



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
12.12.2001 Patentblatt 2001/50

(51) Int Cl.7: **F42C 13/00, F42C 9/14**

(21) Anmeldenummer: **01113715.5**

(22) Anmeldetag: **05.06.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Hartmann, Ulrich, Dr.**
88690 Uhldingen (DE)
• **Schilli, Thomas**
88699 Frickingen (DE)

(30) Priorität: **10.06.2000 DE 10028746**

(74) Vertreter: **Weisse, Jürgen, Dipl.-Phys. et al**
Patentanwälte,
Dipl.-Phys. Jürgen Weisse,
Dipl.-Phys. Dr. Ing. Renate Weisse,
Bökenbusch 41
42555 Velbert (DE)

(71) Anmelder: **Bodenseewerk Gerätetechnik GmbH**
88662 Überlingen (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Zünden eines Gefechtskopfes bei zielverfolgenden Lenkflugkörpern**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Zünden eines Gefechtskopfes bei zielverfolgenden Lenkflugkörpern, die einen Aufschlagzünder und einen Annäherungzünder zum Zünden eines Gefechtskopfes aufweisen. Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, bei einem Lenkflugkörper mit Aufschlag- und Annäherungzünder die Zündung des Ge-

fechtskopfes so zu bewirken, daß der Schaden an dem Ziel möglichst groß wird. Dies wird bevorzugt erreicht durch die Verfahrensschritte: Prädizieren der Trefferablage aus während des Fluges des Lenkflugkörpers erfaßten Einflußgrößen und Einstellen der Zündverzugszeit des Annäherungszünders nach Maßgabe der so prädizierten Trefferablage sowie durch die Mittel zur Durchführung dieser Verfahrensschritte.

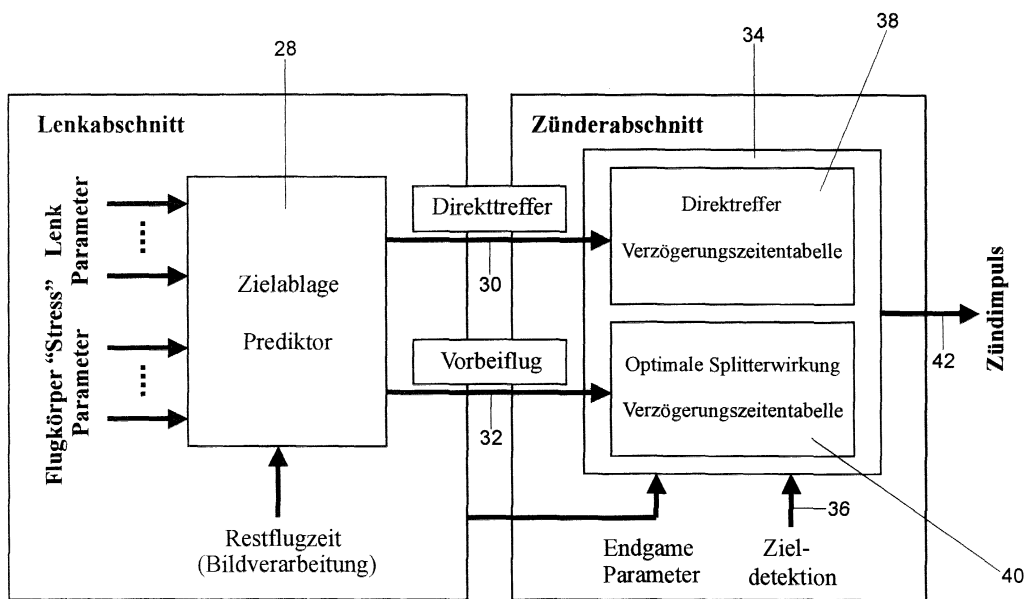


FIG. 9

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Zünden eines Gefechtskopfes bei zielverfolgenden Lenkflugkörpern, die einen Aufschlagzünder und einen Annäherungszünder zum Zünden eines Gefechtskopfes aufweisen.

[0002] Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zum Zünden eines Gefechtskopfes bei zielverfolgenden Lenkflugkörpern, die einen Aufschlagzünder und einen Annäherungszünder zum Zünden eines Gefechtskopfes aufweisen, wobei der Annäherungszünder den Gefechtskopf mit der Zündverzugszeit zündet.

[0003] Zielverfolgende Lenkflugkörper werden durch einen Suchkopf zu einem Ziel geführt. Ein solcher Suchkopf enthält einen bildauflösenden Detektor, üblicherweise eine zweidimensionale Anordnung von Detektorelementen. Das dadurch erhaltene Bild einer das Ziel enthaltenden Gesichtsfeldszena wird auf bildverarbeitende Mittel aufgeschaltet. Aus der Bildverarbeitung werden Lenksignale gewonnen, durch welche der Lenkflugkörper zu dem Ziel geführt wird. Bei größerer Annäherung an das Ziel liefert der Suchkopf ein Bild des Ziels, das umso größer wird, je weiter sich der Lenkflugkörper dem Ziel nähert.

[0004] Der Lenkflugkörper enthält einen Gefechtskopf, d.h. eine Sprengladung, durch welche das Ziel mit möglichst großer Sicherheit zerstört werden soll. Die Flugbahn des Lenkflugkörpers kann durch verschiedene Einflüsse etwas von der idealen Flugbahn abweichen. Das kann bedingt sein z.B. durch die Begegnungsgeometrie, etwa durch Manöver des Ziels, durch Ungenauigkeiten der Flugführung des Lenkflugkörpers oder durch Begrenzungen in der Manövrierfähigkeit des Lenkflugkörpers. In einem solchen Fall wird der Lenkflugkörper das Ziel nicht an der optimalen Stelle treffen. Der Lenkflugkörper kann sogar in mehr oder weniger großer Entfernung an dem Ziel vorbeifliegen. Der Lenkflugkörper weist einen Aufschlagzünder auf. Der Aufschlagzünder zündet den Gefechtskopf, wenn der Lenkflugkörper unmittelbar auf das Ziel auftrifft. Der Lenkflugkörper weist ferner einen Annäherungszünder auf. Der Annäherungszünder spricht an, wenn der Lenkflugkörper sich dem Ziel hinreichend weit genähert hat. Er zündet den Gefechtskopf auch dann, wenn der Lenkflugkörper an dem Ziel vorbeifliegt. Die Zündung erfolgt mit einer Zündverzugszeit nach dem Ansprechen des Annäherungszünders. Diese Zündverzugszeit ist so gewählt, daß die Zündung im Vorbeiflug zu einem Zeitpunkt erfolgt, in welchem der detonierende Gefechtskopf und die durch weggeschleuderten Splitter einen möglichst großen Schaden an dem Ziel anrichten. Üblicherweise ist die Zündverzugszeit ein fester, empirisch gefundener Wert.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, bei einem Lenkflugkörper mit Aufschlag- und Annäherungszünder die Zündung des Gefechtskopfes so zu bewirken, daß der Schaden an dem Ziel möglichst groß

wird.

[0006] Erfindungsgemäß wird dies bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erreicht durch die Verfahrensschritte:

5

Erfassen von Einflußgrößen, welche die Art der Begegnung des Lenkflugkörpers mit dem Ziel beeinflussen, und

10

Einstellen der Zündverzugszeit in Abhängigkeit von solchen Einflußgrößen.

[0007] Eine Vorrichtung der eingangs genannten Art ist dementsprechend gekennzeichnet durch

15

Mittel zum Erfassen von Einflußgrößen ($\sigma, \sigma \dots$), welche die Art der Begegnung des Lenkflugkörpers und des Ziels beeinflussen während des Fluges des Lenkflugkörpers, und

20

Einstellmittel zum Einstellen der Zündverzugszeit des Annäherungszünders in Abhängigkeit von solchen Einflußgrößen.

25

[0008] Das geschieht vorteilhafterweise in der Form, daß

30

aus den erfaßten Einflußgrößen eine prädierte Trefferablage bestimmt wird und

35

die Zündverzugszeit nach Maßgabe der so prädierten Trefferablage eingestellt wird.

40

[0009] Betrachtet man das Bild des Ziels, z.B. eines Flugzeugs, dann kann man darauf einen gewünschten Auftreffpunkt festlegen, in welchem das Ziel von dem Lenkflugkörper getroffen werden sollte, um eine maximale Zerstörungswirkung des Gefechtskopfes sicherzustellen. Ausgehend von diesem gewünschten Auftreffpunkt können Trefferablagen nach Größe und Richtung festgelegt werden. Nach dem Grundgedanken der Erfindung wird nun diese Trefferablage in Abhängigkeit von verschiedenen beobachtbaren Einflußgrößen prädiert. In Abhängigkeit von dieser prädierten Trefferablage wird dann die Zündverzugszeit eingestellt.

45

[0010] Das kann z.B. in der Weise geschehen, daß dann, wenn die prädierte Trefferablage einen Direkttreffer erwarten läßt, eine so lange Zündverzugszeit eingestellt wird, daß die Zündung des Gefechtskopfes bei Auftreffen des Lenkflugkörpers auf das Ziel durch den Aufschlagzünder erfolgen kann. Wenn jedoch die prädierte Trefferablage einen Vorbeiflug des Lenkflugkörpers an dem Ziel erwarten läßt, wird eine Zündverzugszeit eingestellt, die im Hinblick auf die Wirksamkeit des detonierenden Gefechtskopfes optimiert ist.

50

[0011] Die Abhängigkeit der Trefferablage von den Einflußgrößen und von der Restflugzeit des Lenkflugkörpers kann durch Simulation ermittelt und gespeichert

werden.

[0012] Die Einflußgrößen können lenkspezifische Größen wie die Sichtliniendrehrate umfassen, die sich aus der Geometrie von Ziel und Lenkflugkörper ergeben. Die Einflußgrößen können aber auch flugkörper-

5

spezifische Größen wie Ruderausschlag oder Querschleunigung umfassen. Diese Einflußgrößen kommen vor allem zum Tragen, wenn der Lenkflugkörper an die Grenzen seiner Manövrierfähigkeit gelangt.

