

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. März 2003 (20.03.2003)

PCT

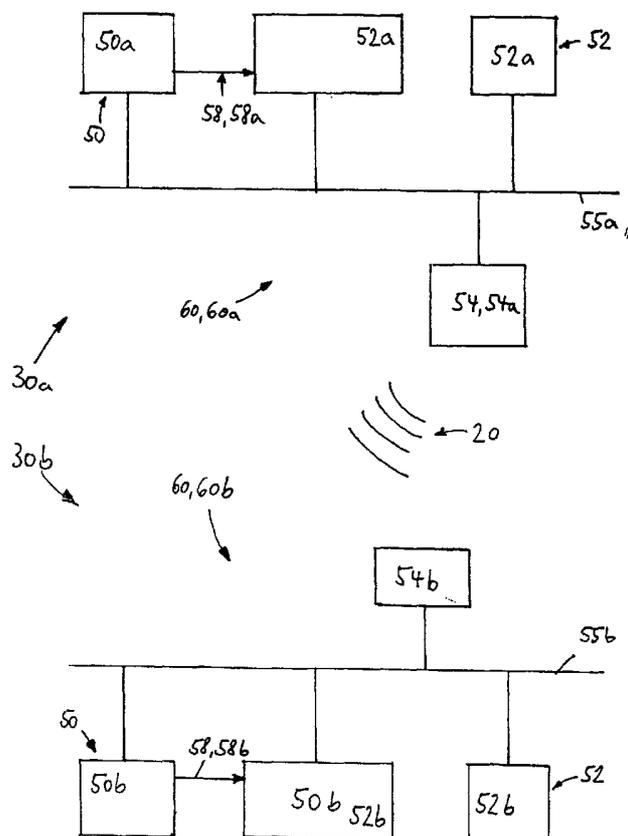
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/024050 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H04L 29/00** (72) **Erfinder; und**
(75) **Erfinder/Anmelder (nur für US): WINTERLING, Gerhard [DE/DE]; Franz-Obermayr-Strasse 21, 83607 Holzkirchen (DE). BENNINGHOFEN, Benjamin [DE/DE]; Zaunkönigstrasse 24, 85521 Ottobrunn (DE).**
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/03238
- (22) Internationales Anmeldedatum:
3. September 2002 (03.09.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (81) **Bestimmungsstaaten (national):** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
101 43 561.4 5. September 2001 (05.09.2001) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): EADS DEUTSCHLAND GMBH [DE/DE]; Willy-Messerschmitt-Str., 85521 Ottobrunn (DE).**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD AND SYSTEM FOR EMITTER LOCALISATION

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND SYSTEM ZUR EMITTERLOKALISIERUNG



(57) **Abstract:** The invention relates to a method and system for the localisation of emitters in radar frequency ranges based on the cross detection of at least two flying platforms by at least one respective passive HF-sensor for transmitting geometrical and electronic emitter radiation properties, wherein the flying platforms exchange data amongst themselves for describing geometrical and electronic properties of emitter radiation. Out of the plurality of possible intersection points of the radio range beams arising from the emitter-measurement, only intersection points having the same electronic properties of intersecting emitter radiation are used to determine the position of the emitter.

(57) **Zusammenfassung:** Verfahren und System zur Lokalisierung von Emittlern im Radar-Frequenzbereich auf Basis der Kreuzpeilung von zumindest zwei fliegenden Plattformen mit jeweils zumindest einem passiven HF-Sensor zur Ermittlung von geometrischen und elektronischen Emitterstrahl-Eigenschaften, wobei die fliegenden Plattformen untereinander Daten zur Beschreibung geometrischer und elektronischer Eigenschaften von Emitterstrahlen austauschen, wobei aus der Vielzahl der sich aus der Emittersstrahl-Messung ergebenden möglichen Schnittpunkte der Peilstahlen diejenigen Schnittpunkte zur Bestimmung der Emitters-Position verwendet werden, bei denen die elektronischen Eigenschaften der sich schneidenden Emitters-Strahlen identisch sind.

WO 03/024050 A2



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

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

Verfahren und System zur Emitterlokalisierung

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zur Lokalisierung von Emittlern im Radar-Frequenzbereich auf Basis der Kreuzpeilung mit Flugzeug-gestützten passiven Hochfrequenz(HF)-Sensoren.

10 Emitter im Radar-Frequenzbereich werden heute von einem Einzelflugzeug durch fortlaufende Peilung und nachfolgende Triangulation der Peilstrahlen vermessen und lokalisiert. Bei nur kurz aufschaltenden Emittlern (Aufschaltdauer 15 Sekunden und kürzer) und Entfernungen zwischen dem Flugzeug und dem Emitter, die größer als etwa 25 km sind, ist dieses Verfahren nur noch mit unzureichender Genauigkeit anwendbar.

15

Es wurden deshalb Verfahren konzipiert, bei denen Peilstrahlen von zwei Flugzeugen verwendet werden, die gleichzeitig denselben Emitter auffassen. Dadurch kann die kurzzeitige Triangulationsbasis wesentlich vergrößert werden, so dass eine Lokalisierung selbst kurz aufschaltender Emitter möglich wird.

20

Dieses Prinzip der Kreuzpeilung wird u.a. zur Ortung von fliegenden Objekten mit am Boden stationierten, räumlich versetzten Sensoren verwendet. Hierzu sind Überlegungen und Modellrechnungen veröffentlicht worden, dieses Prinzip auf fliegende Plattformen zu übertragen, wobei sowohl fliegende Emitter als auch Boden-Emitter mit Hilfe der plattform-übergreifenden Triangulation von mehreren fliegenden Plattformen aus vermessen und lokalisiert werden. Dies ist beispielsweise in dem Vortrag „Sensorfusion for Modern Fighter Aircraft“ von K. Taubenberger und J. Ziegler auf dem AGARD MSP Symposium „Advanced Architectures for Aerospace Mission Systems“ in Istanbul, Turkey, 14-17 Oct. 1996 dargestellt, der in den AGARD Conference Proceedings AGARD CP-581 (erhältlich über Fachinformationszentrum Karlsruhe, Eggenstein-Leopoldshafen) veröffentlicht wurde.

25

30

Bei dem Auftreten von einem oder zwei Emittlern ist diese Plattform-übergreifende Triangulation anwendbar. Bei dem Auftreten von vielen Emittlern hat jedoch dieses Verfahren der Plattform-übergreifenden Triangulation den Nachteil, dass die Zahl der geometrischen Schnittpunkte wesentlich höher ist als die Zahl der realen Emitt-
5 terpositionen.

Um die sehr große Zahl von „virtuellen“ Schnittpunkte zu eliminieren, wird in dem Vortrag „MIDS Triangulation and De-ghosting of Intersection Points“ von J. Ziegler
10 und H. Sachsenhauser auf dem RTO SCI Symposium on „Sensor Data Fusion and Integration of the Human Element“, Ottawa, Canada, 14-17 Sept. 1998, veröffentlicht in RTO MP-12 vorgeschlagen, alle Schnittpunkte über einen Zeitraum zu verfolgen, um dann bewerten zu können, ob sie sich in ihren geometrischen und kinematischen Charakteristika wie wirkliche Emitterziele verhalten. Zur Bewertung
15 werden in dieser Veröffentlichung einige Glaubwürdigkeits-Kriterien beschrieben und in einer Modellrechnung verschiedene Szenarien untersucht.

Nachteilig ist bei der Anwendung dieser Methode, dass bei dem Auftreten einer hohen Emitterzahl mit wachsender Emitter-/Target-Zahl n die Zahl der Schnittpunkte in der Größenordnung n^2 anwächst und somit die Anforderungen an die Rechen-/Prozessorleistung sehr stark ansteigen. Zum andern ist bei nur kurzer zeitlicher Verfügbarkeit der „Emitter-Peilstrahlen“ die Beobachtungszeit in vielen Szenarien zu kurz, um virtuelle Schnittpunkte zuverlässig von einem echtem Target differenzieren zu können. Deshalb sind die Positionen der Emitter mit diesem
20 Verfahren in einem Szenario mit mehreren bzw. vielen Emittlern, die nur kurz aufschalten, nicht eindeutig, d.h. nur mehrdeutig bestimmbar.

Aus der Veröffentlichung „Funkübertragung und Elektronische Kampfführung“, R. Grabau, 1986, Franck'sche Verlagshandlung, W. Keller & Co. Stuttgart, ISBN 3-440-05667-8, Seiten 337 bis 343, sind Methoden zur Signalverarbeitung und Signalerkennung offenbart. Dabei wird zur Klassifizierung von Radargeräten eine Korrelation gleicher oder ähnlicher Signale vorgenommen. Durch Signalverarbei-
30

tung werden die einzelnen erfassten Signalanteile/Parameter von möglicherweise frequenzgleichen oder typengleichen Strahlungen verschiedener Strahlungsquellen zugeordnet. In einem Suchvorgang sollen die erfassten Impulsfolgen der Impulsfolge eines oder mehrerer Radargeräte zu finden, wozu die Zeitfolge der erfassten Einzelimpulse in einem Speicher abgelegt werden, die Differenzen zwischen verschiedenen Impulsen gemessen und mit den gewonnenen Zeitfolgen die gesamte Impulsfolge untersucht werden. Ergeben sich eine oder mehrere gleichförmige Impulsfolgen, so werden diese Parameter einer weiteren Untersuchung unterzogen oder unmittelbar zur Klassifizierung verwendet. In einer anderen Methode werden mehrere Testfolgen von Impulsen generiert und mit jeder erfassten Impulsfolge korreliert, wobei die Zahl der Übereinstimmungen von Parameterwerten maßgeblich dafür ist, ob ein Parameterwert für eine Klassifizierung verwendet wird. Bei einer Musteranalyse werden Merkmale von Einzelelementen der erfassten Quellen signalzerlegt und strukturiert. Bei einer Signalerkennung erfolgt eine Segmentierung, um zusammengehörige Signale und Signalanteile zu erkennen.

