



Republik  
Österreich  
Patentamt

(11) Nummer: **AT 397 206 B**

# PATENTCHRIFT

(12)

(21) Anmeldenummer: 1900/89

(51) Int.Cl.<sup>5</sup> : **A63B 69/00**  
A63B 63/00

(22) Anmeldetag: 8. 8.1989

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 7.1993

(45) Ausgabetag: 25. 2.1994

(56) Entgegenhaltungen:

DE-OS2527771 DE-OS2831383 DE-OS3639096 GB-PS1169388  
US-PS3591184 US-PS3655202 US-PS4177994 US-PS4341384

(73) Patentinhaber:

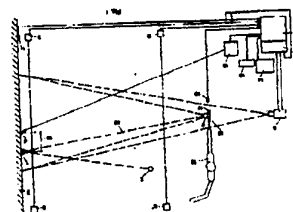
- ÖSTERREICHISCHES FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF  
GESELLSCHAFT M.B.H.  
A-1010 WIEN (AT).

(72) Erfinder:

HOLZER EDUARD MAG.  
SCHÖNBERG, NIEDERÖSTERREICH (AT).  
WALLISCH KARL  
WIEN (AT).  
SCHMESKAL THEODOR ING.  
WIEN (AT).

(54) VERFAHREN UND TRAININGSVORRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG DER OPTIMALEN WURF-, SCHUSS- BZW. ABSPIELTRAININGSGESCHWINDIGKEIT BEI WURFSPORTARTEN BZW. BALLSPIELEN

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der optimalen Abspieltrainingsgeschwindigkeit bei Wurfssportarten bzw. Ballspielen, bei dem ein Sportgegenstand möglichst nahe an einen vorbestimmten Zielpunkt geschossen werden soll. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß für einen Meßdurchgang bildende bestimmte Anzahl von Abspielen, dem Trainierenden ein für aufeinanderfolgende Durchgänge jeweils neu festgesetzter Sollwert für die Trainingsgeschwindigkeit vorgegeben wird, daß für jeden Durchgang in der Zielebene die Abstände der Auftreffpunkte des Sportgegenstandes vom Zielpunkt vermessen und ausgewertet werden, daß aus den Abständen und der Entfernung zwischen dem Abspielort und dem Zielpunkt der Winkelfehler zwischen der Tangente am der zum Zielpunkt führenden Flugbahn und (den) der (den) Tangente(n) der (den) zu den Auftreffpunkten führenden Flugbahn(en) beim Ort des Abspielens errechnet wird und daß als optimale Trainingsgeschwindigkeit aus den Sollwerten die Geschwindigkeit ausgewählt wird, bei welcher dieser Winkelfehler am kleinsten ist.



AT 397 206 B

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der optimalen Wurf-, Schuß- bzw. Abspieltrainingsgeschwindigkeit bei Wurf- oder Ballspielen, wie z. B. Tennis, Tischtennis, Fußball, Handball, sowie auch gegebenenfalls Eishockey, Golf od. dgl., bei dem ein Sportgegenstand, z. B. ein Ball, möglichst nahe an einen vorbestimmten Zielpunkt geworfen, geschossen, abgeschlagen, gespielt od. dgl. in Bewegung gesetzt werden soll. Ferner betrifft die Erfindung eine Trainingsvorrichtung für Wurf- oder Ballspiele, z. B. Tennis, Tischtennis, Handball od. dgl., die eine Meßeinrichtung für die Fluggeschwindigkeit eines in Richtung auf einen Zielpunkt geworfenen, geschossenen, abgeschlagenen, gespielten od. dgl. in Bewegung gesetzten Sportgegenstandes, vorzugsweise eines Balles, vorzugsweise einen Lichtvorhang oder akustische Meßeinrichtungen, z. B. auf das Abschuß- und Aufprallgeräusch ansprechende Mikrophone, eine Einrichtung zur Erkennung des Auftreffpunktes des Gegenstandes auf der Zielebene, z. B. einer Prallwand, und zur Feststellung der Lage bzw. des Abstandes des jeweiligen Auftreffpunktes von dem vorgegebenen Zielpunkt und eine Auswertungseinheit, z. B. einen Rechner, zur Berechnung der jeweiligen Abstände zwischen dem Zielpunkt und dem Auftreffpunkt des Gegenstandes umfaßt, der die Meßwerte der Meßeinrichtung für die Fluggeschwindigkeit zuführbar sind.