[0013] Die Restflugzeit kann aus einer Bildverarbeitung eines von einem bildauflösenden Suchkopf des Lenkflugkörpers gelieferten Zielbildes gewonnen werden. Vorteilhafterweise wird aber so verfahren, daß

10

(a) aus den Einflußgrößen für eine vorgegebene Restflugzeit laufend eine prädierte Trefferablage bestimmt wird, und

15

(b) die so für eine bestimmte Restflugzeit prädierte Trefferablage um diese Restflugzeit verzögert für die Bestimmung der Zündverzugszeit beim Ansprechen des Annäherungszünders bereitgestellt wird.

20

[0014] Es werden also laufend Einflußgrößen, z.B. die Sichtliniendrehrate, bestimmt. Unter Berücksichtigung dieser Einflußgrößen werden für eine vorgegebene Restflugzeit die prädierte Trefferablagen ermittelt. Die so ermittelten Trefferablagen werden um die der Ermittlung zu Grunde liegende Restflugzeit verzögert an einem Ausgang bereitgestellt. Bei Ansprechen des Annäherungszünders stehen somit prädierte Trefferablagen zur Verfügung, die auf den Einflußgrößen beruhen, welche vor der vorgegebenen zugehörigen Restflugzeiten gemessen wurden und sich nun auf den Zeitpunkt beziehen, zu welchem der Annäherungssensor anspricht. Dann braucht keine Restflugzeit abgeschätzt zu werden, was meist nur mit großer Ungenauigkeit möglich ist.

25

[0015] Eine so unter Zugrundelegung einer einzigen Restflugzeit erhaltene Trefferablage kann durch Rauschen verfälscht sein.

30

[0016] Vorteilhaft ist es daher, wenn

(a) aus den Einflußgrößen parallel für verschiedene Restflugzeiten zugehörige prädierte Trefferablagen bestimmt werden,

35

45

(b) jede der für eine Restflugzeit bestimmte prädierte Trefferablage um diese zugehörige Restflugzeit verzögert für die Bestimmung der Zündverzugszeit beim Ansprechen des Annäherungszünders bereitgestellt wird und

50

(c) für die Bestimmung der Zündverzugszeit ein Mittel oder gewichtetes Mittel der zeitverzögert bereitgestellten prädierten Trefferablagen gebildet wird.

55

[0017] Ausgestaltungen der Vorrichtung sind Gegen-

stand weiterer Ansprüche.

[0018] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist nachstehend unter Bezugnahme auf die zugehörigen Zeichnungen näher beschrieben.

Fig.1 veranschaulicht die Definition der Trefferablage und der "Kritischen Trefferablage" bezogen auf ein vom Sucher des Lenkflugkörpers erfaßtes Ziel.

Fig.2 veranschaulicht die Relativgeometrie Lenkflugkörper-Ziel.

Fig.3 veranschaulicht die Relativgeschwindigkeit Lenkflugkörper

Fig.4 veranschaulicht die Annäherungsgeometrie.

Fig.5 ist ein durch Simulation gewonnenes Diagramm und zeigt den Zusammenhang zwischen Trefferablage und Sichtliniendrehrate als Funktion der Restflugzeit.

Fig.6 ist ein durch Simulation gewonnenes Diagramm und zeigt den Zusammenhang zwischen Trefferablage und Sichtliniendrehbeschleunigung als Funktion der Restflugzeit.

Fig.7 ist ein durch Simulation gewonnenes Diagramm und zeigt den Zusammenhang zwischen Trefferablage und maximalem Ruderausschlag als Funktion der Restflugzeit.

Fig.8 ist ein durch Simulation gewonnenes Diagramm und zeigt den Zusammenhang zwischen Trefferablage und gemessener Querschleunigung als Funktion der Restflugzeit.

Fig.9 ist ein Blockdiagramm und zeigt im Prinzip die Einbindung einer Direkttreffer-Prädiktion an der Schnittstelle zwischen Lenkeinheit und Zünder.

Fig.10 ist ein schematisches Blockdiagramm und veranschaulicht die Prädiktion der Trefferablage.

Fig.11 veranschaulicht ein zur Prädizierung der Trefferablage vorgesehene "Fuzzy-Inferenz"-System.

Fig.12 veranschaulicht die Verzögerung der prädierten Zielablage um die bei der Prädizierung vorausgesetzte Restflugzeit.

[0019] Der Lenkflugkörper enthält einen Aufschlagzünder, der bei unmittelbarem Auftreffen des Flugkörpers auf das Ziel anspricht und den Gefechtskopf, u.U.

mit einer sehr kleinen Zündverzugszeit, im Inneren des Ziels zündet. Der Lenkflugkörper enthält weiterhin einen Annäherungszünder. Der Annäherungszünder spricht an, wenn der Lenkflugkörper sich dem Ziel bis auf einen geringen Abstand genähert hat. Der Annäherungszünder zündet auch dann, wenn der Lenkflugkörper das Ziel nicht direkt trifft sondern in geringem Abstand an dem Ziel vorbeifliegt. Hier erfolgt die Zündung üblicherweise mit einer Zündverzugszeit. Ein detonierender Gefechtskopf eines Lenkflugkörpers hat zwei Wirkungen, nämlich eine Druckwirkung und eine Splitterwirkung. Die Druckwirkung kommt vor allem zum Tragen, wenn der Gefechtskopf innerhalb des Ziels oder in unmittelbarer Nähe des Ziels detoniert. Bei Detonation außerhalb des Ziels kann eine Zerstörung oder Beschädigung des Ziels durch die Splitterwirkung erfolgen. Wenn der Lenkflugkörper einen Direkttreffer erzielt, also unmittelbar auf das Ziel auftrifft, dann ist es am günstigsten, wenn der Gefechtskopf durch den Aufschlagzünder gezündet wird. Bei einem Vorbeiflug erfolgt die Zündung durch den Annäherungszünder mit einer solchen Zündverzugszeit, daß sich eine maximale Splitterwirkung ergibt.

[0020] Der Ansprechpunkt des Annäherungszünder ist häufig schlecht definiert. Dieser Ansprechpunkt kann z.B. von der Art des Ziels oder von der Richtung abhängen, aus welcher der Lenkflugkörper sich dem Ziel nähert. Es kann daher geschehen, daß bei frühzeitigem Ansprechen des Annäherungszünder und fest eingestellter Zündverzugszeit der Gefechtskopf gezündet wird, bevor der Lenkflugkörper auf das Ziel auftritt, auch wenn der Lenkflugkörper ohne diese vorzeitige Zündung einen Direkttreffer erzielen würde. Dann wäre die Wirksamkeit des Gefechtskopfes nicht maximal und die Zerstörwahrscheinlichkeit verringert. Für diesen Fall wäre eine längere Zündverzugszeit des Annäherungszünder günstiger, da diese ein Wirksamwerden des Aufschlagzünder gestatten würde. Wenn andererseits die Zündverzugszeit des Annäherungszünder in diesem Sinne verlängert würde, dann könnte im Falle eines Vorbeifluges die Zündung des Gefechtskopfes zu spät erfolgen, so daß die Splitterwirkung des Gefechtskopfes nur unzureichend zum Tragen kommt und auch wieder die Zerstörwahrscheinlichkeit vermindert wird.

[0021] Aus diesem Grund wird die Zündverzugszeit abhängig gemacht von der prädierten Trefferablage.

[0022] Die "Trefferablage" wird anhand von Fig. 1 erläutert.

[0023] In Fig.1 ist mit 10 ein Ziel, hier ein feindliches Kampfflugzeug, bezeichnet, wie es von dem bildauflösenden Detektor des Lenkflugkörpers gesehen wird. Auf diesem Ziel liegt ein "gewünschter Auftreffpunkt" ("desired aimpoint"). Wenn der Flugkörper direkt auf diesen gewünschten Auftreffpunkt trifft, ist eine maximale Wirkung des Gefechtskopfes gewährleistet. Dieser gewünschte Auftreffpunkt ist in Fig. 1 mit 12 bezeichnet. Der tatsächliche Auftreffpunkt weicht nun in der Regel von diesem gewünschten Auftreffpunkt 12 nach Abstand und Richtung ab. Das ist die "Trefferablage". Die

Trefferablagen sind in Fig.1 durch Kreise 14, 16, 18 nach Art einer Schießscheibe angedeutet. Liegt der Auftreffpunkt noch innerhalb des inneren Kreises 18, der eine "kritische Trefferablage" bestimmt, erfolgt noch ein Direkttreffer, d.h. der Flugkörper trifft direkt auf das Ziel auf. Bei größeren Trefferablagen kann der Lenkflugkörper an dem Ziel 10 vorbeifliegen. Dann erfolgt eine Zündung des Gefechtskopfes durch den Annäherungszünder, wie in Fig.1 durch Punkt 20 dargestellt ist. Es kann aber auch bei dem Betrag nach größeren Trefferablagen ein Direkttreffer erfolgen, wie in Fig.1 durch Punkt 22 dargestellt ist. Bei einem Vorbeiflug durch den Punkt 20 erfolgt die Zündung des Gefechtskopfes durch den Annäherungszünder mit einer optimalen Zündverzugszeit, so daß maximale Splitterwirkung erzielt wird. Beim Auftreffen des Lenkflugkörpers innerhalb des Kreises 18 oder auch im Punkt 22 sollte der Aufschlagzünder wirksam werden.

[0024] Nach der Erfindung wird nun der Auftreffpunkt anhand beobachteter Einflußgrößen prädiert. Das ist unter Bezugnahme auf die Figuren 2 bis 4 für die Einflußgröße "Sichtliniendrehrate $\dot{\sigma}$ " für den ebenen Fall erläutert.

