

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **82106430.0**

(51) Int. Cl.³: **F 41 G 5/08**

(22) Anmeldetag: **16.07.82**

(30) Priorität: **21.07.81 DE 3128761**

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT, Berlin und München Wittelsbacherplatz 2, D-8000 München 2 (DE)**

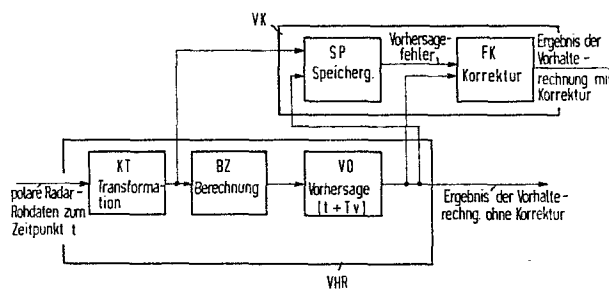
(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung: **26.01.83 Patentblatt 83/4**

(84) Benannte Vertragsstaaten: **AT BE CH FR GB IT LI NL**

(72) Erfinder: **Weisbrich, Reinhard, Dipl.-Ing., Heideckstrasse 31, D-8000 München 19 (DE)**

(54) **Feuerleiteinrichtung für ein Flugabwehrsystem.**

(57) Der Waffenvorhalt wird aus der Zielortvorhersage in einem Vorhalterechner ermittelt. Die Zielortvorhersage, die aus den durch Sensoren (z.B. Radargerät) erhaltenen Flugzielfdaten abgeleitet wird, ist aus verschiedenen Gründen (z.B. Zielmanöver) fehlerbehaftet. Zur Verringerung des Vorhersagefehlers wird die berechnete Vorhersage des Zielortes laufend mit dem bei Ablauf der Vorhersagezeit durch Messung ermittelten tatsächlichen Zielort verglichen. Mit der durch den Vergleich ermittelten Abweichung (Fehler) wird die jeweils berechnete aktuelle Vorhersage des Zielortes korrigiert.



5 Feuerleiteinrichtung für ein Flugabwehrsystem

Die Erfindung bezieht sich auf eine Feuerleiteinrichtung für ein Flugabwehrsystem, bei der mit den durch Sensoren (z.B. Radargerät) erhaltenen Flugzieldaten in
10 einem Rechner eine Zielortvorhersage und der Waffenvorhalt berechnet wird.

Die Abwehr von Flugzielen unter Verwendung einer Feuerleiteinrichtung ist auf die laufende Verfolgung der
15 Flugziele mit Hilfe geeigneter Sensoren z.B. mit Radargeräten angewiesen. Die von den Sensoren erhaltenen Daten liefern nicht nur den aktuellen Zielort, sondern sind auch zur Vorhersage des Zielortes für einen zukünftigen Zeitpunkt erforderlich. Die Zielortvorhersage wiederum ist Voraussetzung für die Bestimmung
20 des Waffenvorhaltes, der in einem Vorhalterechner berechnet wird. Die Zielortvorhersage ist prinzipiell fehlerbehaftet, so daß ein vorhergesagter Zielort und der nach Ablauf der Vorhersagezeit tatsächlich vorliegende Zielort nicht übereinstimmen. Für eine schnelle
25 erfolgreiche Abwehr von Flugzielen ist die Verringerung des Vorhersagefehlers ausschlaggebend.

Verfahren, die unter Verwendung einer bestimmten Anzahl
30 zurückliegender Sensor-Meßdaten versuchen, durch geeignete Mittelwertbildung oder durch Filterverfahren, z.B. Kalman-Filterung, den wahrscheinlichsten Zustandsvektor des Zieles (Ort Geschwindigkeit, Beschleunigung) über der Zeit t zu ermitteln, liefern
35 nicht die gewünschte Genauigkeit, wenn das Ziel Flug-