Aus der US 4,393,382 ist ein Gerät zum passiven Lokalisieren einer entfernt gelegenen Strahlungsquelle mit Empfangsantennen, die in einem räumlichen Dreiecksanordnung positioniert sind, um aufgrund des Empfangs der Strahlungen elektrische Signale mit einer messbaren Zeitdifferenz abzuleiten, aus der ein Strahlungswinkel ermittelt wird. Daraus wird wiederum die Entfernung der Strahlungsquelle von den Empfangsantennen abgeleitet.

Aus der US 4,910,526 ist ein Verfahren und eine Einrichtung zur Aufklärung für ein Aufklärungsflugzeug offenbart, um die Position und die Positionsänderung einer Mehrzahl von Zielflugzeugen als Teil eines Bedrohungsszenarios zu ermitteln. Es werden verschiedene Faktoren zur Bestimmung der Position des Zielflugzeugs, wie Flughöhen, Zeitdifferenzen von rückgestrahlten Signalen verwendet. Die Kalman-Filtertechnik wird angewendet, um auf der Basis früherer Messungen eine Fehlerschätzung für die Position des Zielflugzeugs zu ermitteln. Inkorrekte Werte werden dabei mitgeführt, bis sich aufgrund eines abweichenden Schätz-

wertes für einen Signalwert dieser als inkorrekt erkannt wird. Dadurch ergibt sich ein sehr komplexes und dadurch aufwendiges Verfahren.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren auf der Basis der Plattform-
5 übergreifenden Triangulation bereitzustellen, bei dem mit fliegenden Plattformen
auch Radar-Emitter, die nur kurz, d.h. in Zeitspannen von 3 bis 15 Sekunden, auf-
schalten, eindeutig und mit hoher Genauigkeit lokalisiert werden können.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist, dass ein solches Verfahren auch bei einer
10 aufgefassten Emitterzahl größer als zwei pro Frequenzband der beteiligten Sensoren
mit begrenztem Rechenaufwand und bei begrenzter Übertragungsrate in einem
Flugzeug-System implementiert werden kann.

Die Datenübertragungsrate zwischen heutigen Flugzeugen ist – im Gegensatz zur
15 Vernetzung von Boden-gestützten Sensoren – begrenzt; z. B. liegt sie bei einem
Flugzeug-Flugzeug Datenlink im UHF-Bereich derzeit bei etwa 0,2 bis 1 Kbit/s;
derzeitig im ECR-TOR implementiertes ODIN erlaubt nur eine UHF-Daten-
Transmission im Handbetrieb. Auch mittelfristig kann -- bei Installation neuer UHF-
Kommunikationsgeräte -- nur mit einer effektiven Datenrate von 3 bis 10 Kbit/s
20 gerechnet werden.

Erfindungsgemäß werden die geometrischen Emitterstrahldaten, wie Flugzeugpo-
sition zum Zeitpunkt der Emittervermessung, Azimuthwinkel,
unter dem der Emitter vermessen wird, zwischen den beteiligten Plattformen zur
25 Emitter-Lokalisierung ausgetauscht. Optional wird dabei auch der Elevations-
Winkel, der Azimuth-Winkelmessfehler und/oder der Zeitpunkt der Emitter-
Vermessung.

Weiterhin können zusätzlich auch Eigenschaften, die die wesentlichen Charakte-
30 ristika des aufgefassten HF-Signals sowie ihr zeitliches Verhalten beschreiben,
zwischen den Plattformen übertragen werden.

Im folgenden wird die Erfindung an Hand der beiliegenden Figuren beschrieben, die zeigen:

- 5 - Figur 1 beispielhaft eine Konstellation mit zwei fliegenden Plattformen zur Aufnahme des erfindungsgemäßen Systems als Bestandteil eines militärischen Einsatz-Verbandes und mit einem in Bezug auf diese feindlichen Emitter mit einer schematischen Darstellung der von diesem ausgesendeten Pulsfolgen, wobei die Plattformen das erfindungsgemäße Verfahren anwenden, um den Emitter im Radar-Frequenzbereich auf Basis der Kreuzpeilung mit in den Plattformen bzw. in den Fluggeräten integrierten passiven HF-Sensoren zu entdecken und zu lokalisieren, 10
- Figur 2 eine schematische und beispielhafte Darstellung von Pulsfolgen eines zu entdeckenden Emitter in ihrem zeitlichen Verlauf, 15
- Figur 3 beispielhaft die Komponenten der Avioniksysteme einer ersten und einer zweiten fliegenden Plattform mit jeweils einem erfindungsgemäßen Emitter-Lokalisierungssystem zur Auffassung von Emittersignalen und zur Kommunikation zwischen den Plattformen, 20
- Figur 4 eine Konstellation von zwei Plattformen und drei Emitttern zur beispielhaften Darstellung der von den beteiligten Plattformen mittels passiver HF-Sensoren aus den Signalen ermittelten virtuellen und realen Schnittpunkten, die sich aus dem Schneiden der von den feindlichen Emitttern ausgesandten Peilrichtungen/Emitterstrahlen ergeben, 25
- Figur 5 den zeitlichen Verlauf einer Zeitdifferenz zwischen zwei aufeinander folgenden Pulsen des feindlichen Emitters beispielhaft für den Fall, dass diese Zeitdifferenz periodisch zwischen drei Werten geschaltet wird, 30

- Figur 6 den zeitlichen Verlauf einer momentanen Emitterfrequenz beispielhaft für den Fall, dass die Frequenz periodisch zwischen 3 Werten geschaltet wird,
- 5 - Figur 7 die Peilstrahlen von drei fliegenden Plattformen beispielhaft für den Fall von drei Emitttern im Gesichtsfeld der HF-Sensoren; wobei die Zahl der virtuellen Schnittpunkte deutlich größer ist als die Zahl der Emitterpositionen.

Die Anwendung der Erfindung ist bei einer Konstellation von zumindest zwei fliegenden Plattformen zur Aufnahme des erfindungsgemäßen Systems bzw. Verfahrens vorgesehen, wobei die fliegenden Plattformen bemannte oder unbemannte Fluggeräte sein können. Eine derartige Konstellation ist in der Figur 1 mit einer ersten fliegenden Plattform oder einem ersten Fluggerät oder Flugzeug 1a und mit einer zweiten fliegenden Plattform oder einem zweiten Fluggerät oder Flugzeug 1b dargestellt. Die fliegenden Plattformen 1a, 1b (gegebenenfalls weitere 1c; siehe Fig. 7) sind Bestandteile eines militärischen Einsatz-Verbandes und haben die Aufgabe, feindliche Emitter im Radar-Frequenzbereich auf Basis der Kreuzpeilung mit in den Plattformen bzw. in den Fluggeräten integrierten passiven HF-Sensoren zu entdecken und zu lokalisieren. In der Figur 1 ist beispielhaft ein derartiger feindlicher Emitter E dargestellt.

Der Emitter E sendet im Radar-Frequenzbereich Pulsfolgen aus, von denen in der Figur 1 symbolisch zwei Pulsfolgen 11, 12 dargestellt sind. Eine erste Pulsfolge 11 wird von der Plattform 1a und eine zweite Pulsfolge 12 von der Plattform 1b empfangen. Zwei Beispiele 13, 14 derartiger Folgen von Pulsen 15 sind in der Figur 2 in ihrem Verlauf auf einem Zeitstrahl 16 dargestellt. Die Pulsfolge 13 zeigt eine Pulsfolge mit konstanten Zeitabständen 17 zwischen den Pulsen 15. Demgegenüber weist die Pulsfolge 14 zwischen den einzelnen Pulsen 15 unterschiedliche Zeitabstände 17 auf. Generell können die gesendeten Folgen von Pulsen variabel sowohl hinsichtlich der zwischen den Pulsen 15 liegenden Zeitabschnitte 17 und auch hinsichtlich der Intensität der Pulse sein. Es ist davon auszugehen, dass die Plattformen 1a, 1b die von den Emitttern E gesendeten Pulsfolgen nur abschnitts-

weise auffassen, da im Regelfall der HF-Sensor in mehreren Frequenzbändern sequentiell und nicht gleichzeitig misst.