[0025] Fig.2 zeigt die Relativgeometrie von Lenkflugkörper 24 und Ziel 26. Der Entfernungsvektor R_P zwischen Lenkflugkörper 24 und Ziel 26 zum Zeitpunkt t_r vor Erreichen des Ziels ergibt sich aus der Beziehung

$$\underline{R}_P = \underline{R} - \underline{V}_r t_r.$$

[0026] Dabei ist \underline{R} die aktuelle Entfernung von Lenkflugkörper 24 und Ziel 26, \underline{V}_r ist die Relativgeschwindigkeit zwischen Lenkflugkörper 24 und Ziel 26 und t_r ist die Restflugzeit. Es ist angenommen, daß sich Flugkörper und Ziel während der kurzen Restflugzeit unbeschleunigt weiterbewegen. Die Relativgeschwindigkeit \underline{V}_r zwischen Lenkflugkörper 24 und Ziel 26 ergibt sich aus Fig.3:

$$\underline{V}_r = \underline{V}_T - \underline{V}_M,$$

wobei \underline{V}_T die Zielgeschwindigkeit und \underline{V}_M die Geschwindigkeit des Lenkflugkörpers ist. Die prädierte Trefferablage ergibt sich als Minimum der Zielentfernung \underline{R}_P , also als kleinster Abstand der Schwerpunkte von Lenkflugkörper und Ziel. Das ist in Fig.4 dargestellt. Diesen kleinsten Abstand erhält man durch Differentiation der Gleichung für die prädierte Entfernung \underline{R}_P und Nullsetzen. Daraus ergibt sich die Restflugzeit t_r bis zum Erreichen dieser kleinsten Entfernung zu

$$t_r = \frac{R V_r}{|\underline{V}_r|^2}.$$

[0027] Zwischen dem Betrag der Sichtliniendrehrate

$\dot{\sigma}$ und der Zielentfernung R und der Relativgeschwindigkeit \underline{V}_r besteht der Zusammenhang:

$$\dot{\sigma} = \frac{|\underline{R}| |\underline{V}_r|}{|\underline{R}|^2} \sin \zeta .$$

[0028] Dabei ist, wie in Fig.4 dargestellt, ζ der Winkel zwischen den Vektoren der Zielentfernung und der Relativgeschwindigkeit.

[0029] Aus den vorstehenden Gleichungen ergibt sich für die prädierte Trefferablage $|\underline{R}_p|$ der Ausdruck

$$|\underline{R}_p| = \frac{|\underline{R}|^2}{|\underline{V}_r|} \dot{\sigma} .$$

[0030] Daraus geht hervor, daß die Sichtliniendrehrate $\dot{\sigma}$ null ist, wenn der Relativgeschwindigkeitsvektor direkt auf das Ziel 26 gerichtet ist, also $\zeta = 0$ ist. In der Praxis wird der Relativgeschwindigkeitsvektor \underline{V}_r jedoch immer einen gewissen Fehlwinkel ζ in Bezug auf das Ziel 26 aufweisen. Bei einem bestimmten Fehlwinkel ζ steigt dann die Sichtliniendrehrate umgekehrt proportional zu der Restentfernung $|\underline{R}|$ an.

[0031] Die prädierte Trefferablage $|\underline{R}_p|$ steigt bei einer gegebenen Restentfernung $|\underline{R}|$ proportional zu der Sichtliniendrehrate an. Ein starkes Ansteigen der Sichtliniendrehrate $\dot{\sigma}$ kurz vor dem Treffer läßt auf eine größere Trefferablage schließen.

[0032] Die vorstehenden Betrachtungen sind vereinfacht für den ebenen Fall und die Sichtliniendrehrate $\dot{\sigma}$ angestellt worden. Man kann die Abhängigkeit der Trefferablage von verschiedenen Einflußgrößen durch sechsdimensionale Simulation bestimmen und für die Prädiktion der Trefferablage aus gemessenen Einflußgrößen verwenden. Mittels der Simulation werden auf statistischer Basis eine Vielzahl von Begegnungssituationen untersucht, in denen die Flugkörper- und Zielbewegungen detailliert nachgebildet werden. Aus dieser Vielzahl von Begegnungssituationen werden die Zusammenhänge gewonnen.

[0033] Fig.5 zeigt einen solchen aus einer sechsdimensionalen Simulation gewonnenen Zusammenhang zwischen Trefferablage und Sichtliniendrehrate als Funktion der Restflugzeit. Die in Fig.5 horizontalen Koordinaten sind Restflugzeit und Trefferablage. Die vertikale Koordinate ist die mittlere Sichtliniendrehrate. Man erkennt aus Fig.5 deutlich den erwarteten nahezu linearen Anstieg der Sichtliniendrehrate als Funktion der Trefferablage.

[0034] Fig.6 zeigt den ebenfalls aus einer sechsdimensionalen Simulation gewonnenen Zusammenhang zwischen Trefferablage und Sichtlinien-Drehbeschleunigung. Die Sichtlinien-Drehbeschleunigung $\ddot{\sigma}$ zeigt nur für kleine Restflugzeiten t_r einen markanten Anstieg. Dieser Anstieg fällt allerdings bei größeren Trefferablagen sehr deutlich aus.

[0035] Die Figuren 5 und 6 zeigen lenkspezifische Parameter, die von der Relativbewegung von Lenkflugkörper 24 und Ziel 26 bestimmt sind, als Indikatoren für die Größe der Trefferablage. Es können jedoch auch flugkörperspezifische Parameter Indikatoren für die Größe der Trefferablage sein. So kann beispielsweise ein nicht perfekt eingestellter Autopilot Anlaß zu unruhigem Flugverhalten des Lenkflugkörpers geben, was seinerseits zu größeren Trefferablagen führen kann. Ebenso kann ein Betrieb des Lenkflugkörpers an den Grenzen seiner aerodynamischen oder flugmechanischen Leistungsfähigkeit als Indikator für eine tendenziell größere Trefferablage herangezogen werden. Ein solcher Betrieb kann durch hohe Anstellwinkel, große Ruderausschläge oder hohe Querschleunigungen gekennzeichnet sein. Diese Einflüsse werden nachstehend als "Stress-Faktoren" bezeichnet.

[0036] Fig.7 zeigt den ebenfalls durch sechsdimensionale Simulation gewonnenen Zusammenhang zwischen Trefferablage und Ruderausschlag als Funktion der Restflugzeit. Große Ruderausschläge treten in der Regel im Zusammenhang mit großen Anstellwinkeln, großen Querschleunigungen oder großen Drehraten auf. Fig.7 zeigt, daß große Ruderausschläge, besonders wenn sie den maximalen Ruderausschlag erreichen, mit größeren Trefferablagen verbunden sind.

[0037] Fig.8 zeigt schließlich den in ähnlicher Weise erhaltenen Zusammenhang zwischen Trefferablage und gemessener Querschleunigung als Funktion der Restflugzeit. Die horizontalen Koordinaten in Fig.8 sind Restflugzeit und Trefferablage. Die vertikale Koordinate ist die gemessene mittlere Querschleunigung des Lenkflugkörpers. Eine hohe Querschleunigung zeigt an, daß die Begegnung im Grenzbereich der Leistungsfähigkeit des Lenkflugkörpers erfolgt, z.B. in der Nähe der inneren Schußbereichsgrenze. Abhängig vom Flugzustand kann die hohe Querschleunigung auch mit einem großen Anstellwinkel des Lenkflugkörpers verbunden sein. Auch die Querschleunigung zeigt nach Fig.8 einen deutlichen Zusammenhang mit der Trefferablage, die für hohe Querschleunigungen zunimmt, und mit der Restflugzeit.

[0038] Die verschiedenen Einflußgrößen, nämlich einerseits die lenkspezifischen Parameter wie Sichtliniendrehrate $\dot{\sigma}$ und Sichtlinien-Drehbeschleunigung $\ddot{\sigma}$ und andererseits die flugkörperspezifischen Parameter wie Ruderausschlag und Querschleunigung sind, wie in Fig.9 dargestellt ist, auf einen Trefferablage-Prädiktor 28 geschaltet. Bei der Ausführungsform von Fig.9 ist auf den Trefferablage-Prädiktor außerdem die Restflugzeit ("time-to-go") aufgeschaltet, die durch Bildverarbeitung eines Sucherbildes des Suchkopfes des Lenkflugkörpers abgeschätzt wird. Das ist eine Möglichkeit der Berücksichtigung der Restflugzeit. Der Trefferablage-Prädiktor 28 prädiziert anhand der gemessenen lenkspezifischen und flugkörperspezifischen Eingangs-Parameter entweder einen Direkttreffer mit einem Signal an einem Ausgang 30 oder einen nahen Vorbeiflug ("near

miss") mit einem Signal an einem Ausgang 32. Die Signale an den Ausgängen 30 und 32 sind auf einen Zünderabschnitt 34 geschaltet. Der Zünderabschnitt 34 enthält einen Annäherungszünder, der bei Annäherung des Lenkflugkörpers an das Ziel anspricht. Das ist durch einen Eingang 36 "Zieldetektion" angedeutet. Dem Annäherungszünder ist eine erste Zündverzugszeit-Tabelle 38 zugeordnet, die eine relativ lange erste Zündverzugszeit für den Annäherungszünder liefert. Diese Zündverzugszeit-Tabelle 38 wird wirksam, wenn der Trefferablage-Prädiktor am Ausgang 30 einen Direkttreffer signalisiert. Dem Annäherungssensor ist weiterhin eine zweite Zündverzugszeit-Tabelle 40 zugeordnet, die eine kürzere, zweite Zündverzugszeit für den Annäherungssensor liefert. Die erste Zündverzugszeit ist so lang gewählt, daß der Aufschlagzünder des Lenkflugkörpers wirksam werden kann, bevor eine Zündung des Gefechtskopfes über den Annäherungssensor erfolgen kann. Damit wird sichergestellt, daß der Gefechtskopf nicht vorzeitig, vor Auftreffen des Flugkörpers auf das Ziel über den Annäherungssensor gezündet werden kann. Das könnte geschehen, wenn der Annäherungssensor sehr früh anspricht und die Zündverzugszeit relativ kurz eingestellt ist. Die zweite Zündverzugszeit ist kürzer als die erste Zündverzugszeit. Diese zweite Zündverzugszeit ist so gewählt, daß bei einem Vorbeiflug des Lenkflugkörpers am Ziel durch Splitterwirkung eine maximale Zerstörung am Ziel erreicht wird.

[0039] Je nach der prädizierten Trefferablage wird an einem Ausgang 42 ein Zündimpuls erzeugt, dessen Zündverzugszeit dem Direkttreffer oder dem Vorbeiflug im oben beschriebenen Sinne entspricht.

