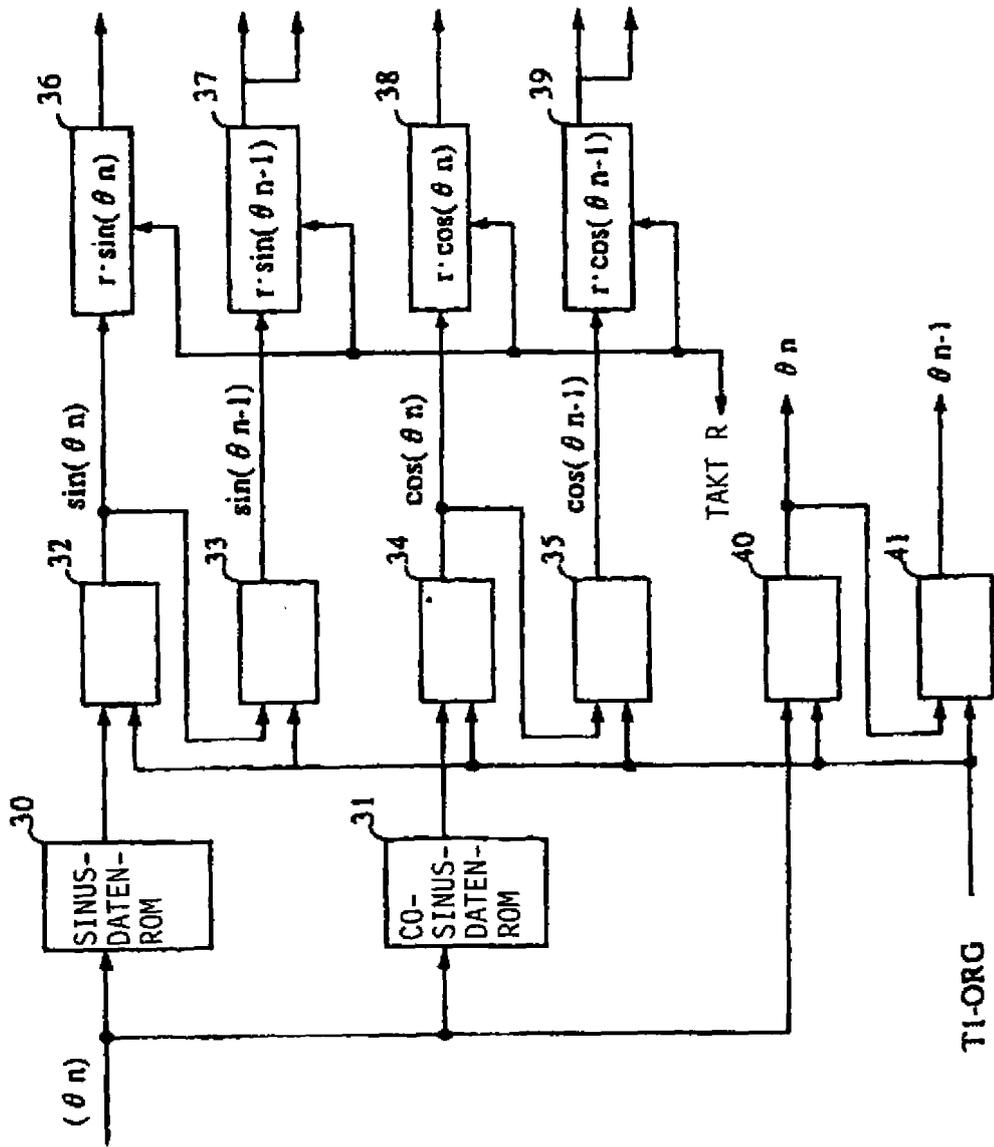


Fig. 6

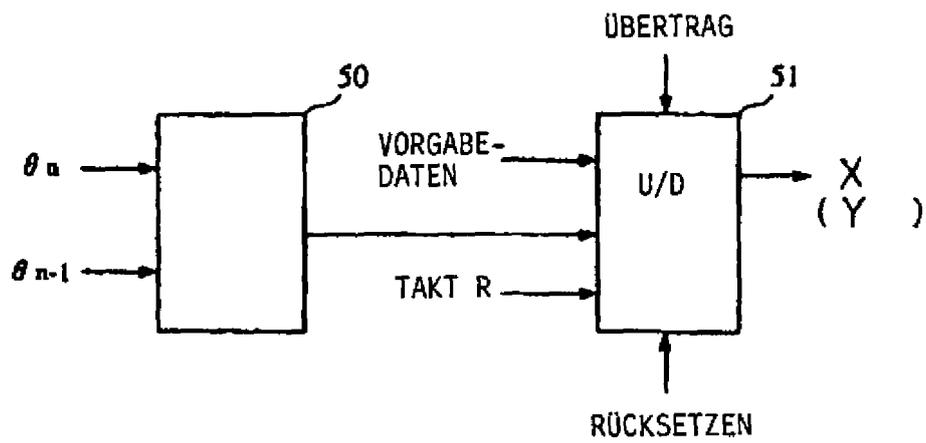
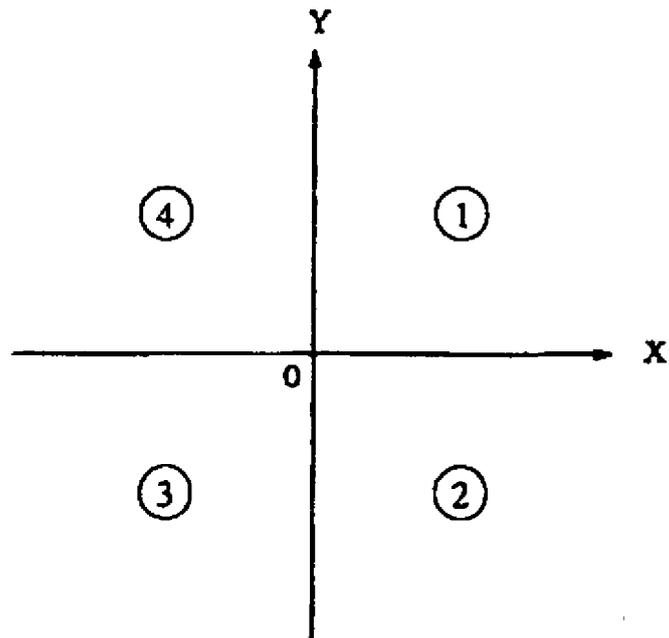


Fig. 7



	X	Y
①	+	-
②	-	-
③	-	+
④	-	+

Fig. 8

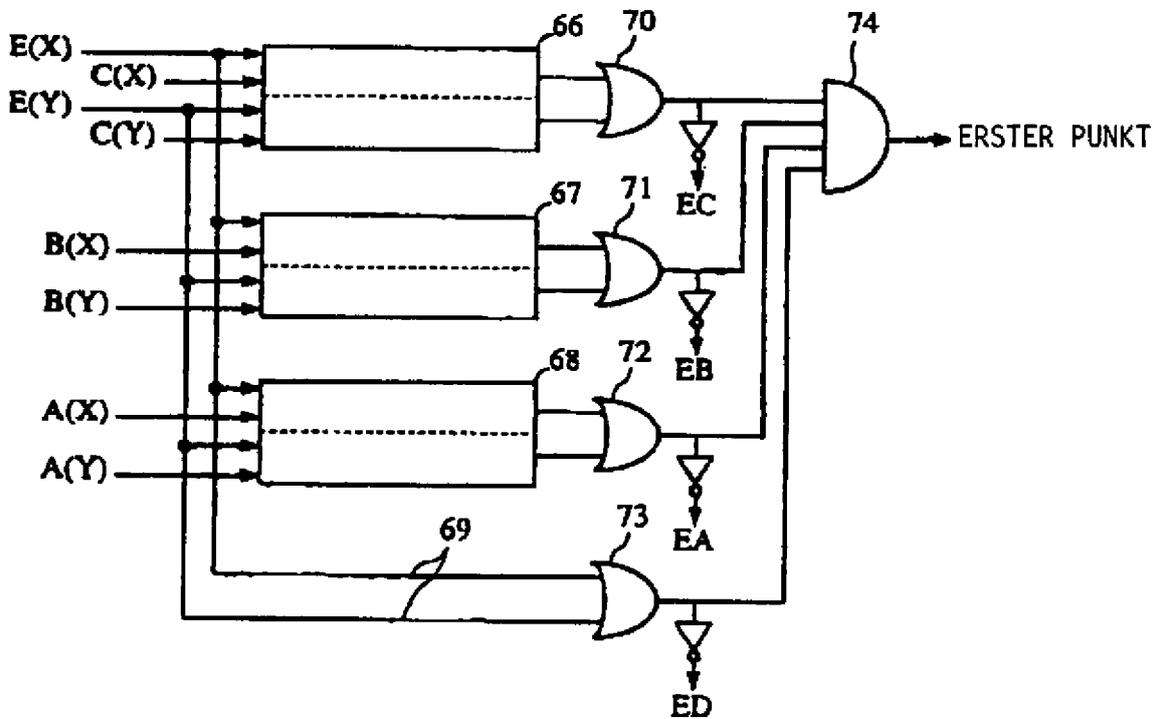
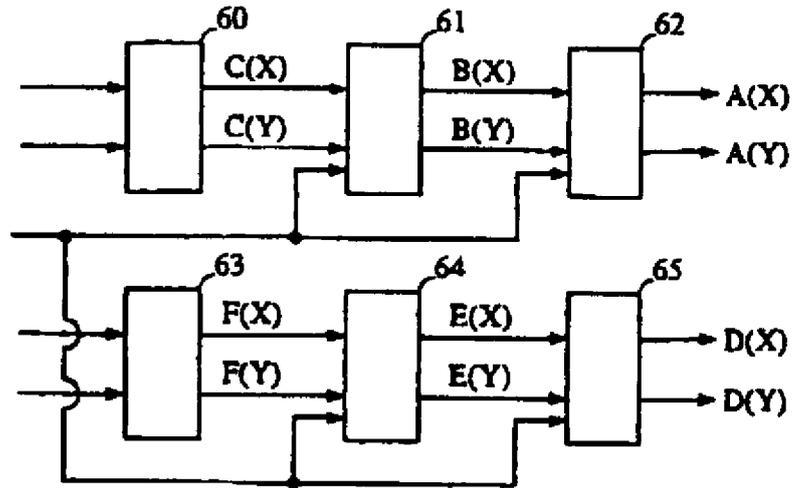
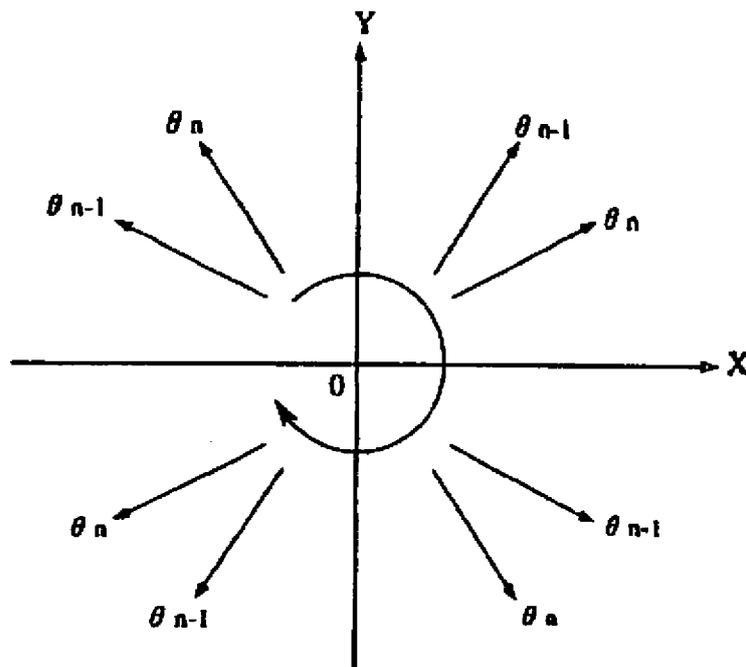
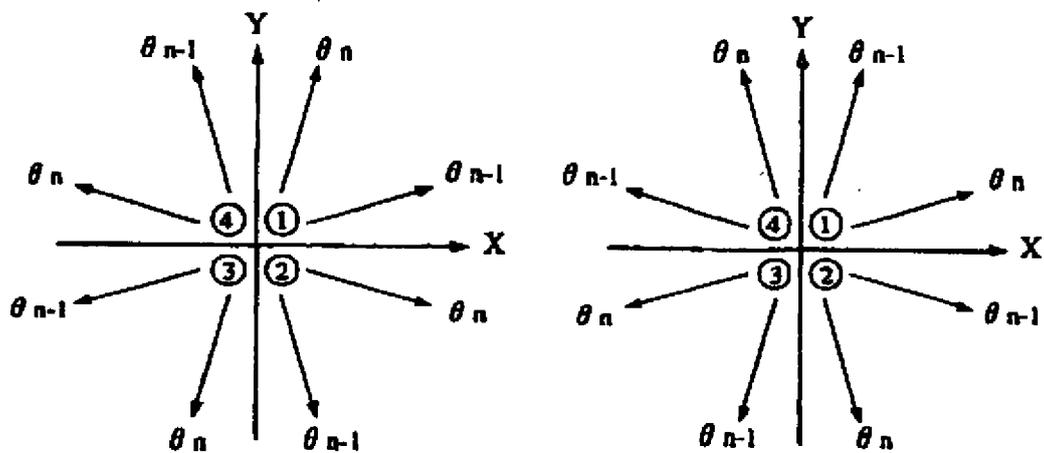


