



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 670 699 A5

⑤⑦ Int. Cl.⁴: G 01 B 11/14
G 01 C 3/30

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 2085/87

㉔ Anmeldungsdatum: 02.06.1987

③⑩ Priorität(en): 02.06.1986 DD 290812

㉔ Patent erteilt: 30.06.1989

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 30.06.1989

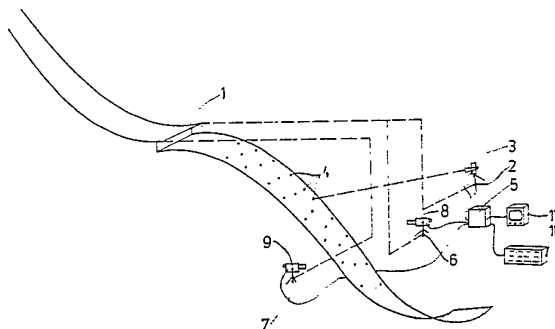
㉗ Inhaber:
VEB Carl Zeiss Jena, Jena (DD)

㉗ Erfinder:
Von Dehn, Heinrich (-Rotfelser), Hermsdorf
(DD)
Barnekow, Harald, Jena (DD)
Süss, Stefan, Jena-Winzerla (DD)

㉗ Vertreter:
Bovard AG, Bern 25

⑤④ **Verfahren und Anordnung zur Bestimmung der Flugweite eines Körpers.**

⑤⑦ Bei der Anordnung und dem Verfahren soll mittels mobiler Ausrüstungen ohne zusätzliche Vorrichtungen an den bewegten Körpern eine objektive, nachträglich überprüfbare Weitenbestimmung erfolgen und dabei gleichzeitig eine hohe Störsicherheit gewährleistet sein. Dazu besteht die Anordnung aus mindestens einer Messkamera (8), einer Auswerteeinheit (5) und einer Anzeigeeinheit (10) sowie einem Tachymeter (3), wobei das aktuelle Profil vor der Weitenbestimmung geodätisch ermittelt, die Landeszene mit der Messkamera (8), für deren Bilder die Daten der inneren und äusseren Orientierung bekannt sind, verfolgt und diese Daten ergänzt durch die Positionswerte der Kamerastandpunkte (6) abgespeichert und zur Ermittlung der Weite verwendet werden. Das Ergebnis kann nachfolgend zu beliebiger Zeit erneut ermittelt bzw. kontrolliert werden. Es können ausschliesslich transportable Anlagen bzw. Geräte eingesetzt werden, wobei der Vorteil darin liegt, dass Vorgänge verfolgt werden können, die für eine visuelle direkte Beurteilung infolge der Flugeschwindigkeit nicht geeignet sind.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Bestimmung der Flugweite eines Körpers über einer Landefläche, mittels einem Tachymeter zur geodätischen Profilbestimmung, dadurch gekennzeichnet, dass das Profil der Landefläche vor Durchführung der Flugweitenbestimmung durch geodätische Aufnahme einer hinreichenden Anzahl von Oberflächenpunkten von mindestens einem in ihrer Lage zum Startpunkt des Körpers bekannten Messpunkten aus aufgenommen und abgespeichert, aus diesen Werten nachfolgend die mathematische Profilkurve abgeleitet und der Flugweitenbestimmung zugrundegelegt wird, dass die Landung des bewegten Körpers auf der Landefläche mittels Kamera von einem in seiner Lage zum Startpunkt des Fluges, Sprunges oder Wurfes bekannten Standort verfolgt und gespeichert, die Werte der Elemente der inneren und äusseren Orientierung der aufgenommenen Bilder ermittelt und gespeichert und die Korrelation von Flugbahn und dem vor Ausführung der Flugweitenbestimmung ermittelten und gleichfalls abgespeicherten Profil der Landefläche festgestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass vorzugsweise eine Kamera eingesetzt wird, deren Bildern ein die Landefläche deckendes Netz von projizierter Flugbahn und dazu rechtwinklig verlaufenden Flugweitenlinien, wobei letztere gemäss dem Flugweitenbestimmungsalgorithmus berechnet werden, unter Berücksichtigung der inneren und äusseren Bildorientierung perspektiv- und lagegetreu überlagert wird und die Flugweite direkt an den Flugweitenlinien abgelesen oder interpoliert wird, wobei die Landeszene zur Auswertung im Zeitlupenverfahren betrachtet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass vorzugsweise zwei Kameras eingesetzt werden, die im Vorwärtseinschnitt den bewegten Körper verfolgen, dass aus den Bildkoordinaten des Körpers und den Orientierungsdaten der Bilder die Flugbahn des bewegten Körpers ermittelt und der Durchstosspunkt der Flugbahn durch die Landefläche, und damit die Flugweite, bestimmt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass nur auf einer Seite der Landefläche vorzugsweise eine Kamera eingesetzt wird, die den bewegten Körper verfolgt, dass aus den Bildkoordinaten des Körpers sowie den Orientierungsdaten der Bilder eine virtuelle Flugbahn auf der regelmässig geformten Landefläche ermittelt und aus der Unstetigkeitsstelle dieser virtuellen Flugbahn der Landepunkt und damit die Flugweite bestimmt wird.

5. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einem Tachymeter (3) zur geodätischen Profilbestimmung, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Kamera (8) und das Tachymeter (3) mit einer Auswerteeinheit (5) verbunden sind und die Auswerteeinheit mit einer Anzeigeeinheit (10) gekoppelt ist.

6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) einen Bildspeicher für eine Zeitlupendarstellung mit einer Speicherfrequenz mit mindestens 50 Bildern pro Sekunde und einen Gitternetzgenerator enthält.

7. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit einen Bildspeicher und ein Bildverarbeitungssystem umfasst.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und eine Anordnung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 5.

Es ist bekannt Weitenmessungen, z. B. beim Skispringen, mit direkten, subjektiven, visuellen Verfahren durchzuführen. Zur Objektivierung wurde eine Vielzahl Weitenrichter eingesetzt. Aber auch diese konnte kaum zu einer erhöhten Genauigkeit der Weitenbestimmung führen, da die Trägheit des menschlichen Auges damit nicht beseitigt ist.

Zur Überwindung dieses Zustandes wurde ein induktives Weitenmesssystem entwickelt, bei dem quer zur Aufsprungbahn längsachse vor Beginn des Winters entsprechend der Sprungweitenstufung aus parallelen Drähten gebildete Induktionsschleifen im Aufsprunghang verankert wurden. Ein auf dem Ski des Springers befindlicher Dauermagnet kann in hinreichender Nähe zu den Induktionsschleifen in diesen eine auswertbare Spannung erzeugen, die mit weiterer Annäherung zunimmt. Den Induktionsschleifen ist deshalb ein Komparator mit justierbarer Schwelle nachgeordnet, der in Abhängigkeit von der Schneehöhe und Flugbahn/-geschwindigkeit so zu justieren ist, dass er nur dann anspricht, wenn der auf dem Ski montierte Magnet nur noch eine derartige Höhe über den Induktionsschleifen hat, dass er die nächste Induktionsschleife nur noch gleitend überquert. Nachteilig sind die hohen Investitionskosten zur gesicherten Verlegung der Induktionsschleifen, die problematische Justierung der Komparatorschwellen und ihre relativ hohe Störanfälligkeit und die Tatsache, dass die Sprungweite auf das Profil der unter der Schneedecke liegenden Aufsprungbahn unter Annahme einer bestimmten Schneehöhe bezogen wird.

Aus ähnlichen Gründen hat sich auch ein Verfahren nicht bewährt, das an Stelle der unter dem Schnee liegenden Induktionsschleifen über dem Schnee aufgebaute Lichtschranken verwendet, zumal noch die zusätzliche Abhängigkeit von Nebel und Schneefall zu berücksichtigen ist.

Ein weiteres Verfahren verwendet im Aufsprunghang definiert angeordnete Schallempfänger, bei dem aus der Schallaufzeitdifferenz des beim Aufsprung erzeugten Geräusches zu diesen Empfängern der Landepunkt und damit die Weite bestimmt wird. Auch hier sind die Investitionskosten hoch, ist die Weitenmessung auf ein angenommenes Profil bezogen und die Störanfälligkeit gegenüber Umweltbodenschall, den z.B. Zuschauer erzeugen, die sich durch Treten auf der Stelle erwärmen wollen, gross.

Kostengünstiger sind transportable Anlagen, die keine ortsbezogenen Investitionen erfordern. So sind Vorrichtungen bekannt geworden, die am Ski befestigt sind und am Landeort des Ski eine Farbmarkierung im Schnee hinterlassen. Abgesehen davon, dass eine derartige Vorrichtung am Ski für den Springer nachteilig ist, muss erwartet werden, dass die Markierung im Schnee im Zeitintervall bis zur Landung des nächsten Springers rückstandslos ohne Veränderung der Gleiteigenschaften der Schneeoberfläche abgebaut sein und auch eine sofortige Wiedermarkierung zulassen muss, was bisher nicht gelungen ist.