Die Plattformen 1a, 1b haben zumindest zeitweise miteinander Funkverbindung,
5 die symbolisch in den Figuren 1 und 3 eingezeichnet und mit dem Bezugszeichen 20 versehen ist. Bei dem Funkverkehr handelt es sich um einen automatisierten Datenverkehr. In einer ersten Ausführungsform der Erfindung ist der Datenverkehr bi-direktional, d.h. die Plattformen 1a, 1b sind kommunikations-technisch gleichberechtigt und arbeiten beide als Master. In einer alternativen Ausführungsform
10 der Erfindung kann eine Plattform als Master und die andere als Sklave arbeiten, wobei dann die Datenübertragung nur unidirektional von der „Slave“- zur „Master“-Plattform erfolgt. Das erfindungsgemäße Emitter-Lokalisierungssystem, das die Übertragung von relevanten Daten zwischen mindestens zwei Plattformen beinhaltet, kann auch derart gestaltet sein, dass es von einer Kommunikation zwischen
15 gleichberechtigten Plattformen und einer Master-Slave-Kommunikation auch während des Einsatzes umschaltbar ist. Der Vorteil einer Master-Slave-Kommunikation kann in einer Erhöhung der effektiven Datenrate der Übertragung gegenüber der Kommunikation zwischen gleichberechtigten Plattformen liegen.

20 Die Erfindung ist in einem Avionik-System 30 einer fliegenden Plattform implementiert. Die Figur 3 zeigt beispielhaft relevante Komponenten eines Avionik-Systems 30a einer ersten Plattform 1a und eines Avionik-Systems 30b einer zweiten Plattform 1b. Die erste Plattform 1 weist ein Datenübertragungs-Modul 54a und die zweite Plattform 2 ein Datenübertragungs-Modul 54b auf, die jeweils zum
25 Senden und/oder Empfangen von Daten im UHF-Bereich vorgesehen sind. Mit diesen sind beide Avionik-Systeme 54, 54a bzw. 54b in der Lage, miteinander zu kommunizieren. Weiterhin weist die erste Plattform 1a einen HF-Sensor 50a, einen Fusionsrechner 52a, einen Datenbus 55a sowie optional einen Hauptrechner 57a und die zweite Plattform 1b in entsprechender Weise einen HF-Sensor 50b,
30 einen Fusionsrechner 52b, einen Datenbus 55b sowie einen Hauptrechner 57b auf. Der HF-Sensor 50a bzw. 50b bildet zusammen mit dem Fusionsrechner 52a bzw. 52b und dem Datenbus 55a bzw. 55b ein Emitter-Lokalisierungssystem 60,

60a bzw. 60b. Die beschriebenen Module könnte Geräte-technisch in verschiedener Form realisiert sein und auf verschiedene Weise zusammenwirken. Der Haupt-Rechner 57, 57a bzw. 57b kann die Funktion eines Bus-Controllers haben, um die mit den Datenbus 55a, 55b verbundenen Module funktional zu verbinden.

5 Es kann zumindest ein weiterer interner Bus 58, 58a bzw. 58b zur Herstellung einer leistungsstarken Kommunikation insbesondere zwischen dem HF-Sensor und dem Fusionsrechner 52 vorgesehen sein.

Das Datenübertragungs-Modul 54, 54a, 54b liefert Daten, die für eine Plattform-
10 übergreifende Korrelation geeignet sind, so dass diese über den Avionik-Bus 55 oder gegebenenfalls den weiteren internen Bus 58 an andere Komponenten des Avionik-Systems 30a bzw. 30b zur Verarbeitung durch dieselben zu senden. Bei der Plattform-übergreifenden Korrelation wirken zumindest zwei Avionik-Systeme 30a, 30b verschiedener Plattformen 1a, 1b zusammen, um die von den jeweils
15 zugeordneten HF-Sensoren 50a bzw. 50b ermittelten Daten zumindest eines Emitters E zu korrelieren und damit den jeweiligen Emitter E eindeutig zu lokalisieren. Zu diesem Zweck weist das Datenübertragungs-Modul 54, 54a, 54b vorzugsweise eine Automatisierungsschaltung auf, die nach Eingang einer über den Avionik-Bus 55, 55a bzw. 55b empfangenen Nachricht ein automatisiertes
20 Versenden der UHF-Nachricht auslöst, die dann vom Datenübertragungsmodul der kommunizierenden Plattformen empfangen wird.

Der Fusionsrechner 52 der miteinander kommunizierenden Plattformen 1a, 1b kann eine Kommunikations-Steuerung aufweisen, durch die die Art der Kommuni-
25 kation, also z.B. eine gleichberechtigte oder eine Master-Slave-Kommunikation durchgeführt und gegebenenfalls konfiguriert oder angewählt wird.

Eine Konstellation von zwei Plattformen 1a, 1b mit den Flugrichtungen 2a bzw. 2b und drei realen Emittlern E1, E2, E3 ist in der Figur 4 dargestellt. Die Plattformen
30 1a und 1b empfangen von den Emittlern E1, E2 und E3 Signale und bestimmen aus den empfangenen Signalen die Richtung des Emitters relativ zur messenden Plattform. In Figur 4 sind entsprechend für die Plattform 1a die Strahlen S 11, S12

und S13, die die Plattform 1a vermessen hat, und die Strahlen S21, S22 und S23, die die Plattform 1b vermessen hat, eingetragen. Die Schnittpunkte dieser Strahlen sind mögliche Positionen für die Emitter E1, E2, E3. Es ergeben sich insgesamt neun mögliche geometrische Schnittpunkte. Die Zahl der Schnittpunkte ist
5 also wesentlich höher als die Zahl (drei) der tatsächlichen Emitterpositionen. Von der Plattform 1a gesehen ergeben sich als mögliche Positionen für den ersten Emitter E1 die Standorte E11, E12, E13, für den zweiten Emitter E2 die möglichen Positionen E21, E22 und E23, für den dritten Emitter 3 die möglichen Positionen E31, E32, E33. Es ist leicht erkennbar, dass nur auf Basis der Richtungs-
10 Informationen, die zwischen den beiden Plattformen 1a, 1b ausgetauscht werden, keine eindeutige Zuordnung der Emitter-Standorte E1, E2 und E3 möglich ist.

Zur Bestimmung der Positionen der Emitter-Standorte E1, E2 und E3 wird erfindungsgemäß diese Mehrdeutigkeit dadurch eliminiert, dass zusätzlich zu den
15 Richtungsinformationen elektronische Eigenschaften der aufgefassten Signale, also der Pulsfolgen 11, 12, zwischen den Plattformen ausgetauscht werden. Aus der Vielzahl möglicher geometrischer Schnittpunkte werden durch Korrelation der verwendeten elektronischen Eigenschaften diejenigen als Emitter-relevant ausgewählt, bei denen die elektronischen Eigenschaften der sich schneidenden Strahlen
20 gleich sind.

Im Beispiel der Figur 4 haben gleiche elektronische Eigenschaften die Strahlen S11 und S21 und entsprechend ist der Schnittpunkt E11 die reale Position des Emitters E1. Analog ergeben sich die realen Positionen der Emitter E2 und E3 mit
25 E22 bzw. E33. Durch den Austausch der elektronischen Eigenschaften lassen sich im Prinzip schon nach einer Peilung oder Vermessung aus der Vielzahl der geometrischen Schnittpunkte die virtuellen Schnittpunkte eliminieren und die realen Emitter-Positionen herausfiltern. Dies ist insbesondere relevant bei einer großen Anzahl von Emittlern oder Plattformen und kann Mehrdeutigkeiten bei der Lo-
30 kalisierung kurz aufschaltender Emitter, im Gegensatz zum heutigen Stand der Technik, effektiv reduzieren.

Vorteilhafterweise werden zwei bis drei Peilungen durch jede Plattform 1, 2 abgewartet, bevor die gefilterten, d.h. mittels eines Vergleichs der elektronischen Eigenschaften der Emitter-Strahlen ermittelten Emitter-Positionen als vermessene Emitterpositionen deklariert und, im Fall bemannter Plattformen, zur Anzeige gebracht werden. Dadurch können virtuelle Positionen, die durch Sekundärstrahlen, z. B. durch Gelände-Reflexe, erzeugt werden, eliminiert werden.

Erfindungsgemäß werden folgende elektronischen Eigenschaften der Emitter-Strahlen zur Bestimmung von Emitter-Positionen zwischen den Plattformen ermittelt und ausgetauscht:

- die gemessene Frequenz der empfangenen Emitter-Signale,
- die Zeitdifferenzen 17 zwischen jeweils zwei aufeinanderfolgenden Pulsen 15 der empfangenen Pulsfolge 13,
- ein zwischen den miteinander kommunizierenden Plattformen 1, 2 vereinbartes Kurzzeichen, das die Folge der Zeitdifferenzen der vermessenen Pulsfolge klassifiziert.

20

Um den Korrelationsprozess zur Lokalisierung von Emittlern aufgrund des Vergleichs empfangener Emitter-Signal-Charakteristiken zu verbessern, können optional noch folgende elektronischen Eigenschaften der Emitter-Strahlen zwischen den Plattformen ermittelt und ausgetauscht werden:

25

- die Pulsdauer der empfangenen Pulsfolge 13.
 - die gemessene Frequenzbreite oder der minimale und maximale Frequenzwert für den Fall frequenz-agiler Emitter,
- 30
- die Polarisierung des empfangenen Signals, die insbesondere bei dichteren Szenarien vorteilhaft für die Signal-/Peil-Linienkorrelation heranzuziehen ist,

- die gemessene mittlere Intensität des aufgefassten Emittersignals.