Fig. 9



	UHRZEIGER- RICHTUNG		GEGENUHR- ZEIGERRICHT.	
	X	Y	X	Y
①	$\theta_{n-1}$	-	+	-
	$\theta_n$	+	-	+
②	$\theta_{n-1}$	+	-	+
	$\theta_n$	-	+	-
③	$\theta_{n-1}$	-	+	-
	$\theta_n$	+	-	+
④	$\theta_{n-1}$	+	-	+
	$\theta_n$	-	+	-

Fig. 10



		UHRZEIGER- RICHTUNG		GEGENUHR- ZEIGERRICHT.	
		X	Y	X	Y
①	$\theta_{n-1}$	-	+	+	-
	$\theta_n$	+	+	+	+
②	$\theta_{n-1}$	+	-	-	+
	$\theta_n$	+	+	+	+
③	$\theta_{n-1}$	-	+	+	-
	$\theta_n$	+	+	+	+
④	$\theta_{n-1}$	+	-	-	+
	$\theta_n$	+	+	+	+

Fig. 11

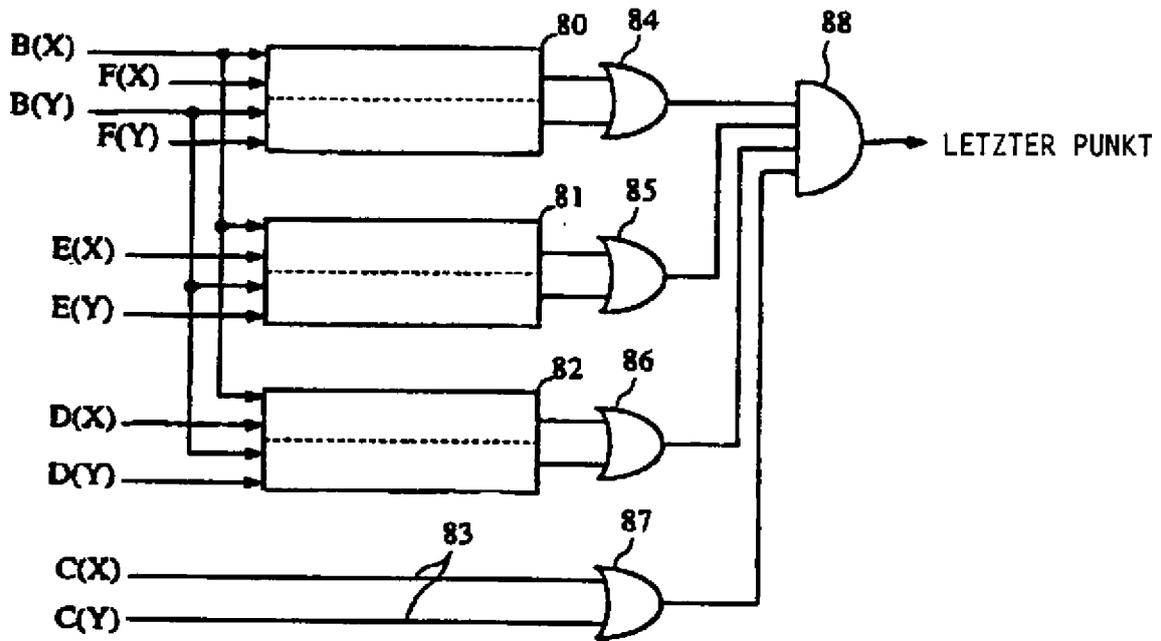


Fig. 12

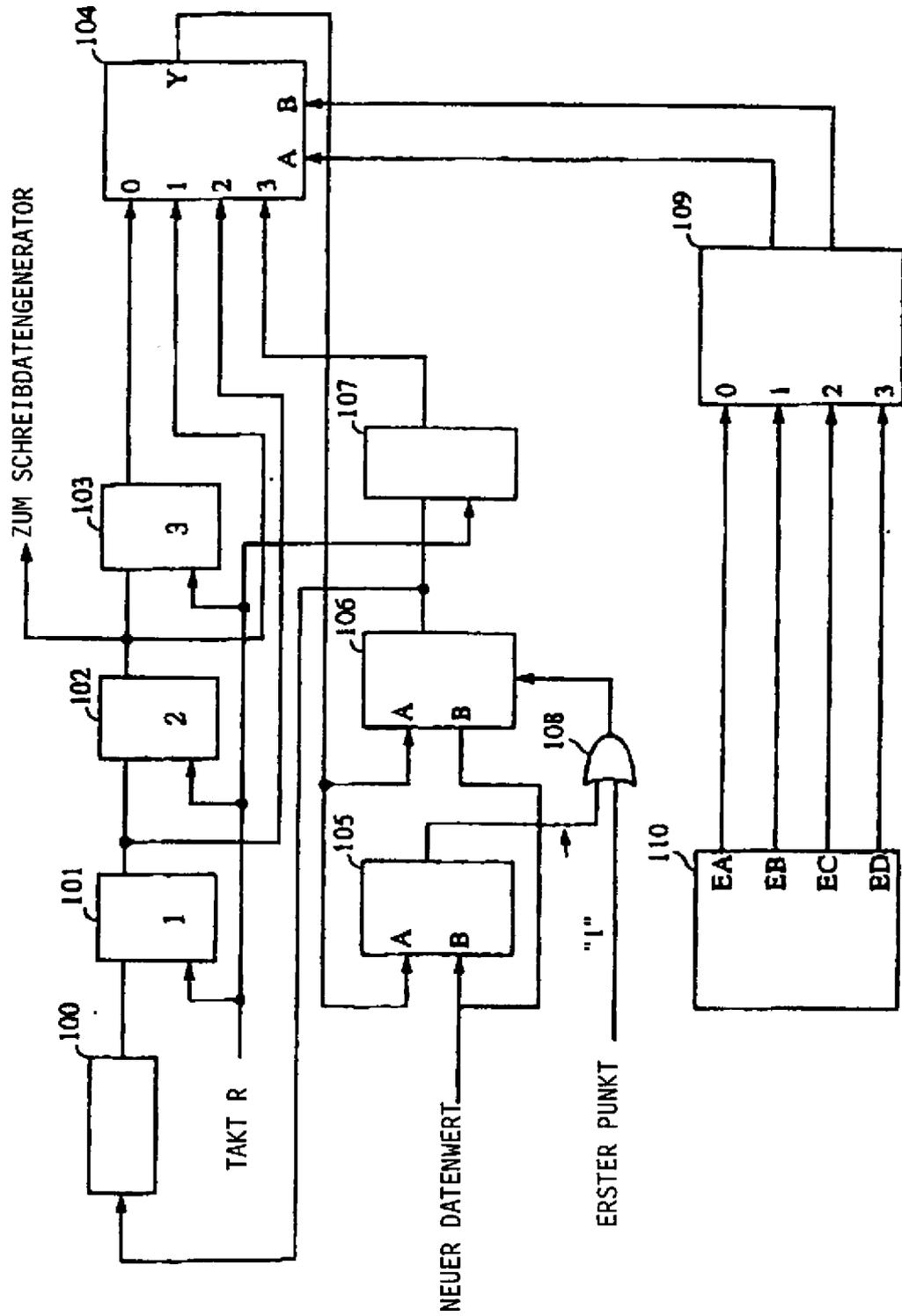


Fig. 13

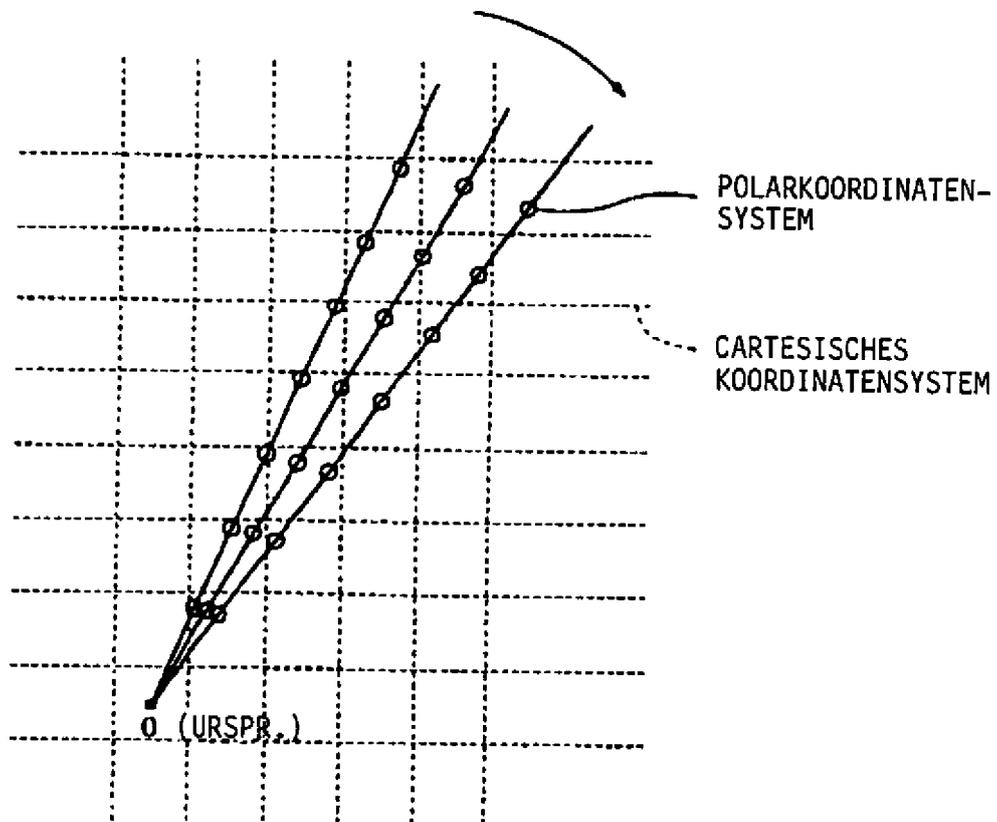


Fig. 14

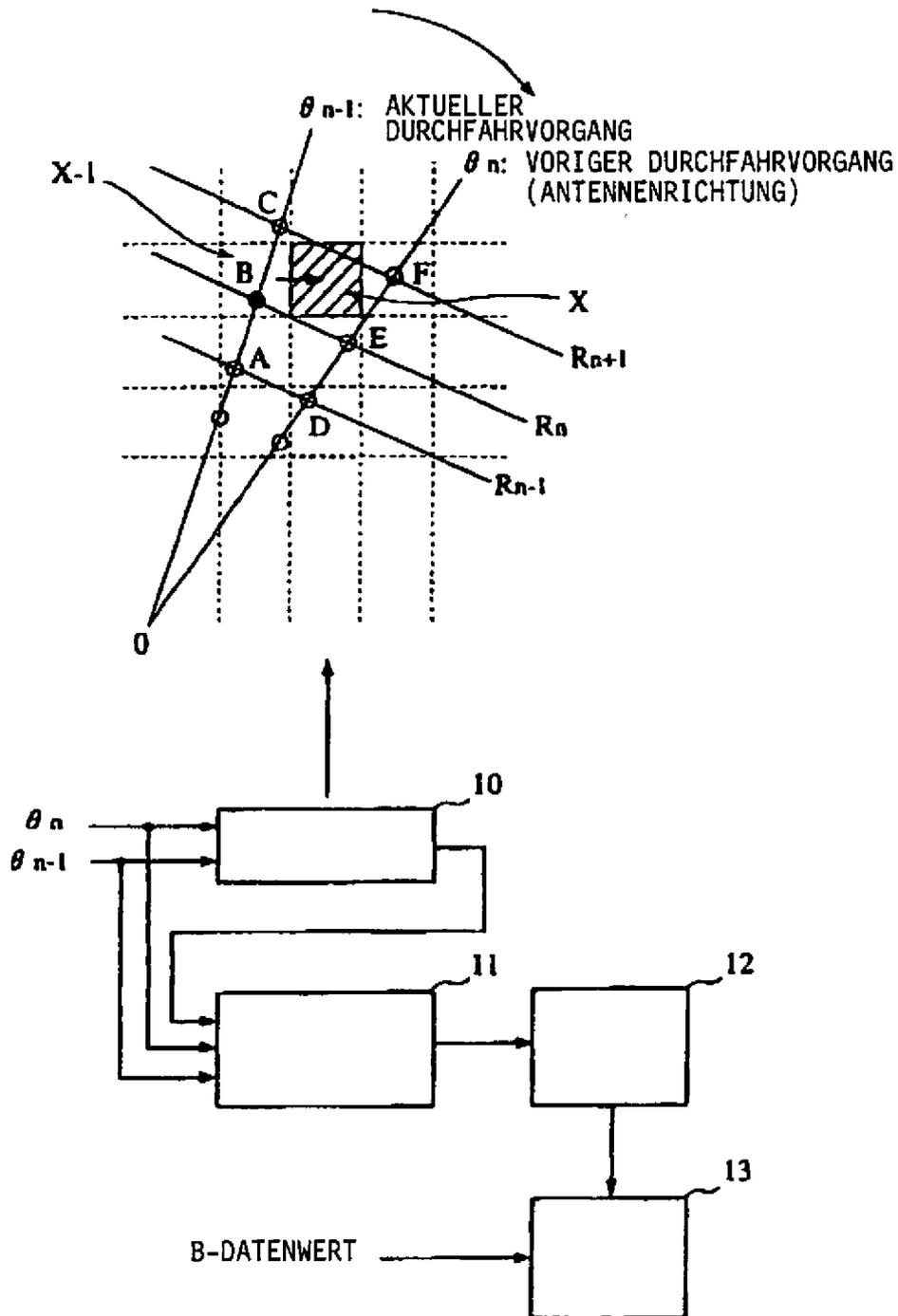


Fig. 15(A)

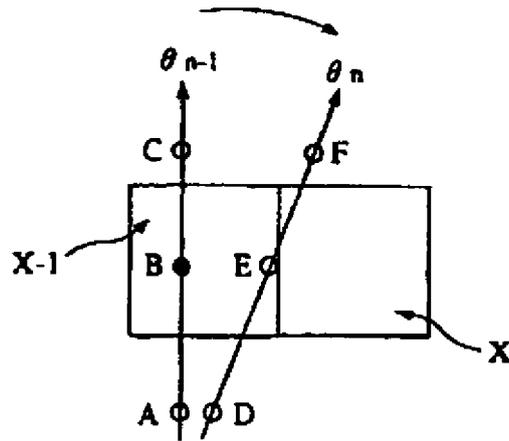


Fig. 15(B)