[0040] Fig. 10 ist ein Blockdiagramm und zeigt die Bildung der "Direkttreffer"- und "Vorbeiflug"-Signale an den Ausgängen 30 und 32. Wie schon gesagt, bietet die Messung oder Abschätzung der für die Bestimmung der Trefferablage benötigten Restflugzeit Schwierigkeiten. Statt, wie in Fig. 9, diese Restflugzeit aus der Bildverarbeitung abzuschätzen und auf den Prädiktor 28 als Meßgröße aufzuschalten wird bei der bevorzugten Ausführung von Fig. 10 ständig eine Abschätzung der Trefferablage parallel für verschiedene vorgegebene Restflugzeiten vorgenommen, wobei die jeweils aktuellen Parameter zu Grunde gelegt werden. Die so abgeschätzten Trefferablagen werden um die bei der Abschätzung zu Grunde gelegte, vorgegebene Restflugzeit verzögert. Bei Ansprechen des Annäherungssensors stehen dann Abschätzungen der Trefferablage zur Verfügung, die z.B. auf den vor einer halben Sekunde ermittelten Einflußgrößen beruhen und bei dieser Abschätzung der Trefferablage eine Restflugzeit von einer halben Sekunde zu Grunde legen, die auf den vor einer Viertelsekunde ermittelten Einflußgrößen beruhen und bei dieser Abschätzung der Trefferablage eine Restflugzeit von einer Viertelsekunde zu Grunde legen usw. Aus den alle auf den Ansprechzeitpunkt des Annäherungszünders bezogenen und somit vergleichbaren Trefferablagen wird ein gewichtetes Mittel gebildet. Dabei kön-

nen u.U. Abschätzungen, die auf kürzeren Restflugzeiten beruhen, stärker gewichtet werden.

[0041] Die unter Bezugnahme auf die Figuren 5 bis 8 beschriebenen Einflußgrößen oder Parameter geben Hinweise auf die zu erwartende Trefferablage. Die Trefferablage läßt sich daraus aber nicht ohne weiteres nach einem bestimmten Algorithmus berechnen. Aus diesem Grunde erfolgt die Abschätzung der Trefferablage anhand der Einflußgrößen und der angenommenen Restflugzeit durch "Fuzzy-Inferenz-Systeme". Das ist in Fig. 11 dargestellt. Die Einflußgrößen werden anhand von Zugehörigkeitsfunktionen in linguistische Größen wie "groß", "mittel", "klein" umgesetzt. Da sich die Zugehörigkeitsfunktionen in der Regel überlappen, kann ein bestimmter Wert einer Einflußgröße mit bestimmten Prozentsätzen ("Zugehörigkeits-Faktoren") verschiedenen linguistischen Größen zugeordnet sein, also etwa zu 75% "groß" und zu 25% "mittel" sein. Die linguistischen Größen werden nach vorgegebenen Inferenz-Regeln der Form "Wenn...,dann.." verarbeitet. Die Ergebnisse der Inferenz werden nach Maßgabe der Zugehörigkeits-Faktoren verknüpft. Es ergibt sich durch die "Defuzzifizierung" dann eine numerische Ausgangsgröße. Das ist eine an sich bekannte Technik.

[0042] In Fig. 10 sind eine Mehrzahl solcher "Fuzzy-Inferenz-Systeme" 44.1, 44.2 ... 44.m vorgesehen. Jedes dieser Fuzzy-Inferenz-Systeme ist ständig von den aktuellen Einflußgrößen beaufschlagt und setzt eine zugehörige vorgegebene Restflugzeit t_{r1} , t_{r2} ... t_{rm} voraus. Die Fuzzy-Inferenz-Systeme liefern, wie beschrieben, numerische Ausgangsgrößen in Form von prädizierten Trefferablagen an Ausgängen 46.1, 46.2 ... 46.m. Durch Schieberegister 48.1, 48.2, ... 48.m werden die Ausgangsgrößen jeweils um die zugehörige Restflugzeit t_{r1} , t_{r2} ... t_{rm} verzögert. An Ausgängen 50.1, 50.2 ... 50.m stehen dann hinsichtlich der Restflugzeiten zeitlich vergleichbare prädizierte Trefferablagen w_1 , w_2 , ... w_m zur Verfügung. Diese prädizierten Trefferablagen werden in einem Summierpunkt 52 gewichtet summiert. Die gewichtete Summe ist auf eine Bewertungsschaltung 54 aufgeschaltet. Die Bewertungsschaltung 54 liefert dann an den Ausgängen 30 und 32 die Signale "Direkttreffer" oder "Vorbeiflug", wie unter Bezugnahme auf Fig. 9 erläutert wurde.

[0043] Fig. 11 zeigt schematisch eines der in Fig. 10 dargestellten Fuzzy-Inferenz-Systeme.

[0044] Das Fuzzy-Inferenz-System, z.B. 44.1, weist Eingänge 56.1, 56.2 ... 56.n für die verschiedenen lenkspezifischen oder flugkörperspezifischen Einflußgrößen oder Parameter auf. Ferner enthält das Fuzzy-Inferenz-System einen Eingang 58, auf welchen eine vorgegebene, dem jeweiligen Fuzzy-Inferenz-System zugeordnete Restflugzeit t_{r1} , ... aufgeschaltet ist. Jeder Eingang ist, wie in Fig. 11 für Eingang 56.1 vollständig dargestellt ist, parallel auf Sortierglieder 60 aufgeschaltet, durch welche die anliegende Eingangsgröße, z.B. die Sichtliniendrehrate $\dot{\sigma}$, mit einem durch eine Zugehörigkeitsfunktion bestimmten Zugehörigkeits-Faktor ei-

ner linguistischen Größe "klein", "mittel" oder "groß" zugeordnet wird. Die so erhaltenen linguistischen Größen sind auf eine Regelbank 62 aufgeschaltet. In der Regelbank 62 sind Regeln in der Form "Wenn..., dann.." gespeichert, beispielsweise eine Regel: Wenn ($t_r = \{klein\}$ und $\dot{\sigma} = \{klein\}$), dann (Trefferablage = $\{klein\}$). Alle angesprochenen Regeln, d.h. alle Regeln, in denen Parameter als linguistische Größen mit einem Zugehörigkeits-Faktor erscheinen, liefern linguistische Größen mit Zugehörigkeits-Faktoren, die sich aus den Zugehörigkeits-Faktoren der auftretenden Parameter ergeben. Das ist in Fig.11 durch Block 64 dargestellt. Die Ergebnisse der verschiedenen Regeln werden in einer Summe zusammengefaßt und liefern wieder einen Zahlenwert. Das ist in Fig. 11 durch einen Block 66 "Defuzzifizierung" mit einem Ausgang 46.1 dargestellt.

[0045] Fig.12 zeigt ein Schieberegister zum Verzögern der prädierten Trefferablage um eine Restflugzeit, das z.B. dem Schieberegister 48.1 von Fig.10 entspricht.

[0046] Das Schieberegister 48.1 enthält Register 68.1, 68.2 ... 68.p. In das Register 68.1 mit Bits 1 bis k wird von dem Fuzzy-Inferenz-System 44.1 von dem Ausgang 46.1 desselben der jeweils aktuelle Wert der prädierten Trefferablage eingelesen. Das Schieberegister 48.1 wird, wie die übrigen Schieberegister, von einem Speichertakt an einem Takteingang 70 angesteuert. Die jeweils aktuelle prädierte Trefferablage von dem Fuzzy-Inferenz-System 44.1 wird als Speicherwort in das Register 68.1 eingelesen. Durch einen Taktimpuls wird dieses Speicherwort aus dem Register 68.1 in das Register 68.2 übertragen. Das in dem Register 68.2 vorher gespeicherte Speicherwort wird gleichzeitig in das nächste Register 68.3 übertragen usw., während in das Register 68.1 die neue aktuelle prädierte Trefferablage eingelesen wird. Nach p Taktimpulsen, die der vorgegebenen Restflugzeit entsprechen, ist das in das Register 68.1 eingelesene Speicherwort im Register 68p angelangt und steht dort zum Auslesen als verzögerte, prädierte Trefferablage w1 (Fig.10) zur Verfügung.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Zünden eines Gefechtskopfes bei zielverfolgenden Lenkflugkörpern, die einen Aufschlagzünder und einen Annäherungszünder aufweisen, der bei Annäherung des Flugkörpers an ein Ziel anspricht, wobei eine Detonation des Gefechtskopfes durch den Aufschlagzünder beim Auftreffen des Flugkörpers auf das Ziel und durch den Annäherungszünder mit einer Zündverzugszeit gegenüber dem Ansprechen des Annäherungszünders ausgelöst wird, **gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:**

Erfassen von Einflußgrößen, welche die Art der

Begegnung des Lenkflugkörpers mit dem Ziel beeinflussen, und

Einstellen der Zündverzugszeit in Abhängigkeit von solchen Einflußgrößen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß**

aus den erfaßten Einflußgrößen eine prädierte Trefferablage bestimmt wird und

die Zündverzugszeit nach Maßgabe der so prädierten Trefferablage eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** dann, wenn die prädierte Trefferablage einen Direkttreffer erwarten läßt, eine so lange Zündverzugszeit eingestellt wird, daß die Zündung des Gefechtskopfes bei Auftreffen des Lenkflugkörpers auf das Ziel durch den Aufschlagzünder erfolgen kann.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** dann, wenn die prädierte Trefferablage einen Vorbeiflug des Lenkflugkörpers an dem Ziel erwarten läßt, eine Zündverzugszeit eingestellt wird, die im Hinblick auf die Wirksamkeit des seitlich vom Ziel detonierenden Gefechtskopfes optimiert ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Abhängigkeit der Trefferablage von den Einflußgrößen und von der Restflugzeit des Lenkflugkörpers durch Simulation ermittelt und gespeichert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Einflußgrößen solche Größen wie die Sichtliniendrehrate umfassen, die sich aus der Geometrie von Ziel und Lenkflugkörper ergeben.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Einflußgrößen flugkörperspezifische Größen wie Ruderausschlag oder Querschleunigung umfassen.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Restflugzeit aus einer Bildverarbeitung eines von einem bildauflösenden Suchkopf des Lenkflugkörpers gelieferten Zielbildes gewonnen wird.

9. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß**

(a) aus den Einflußgrößen für eine vorgegebene

ne Restflugzeit laufend eine prädierte Trefferablage bestimmt wird, und

(b) die so für eine bestimmte Restflugzeit prädierte Trefferablage um diese Restflugzeit verzögert für die Bestimmung der Zündverzugszeit beim Ansprechen des Annäherungszünders bereitgestellt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß

(a) aus den Einflußgrößen parallel für verschiedene Restflugzeiten zugehörige prädierte Trefferablagen bestimmt werden,

(b) jede der für eine Restflugzeit bestimmte prädierte Trefferablage um diese zugehörige Restflugzeit verzögert für die Bestimmung der Zündverzugszeit beim Ansprechen des Annäherungszünders bereitgestellt wird und

(c) für die Bestimmung der Zündverzugszeit ein Mittel oder gewichtetes Mittel der zeitverzögert bereitgestellten prädierten Trefferablagen gebildet wird.

11. Vorrichtung zum Zünden eines Gefechtskopfes bei zielverfolgenden Lenkflugkörpern, die einen Aufschlagzünder und einen Annäherungszünder zum Zünden des Gefechtskopfes aufweisen, wobei der Annäherungszünder bei Annäherung an das Ziel anspricht und die Detonation des Gefechtskopfes mit einer Zündverzögerung gegenüber dem Ansprechen des Annäherungszünders auslöst, gekennzeichnet durch

(a) Mittel zum Erfassen von Einflußgrößen ($\dot{\sigma}, \ddot{\sigma}$...), welche die Art der Begegnung des Lenkflugkörpers (24) und des Ziels beeinflussen während des Fluges des Lenkflugkörpers (24), und

(b) Einstellmittel (38,40) zum Einstellen der Zündverzugszeit des Annäherungszünders in Abhängigkeit von solchen Einflußgrößen.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch Mittel zum Bestimmen einer prädierten Trefferablage aus den so bestimmten Einflußgrößen, wobei die Einstellgrößen nach Maßgabe der so bestimmten prädierten Trefferablage einstellbar sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß

(a) durch die Einstellmittel (38,40) dann, wenn

die prädierte Trefferablage einen Direkttreffer erwarten läßt, eine so lange Zündverzugszeit einstellbar ist, daß die Zündung des Gefechtskopfes bei Auftreffen des Lenkflugkörpers (24) auf das Ziel (26) durch den Aufschlagzünder erfolgen kann, und

(b) durch die Einstellmittel dann, wenn die prädierte Trefferablage einen Vorbeiflug des Lenkflugkörpers (24) an dem Ziel (26) erwarten läßt, eine Zündverzugszeit einstellbar ist, die im Hinblick auf die Wirksamkeit des seitlich vom Ziel detonierenden Gefechtskopfes optimiert ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch Speichermittel, mittels derer die durch Simulation ermittelte Abhängigkeit der Trefferablage von den Einflußgrößen und von der Restflugzeit des Lenkflugkörpers (24) gespeichert ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zum Erfassen der Einflußgrößen

(a) Mittel zum Erfassen lenkspezifische Größen wie die Sichtliniendrehrate umfassen, die sich aus der Geometrie von Ziel und Lenkflugkörper ergeben, und

(b) Mittel zum Erfassen lenkflugkörperspezifischer Größen wie Ruderausschlag oder Querschleunigung.

16. Vorrichtung nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch

(a) einem bildauflösenden Suchkopf des Lenkflugkörpers, der ein Zielbild liefert, und

(b) bildverarbeitende Mittel zur Abschätzung der Restflugzeit aus der Größenänderung des Zielbildes.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, gekennzeichnet durch

(a) Mittel (44.1) zur Bestimmung der Trefferablage aus den Einflußgrößen für eine vorgegebene Restflugzeit und

(b) Verzögerungsmittel (48.1), durch welche die für die vorgegebene Restflugzeit prädierte Trefferablage um diese Restflugzeit verzögert für die Bestimmung der Zündverzugszeit beim Ansprechen des Annäherungszünders bereitstellbar ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß

(a) die Mittel (44.1,44.2 ...) zur Bestimmung der Trefferablage aus den Einflußgrößen vermehrfacht in parallelen Kanälen vorgesehen sind, wobei jeder Kanal von den Einflußgrößen beaufschlagt ist und in den Kanälen prädiizierte Trefferablagen für verschiedene Restflugzeiten bestimmt werden, 5
10

(b) Verzögerungsmittel (48.1,48.2 ...) vorgesehen sind, durch welche jede der so für eine bestimmte Restflugzeit prädiizierte Trefferablage um diese Restflugzeit verzögert für die Bestimmung der Zündverzugszeit beim Ansprechen des Annäherungszünders bereitstellbar ist. 15

**19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die zeitverzögert bereitgestellten prädiizierten Trefferablagen für die Bestimmung der Zündverzugszeit auf Mittel (52) zur Bildung eines gewichteten Mittels der zeitverzögert bereitgestellten prädiizierten Trefferablagen aufgeschaltet sind. 20
25**

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die die Mittel zur Bestimmung der Trefferablage aus den Einflußgrößen von einem Fuzzy-Inferenz-System gebildet sind. 30