Erfindungsgemäß wird neben der gemessenen Frequenz, der Zeit-Differenzen
5 zwischen jeweils zwei aufeinanderfolgenden Pulsen und einem Zeichen für die
Folge der Zeitdifferenzen der vermessenen Pulsfolge optional zumindest eine der
voranstehend genannten elektronischen Eigenschaften zur Bestimmung von Emit-
ter-Positionen verwendet, wobei jedoch optional auch mehrere dieser zur Positi-
ons-Bestimmung herangezogen werden können.

10

Durch die erfindungsgemäße Lösung, die wesentlichen Eigenschaften der aufge-
fassten Fragmente einer gesamten Emitter-Pulsfolge zu beschreiben und Kenn-
daten dieser Eigenschaften zwischen den Plattformen zu übertragen; ist eine di-
rekte Zuordnung der aufgefassten Signale zu einem bestimmten Emitter nicht er-
15 forderlich. Andernfalls wäre er zur Kennzeichnung eines Emitters mit einer Kodie-
rung erforderlich, dass eine ausreichende Vorkenntnis über die zu vermessenden
Pulsfolgenzüge und die damit verbundenen charakteristischen Emitterparameter
zum Zeitpunkt des Einsatzes und damit der Erfassung der Emitter-Signaturen be-
kannt ist. Denn nur dann lassen sich die Eigenschaften der in einer Datenbank
20 abgelegten Emitter-Signale weiteren empfangenen Signalen zuordnen. Demge-
genüber ist jedoch bei üblichen Anwendungsfällen diese Vorkenntnis häufig nicht
gegeben, da die Signalparameter mehrmals im Verlauf eines Tages verändert
werden können, so dass die Kennzeichnung der Emitter mit einer vorher verein-
barten Kodierung nur eine begrenzte Anwendungsrelevanz hat. Außerdem wird
25 eine eindeutige Identifizierung von Emitter-Signalen bei nur kurz aufschaltenden
Emittlern dadurch erschwert, dass die HF-Sensoren, die eine Vielzahl von Fre-
quenzbändern abscannen, die Emitter nur noch mit Messzeiten erfassen, die
deutlich kürzer sind als die Strahlzeit dieser Emitter. Häufig stehen dann nur
Fragmente einer gesamten Emitter-Pulsfolge am Sensor-Ausgang zur Verfügung,
30 so dass erst die erfindungsgemäße Verwendung genannter elektronischer Kenn-
daten der Emitter-Signale eine Emitter-Identifizierung im Fall komplexerer Signal-
formen und kurzer Emitter-Aufschaltzeiten ermöglicht.

Zur Korrelation der elektronischen Eigenschaften der Emitter-Signale werden die von einer Plattform 1, 2 empfangenen Pulszüge nach Frequenz-Fenstern oder Frequenz-Bändern sortiert, wobei die Breite der Frequenz-Bänder vom Anwendungsfall und auch von Eigenschaften der beteiligten HF-Sensoren abhängt.

Bei einem Anwendungsfall der Erfindung, bei dem nur ein Emitter in dem betreffenden Frequenzfenster aufgefasst wird, erübrigt sich die Übertragung weiterer Emitter-Eigenschaften. Im Regelfall werden aber mehrere Emitter in einem Frequenzband aufgefasst, so dass erfindungsgemäß die weiteren optionalen Eigenschaften des Signals ausgetauscht werden, um Mehrdeutigkeiten zu eliminieren.

Die zu übertragende Datenmenge wächst mit wachsender Zahl der Emitter, die sich im Gesichtsfeld der Sensoren 50, 50a, 50b der empfangenden Plattformen 1a, 1b befinden, und würde bei hoher Emitter-Dichte möglicherweise die maximale Datenrate der verwendeten Datenlinks übersteigen. Erfindungsgemäß kann die zu übertragende Datenmenge insbesondere bei hoher Emitterdichte weiter reduziert und den Begrenzungen heutiger Datenlinks angepasst werden, indem die geometrischen Daten und elektronischen Kenndaten der empfangenen Emitter-Signale neu auftauchender Emitter mit höherer Priorität und die Daten schon vermessener Emitter mit nachgeordneter Priorität übertragen werden. Je nach der Priorität wird eine entsprechende Wiederholrate für die Übertragung der elektronischen Kenndaten der Emitter-Signale vorgesehen.

Dabei werden die Emitter-Signale beziehungsweise Peil-Strahlen für die Übertragung folgendermaßen sortiert:

- Strahlen, die nicht durch schon bekannte Emitter-Positionen gehen, werden sofort mit den nächsten beiden HF-Datenpaketen zwischen den Plattformen übertragen, während

- 5 - Strahlen, die schon bekannten oder vermessenen Emitter-Positionen zuzuordnen sind, erst dann in nachfolgenden Datenpaketen übertragen werden, wenn die danach empfangenen Signale bzw. Strahlen in der Korrelation zu einer eindeutigen Lokalisierung der neu aufgetauchten Emitter geführt haben.

10 Mit diesem Vorgehen ist es bei begrenzter Datenübertragungsrate möglich, auch in einem Szenario mit höherer Emitterdichte zügig ein aktualisiertes Bild der Emitterlage durch „bord-überschreitende“ Korrelation zu ermitteln und – im Fall von bemannten Flugzeugen - der Flugzeugbesatzung zur Anzeige zu bringen.

15 Zur weiteren Reduktion der zu übertragenden Datenmenge können die elektronischen Emitter-Parameter mit einer Kodierung gekennzeichnet werden, die die Emitter-Identifikation mit einem für den Einsatz-Verband bekannten, in einer Datenbank abgelegten Kurzzeichen beschreibt. Dabei wird nur diese Kodierung zusammen mit den genannten geometrischen Kenndaten übertragen.

20 Zur Anwendung des erfindungsgemäßen Emitter-Lokalisierungsverfahrens auf Emitter mit komplexen Signalen/Pulsfolgen:

25 Erfindungsgemäß wird eine zeitliche Synchronisierung/Gleichtaktung der Frequenzmessfenster der beteiligten Flugzeug-Sensoren 50a, 50b vorgesehen. Dadurch sind die Messzeitpunkte t_1 und t_2 der HF-Sensoren der beteiligten Flugzeuge im Frequenzfenster des aufgefassten Emitters nicht unterschiedlich. Mit dieser Maßnahme werden bei Emittlern mit komplexen Pulsfolgen (vgl. Fig. 5) sowie bei frequenz-agilen Emittlern (vgl. Fig. 6) Probleme vermieden, die entstehen, wenn die zeitlichen Pulsabstände und/oder die Frequenzagilität über ein Zeitintervall moduliert sind, das deutlich länger ist als die Messzeit in einem Frequenzfenster.

30 Diese Probleme entstehen bei Verfahren nach dem Stand der Technik, wie im folgenden im Detail ausgeführt wird:

Fig. 5 zeigt, auf der vertikalen Achse, den Zeitabstand PRI zwischen 2 auf einander folgenden Emitter-Pulsen. Nach einer Zeit t_{int} , die beispielsweise 10 bis 50 Emitter-Pulse beinhalten kann, wird der PRI-Wert von PRI-a auf den höheren Wert PRI-b geschaltet und nach einem weiteren Zeitintervall auf den nächsten Wert PRI-c. Nach diesen drei Schaltintervallen kann sich die Modulation der PRI-Werte wiederholen, wie es in der Fig. 5 beispielhaft dargestellt ist. Da nach dem Stand der Technik die Frequenz-Bänder/-Messfenster der beteiligten HF-Sensoren nicht synchronisiert bzw. gleichgetaktet sind, vermessen die HF - Sensoren der beteiligten Flugzeuge im Stand der Technik das Frequenzband bzw. die Frequenzbänder (bei frequenzagilen Emittlern), in dem bzw. in denen der Emitter strahlt, zu unterschiedlichen Zeiten. In Fig. 5 sind entsprechend die Messzeiten t_1 und t_2 der Plattformen 1 und 2 unterschiedlich eingetragen. In der bei komplexen Emittlern häufig auftretenden Situation, bei der die Schaltintervalle t_{int} für den zeitlichen Pulsabstand PRI länger ist als die Messdauer $\Delta t_{\text{meß}}$ (siehe Fig. 5), wird der Sensor 50a auf Plattform 1a zum Zeitpunkt t_1 einen anderen PRI-Wert erfassen, nämlich PRI-a, als der Sensor 50b der Plattform 1b zum Zeitpunkt t_2 , der dann PRI-c misst. Nach einer Wiederholzeit t_{Wj} , die unter anderem abhängig ist vom Verhältnis der Frequenzbreite des momentanen Messfensters zum gesamten Frequenzbereich, in dem der HF-Sensor die Emitterstrahlen erfassen kann, wiederholt der HF-Sensor die Emittermessung in dem entsprechenden Frequenzmessfenster. Die Wiederholzeit t_{Wj} kann bei den Verfahren nach Stand der Technik von Plattform zu Plattform variieren, d.h. von der funktionalen Auslegung des jeweiligen Avionil-Systems abhängen. Bei sehr empfindlichen HF-Sensoren ist das Frequenzband des Messfensters üblicherweise wesentlich kleiner oder schmaler als der gesamte Frequenzbereich des Sensors und entsprechend ist die Wiederholzeit t_{Wj} wesentlich länger als die Messdauer $\Delta t_{\text{meß}}$ eines Frequenzbands. Dabei kann t_{Wj} üblicherweise Werte im Bereich von etwa 1 bis 3 Sekunden haben. Es kann also bei Verfahren nach dem Stand der Technik bei Emittlern mit einer Pulsfolge entsprechend dem in Fig. 5 skizzierten Beispiel der Fall eintreten,