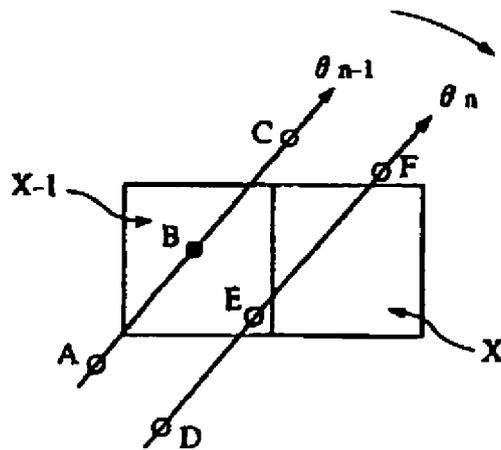


Fig. 16

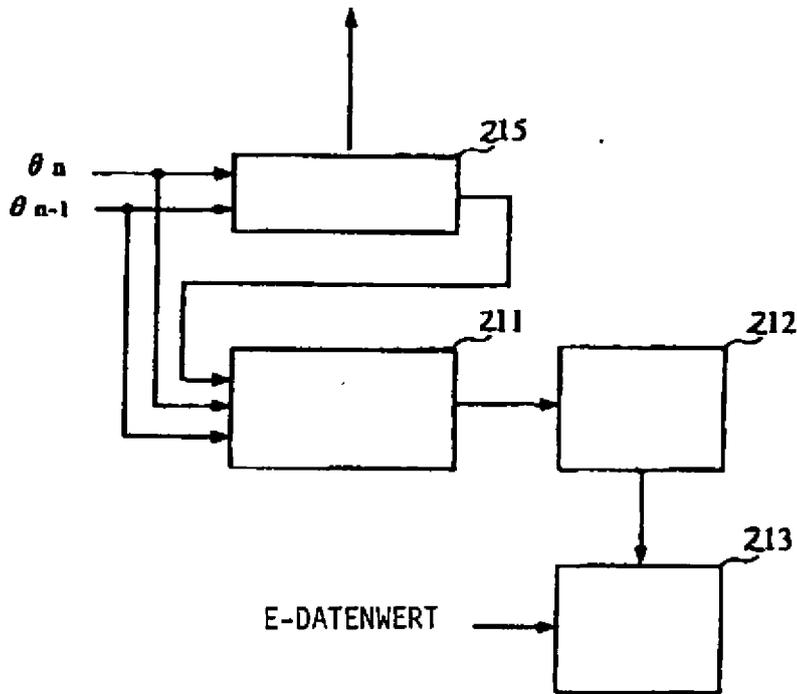
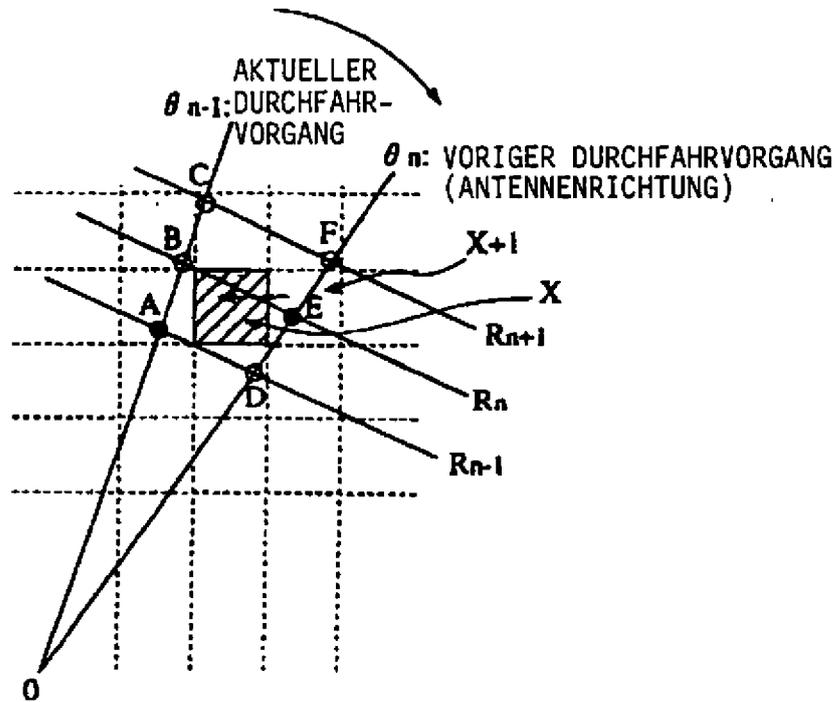