Ein anderes Verfahren nutzt ebenfalls eine am Ski angebrachte Vorrichtung, die im Landemoment einen auf dem Ski ebenfalls angebrachten Sender einschaltet. Aus der Laufzeitdifferenz zu mehreren in lagemässig bekannten Standorten aufgestellten Empfängern wird die Lage des Landepunktes ermittelt. Es hat daher ebenfalls die Nachteile einer zusätzlich angebrachten Vorrichtung.

Durch die Erfindung sollen eine Anordnung und ein Verfahren geschaffen werden, wodurch eine objektive, auch nachträglich überprüfbare, Sprung-, Wurf- und Flugweitenmessung, auch auf nicht ebenen Landeflächen gestattet wird, ohne dass am fliegenden Objekt zusätzliche Vorrichtungen benötigt werden, ausschliesslich mit transportablen Geräten gearbeitet und gleichzeitig eine hohe Störsicherheit gewährleistet wird.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Anordnung zur Bestimmung der Flugweite von vorzugsweise Flügen, Sprüngen, Würfen mittels mobiler Ausrüstungen, ohne zusätzliche Vorrichtungen an den bewegten Körpern und zur nachträglichen Prüfung geeignet, zu schaffen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die im kennzeichnenden Teil der Patentansprüche 1 bzw. 5 angeführten Merkmale gelöst.

Letzteres erfolgt vorzugsweise entweder, indem man den Bildern der Kamera(s) ein aus Längs- und Flugweitenlinien gebildetes perspektiv- und lagegetreues Netz, das die Landefläche originaltreu nachbildet und das aus dem aktuell ermittelten Profil der Landefläche unter Verwendung der Daten der inneren und äusseren Orientierung abgeleitet wurde, überlagert und die Flugweite, die entsprechend dem gegebenen Algorithmus der Flugweitenbestimmung als Linienfeld im entstandenen Mischbild vorliegt, direkt abliest oder interpoliert, wenn man die aufgenommene Landeszene mit eingepasstem Gitter-Profil-Raster nachfolgend im Zeitlupenverfahren auswertet.

Man kann vorzugsweise aus den Bildkoordinaten des verfolgten Körpers und den Daten der Orientierung der Bilder reale oder virtuelle Flugbahnen des bewegten Körpers berechnen, wobei der Durchstosspunkt der realen Flugbahn durch die Landefläche den Landepunkt und damit die Flugweite bestimmt bzw. diese durch die Unstetigkeit der virtuellen Flugbahn auf der regelmässigen Landefläche fixiert ist.

Die Auswerteeinheit kann zum einen aus einem Bildspeicher für Zeitlupendarstellung und einem Gitternetzgenerator oder zum anderen aus einem Bildspeicher und einem Bildverarbeitungssystem bestehen.

Der Bildspeicher sollte eine Speicherkapazität von mindestens 50 Bildern pro Sekunde aufweisen.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von in Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt ein Beispiel mit der erfindungsgemässen Anordnung mit Kamera, einem Tachymeter, einer Auswerteeinheit mit Bildspeicher und Gittergenerator und einer Anzeigeeinheit und

Fig. 2 zeigt ein Beispiel mit der erfindungsgemässen Anordnung mit Kamera, einem Tachymeter, einer Auswerteeinheit mit Bildspeicher und Bildverarbeitungssystem sowie einer Anzeigeeinheit.

In Figur 1 ist in der schematischen Zeichnung beispielsweise eine Skisprunganlage dargestellt. Als Bezugspunkt für Sprungweitenermittlungen gilt der Schanzentisch 1. Im geodätisch bestimmten Messpunkt 2 befindet sich ein Tachymeter 3, mit dem eine hinreichende Anzahl von Punkten 4 auf der Oberfläche der Aufsprungbahn geodätisch aufgenommen werden. Aus ihnen berechnet man in einer Auswerteeinheit 5, bestehend aus einem Gitternetzgenerator, vorzugsweise einem elektronischen Rechner mit entsprechendem Interface, und einem Bildspeicher für Zeitlupendarstellungen, das reale Profil der Aufsprungfläche, die dann in gleiche Längsstreifen und entsprechend dem Weitenalgorithmus ermittelte, dazu rechtwinklig verlaufende Weitenlinien gegliedert wird. In einem bezüglich seiner Lage zum Schanzentisch 1 geodätisch bekannten Aufnahmepunkt 6, wobei Messpunkt 2 und Aufnahmepunkt 6 auch identisch sein können, befindet sich eine vorzugsweise elektronische Kamera 8 für deren Bilder die Orientierungsdaten bekannt sind und ebenfalls dem Gitternetzgenerator 5 übermittelt werden, wobei sie konstant aber auch veränderbar sein