dass nicht nur die Plattform 1a und 1b unterschiedliche PRI-Werte messen, sondern dass auch auf Plattform 1a bei der zweiten Vermessung nicht mehr der Wert PRI-a, sondern der Wert PRI-b gemessen wird. Entsprechendes gilt für den Sensor auf Plattform 1b. Beim Stand der Technik kann also bei Emittlern mit komplexeren Pulsfolgen entsprechend dem an Hand der Fig. 5 beschriebenen Beispiel der Fall eintreten, dass von ein und demselben Emitter unterschiedliche momentane elektronische Kenndaten, wie der Zeitabstand PRI zweier auf einander folgenden Pulse, von Plattform 1a und Plattform 1b vermessen werden. Aus diesem Grund ist für derartige komplexere Emitter eine schnelle Zuordnung der Peilstrahlen (von Plattform 1a und 1b) auf Basis der elektronischen Kenndaten (Fig. 8) nach dem Stand der Technik sehr erschwert und meistens nicht möglich. Erst nach einer häufigeren Wiederholung der Messung in dem relevanten (im Fall von sehr frequenzagilen Emittlern in mehreren) Frequenzband werden ausreichend viele Pulse erfasst, so dass auch bei einer komplexen und längeren Pulsfolge eine eindeutige Klassifizierung des Signals bzw. der Pulsfolge ermöglicht wird. Mit der dann erfolgten „elektronischen“ Klassifizierung können die einander entsprechenden Peilstrahlen zugeordnet werden. Mit diesem Vorgehen können auch bei mehreren ähnlichen Emittlern Mehrdeutigkeiten bei der Lokalisierung schließlich eliminiert werden, allerdings auf Kosten einer längeren Messzeit. Die Verfahren nach dem Stand der Technik liefern beim Auftreten von mehreren komplexen Emittlern nur eindeutige Ergebnisse bei längeren Emitter-Strahlzeiten.

Die Lokalisierung komplexer Emitter mittels plattform-übergreifenden Triangulation (mit passiven HF-Sensoren) wird erfindungsgemäß dadurch beschleunigt, dass die HF-Sensoren der beteiligten Flugzeuge veranlasst werden, gleichzeitig dasselbe Frequenzfenster zu ermessen. Diese Gleichzeitigkeit wird beispielsweise dadurch erreicht, dass beide Flugzeuge jeweils einen Zeitgeber mit derselben Zeit verfügbar haben. Für die Zwecke der erfindungsgemäßen Anwendung ist eine Genauigkeit in der Größenordnung von etwa 0,1 msec ausreichend. Diese Genauigkeit kann durch die Nutzung eines Satelliten-Navigationssystems und/oder mit Hilfe eines Datenlinks zu einem externen Zeitgeber erreicht werden. Es wird dann zwischen den beteiligten Flugzeugen verabredet, dass zu bestimmten Uhr-

zeiten, die sich periodisch wiederholen, sowie über eine vorbestimmte Zeitdauer ausgewählte Frequenzbänder vermessen werden.

Sind nun die Frequenz-Messfenster zwischen den beteiligten Plattformen gleich
5 getaktet und erfolgt die Vermessung von Emittlern näherungsweise zeitgleich bei den beteiligten Flugzeugen, so können auch bei Emittlern mit komplexeren Signalen bzw. Pulsfolgen die Peilstrahlen, die von den beteiligten Flugzeugen vermessen werden, „emittergerecht“ zugeordnet werden. Auf diese Weise werden Zuordnungsprobleme bei der Erfassung von mehreren Emittlern vermieden, die zum
10 Beispiel in Fig. 7 beschrieben sind. Auch können fliegende Emittler, wenn diese nur kurz aufschalten, passiv getrackt werden, was mit dem heutigen Stand der Technik praktisch nicht möglich ist.

In der Figur 6 ist die Zuordnungsproblematik nach dem heutigen Stand der Technik für frequenzagile Emittler veranschaulicht. Fig. 6 zeigt die momentane Emittlerfrequenz beispielhaft für einen Emittler, bei dem die Frequenz von einem Wert f_1 nach einem Zeitintervall t_{int} auf den Wert f_2 und nach einem weiteren Zeitintervall auf den Wert f_3 geschaltet wird. Nach diesen drei Schaltintervallen kann sich die Frequenzfolge wiederholen. Nach dem Stand der Technik sind in der Regel die
15 Zeiten t_1 und t_2 , in denen die beteiligten Plattformen ECR1 und ECR2 für eine Zeitdauer $\Delta t_{me\beta}$ messen, unterschiedlich. Es werden dann die momentanen Frequenzen f_1 von Plattform ECR1 und f_3 von Plattform ECR 2 gemessen, wie in Fig. 6 illustriert. Die Zuordnung der entsprechenden Peilstrahlen ist dann aufgrund der vermessenen elektronischen Frequenz schwierig und kann bei mehreren aufge-
20 fassten Emittlern in einem Frequenzband zu Mehrdeutigkeiten bei der plattformübergreifenden Triangulation führen.

Demgegenüber werden die Frequenz-Messfenster der beiden Flugzeuge erfindungsgemäß gleichgetaktet, so dass die Messung in einem Frequenzband auf
30 beiden Plattformen zur gleichen Zeit t_{gt} erfolgt. Dadurch wird in beiden Plattformen 1a, 1b die gleiche „momentane“ Frequenz f_2 gemessen.

Auf diese Weise können die Peilstrahlen auf Basis der „momentanen“ elektronischen Frequenz im vermessenen Zeitintervall zugeordnet werden, auch wenn eine eindeutige elektronische Identifizierung der Emitter – aufgrund der begrenzten Pulszahl pro Frequenz-Messfenster – bei komplexeren Pulsfolgen noch nicht oder
5 nur mit Mehrdeutigkeiten möglich ist. Die zeitliche Gleich-Taktung der Frequenz-Messfenster ist besonders hilfreich bei der Lokalisierung von neueren Emittlern, wenn diese PRI- und frequenzagil sind und dabei nur kurz aufschalten, da dann von beiden Plattformen die gleiche „momentane“ elektronische Signatur gesehen wird.

10

Sind mehrere gleichartige Emitter (z. B. zwei Bedrohungs-Radare vom gleichen Typ und ein Köder-Radar, die näherungsweise gleiche Frequenz oder vom HF-Sensor nicht auflösbare Frequenzunterschiede haben) im Gesichtsfeld der HF-Sensoren, so kann nach heutigem Stand der Technik folgender Fall auftreten:

15

Selbst nach zwei Peilungen können auf Basis der vermessenen elektronischen Parameter die Peilstrahlen noch nicht oder nur mehrdeutig zugeordnet werden.

20

Sind in dem Szenario mehr als zwei Plattformen präsent, die die strahlenden Emitter auffassen und vermessen, so kann das bei der kooperativen Peilung vorteilhaft zu schnelleren Elimination von virtuellen Schnittpunkten genutzt werden.

25

In Fig. 7 ist die erfindungsgemäße Lösung schematisch veranschaulicht für den Fall von drei aufgefassten Emittlern im Gesichtsfeld von drei Plattformen P1, P2 und P3. Jede dieser drei Plattformen liefert zumindest drei Peilstrahlen entsprechend den drei aufgefassten Emittlern. Dadurch ergeben sich beim Schneiden der insgesamt neun Peilstrahlen wesentlich mehr geometrische Schnittpunkte als wahre Emitter-Positionen. In Fig. 7 sind die virtuellen Schnittpunkte mit offenen Kreisen, die wahren Emitter-Positionen mit gefüllten Kreisen dargestellt. Die realen Emitterpositionen fallen nun im Regelfall mit den Tripel-Schnittpunkten zusammen, während die virtuellen Schnittpunkte sich dadurch auszeichnen, dass
30 sich hier nur zwei Peilstrahlen schneiden. Durch Aussondern der „Zweier-Schnittpunkte“ lassen sich die virtuellen Schnittpunkte eliminieren, ohne dass –

wie es bei nur zwei beteiligten Plattformen erforderlich wäre -- die elektronischen Signal-Eigenschaften im Detail, wie oben diskutiert, bekannt sein müssen. Es werden also die virtuellen Schnittpunkte von echten Emitter-Positionen dadurch unterschieden, dass den Tripl-Schnittpunkten höchste Priorität und den paarwei-
5 sen Schnittpunkten eine nachgeordnete Priorität zugeordnet wird.