Fig. 17

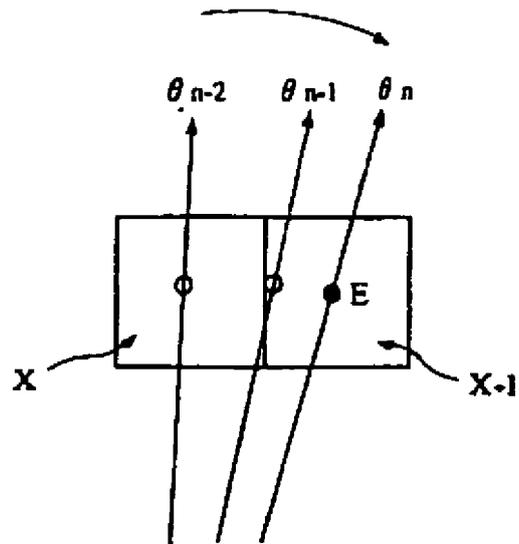


Fig. 1B

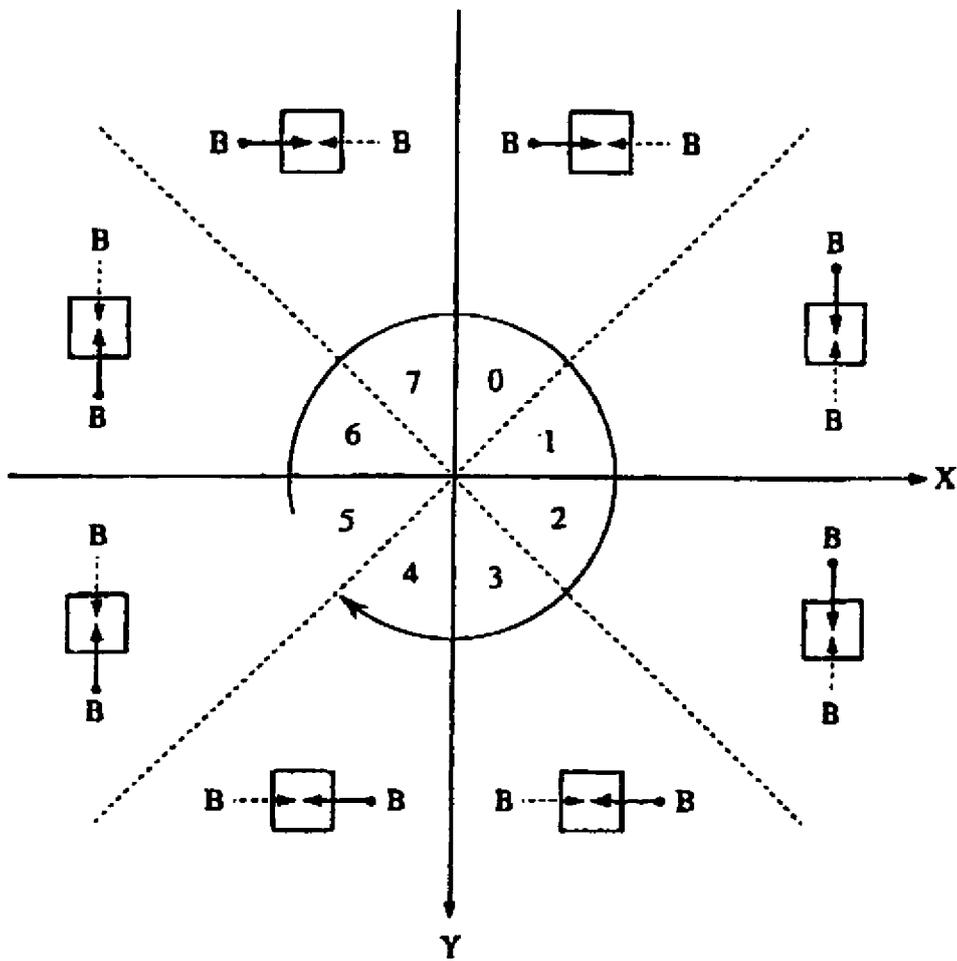


Fig. 19

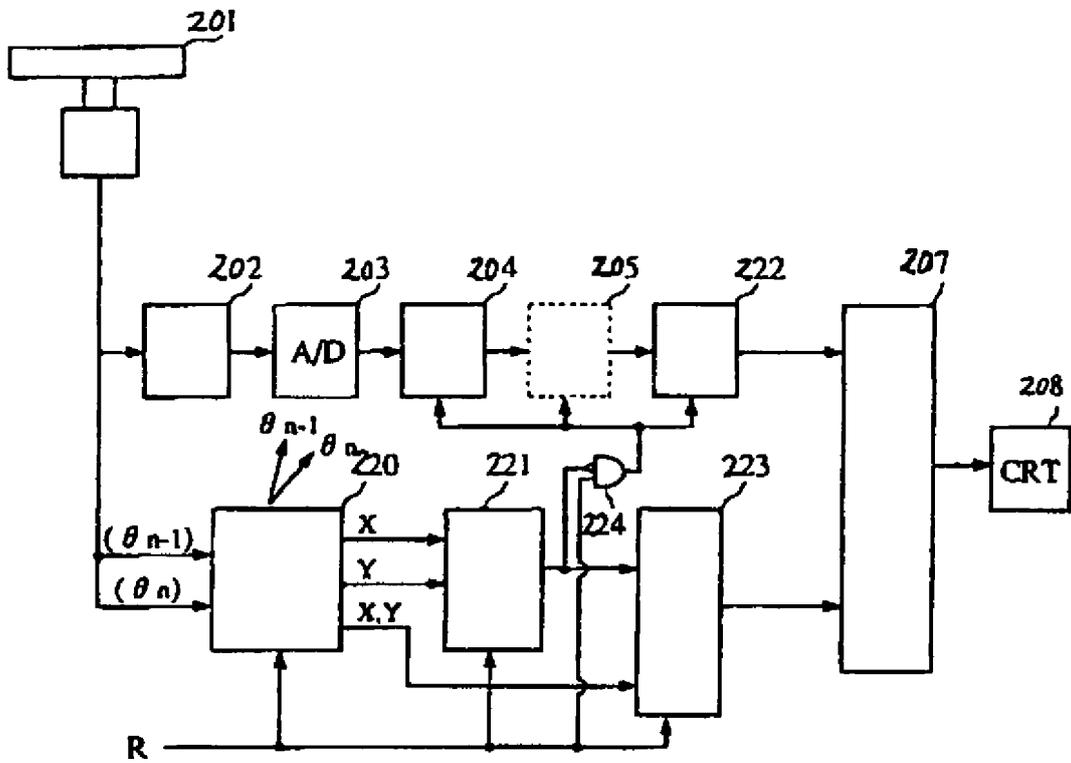


Fig. 20

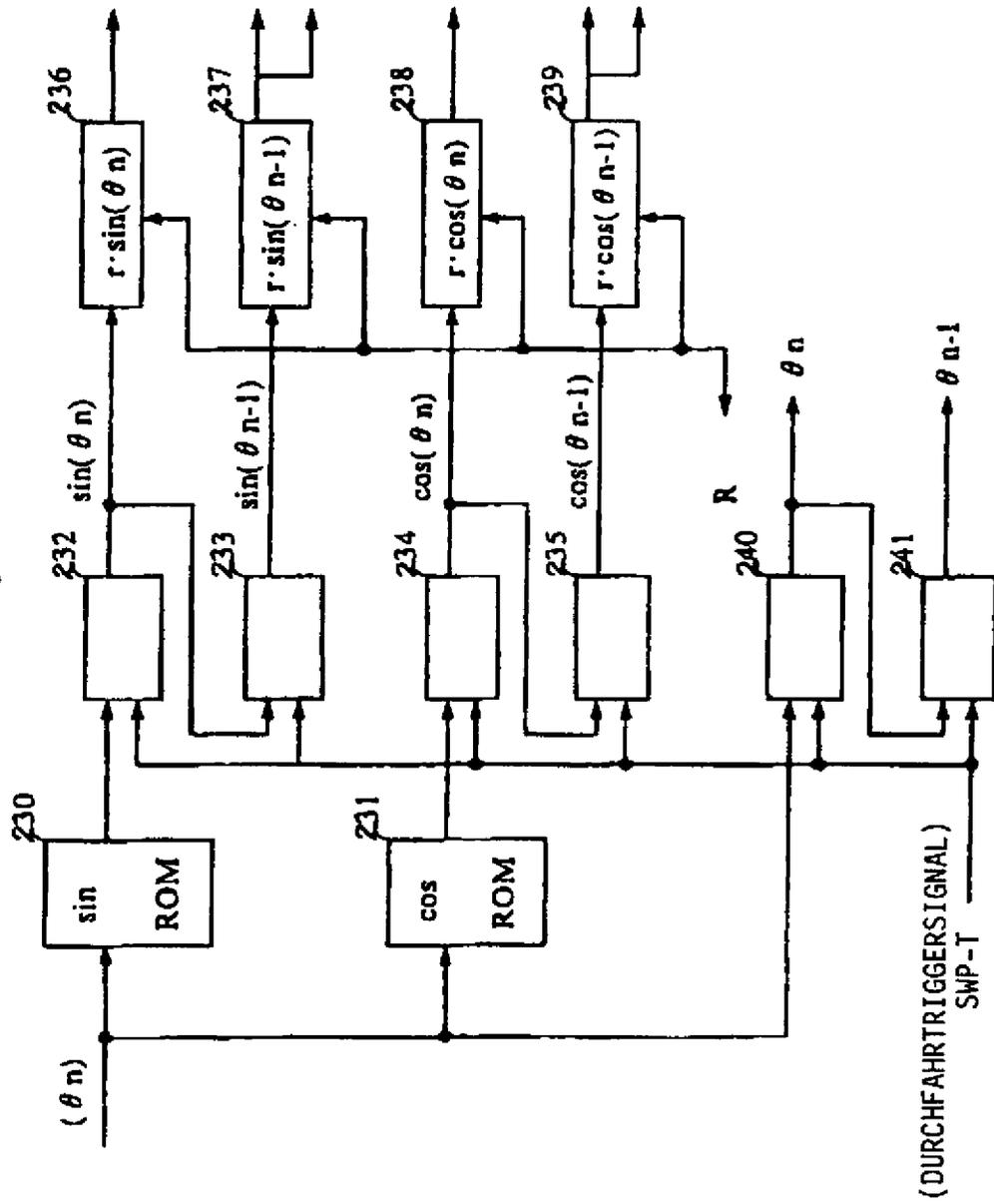


Fig. 21

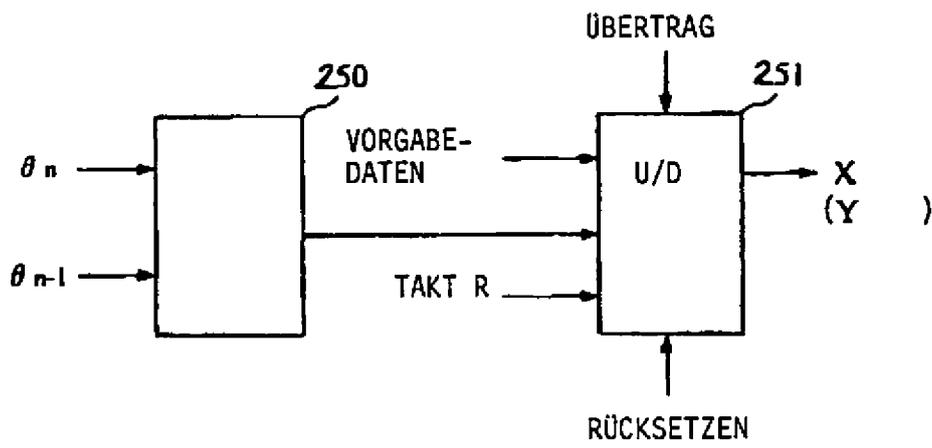
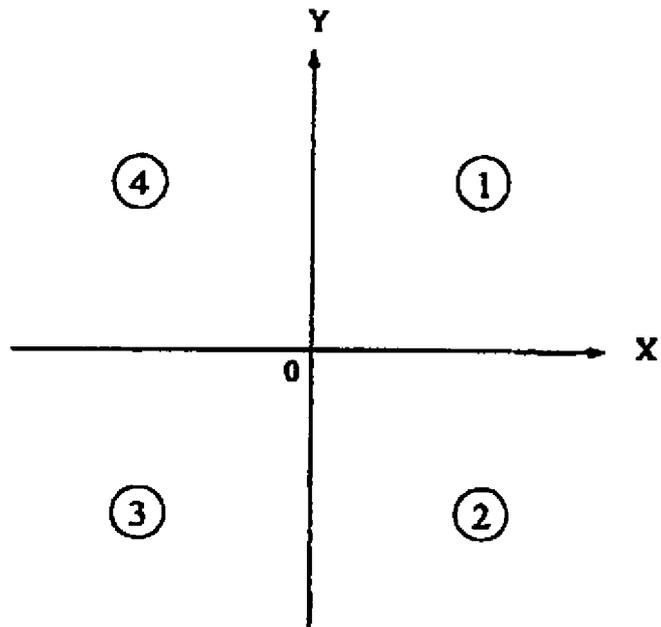


Fig. 22



	X	Y
①	+	+
②	+	-
③	-	-
④	-	+

Fig. 23

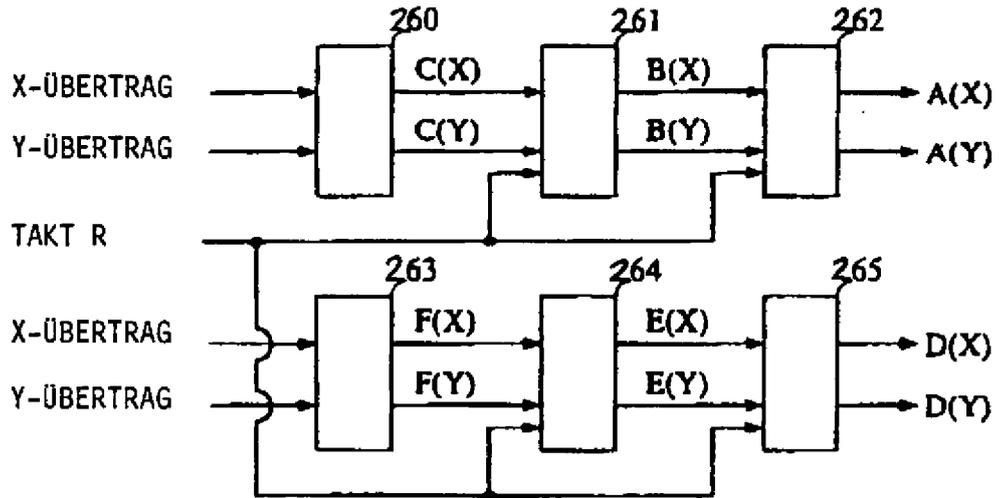


Fig. 24

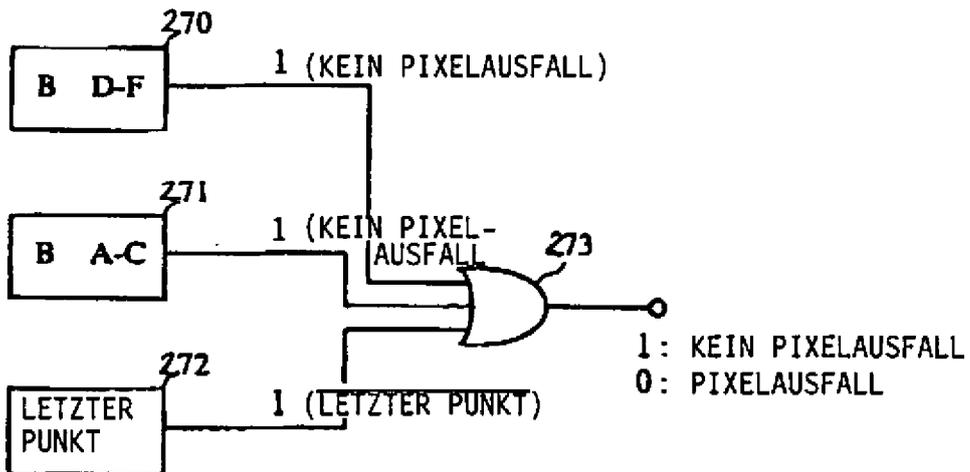


Fig. 25(A)