Einrichtungen zur Messung der Fluggeschwindigkeit von Wurfgegenständen bzw. zur Bestimmung von deren Flugbahn oder Auftreffpunkt sind z. B. aus der DE-OS 2 527 771, DE-OS 2 831 383, DE-OS 3 639 096, GB-PS 1 169 388, US-PS 3 655 202, US-PS 3 591 184, US-PS 4 177 994, US-PS 4 341 384 bekannt. Ferner ist aus der DE-OS 2 527 771 eine Vorrichtung zur automatischen Ermittlung der Leistungsfähigkeit eines Ballspieles bekannt, bei der so vorgegangen wird, daß der Abstand des Auftreffpunktes des geworfenen Gegenstandes von einem vorgegebenen Zielpunkt ermittelt und gleichzeitig die Geschwindigkeit des Schusses festgestellt wird. In einer Auswerteeinheit wird sodann der Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und dem Reziprokwert der Entfernung ermittelt und dieses Ergebnis als Leistungsfähigkeit dargestellt.

Ziel der Erfindung ist die Erstellung eines Verfahrens sowie einer Trainingsvorrichtung der eingangs genannten Art, mit denen eine optimale Abspieltrainingsgeschwindigkeit für den geworfenen bzw. geschossenen Gegenstand ermittelt werden kann, da der beste Lernerfolg dann eintritt, wenn man die Lerngeschwindigkeit in einem Bereich wählt, in dem die Abspiel- bzw. Wurfgenauigkeiten am größten sind.

Dieses Ziel wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß für einen Meßdurchgang bildende bestimmte Anzahl von Würfen, Schüssen, Abspielen od. dgl., dem Trainierenden ein Sollwert für die Trainingsgeschwindigkeit vorgegeben wird, daß dieser Sollwert für aufeinanderfolgende Durchgänge jeweils neu festgesetzt wird, insbesondere eine Reihe von Durchgängen mit steigenden Sollwerten der Trainingsgeschwindigkeit abgewickelt wird, daß für jeden Durchgang in der Zielebene die Abstände der Auftreffpunkte des Sportgegenstandes vom Zielpunkt vermessen bzw. errechnet und, insbesondere statistisch, verknüpft bzw. ausgewertet, z. B. gemittelt, werden, daß aus den Abständen der Auftreffpunkte vom Zielpunkt und der Entfernung zwischen dem Abwurf- bzw. Abspielort des Sportgegenstandes und dem Zielpunkt der Winkelfelder zwischen der Tangente an der zum Zielpunkt führenden Flugbahn und (den) der (den) Tangente(n) der (den) zu den Auftreffpunkten bzw. zu dem sich bei Mitteilung der Abstände vom Zielpunkt ergebenden Punkt führenden Flugbahn(en) beim Abwurf- bzw. Abspielort errechnet wird und daß als optimale Trainingsgeschwindigkeit aus den Sollwerten der Trainingsgeschwindigkeiten die Geschwindigkeit ausgewählt bzw. bestimmt wird, z. B. auch durch Interpolation bestimmt wird, bei welcher dieser Winkelfehler am kleinsten ist.