Dieses Verfahren zur Elimination von virtuellen Schnittpunkten lässt sich vorteilhaft bei stationären Emittlern und vor allem dann anwenden, wenn die HF-Sensoren ausreichend empfindlich sind, um auch Nebenkeulen der Emitter zu
10 erfassen. Dies ist wichtig bei der Auffassung von Tracking-Radaren, die meistens die Hauptkeule nur in einem kleineren Raumwinkelbereich abstrahlen. Bei fliegenden Emittlern wird dieses erfindungsgemäße Verfahren vorteilhafterweise bei drei oder mehreren Plattformen angewendet, und insbesondere wenn (wie voranstehend beschrieben) zwischen den beteiligten Plattformen verabredet ist, dass
15 die auffassenden HF-Sensoren gleichzeitig im selben Frequenzband messen.

Zusammenfassend ist erfindungsgemäß ein Verfahren zur Lokalisierung von Emittlern im Radar-Frequenzbereich auf Basis der Kreuzpeilung von zumindest zwei fliegenden Plattformen mit jeweils zumindest einem passiven HF-Sensor zur Ermittlung von Emitterstrahl-Eigenschaften vorgesehen, wobei die fliegenden Plattformen untereinander zur Bestimmung von geometrischen Eigenschaften der Emitterstrahlen die Flugzeug-Position zum Zeitpunkt der Emitter-Vermessung und den Azimuth-Winkel, unter dem der Emitter vermessen wird, miteinander austauschen, wobei zusätzlich die gemessene Frequenz der empfangenen Emitter-
20 Signale, die Zeitdifferenzen 17 zwischen jeweils zwei aufeinanderfolgenden Pulsen 15 der empfangenen Pulsfolge 13, ein Zeichen zur Klassifizierung der Folge der Zeitdifferenzen der vermessenen Pulsfolge ausgetauscht werden, und wobei aus der Vielzahl der sich aus der Emitter-Vermessung ergebenden möglichen Schnittpunkte der Peilstahlen diejenigen Schnittpunkte zur Bestimmung der Emitter-
30 ter-Position verwendet werden, bei denen die elektronischen Eigenschaften der sich schneidenden Emitter-Strahlen identisch sind. Zusätzlich kann die Pulsdauer der empfangenen Pulsfolge 13 des Emitters und/oder die gemessene Frequenz-

breite oder der minimale und maximale Frequenzwert der empfangenen Pulsfolge 13 des Emitters und/oder die Polarisation des empfangenen Signals der empfangenen Pulsfolge 13 des Emitters und/oder die gemessene mittlere Intensität der empfangenen Pulsfolge (13) des Emitters zwischen den Plattformen 1a, 1b aus-
5 getauscht werden.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Lokalisierung von Emittlern können die elektronischen Emitter-Parameter mit einer Kodierung verschlüsselt werden, die die Emitter-Identifikation mit einem für den Einsatz-Verband bekannten, in einer
10 Datenbank abgelegten Kurzzeichen beschreibt. Weiterhin können die von den Plattformen 1a, 1b verwendeten Frequenz-Messfenster zwischen den Plattformen gleich getaktet sein und die Vermessung der Emitter zeitgleich bei den beteiligten Flugzeugen erfolgen. IN einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens können die Frequenz-Messfenster der beiden Plattformen 1a, 1b
15 gleichgetaktet sein, so dass die Messung in einem Frequenzband auf beiden Plattformen zur gleichen Zeit t_{gt} erfolgt, um in den Plattformen 1a, 1b die gleiche momentane Frequenz f_2 zu messen.

Erfindungsgemäß kann das Verfahren in einem Emitter-Lokalisierungssystem einer fliegenden Plattform 1a zur Lokalisierung von Emittlern durch Kreuzpeilung
20 mittels einem HF-Sensor 50a implementiert sein, das über ein Datenübertragungs-Modul 54a Daten eines HF-Sensors 50b einer weiteren fliegenden Plattform 1b zur Beschreibung der Eigenschaften von Emitter-Strahlen empfangen kann, um ein Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche auszuführen.
25

Patentansprüche

1. Verfahren zur Lokalisierung von Emittlern im Radar-Frequenzbereich auf Basis der Kreuzpeilung von zumindest zwei fliegenden Plattformen mit jeweils zu
5
mindest einem passiven HF-Sensor zur Ermittlung von Emitterstrahl-Pulsfolgen, wobei die fliegenden Plattformen untereinander zur Bestimmung von geometrischen Eigenschaften der Emitterstrahlen die Flugzeug-Position zum Zeitpunkt der Emitter-Vermessung und den Azimuth-Winkel, unter dem der Emitter vermessen wird, miteinander austauschen,
10
dadurch gekennzeichnet, dass
- zusätzlich folgende elektronischen Eigenschaften der empfangenen Emitter-Strahlen ausgetauscht werden:
- 15
- die gemessene Frequenz der empfangenen Emitter-Signale,
 - die Zeitdifferenzen (17) zwischen jeweils zwei aufeinanderfolgenden Pulsen (15) der empfangenen Pulsfolge (13),
20
 - ein Zeichen zur Klassifizierung der Folge der Zeitdifferenzen der vermessenen Pulsfolge,
- wobei aus der Vielzahl der sich aus der Emitter-Vermessung ergebenden möglichen Schnittpunkte der Peilstahlen diejenigen Schnittpunkte zur Bestimmung der Emitter-Position verwendet werden, bei denen die elektronischen Eigenschaften der sich schneidenden Emitter-Strahlen identisch sind.
- 25
2. Verfahren zur Lokalisierung von Emittlern durch Kreuzpeilung von zumindest zwei fliegenden Plattformen mit jeweils zumindest einem passiven HF-Sensor nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich die Puls-
30

dauer der empfangenen Pulsfolge (13) des Emitters zwischen den Plattformen (1a, 1b) ausgetauscht werden.

3. Verfahren zur Lokalisierung von Emittlern durch Kreuzpeilung von zumindest zwei fliegenden Plattformen mit jeweils zumindest einem passiven HF-Sensor nach dem Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich die gemessene Frequenzbreite oder der minimale und maximale Frequenzwert der empfangenen Pulsfolge (13) des Emitters zwischen den Plattformen (1a, 1b) ausgetauscht werden.

10

4. Verfahren zur Lokalisierung von Emittlern durch Kreuzpeilung von zumindest zwei fliegenden Plattformen mit jeweils zumindest einem passiven HF-Sensor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich Polarisation des empfangenen Signals der empfangenen Pulsfolge (13) des Emitters zwischen den Plattformen (1a, 1b) ausgetauscht werden.

5. Verfahren zur Lokalisierung von Emittlern durch Kreuzpeilung von zumindest zwei fliegenden Plattformen mit jeweils zumindest einem passiven HF-Sensor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich die gemessene mittlere Intensität der empfangenen Pulsfolge (13) des Emitters zwischen den Plattformen (1a, 1b) ausgetauscht werden.

25

6. Verfahren zur Lokalisierung von Emittlern durch Kreuzpeilung von zumindest zwei fliegenden Plattformen mit jeweils zumindest einem passiven HF-Sensor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich der Elevations-Winkel der empfangenen Emitterstrahlen, der Azimuth-Winkelmessfehler der empfangenen Emitterstrahlen und/oder der Zeitpunkt der Emitter-Vermessung zwischen den Plattformen (1a, 1b) ausgetauscht werden.

30

7. Verfahren zur Lokalisierung von Emittlern durch Kreuzpeilung von zumindest zwei fliegenden Plattformen mit jeweils zumindest einem passiven HF-Sensor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die geometrischen Daten und elektronischen Kenndaten der empfangenen Emitter-Signale neu auftauchender Emitter mit höherer Priorität und die Daten schon vermessener Emitter mit nachgeordneter Priorität übertragen werden und beim Austausch zwischen den Plattformen (1a, 1b) in Abhängigkeit der Priorität eine entsprechende Wiederholrate für die Übertragung der elektronischen Kenndaten der Emitter-Signale vorgesehen ist.

8. Verfahren zur Lokalisierung von Emittlern durch Kreuzpeilung von zumindest zwei fliegenden Plattformen mit jeweils zumindest einem passiven HF-Sensor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronischen Emitter-Parameter mit einer Kodierung verschlüsselt werden, die die Emitter-Identifikation mit einem für den Einsatz-Verband bekannten, in einer Datenbank abgelegten Kurzzeichen beschreibt.

9. Verfahren zur Lokalisierung von Emittlern durch Kreuzpeilung von zumindest zwei fliegenden Plattformen mit jeweils zumindest einem passiven HF-Sensor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die von den Plattformen (1a, 1b) verwendeten Frequenz-Messfenster zwischen den Plattformen gleich getaktet sind und die Vermessung der Emitter zeitgleich bei den beteiligten Flugzeugen erfolgt.