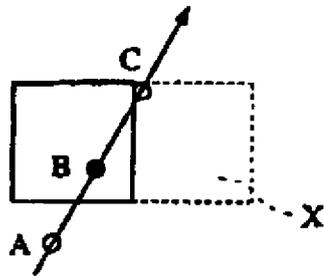
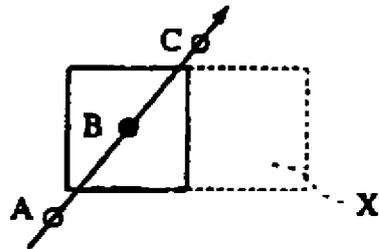


Fig. 25(B)

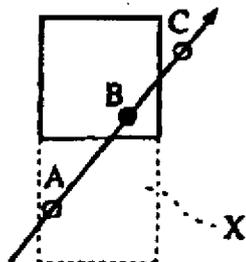
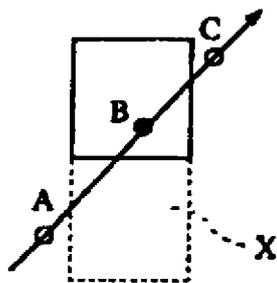


Fig. 26

	UHRZEIGERRICHTUNG				GEGENUHRZEIGERRICHTUNG			
0	C	X =1	Y =0	A	X =1	Y =0		
1	A	X =0	Y =1	C	X =0	Y =1		
2	C	X =0	Y =1	A	X =0	Y =1		
3	A	X =1	Y =0	C	X =1	Y =0		
4	C	X =1	Y =0	A	X =1	Y =0		
5	A	X =0	Y =1	C	X =0	Y =1		
6	C	X =0	Y =1	A	X =0	Y =1		
7	A	X =1	Y =0	C	X =1	Y =0		