können. Unter Berücksichtigung dieser Werte bestimmt der Gitternetzgenerator der Auswerteeinheit 5 ein aus Aufsprungsflächen längs- und Weitenlinien gebildetes Modell, das unter Nutzung eines Videogenerators dem Bild der Kamera 8 überlagert und gemeinsam mit ihm vorzugsweise über einen Monitor ausgegeben aber auch parallel dazu abgespeichert wird. Mit der Kamera 8 verfolgt man nun die Landung des Skispringers bei überlagertem Längs- und Weitenliniennetz. Anschliessend wird die aufgezeichnete Landeszene im Zeitlupenverfahren erneut dargestellt. Im Landemoment erreichen die Ski dabei erstmalig Parallelität zu den Aufsprungsbahnlängslinien. Dadurch ist es zweifelsfrei möglich, den Landepunkt hinreichend exakt zu bestimmen und an den dargestellten Weitenlinien direkt abzulesen oder zu interpolieren. Es ist aber auch möglich, das Profilliniennetz erst bei der Zeitlupenwiederholung in das Bild einzublenden.

Eine andere mögliche Ausführungsform ist in Figur 2 schematisch dargestellt. Auch hier dient der Schanzentisch 1 als Bezugspunkt für die Weitenmessung. In einem geodätisch bestimmten Messpunkt 2 werden mit einem Tachymeter 3 Ortskoordinaten von einer hinreichenden Zahl von Punkten 4 auf der Oberfläche der Aufsprungbahn aufgenommen und in einer Auswerteeinheit 5, vorzugsweise einem elektronischen Rechner, daraus das aktuelle Oberflächenprofil der Aufsprungfläche ermittelt und abgespeichert. In vorzugsweise zwei Aufnahmepunkten 6 und 7, die zu beiden Seiten der Aufsprungfläche geodätisch bestimmt sind, wobei einer von ihnen mit dem Messpunkt 2 identisch sein kann, befinden sich Messkameras 8 und 9, deren Orientierungsdaten, konstant oder variabel, bekannt sind, die die Landeszenen der Skispringer verfolgen. Die Bilder und Orientierungsdaten der Kameras 8 und 9 werden ebenfalls der Auswerteeinheit 5 zugeführt und abgespeichert. Parallel zur Aufnahme der Landeszenen, oder aber auch nachfolgend, werden in den Bildern der Kameras die Bildkoordinaten des bewegten Körpers, bzw. ein oder mehrere Punkte davon, bestimmt und unter Beachtung der Orientierungsdaten der zugehörigen Kamera die Richtung ermittelt, die der (die) Zeitpunkt(e) am bewegten Körper im Zeitpunkt der Aufnahme relativ zum jeweiligen Aufnahmestandpunkt 6 oder 7 hatte. Da zeitsynchron in beiden Aufnahmepunkten Bilder vorliegen, aus denen derartige Richtungsvektoren zeitgleich abgeleitet werden, lässt sich mittels Auswerteeinheit 5 durch Bestimmung des Schnittpunktes der beiden Richtungsvektoren ein Bahnpunkt auf der Flugbahn des Körpers ermitteln. Aus einer hinreichenden Anzahl derartiger Bahnpunkte, insbesondere aus dem letzten Teil der Flugbahn, lässt sich die aktuelle Flugbahn bestimmen. Wo diese die Oberfläche des ermittelten Aufsprungflächenprofils erreicht, ist der Landepunkt. Das Ergebnis wird über Monitor 11 und/oder Anzeigeeinheit 10 dargestellt.

Diese Ausführungsform ermöglicht eine vollautomatische Ermittlung des Landepunktes, ist aber technisch aufwendiger als die erste dargestellte Ausführungsform. Sie kann noch dahingehend modifiziert werden, dass nur auf einer Seite der Aufsprungfläche vorzugsweise eine Kamera steht, ebenfalls ein Richtungsvektor zum bewegten Objektpunkt ermittelt und die Spur dieses Richtungsvektors auf der regelmässig gestalteten Landefläche verfolgt wird. Sie hat, solange der bewegte Körper noch nicht den Landepunkt erreicht hat, bezogen auf die Landefläche Bewegungskomponenten in und quer zur Landerichtung, die vom Landepunkt an nur noch in Landerichtung auftreten. Auf diese Weise kann auch nur mit einer Kamera der Landepunkt bestimmt werden.