10. Verfahren zur Lokalisierung von Emittlern durch Kreuzpeilung von zumindest zwei fliegenden Plattformen mit jeweils zumindest einem passiven HF-Sensor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenz-Messfenster der beiden Plattformen (1a, 1b) gleichgetaktet sind, so

dass die Messung in einem Frequenzband auf beiden Plattformen zur gleichen Zeit (t_{gt}) erfolgt, um in den Plattformen (1a, 1b) die gleiche momentane Frequenz (f_2) zu messen.

5

11. Emitter-Lokalisierungssystem einer fliegenden Plattform (1a) zur Lokalisierung von Emitter-Pulsfolgen durch Kreuzpeilung mittels eines HF-Sensors (50a), das dafür vorgesehen ist, über ein Datenübertragungs-Modul (54a) folgende Daten eines HF-Sensors (50b) einer weiteren fliegenden Plattform (1b) zu empfan-

10 gen:

- die gemessene Frequenz der empfangenen Emitter-Signale,
- die Zeitdifferenzen (17) zwischen jeweils zwei aufeinanderfolgenden Pulsen (15) der empfangenen Pulsfolge (13),
- ein Zeichen zur Klassifizierung der Folge der Zeitdifferenzen der vermessenen Pulsfolge,

15

20 wobei ein Fusionrechner (52a) vorgesehen ist, mit dem aus der Vielzahl der sich aus der Emitter-Vermessung ergebenden möglichen Schnittpunkte der Peilstahlen beider Plattformen diejenigen Schnittpunkte zur Bestimmung der Emitter-Position ermittelt werden, bei denen die elektronischen Eigenschaften der sich schneidenden Emitter-Strahlen identisch sind.