Fig. 27

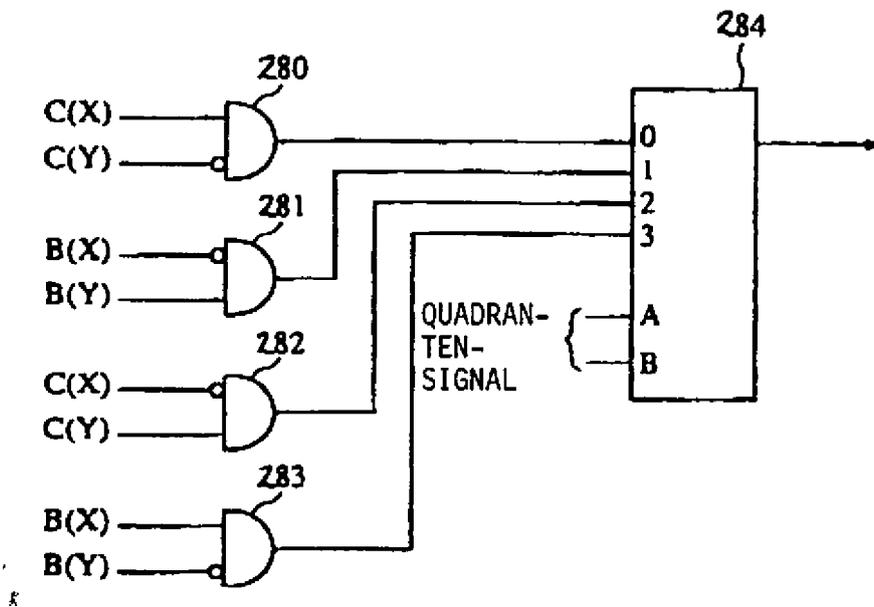


Fig. 28(A)

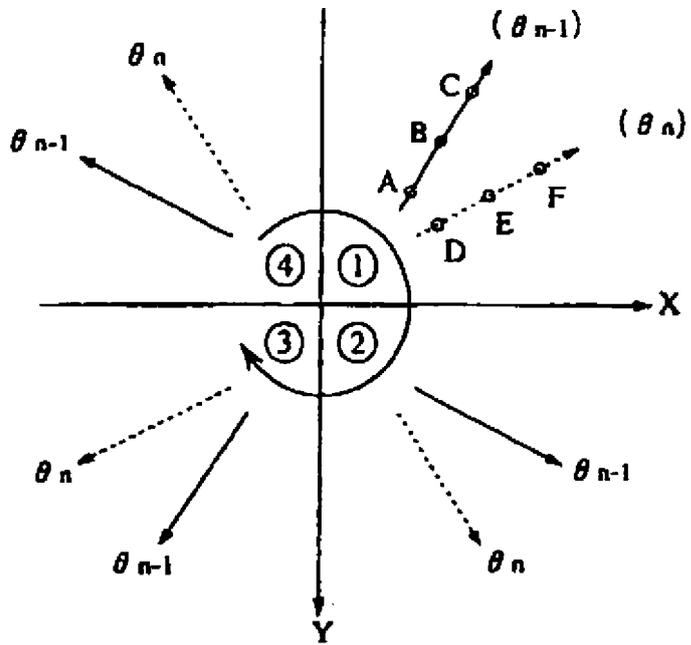


Fig. 28 (B)

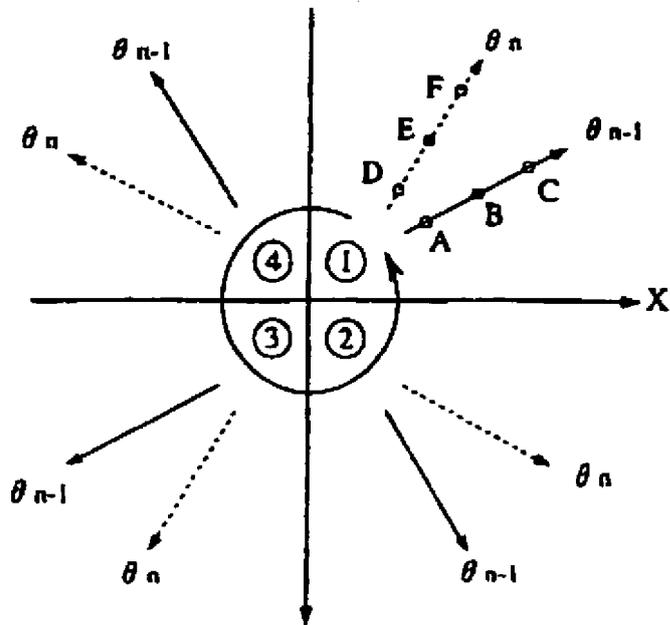


Fig. 29

	UHRZEIGER- RICHTUNG		GEGENUHR- ZEIGERRICHT.	
	X	Y	X	Y
①	$\theta_{n-1}$	-	+	-
	$\theta_n$	+	-	+
②	$\theta_{n-1}$	+	-	+
	$\theta_n$	-	+	-
③	$\theta_{n-1}$	-	+	-
	$\theta_n$	+	-	+
④	$\theta_{n-1}$	+	-	+
	$\theta_n$	-	+	-

Fig. 30

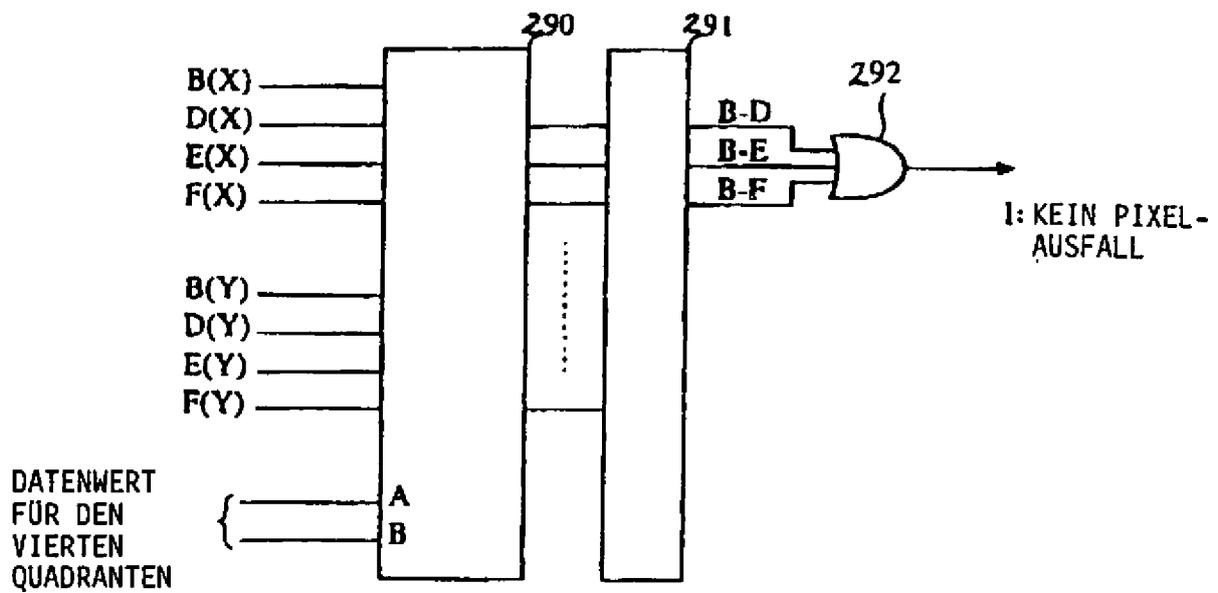


Fig. 31

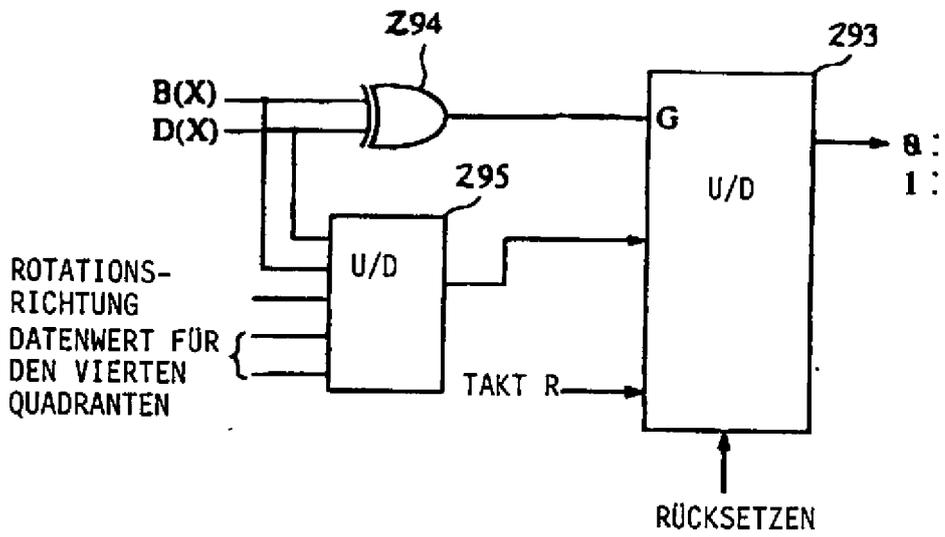


Fig. 32

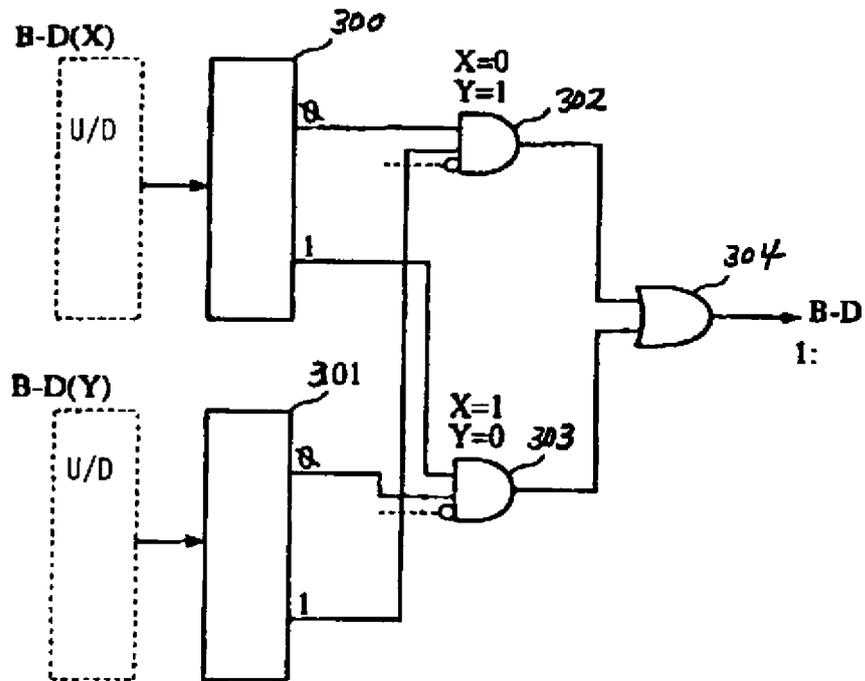


Fig. 33(A)