manöver ausführt, die nur mit einer gewissen Zeitkonstante nachvollzogen werden können. Selbst bei mathematisch optimalen und sehr rechenintensiven Verfahren mit automatischer Zeitkonstantenanpassung an
5 das Zielverhalten ist das Ergebnis bei Flugmanövern in der Praxis meistens unbefriedigend, da die Zeitkonstantenanpassung zu langsam erfolgt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Genauig-
10 keit der Zielortvorhersage mit vertretbarem Aufwand weiter zu verbessern. Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß die berechnete Vorhersage des Zielortes laufend mit dem bei Ablauf der Vorhersagezeit durch Messung ermittelten tatsächlichen
15 Zielort verglichen wird und daß die durch den Vergleich ermittelte Abweichung (Fehler) zur Korrektur der jeweils berechneten aktuellen Vorhersage des Zielortes verwendet wird.

20 Ist der Fehler größer als eine empirisch ermittelte, von der Güte des Radargerätes abhängige maximale Fehleramplitude für geradlinige unbeschleunigte Zielbewegungen, so wird auf ein Flugmanöver des Zieles geschlossen. Bei der Abgabe der aktuellen Zielortvor-
25 hersage ist dann dem unkorrigierten Vorhersagewert der erkannte Fehler hinzuzuaddieren. Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann die Korrektur des Zielortes einer Vorhersage durch Mittelwertbildung aus mehreren errechneten Fehlern gebildet
30 sein. Ebenso kann es vorteilhaft sein, die durch Vergleich aufeinander folgender Fehler erkennbare Tendenz einer Fehleränderung zur Korrektur der Vorhersage des Zielortes heranzuziehen.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Vorhersagedauer so gewählt, daß die Wahrscheinlichkeit eines Flugmanövers innerhalb der Vorhersagedauer gering ist.

5

Für die durch Vergleich ermittelte Abweichung läßt sich ein Korrekturwert wie folgt errechnen.

10 Für die zum Zeitpunkt t abgegebene Zielortvorhersage für den Zeitpunkt $(t + T_v(t))$ gilt:

$$\tilde{x}_t + T_v(t)$$

Darin bedeutet $T_v(t)$ die Vorhersagedauer.

15 Der zum Zeitpunkt $(t + T_v(t))$ erhaltene Meßwert des Zielortes beträgt:

$$\hat{x}_t + T_v(t)$$

Der zum Zeitpunkt $(t + T_v(t))$ durch Vergleich erkannte Fehler zwischen Vorhersage und Messung beträgt:

$$20 \quad e_t + T_v(t) = \hat{x}_t + T_v(t) - \tilde{x}_t$$

Nach der Entscheidung, ob der Fehler größer ist als eine maximal zulässige Fehleramplitude bei geradlinigen unbeschleunigten Zielbewegungen, erfolgt gegebenenfalls eine additive Korrektur der Vorhersage mit dem Fehler:

25

$$\tilde{x}_t + T_v(t + T_v(t)) = \tilde{x}_t + T_v(t + T_v(t)) + e_t + T_v(t)$$

30 Die Erfindung und weitere Einzelheiten der Erfindung werden anhand der Figuren näher erläutert.

Es zeigen

- Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Einrichtung für ein Flugabwehrsystem gemäß der Erfindung,
Fig. 2 ein Blockschaltbild mit einer detaillierten Aufgliederung des Vorhaltekorrkturteils aus
5 Fig. 1,
Fig. 3 eine Darstellung eines Zeitdiagramms der Funktionen der Anordnung nach Fig. 1 und 2.
- 10 Das Blockschaltbild nach Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines bekannten Vorhalterechners VHR mit dem Schaltungsteil VK zur Korrektur des Vorhaltes gemäß der Erfindung. Der Vorhalterechner VHR besteht aus einer Stufe KT zur Koordinatentransformation und
15 Glättung der Daten für den Zielort, einer Stufe BZ zur Berechnung der Zielgeschwindigkeit und Beschleunigung und einer Stufe VO zur Vorhersage eines Ortswertes für den Zeitpunkt $(t + T_v)$. Dem Vorhalterechner werden die polaren Radardaten zum Zeitpunkt T
20 zugeführt. Die Transformations- und Glättungsstufe KT liefert an ihrem Ausgang geglättete kartesische Ortsdaten, die auf den Zeitpunkt t zurückgerechnet sind, sowohl an die nächste Stufe BZ zur Berechnung der Zielgeschwindigkeit und Beschleunigung als auch an
25 den Schaltungsteil VK zur Korrektur des Vorhaltes. Der Ausgang der Stufe BZ liefert die ebenfalls auf den Zeitpunkt t zurückgerechneten geglätteten Orts- und Geschwindigkeitsdaten für die nachfolgende Stufe VO? in der die Vorhersage eines Ortswertes für den
30 Zeitpunkt $(t + T_v)$ berechnet wird. Das Ergebnis der Vorhalterechnung der Stufe VO wird einem zweiten Eingang des Schaltungsteils VK zur Korrektur des Vorhaltes zugeführt. Der Vorhaltekorrkturteil VK besteht aus dem Schaltungsteil SP zur Speicherung der Vorher-
35 sagewerte und aus einer Vergleichsschaltung zum