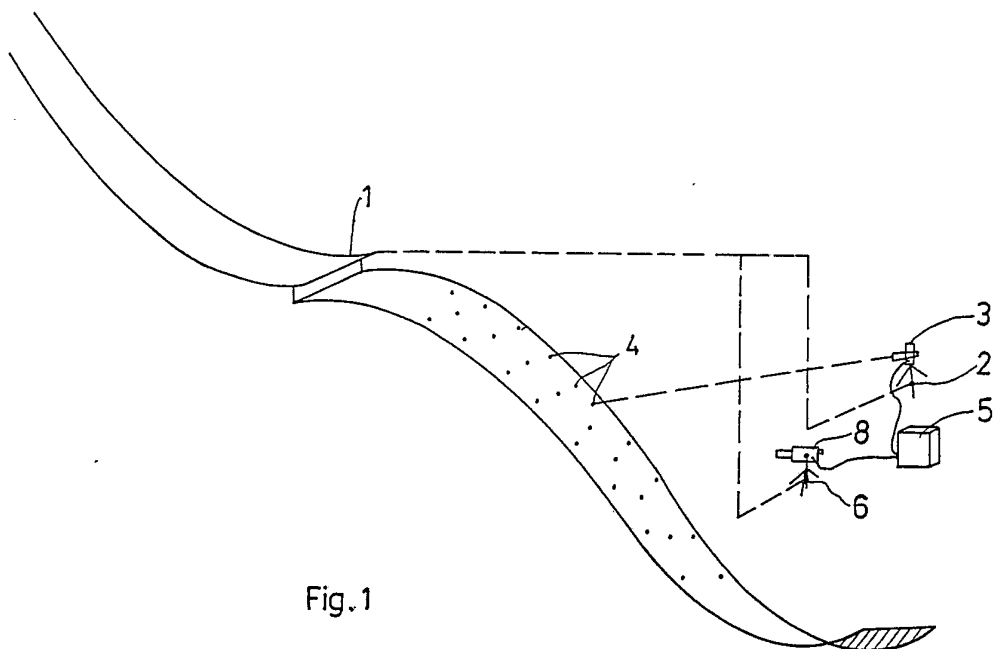


Fig. 1

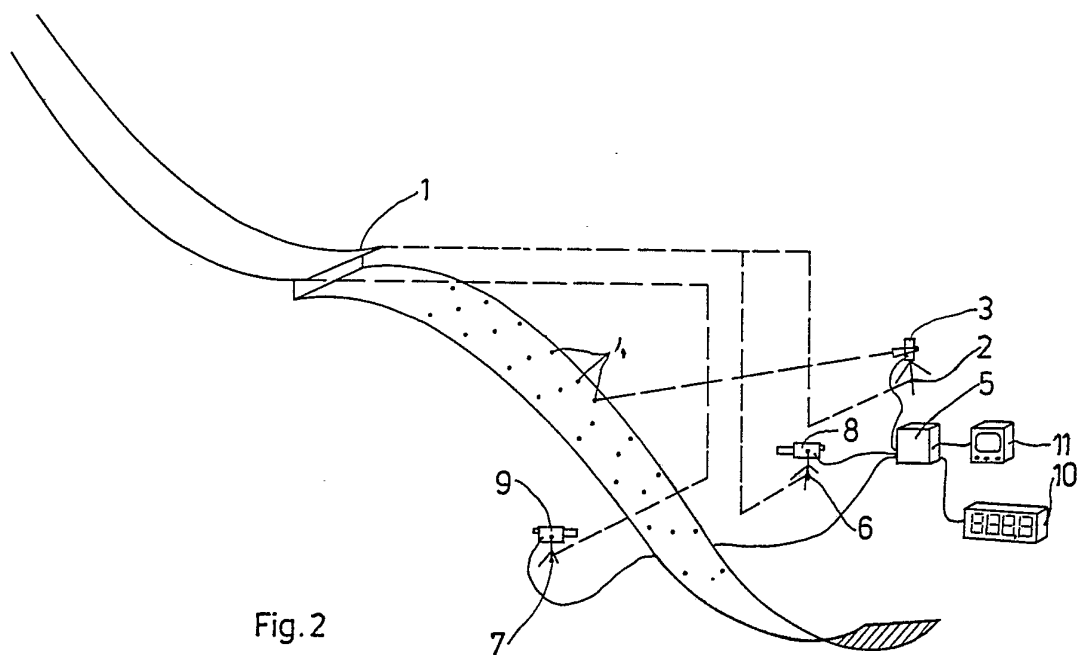


Fig.2