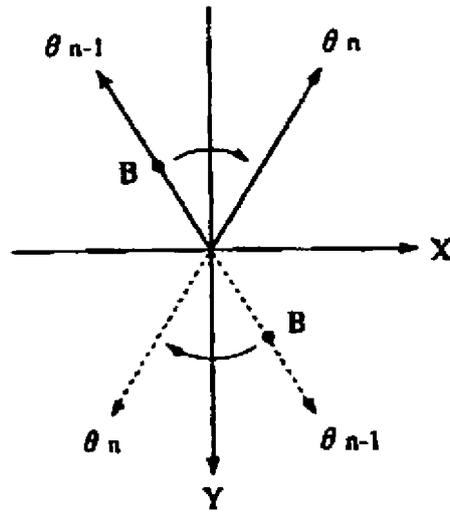


Fig. 33(B)

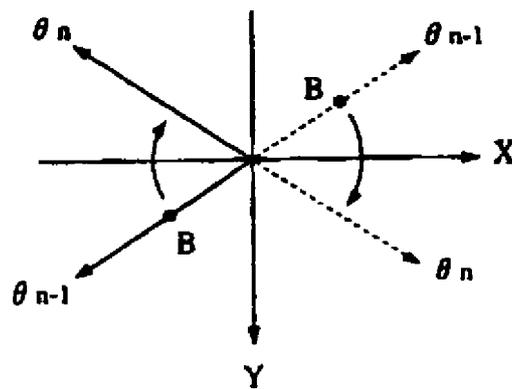


Fig. 34

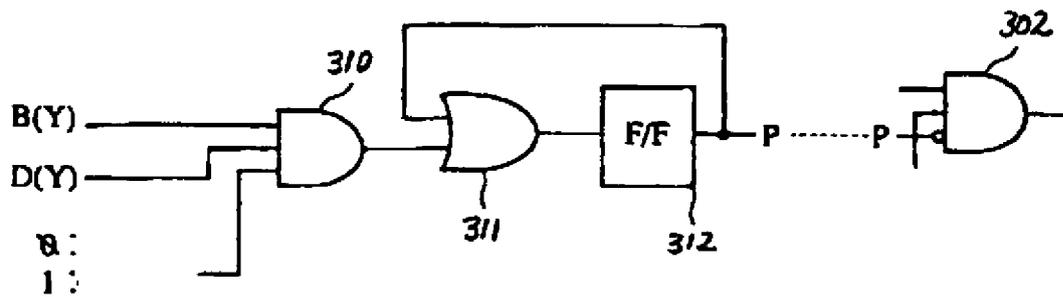


Fig. 35

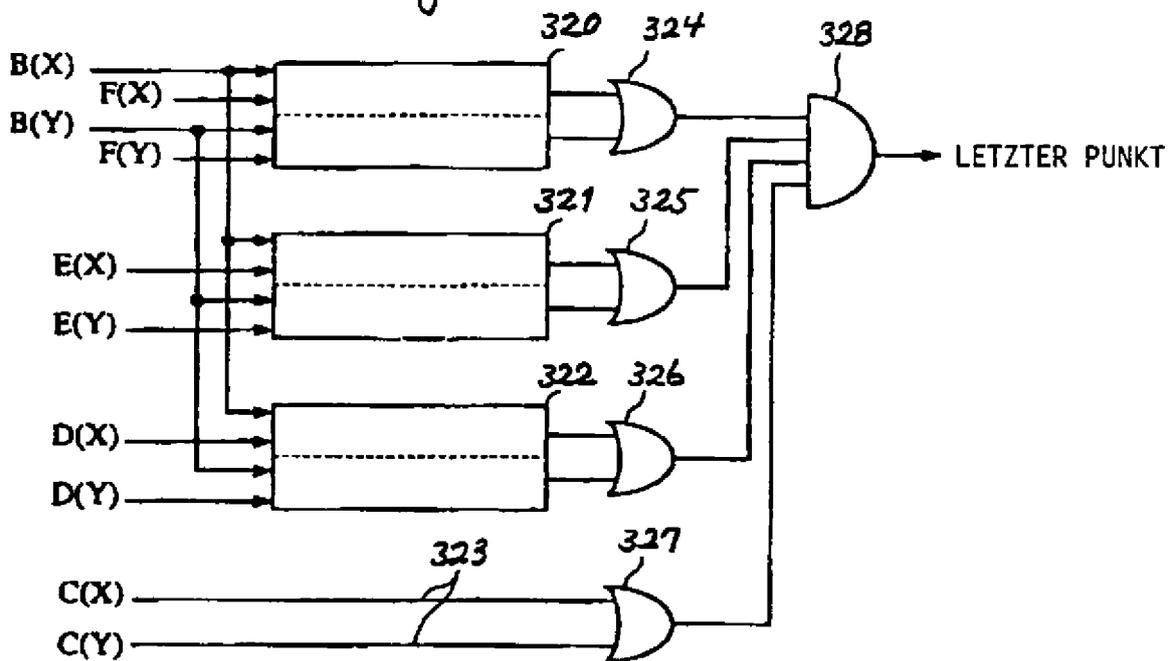


Fig. 36(A)

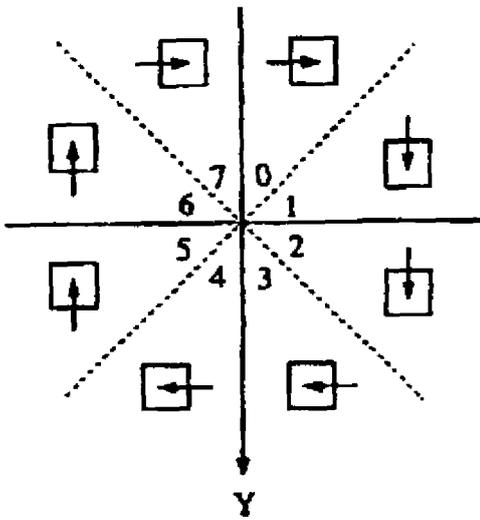
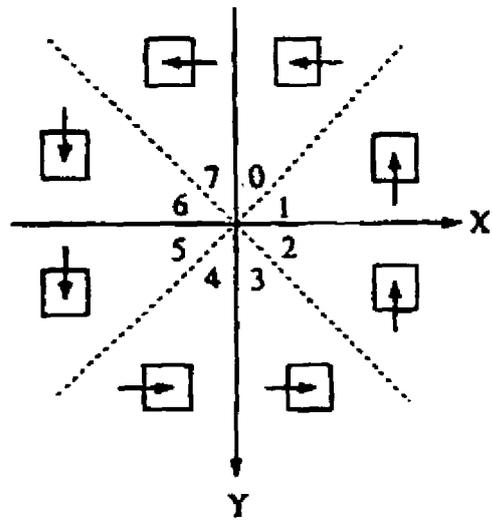


Fig. 36(B)