35

40

45

50

55

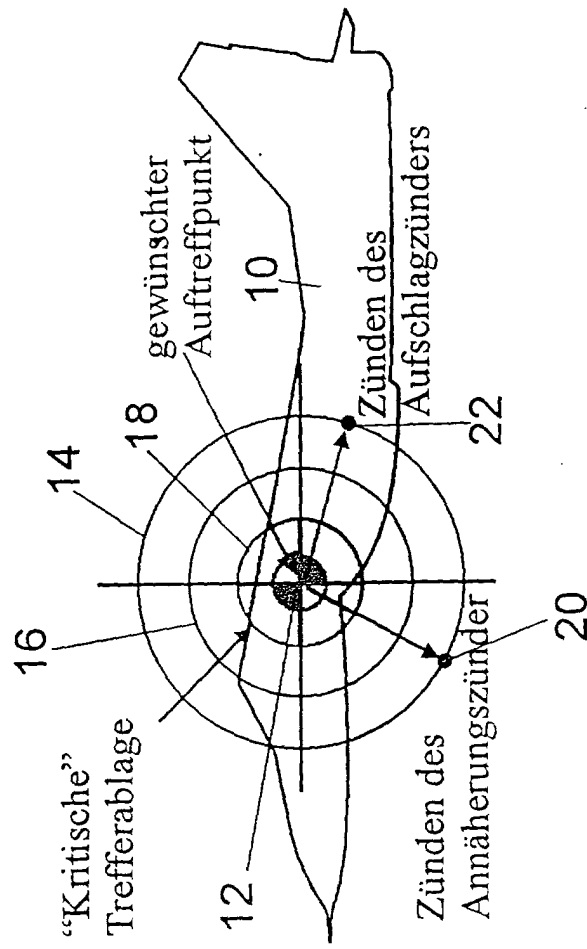


FIG. 1

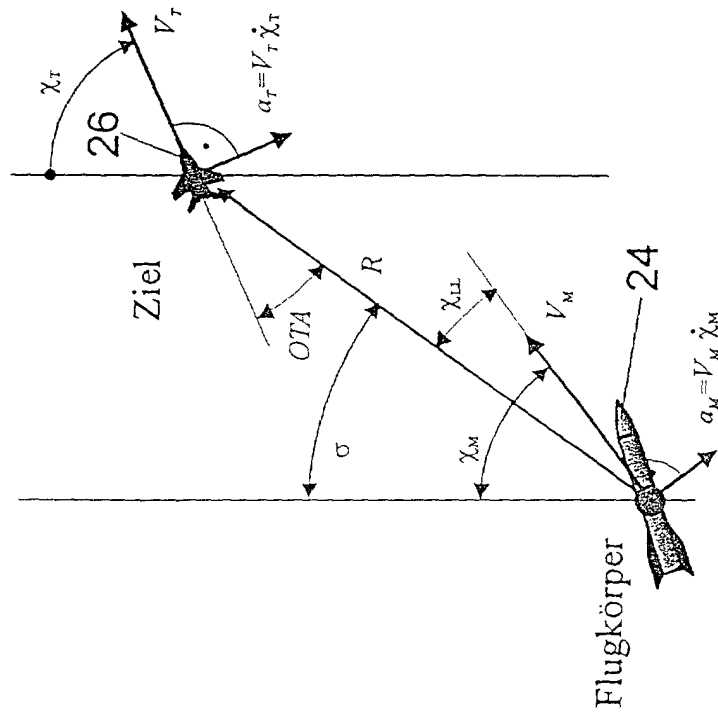


FIG. 2

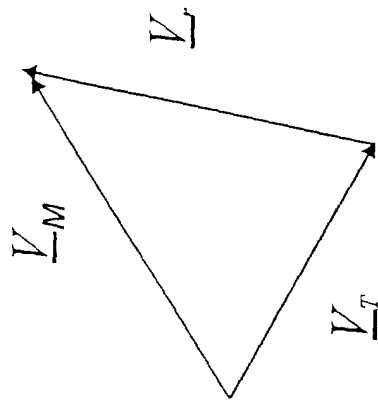


FIG. 3

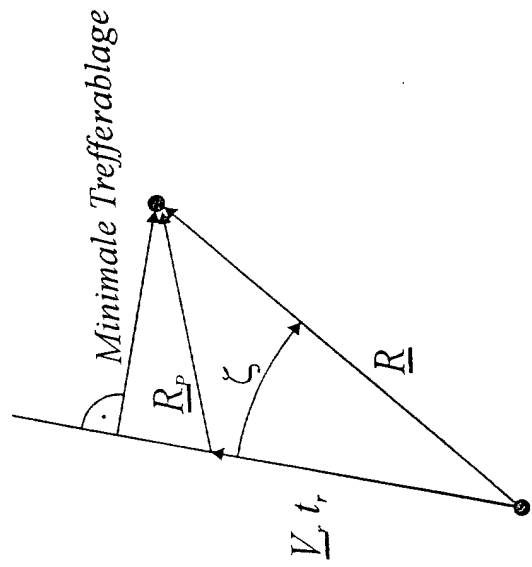


FIG. 4