Vergleich der Vorhersagewerte mit dem tatsächlichen Zielort nach der Vorhersagezeit. In einer weiteren Stufe FK des Vorhaltekorrekturteils VK erfolgt in einem Additionsvorgang die Korrektur der Ortsvorhersagen mit den in der Vergangenheit gemachten Fehlern. Im Vorhaltekorrekturteil VK wird somit der vom Vorhalterechner VHR zum Zeitpunkt t ermittelte Treffpunkt für die Treffzeit $(t + T_v)$ mit dem vermessenen Zielort zur Zeit $(t + T_v)$ verglichen und durch Addition des Korrekturwertes das Ergebnis der Vorhalterechnung verbessert. Die Vorhaltewinkel der mit der Feuerleiteinrichtung zu steuernden Waffen werden mit den Ausgangsdaten des Vorhaltekorrekturteils korrigiert.

15

Im Blockschaltbild nach Fig. 2 ist die Funktion des Speichers und der Vergleichsschaltung SP des Vorhaltekorrekturteils VK weiter aufgeschlüsselt. Die Korrekturstufe FK des Vorhaltekorrekturteils VK bedarf keiner weiteren Ausführungen, da sie aus einer bekannten Additionsschaltung besteht.

20

Der zum Zeitpunkt t vom Vorhalterechner ermittelte Treffpunkt wird in einem Ortsspeicher OSP und der zugehörige Treffzeitpunkt in einem Zeitspeicher ZSP abgespeichert. Der Treffzeitpunkt ergibt sich bei der Vorhalterechnung aus der Summe der Zeit t und der Geschosßflugzeit. Bei den Speichern ZSP und OSP handelt es sich um bekannte Speicherschaltungen, die Speicherplätze für 1 bis n Vorhersagezeitpunkte bzw. vorhergesagte Ortswerte aufweisen. Mit Beginn der Einspeicherung wird ein bekannter Zeitgeber ZG gestartet, der eine Zeitmessung bezüglich der Startzeit t durchführt.