	X	Y
0	+1	0
1	0	+1
2	0	+1
3	-1	0
4	-1	0
5	0	-1
6	0	-1
7	+1	0

	X	Y
	-1	0
	0	-1
	0	-1
	+1	0
	+1	0
	0	+1
	0	+1
	-1	0

Fig. 37

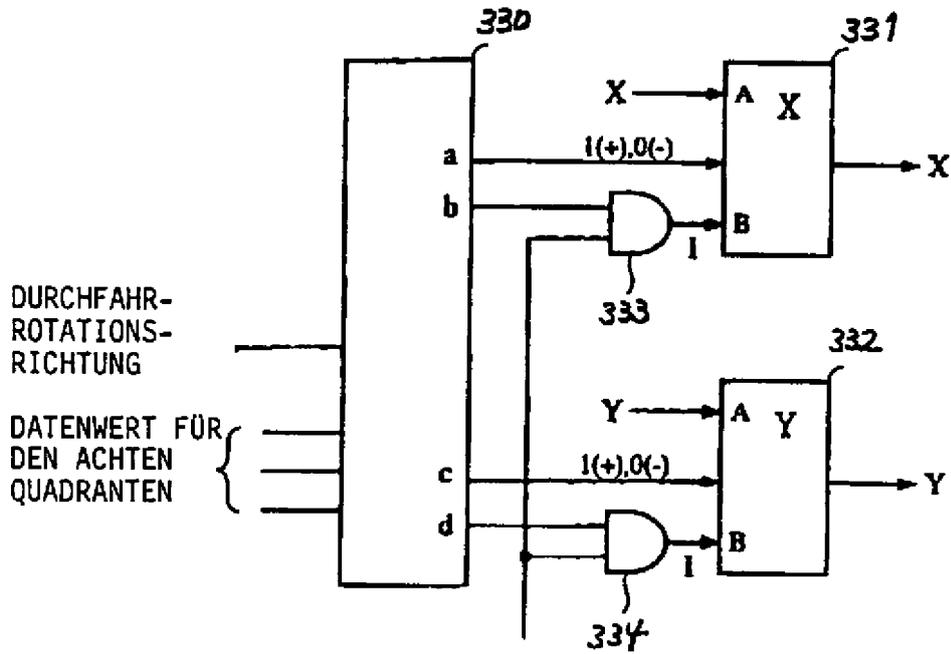


Fig. 38

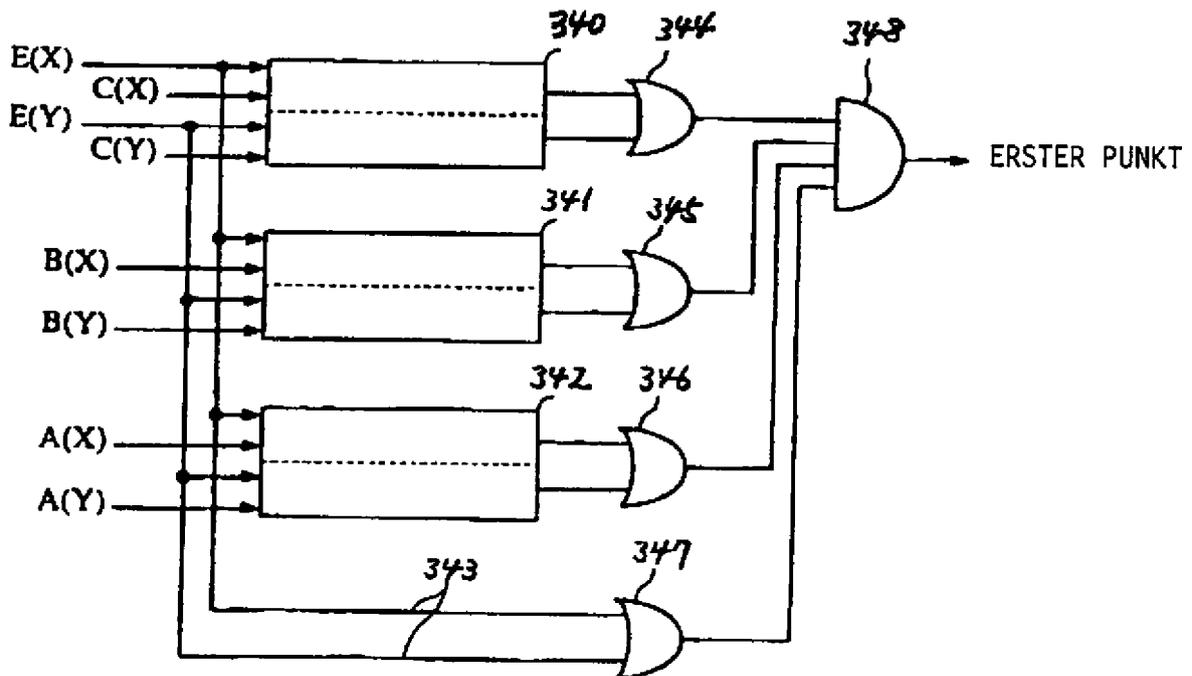


Fig. 39

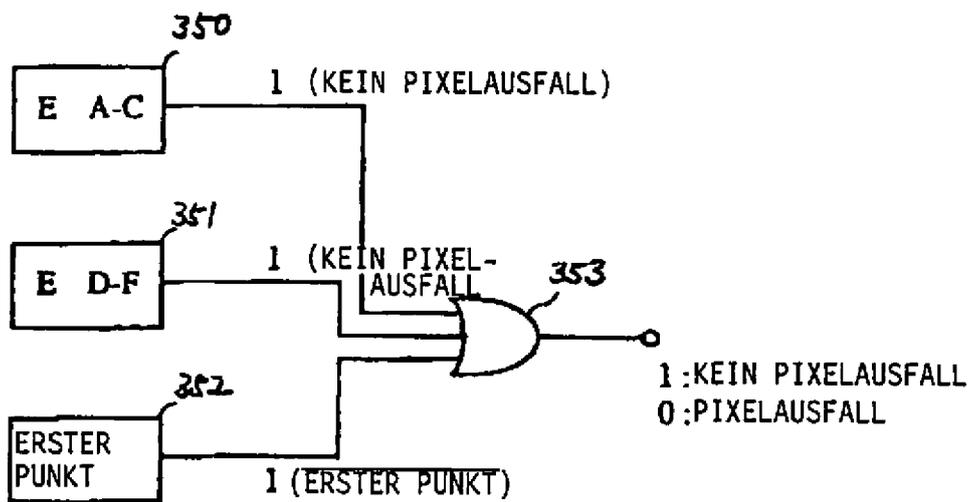


Fig. 40

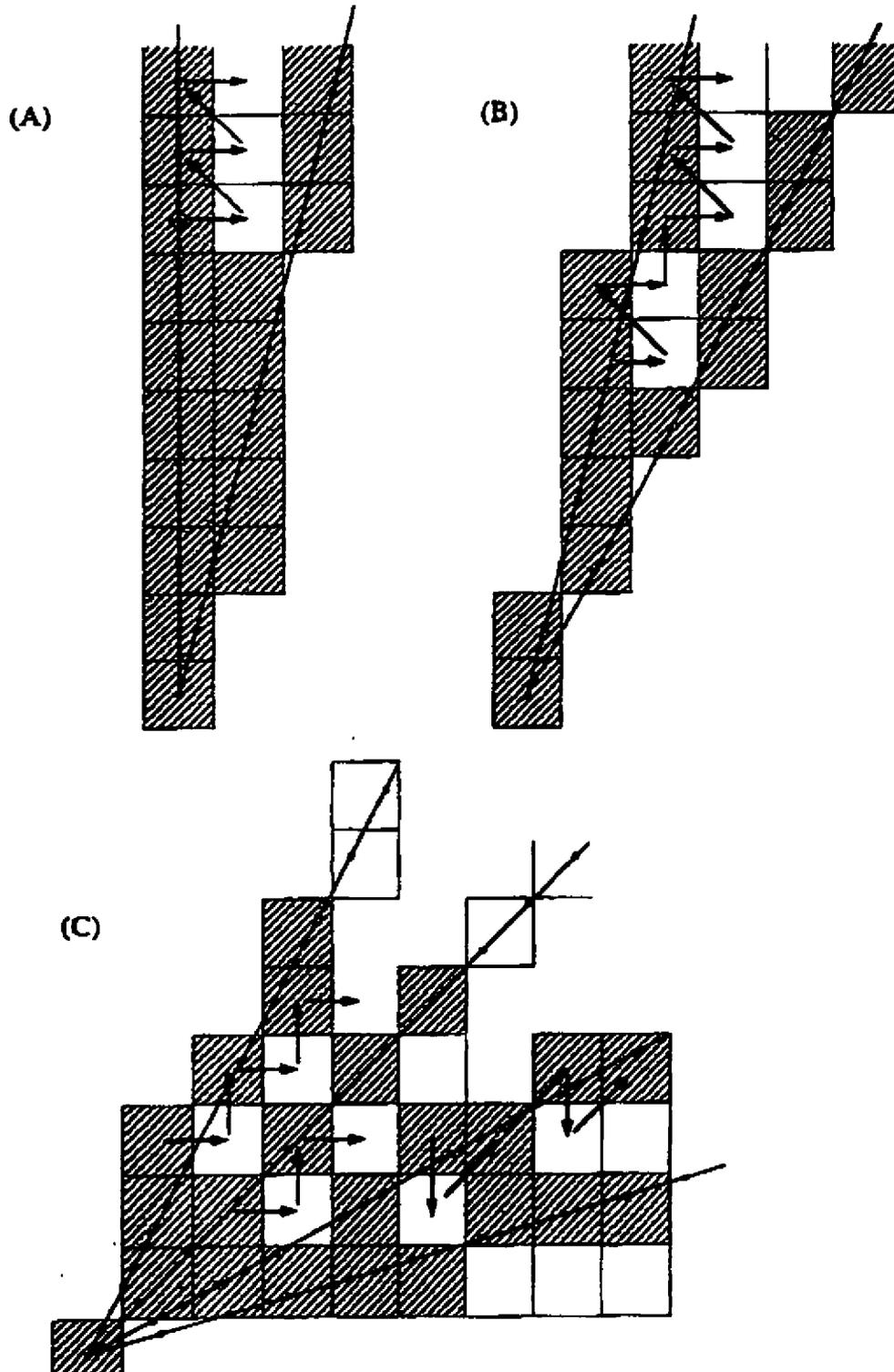


Fig. 41

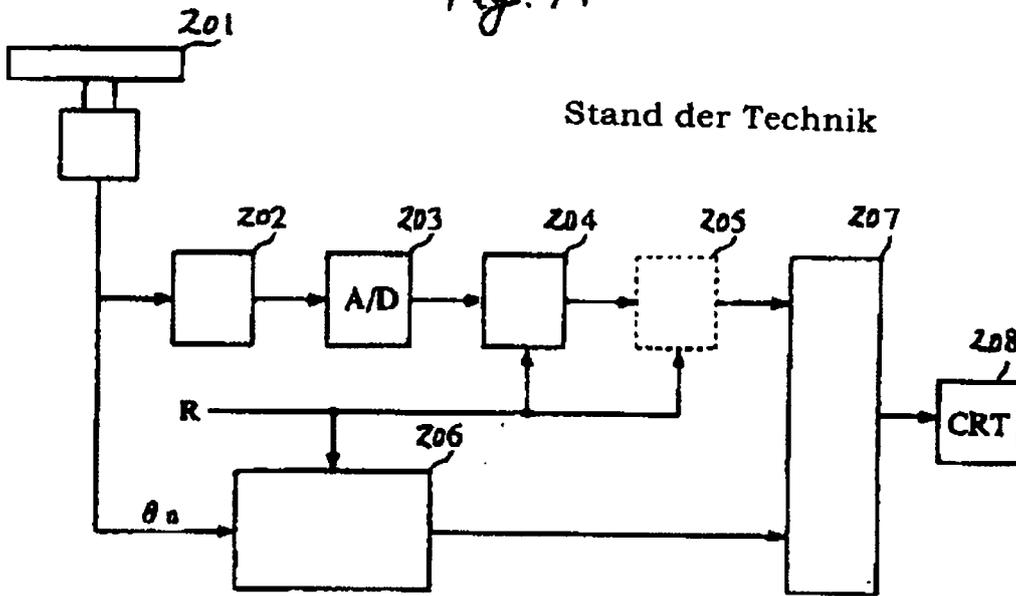


Fig. 42

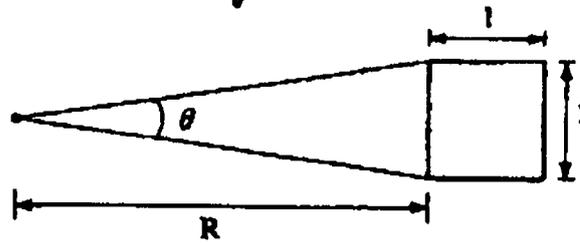


Fig. 43