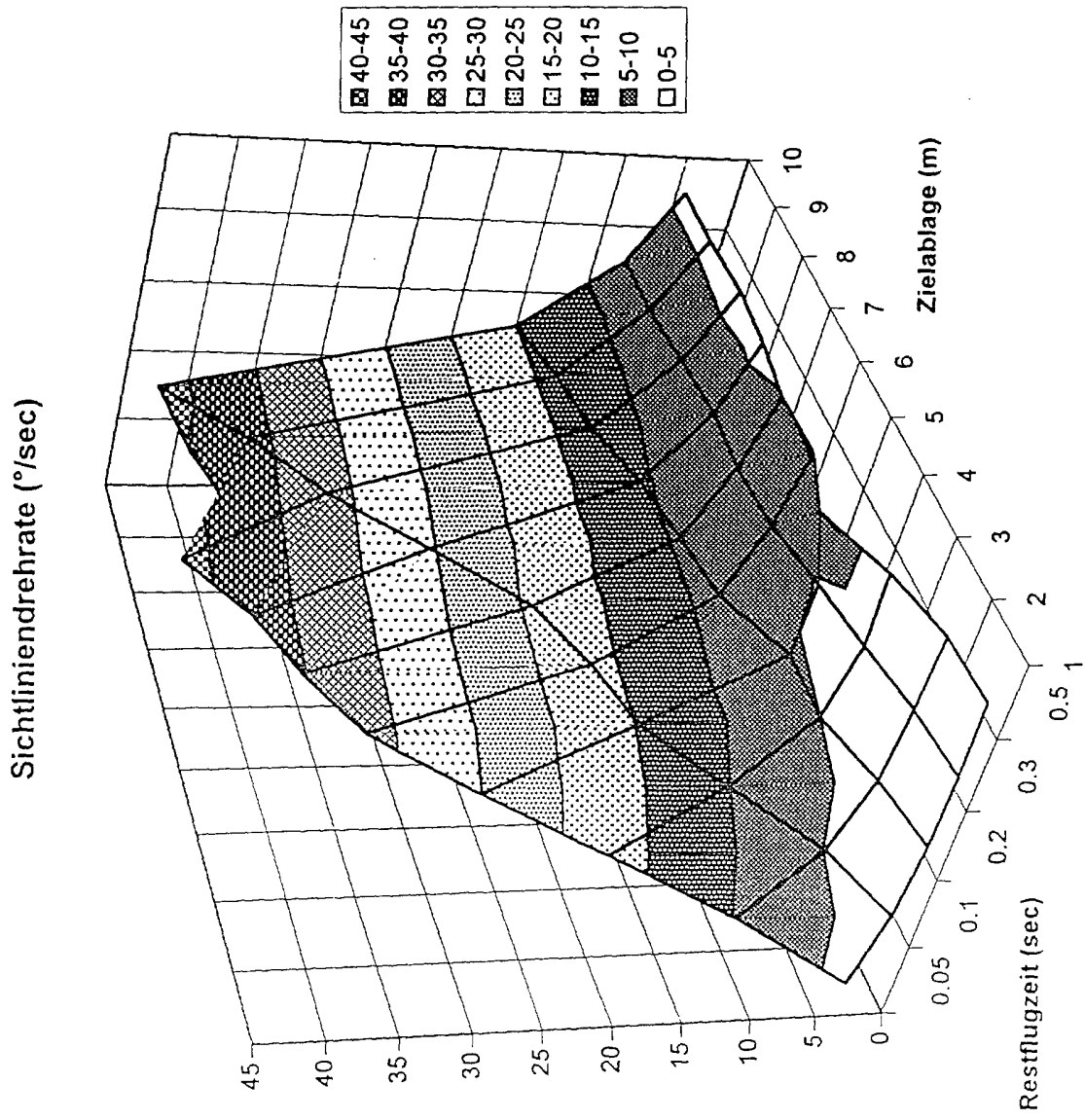


FIG. 5

Sichtlinien-Drehbeschleunigung

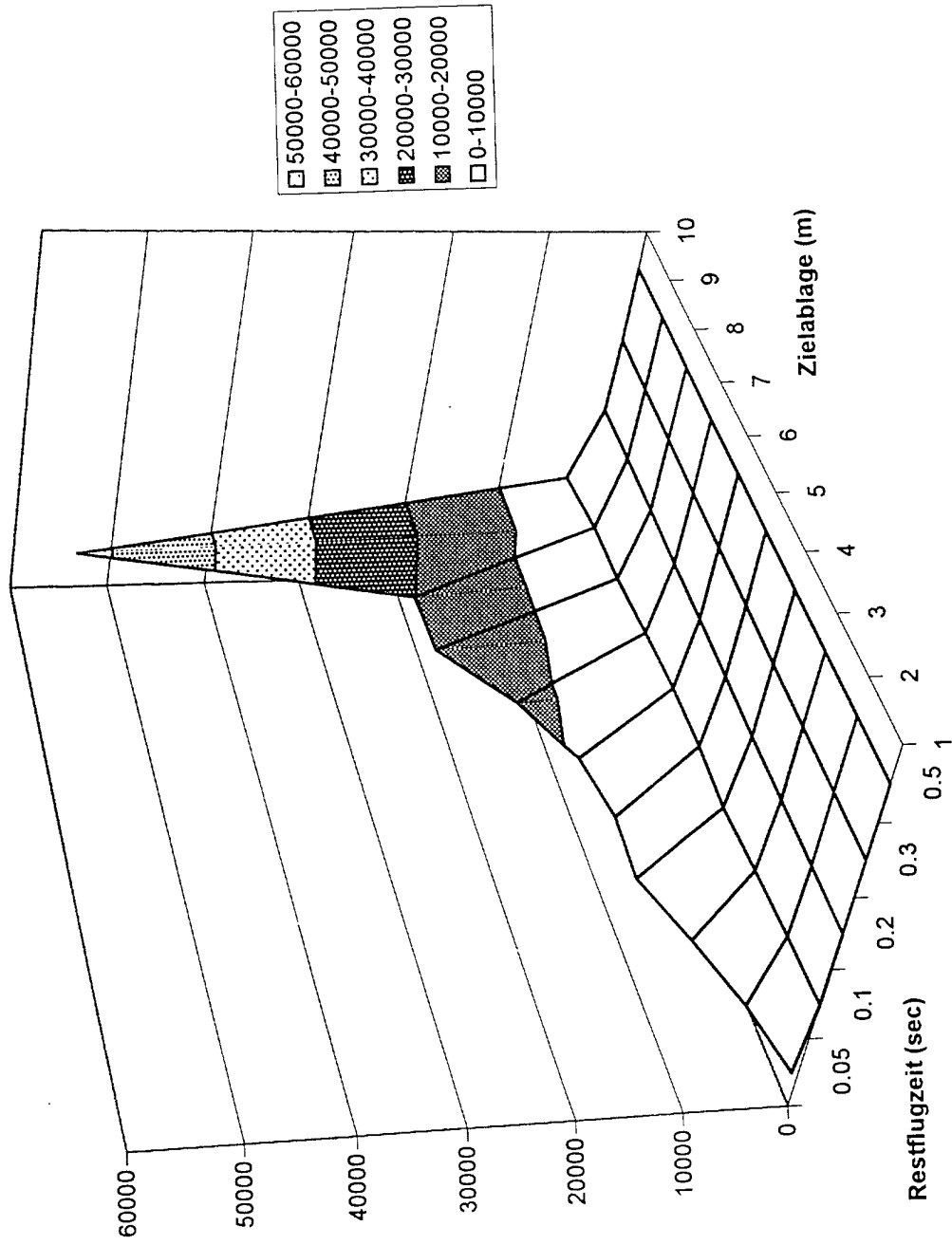


FIG. 6

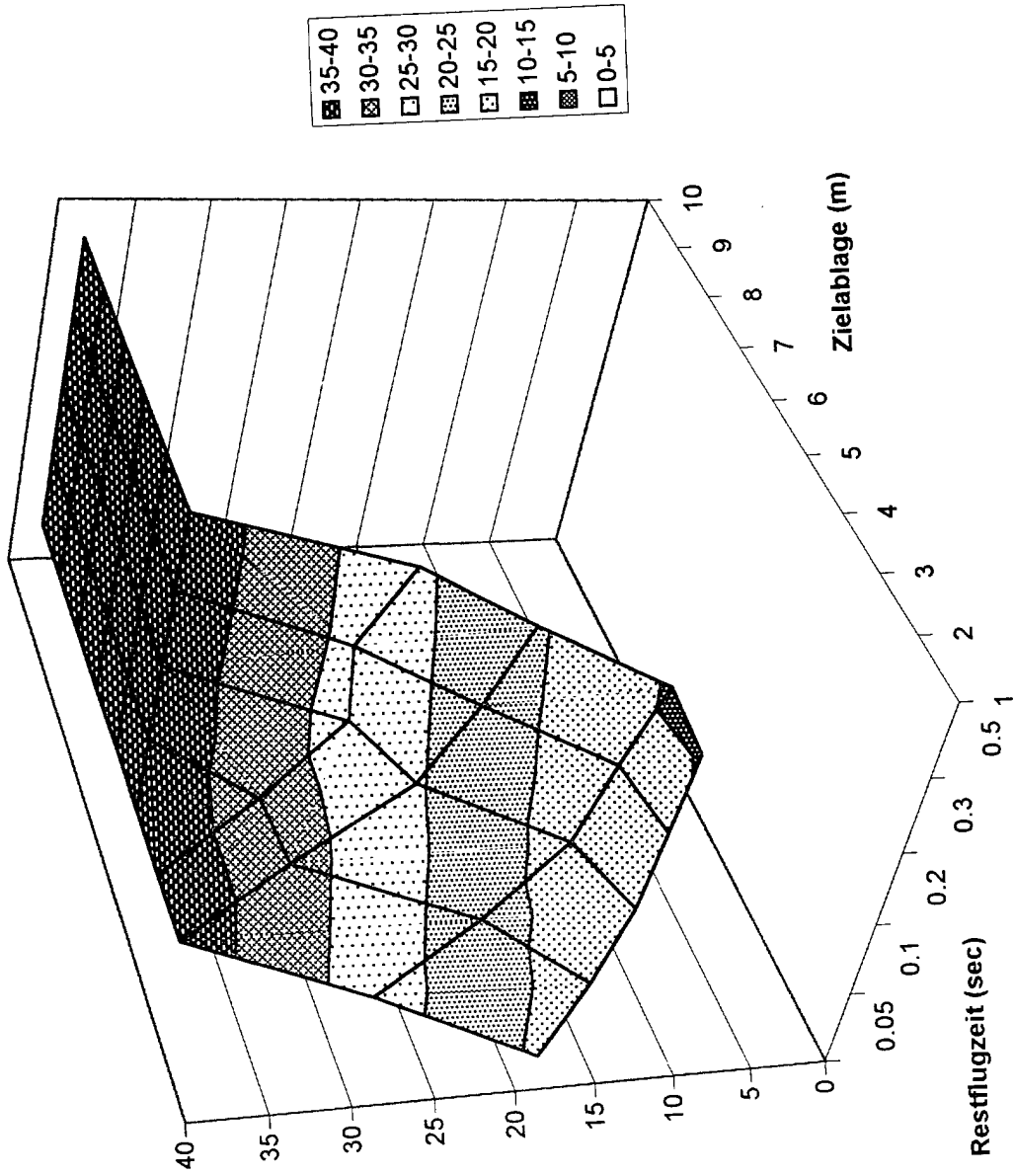


FIG. 7

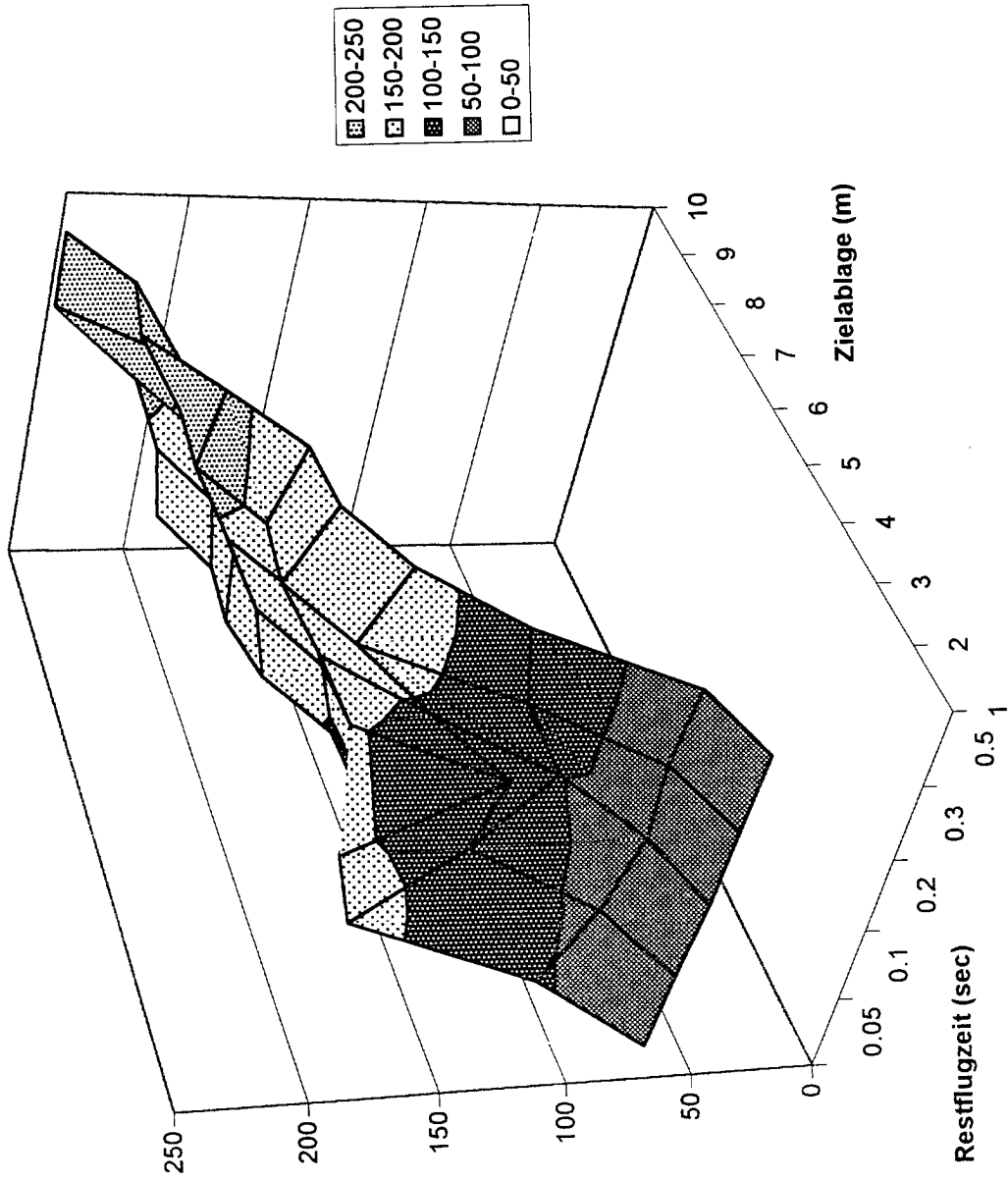