25

30

- Weitere Schaltungsteile der Speicher- und Vergleichsschaltung SP sind ein Zeitkomparator ZK und ein Ortskomparator OK. Eingangsseitig ist der Zeitkomparator ZK mit dem Zeitgeber ZG, der die aktuelle Zeit liefert
- 5 und mit dem Ausgang des Zeitspeichers ZSP, der den ersten Vorhersagezeitpunkt liefert, verbunden. Vom Zeitkomparator ZK gelangt ausgangsseitig ein Signal an den Ortskomparator OK, das eine Vergleichserlaubnis für die Daten des ersten gespeicherten Ortes und die Daten des
- 10 vermessenen aktuellen Zielortes beinhaltet. Der im Ortskomparator OK ermittelte Fehler der Zielortsvorhersage wird der Korrekturstufe FK zugeführt und zum Ergebnis der Vorhalterechnung hinzuaddiert.
- 15 Von den nacheinander eintreffenden Zieldaten wird jeweils eine Vorhalteberechnung durchgeführt und nacheinander Treffpunkt (Ort) und der zugehörige Treffzeitpunkt im Ortsspeicher OSP bzw. Zeitspeicher ZSP der Vorhaltekorrekturschaltung VK abgespeichert. Diese Vor-
- 20 gänge wiederholen sich gemäß Fig. 3 in der angegebenen Reihenfolge solange, bis der Zeitgeberstand größer oder gleich der ersten Treffzeit wird. Nach Erfüllung dieser Bedingung schließen sich die folgenden beschriebenen Schritte an. Im Zeitkomparator ZK wird festgestellt,
- 25 ob die aktuelle Zeit $t + n \cdot T$ Takt des Zeitgebers und der erste Vorhersagezeitpunkt Tv_1 gleich groß sind. Ist dieser Fall eingetreten, gibt der Zeitkomparator ZK eine Vergleichserlaubnis des vermessenen aktuellen Or-
- 30 ttes mit dem vorhergesagten ersten gespeicherten Treffpunktort im Ortskomparator OK. Mit der Differenz zwischen dem Vorhersagewert (erster Treffpunkt) und dem Meßwert wird die Sollposition der zu steuernden Waffe korrigiert. Danach werden der erste Treffpunkt im Ortsspeicher OSP und die erste Treffzeit im Zeit-
- 35 speicher ZSP durch einen vom Zeitkomparator ZK

gelieferten Speicherrücksetzbefehl gelöscht, so daß der zweite Treffpunkt (Ort) und der zweite Treffzeitpunkt zum ersten und der dritte Treffpunkt (Ort) und der dritte Treffzeitpunkt zum zweiten wird usw..

5

Der Zähltakt für den Zeitgebermechanismus ist in einem synchron getakteten System gleich dem Zeittakt, mit der die Radardaten geliefert werden, während der Takt in einem asynchron freilaufenden System nach der gewünschten Zeitauflösung gewählt wird.

Bei einem synchron getakteten System können mehrere aufeinander folgend abgespeicherte Treffzeiten auf absolute Treffzeitpunkte führen, die zeitlich geringer auseinander liegen als die Taktzeit. Entsprechendes gilt in einem asynchron freilaufenden System für die größtmögliche Schrittweite des Zählers. Dieser Vorgang ist in Fig. 3 im zweiten Vergleich dargestellt. In diesem Falle ist nicht nur der erste Treffpunkt und Treffzeitpunkt aus den Speichern zu eliminieren, sondern auch alle folgenden Treffpunkte und Treffzeitpunkte, die zeitlich zu nah am ersten Treffpunkt liegen. Andernfalls würde der Zählvorgang auf der linken Seite der Fig. 3 nicht mehr mit den Treffzeiten auf der rechten Seite dieses Zeitdiagramms übereinstimmen.

Wird eine Anzahl von n Treffpunkten und Treffzeitpunkten gleichzeitig aus dem Speicher eliminiert, so wird der $(n + 1)$ te Treffpunkt und Treffzeitpunkt zum ersten Treffpunkt und Treffzeitpunkt.

Wie aus der Fig. 3 ersichtlich, ist eine völlige

zeitliche Gleichheit zwischen Meßpunkten und Treffpunkten nicht gegeben. Diese wird durch Interpolation der Treffpunktdaten auf die Zeit der Meßpunktdaten korrigiert.

4 Patentansprüche

3 Figuren

Patentansprüche

1. Feuerleiteinrichtung für ein Flugabwehrsystem, bei der mit den durch Sensoren (z.B. Radargerät) erhaltenen
5 Flugzielaten in einem Rechner eine Zielortvorhersage und der Waffenvorhalt berechnet wird, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die berechnete Vorhersage des Zielortes laufend mit dem bei Ablauf der Vorhersagezeit durch Messung ermittelten tatsächlichen
10 Zielort verglichen wird und daß die durch den Vergleich ermittelte Abweichung (Fehler) zur Korrektur der jeweils berechneten aktuellen Vorhersage des Zielortes verwendet wird.
- 15 2. Feuerleiteinrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Korrektur des Zielortes einer aktuellen Vorhersage durch Mittelwertbildung aus mehreren errechneten Fehlern gebildet ist.
- 20 3. Feuerleiteinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die durch Vergleich aufeinander folgender Fehler erkennbare Tendenz einer Fehleränderung zur Korrektur der aktuellen Vorhersage des Zielortes herangezogen ist.
- 25 4. Feuerleiteinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Vorhersagedauer so gewählt ist, daß die Wahrscheinlichkeit eines Flugmanövers innerhalb
30 der Vorhersagedauer gering ist.