25

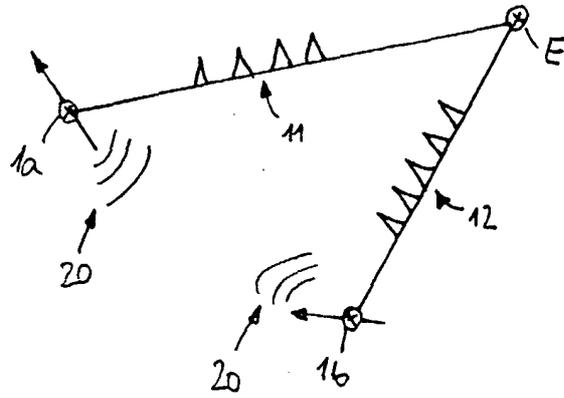


Fig. 1

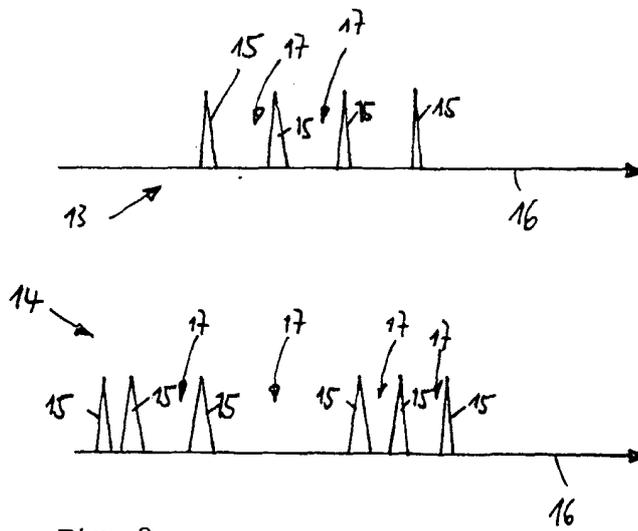


Fig. 2

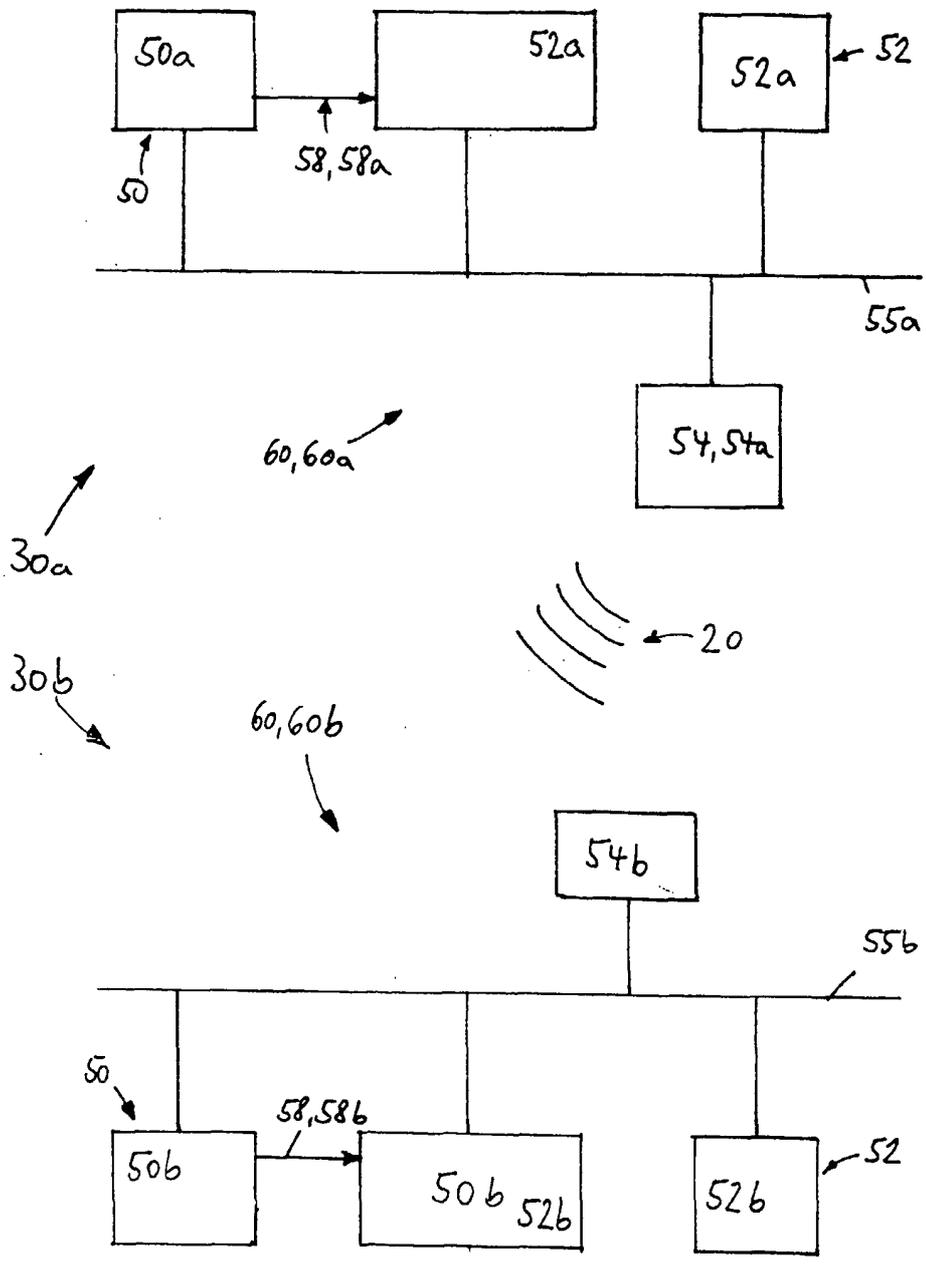


Fig. 3

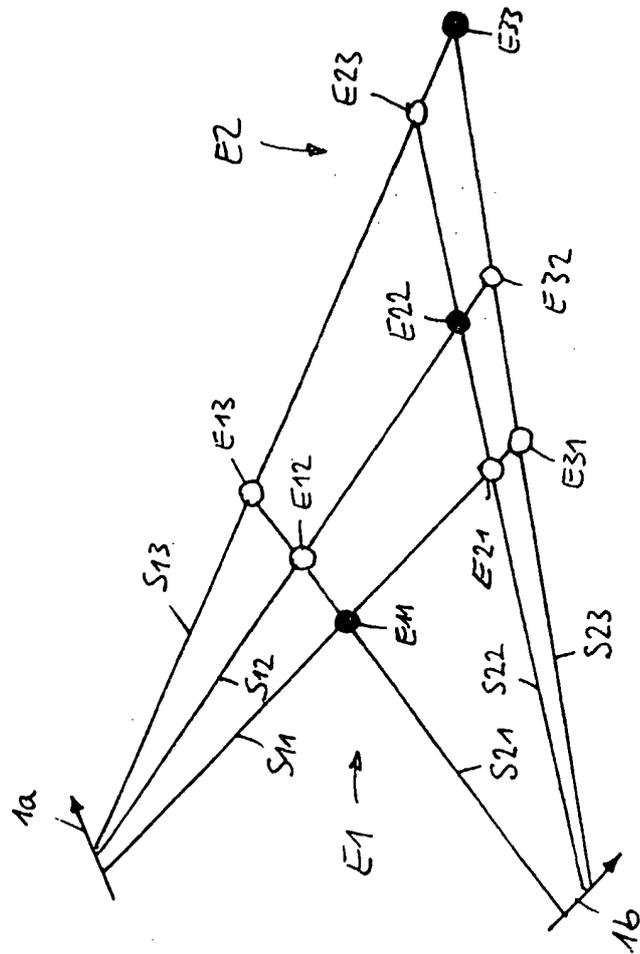


Fig. 4

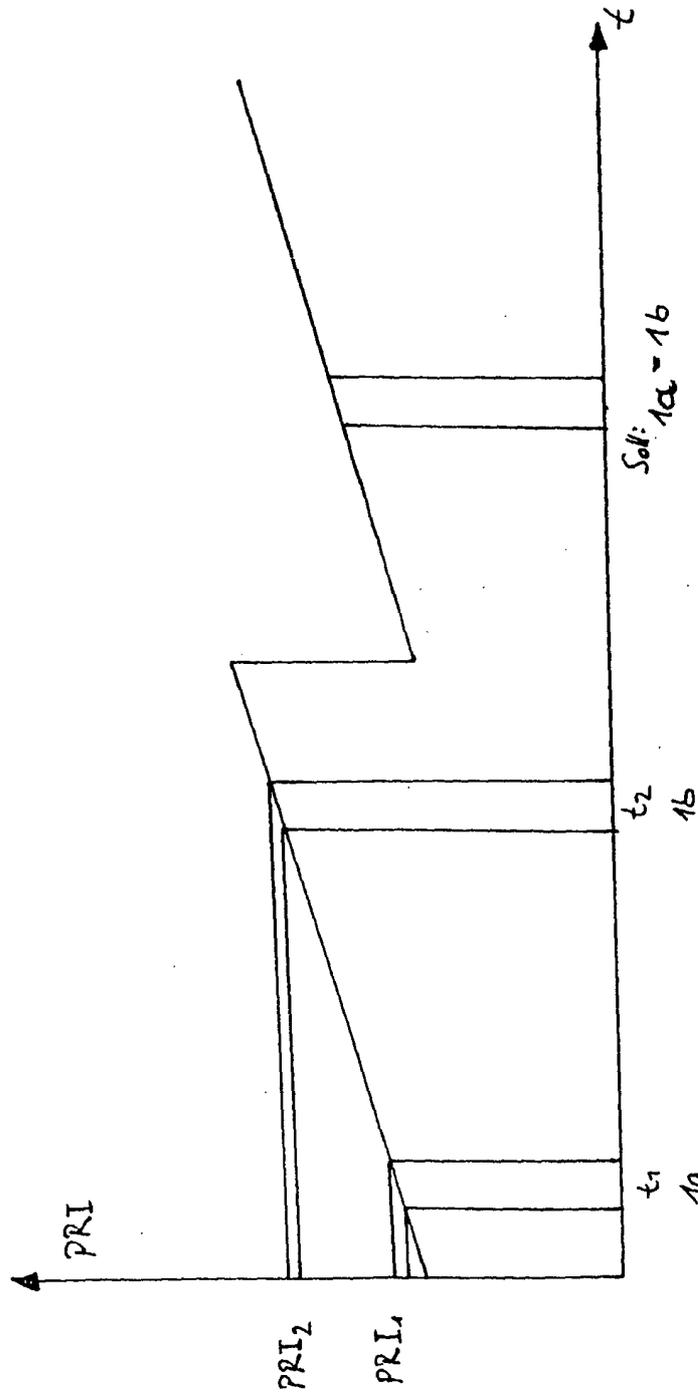


Fig. 5

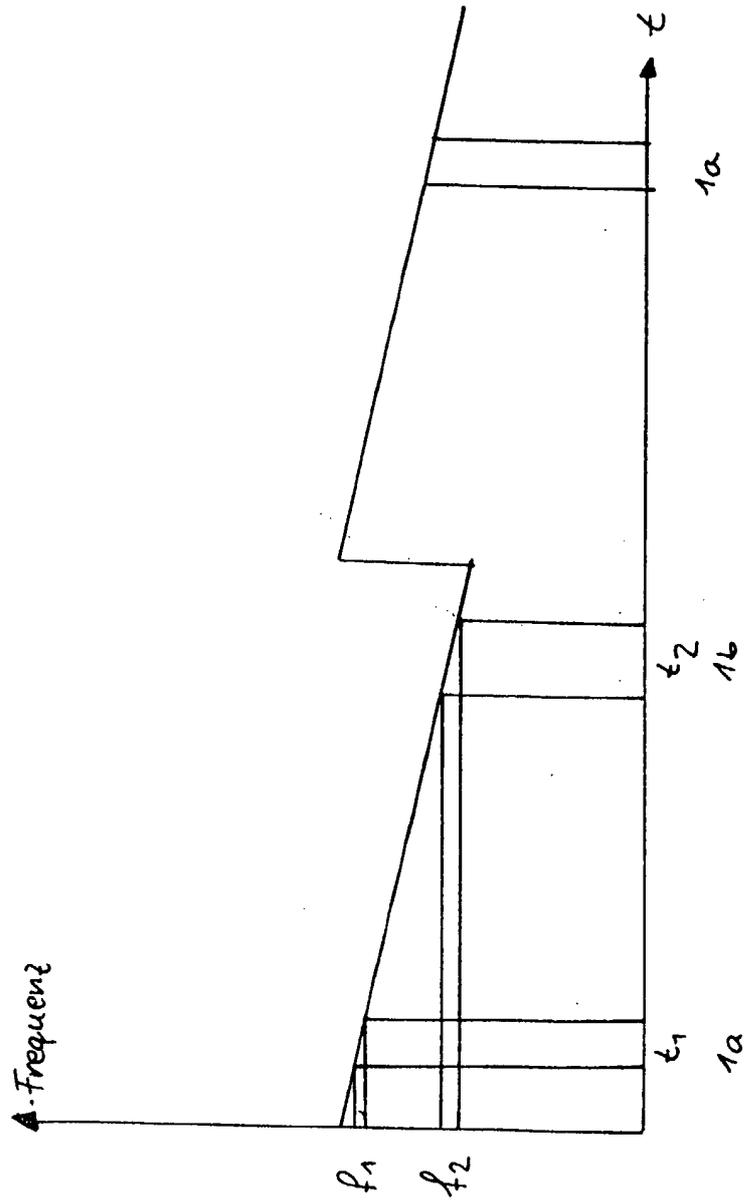


Fig. 6

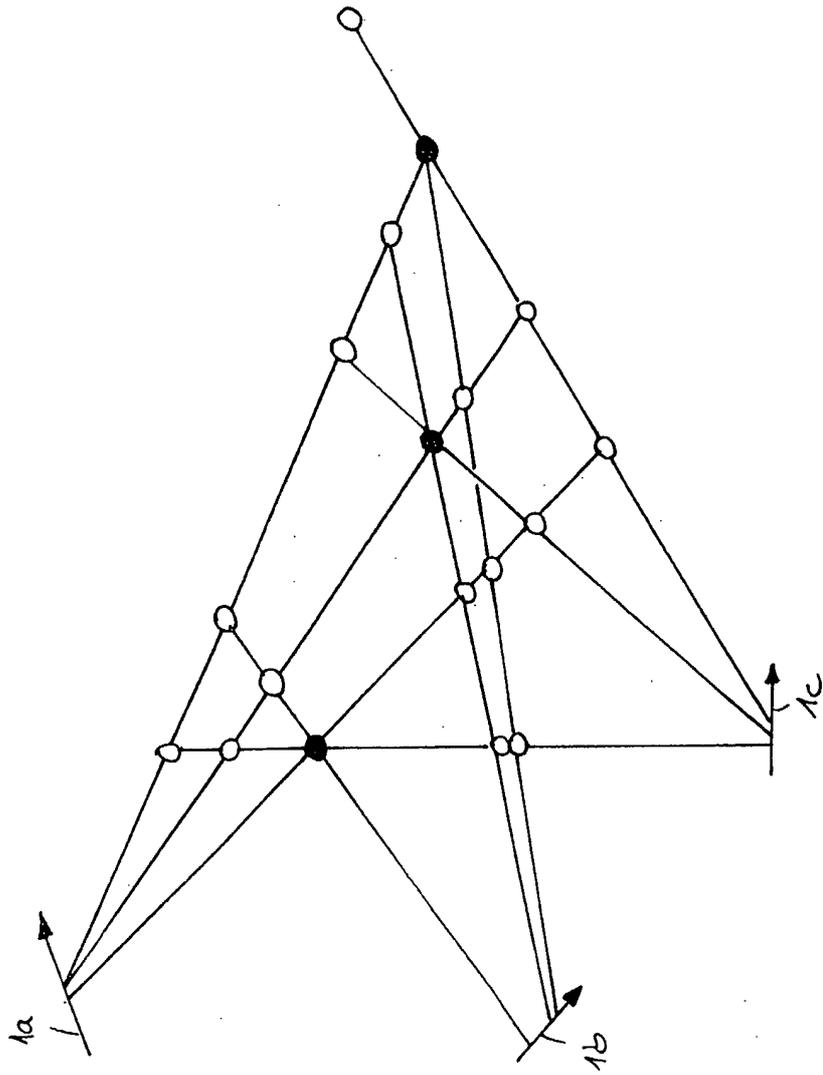


Fig. 7