FIG. 8

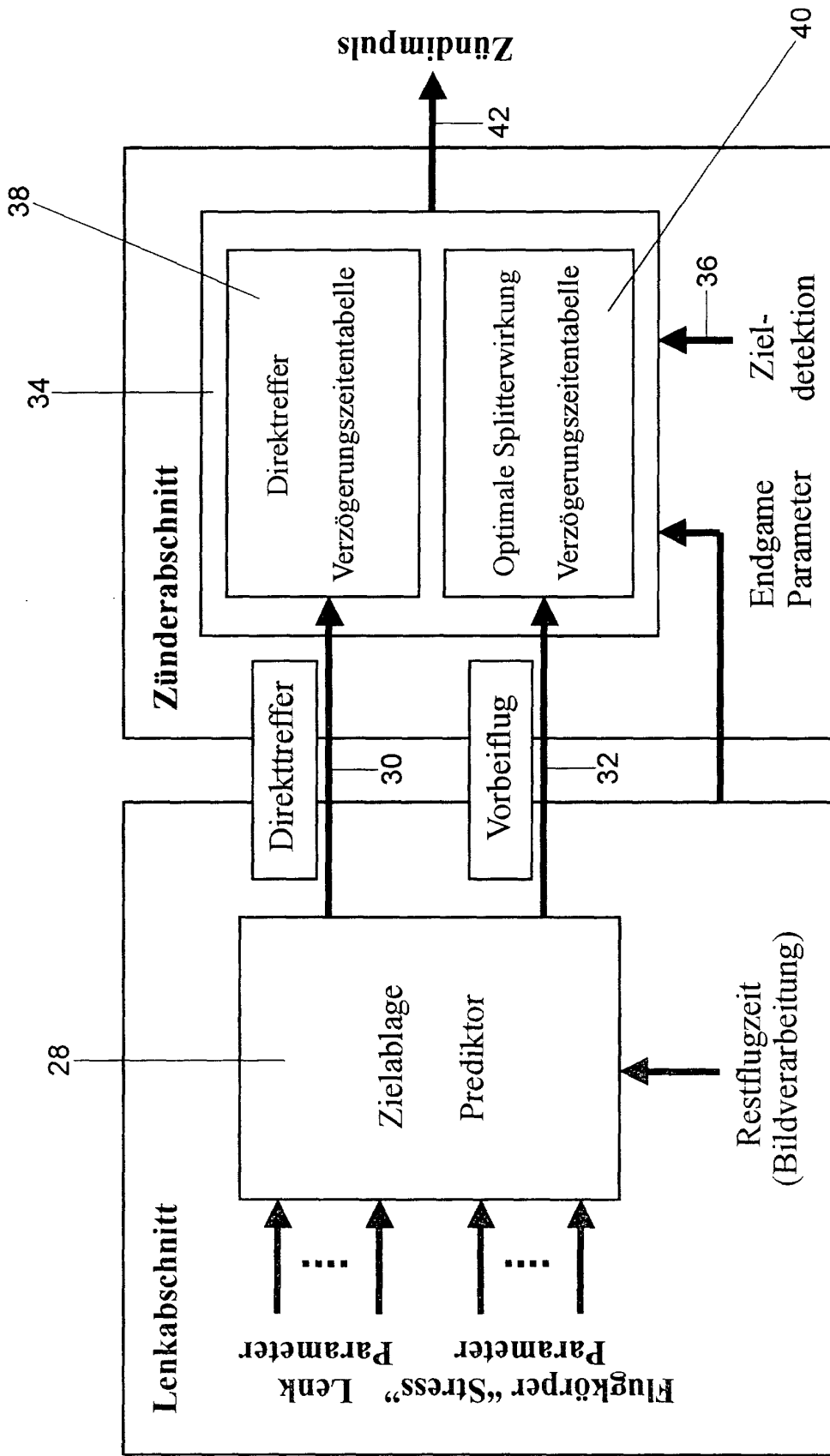


FIG. 9

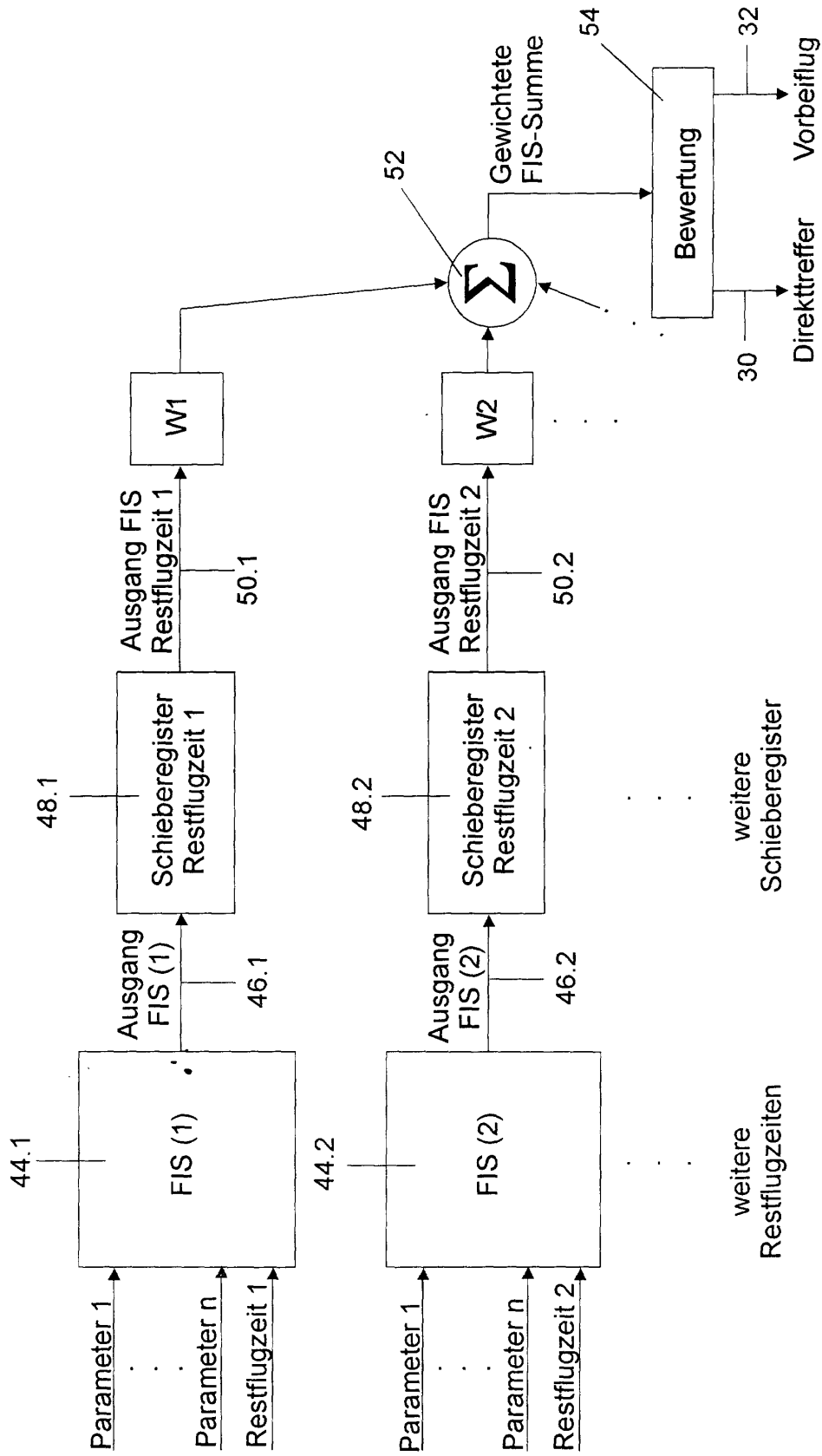


FIG. 10

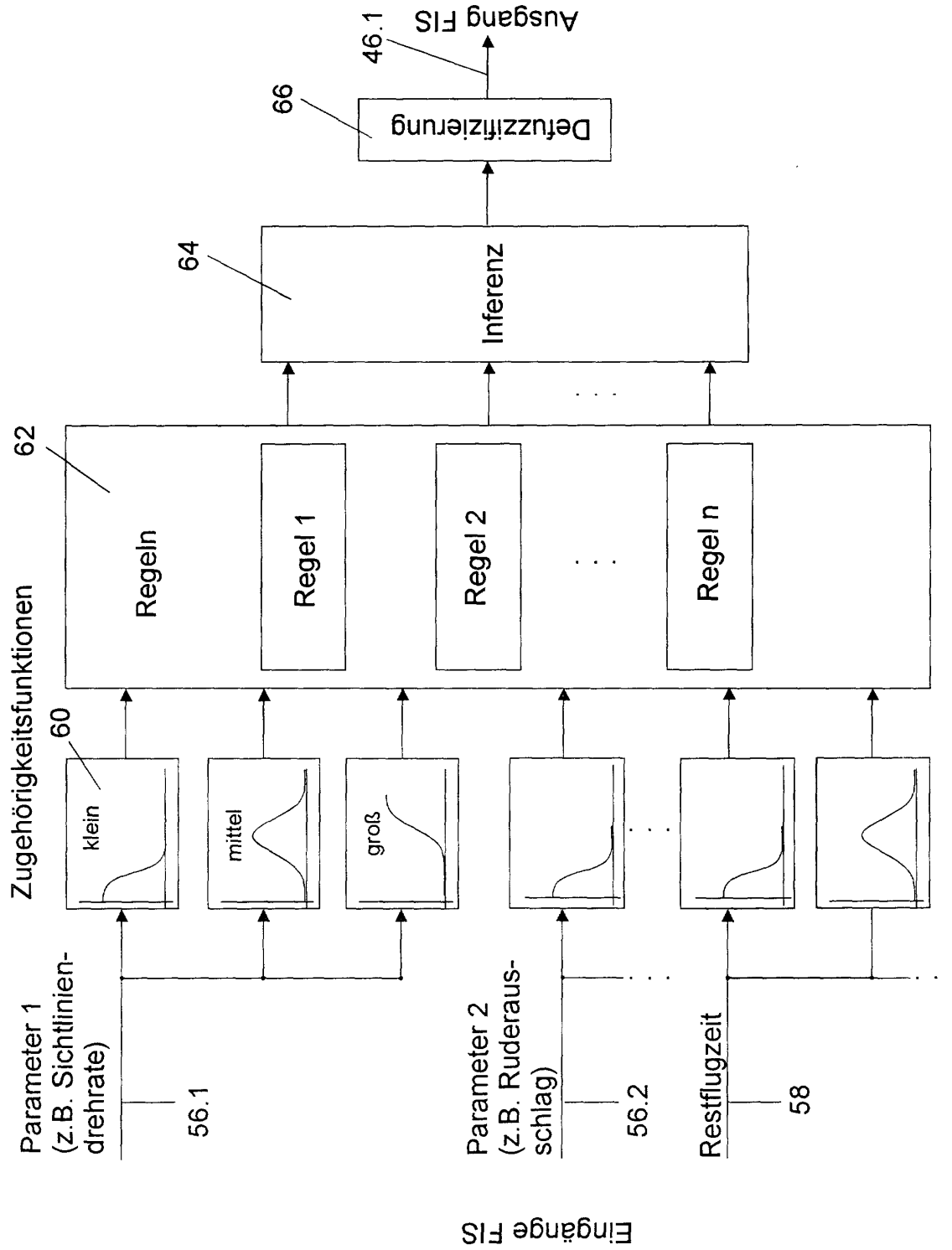


FIG. 11

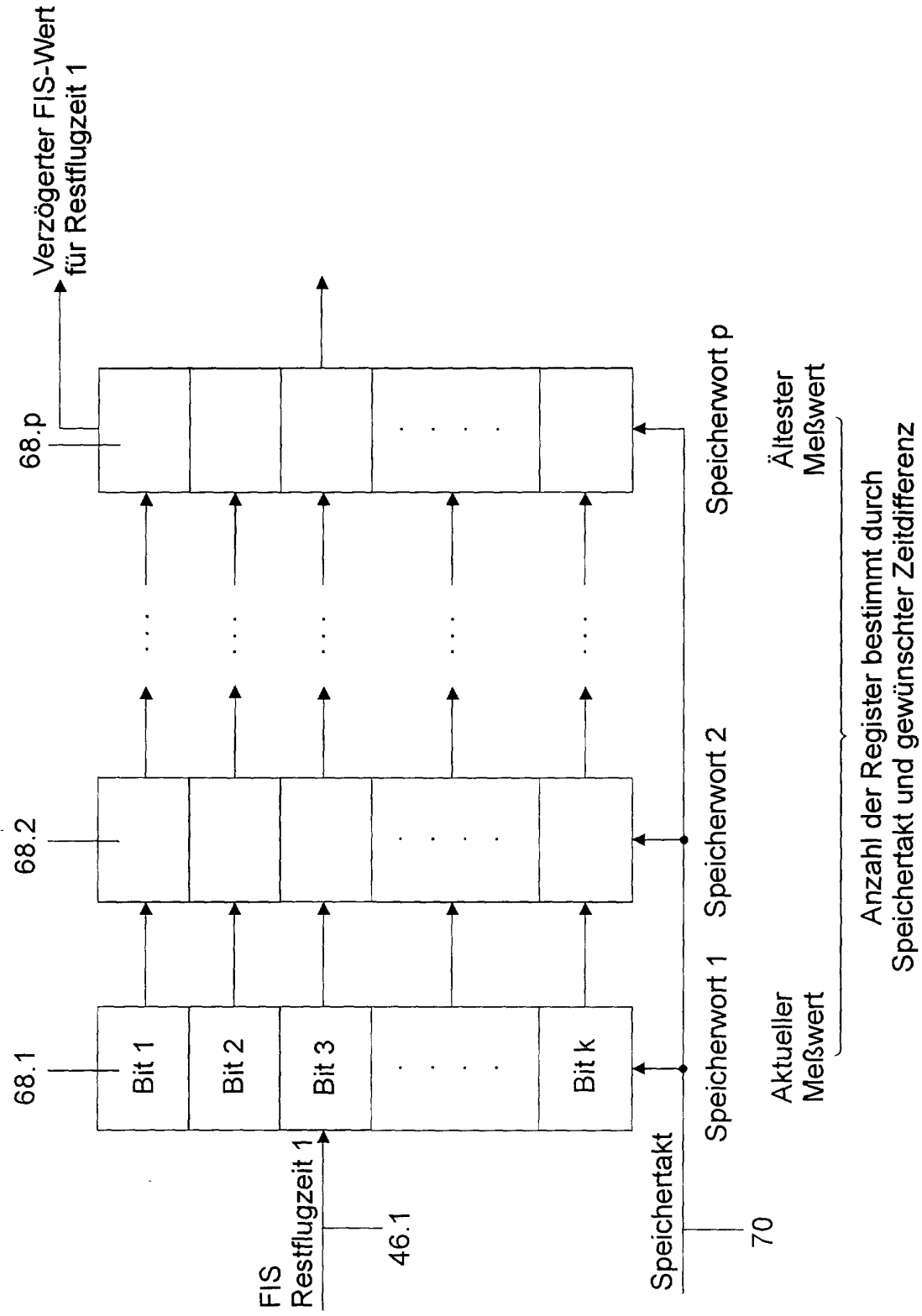


FIG. 12