FIG 1

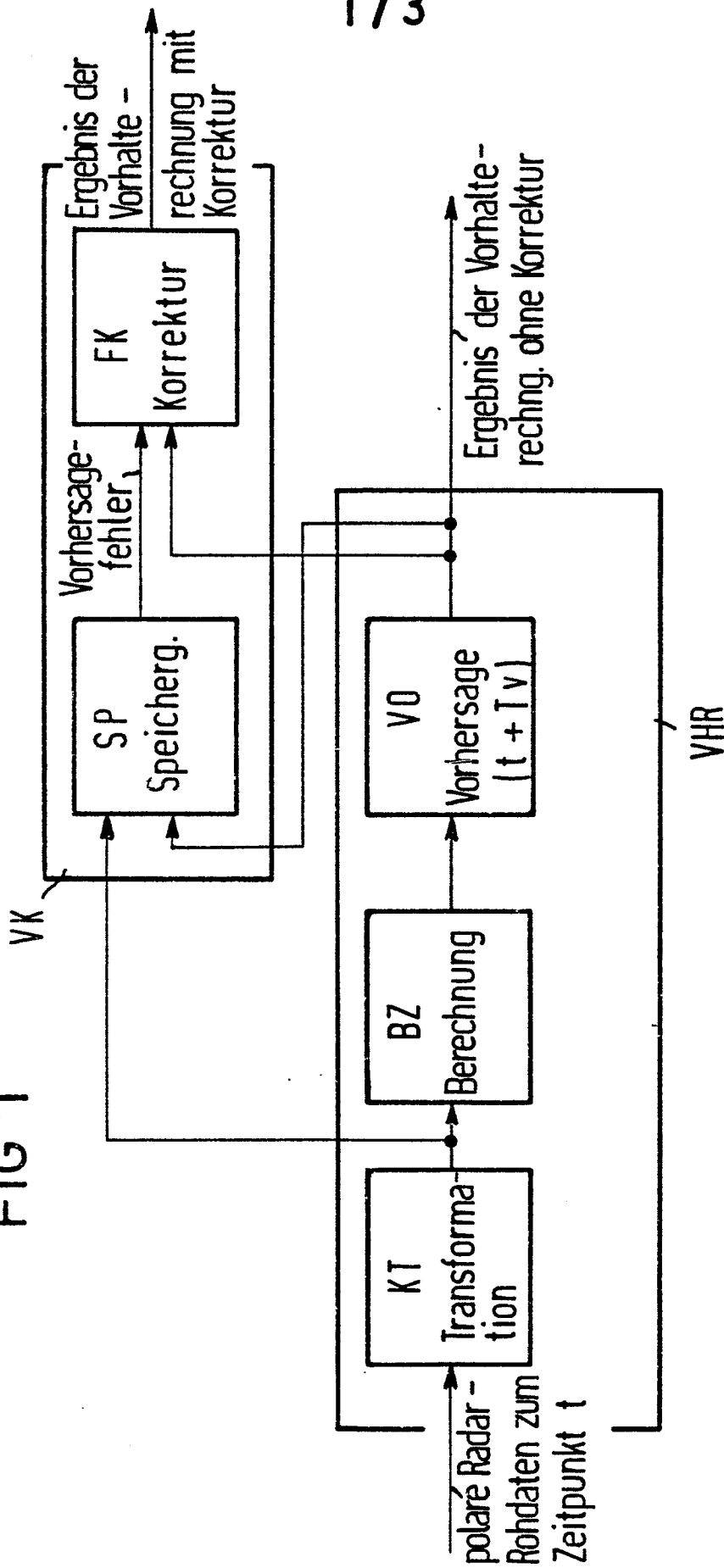


FIG 2

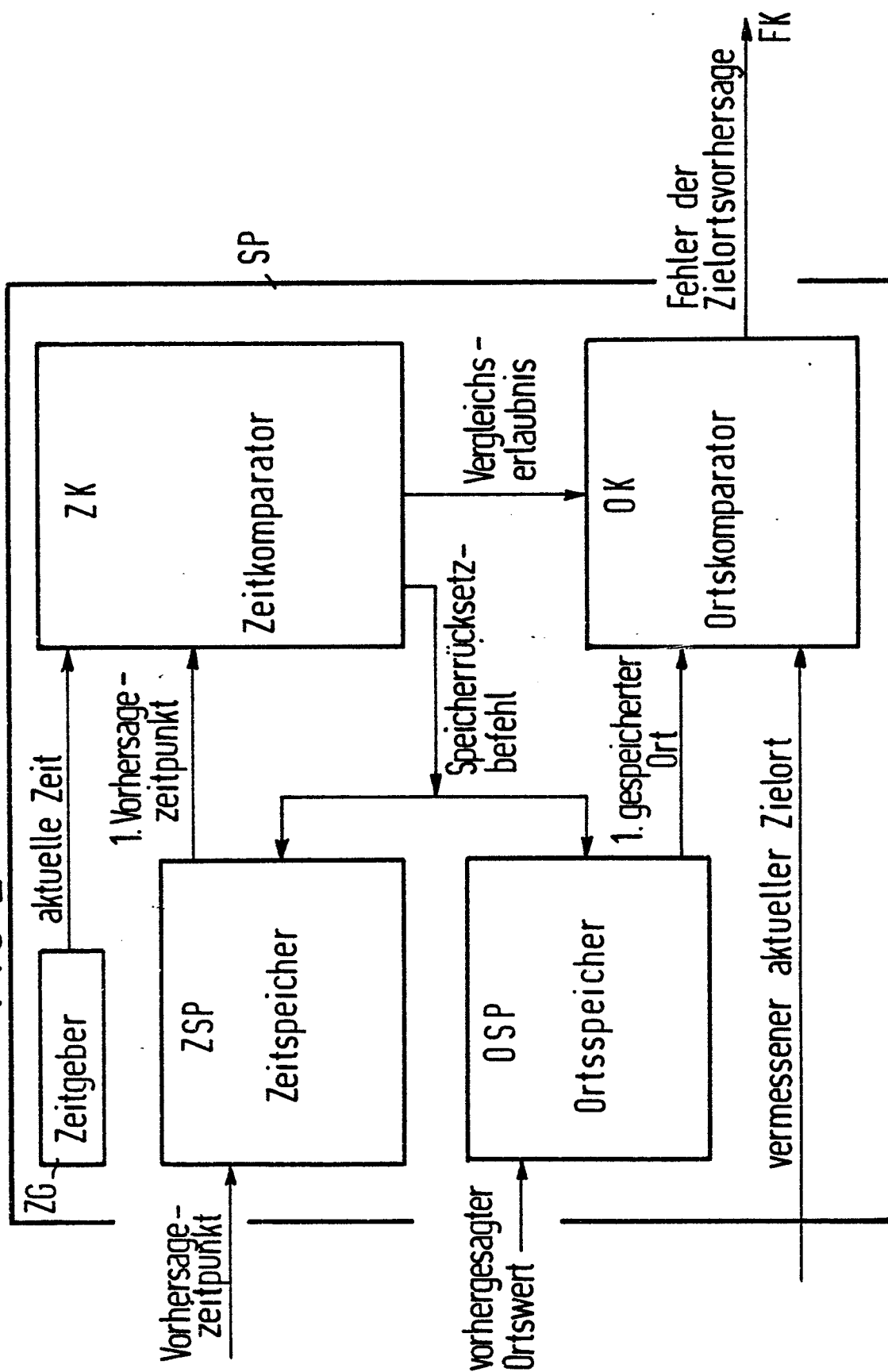


FIG 3