Eine erfindungsgemäße Trainingsvorrichtung der eingangs genannten Art ist dadurch gekennzeichnet, daß als Erkennungseinrichtung eine Bildaufnahme- und Bildverarbeitungseinrichtung, z. B. mit einer elektronischen Kamera, vorgesehen ist, und daß an die Auswertungseinheit eine optische Anzeigeeinheit, z. B. ein Bildschirm bzw. eine Aufzeichnungseinheit, z. B. ein Schreiber, für die aus der Entfernung zwischen dem Abwurf- bzw. Abspielort und dem Zielpunkt (Flugparabelentfernung) und den statistisch gemittelten Abständen der Auftreffpunkte des Gegenstandes vom Zielpunkt berechneten Winkelfehler, vorzugsweise die Winkelfehler  $\Delta\alpha$  und/oder  $\Delta\beta$  zwischen der zum Zielpunkt und zum jeweiligen Auftreffpunkt oder zu einem durch Mitteilung der Abstände der Auftreffpunkte vom Zielpunkt erhaltenen Punkt führenden Flugrichtung am Abwurf- bzw. Abspielort angeschlossen ist.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. bei der erfindungsgemäßen Trainingsvorrichtung ist es nunmehr möglich, daß durch entsprechende Messungen der Entfernung, der Geschwindigkeit und Abweichungen der Treffer von einem vorgegebenen Zielpunkt eine optimale Trainingsgeschwindigkeit ermittelt und dem Trainierenden bzw. dessen Lehrer angezeigt wird, wonach das Training ausgerichtet wird. Es wird dem Trainierenden ein Sollwert für eine Trainingsgeschwindigkeit vorgegeben und nach einer Zurückrechnung der Schußgenauigkeit auf den Abspielort der Fehler am Abspielort festgestellt und in Abhängigkeit des Winkelfehlers dem Trainierenden eine neue Trainingsgeschwindigkeit vorgegeben. Der Auswertungsalgorithmus ist neuartig und führt zu völlig neuartigen Anweisungen für den Trainierenden, da es bislang nicht bekannt war, die Trainingsgeschwindigkeit vom Abspielfehler abhängig zu machen.

Eine Vereinfachung bei der Auswertung ergibt sich, wenn aus den tatsächlichen gemessenen Geschwindigkeiten der einzelnen Würfe bzw. Schüsse eines Durchganges, z. B. durch arithmetische Mittelung, eine mittlere Wurf- bzw. Schußgeschwindigkeit für den Durchgang errechnet wird, die der Auswertung der Würfe bzw. Schüsse zugrundegelegt wird.

Eine exakte und für eine rechnerische Auswertung gut geeignete Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, daß aus der Lage der Auftreffpunkte des Sport-Gegenstandes in der Zielebene in Bezug auf den Zielpunkt statistisch, z. B. nach dem Prinzip der Exklusion von Extremwerten oder nach dem Prinzip der Poissonverteilung der Kontrollflächendichte od. dgl., eine mittlere Auftrefffläche berechnet wird, daß aus der Entfernung zwischen dem Abspielort und dem Zielpunkt und der mittleren Wurf- bzw. Schußgeschwindigkeit ein mittlerer Abspielwinkel, gemessen zwischen der Tangente an der Flugrichtung und der Horizontalen am Abspielort, entsprechend der gegebenenfalls bezüglich Luftwiderstand, Balleffet od. dgl. korrigierten physikalischen Wurfparabelgleichung ( $X = (V^2 \cdot \sin 2\alpha)/g$ ) errechnet wird, daß ausgehend von dem Durchstoßpunkt der auf diese Weise berechneten Wurfparabel mit der Zielebene unter Variation eines in der Flugrichtung gelegenen Winkelfehlers  $\Delta\alpha$  und/oder eines quer zur Flugrichtung gelegenen Winkelfehlers  $\Delta\beta$  ein Ausgangsflächenbereich berechnet und mit der mittleren Auftrefffläche verglichen wird, daß in Abhängigkeit des Vergleichs der Winkelfehler  $\Delta\alpha$  und/oder  $\Delta\beta$  variiert und in iterativen Schritten der Ausgangsflächenbereich der mittleren Auftrefffläche bis zu einer vorgegebenen Genauigkeit angenähert wird, und daß aus dem Endwert des Ausgangsflächenbereiches unter Zuhilfenahme der erwähnten Wurfparabelgleichung die Endwerte für  $\Delta\alpha$  und/oder  $\Delta\beta$  als Winkelfehler des Abspielwinkels in Abhängigkeit von der mittleren Wurf- bzw. Schußgeschwindigkeit für eine Anzahl von mit verschiedenen Sollwerten der Trainingsgeschwindigkeit gespielten Durchgängen errechnet und gegebenenfalls optisch angezeigt werden und daß als optimale Trainingsgeschwindigkeit die mittlere Wurf- bzw. Schußgeschwindigkeit angezeigt bzw. gewählt wird, bei welcher der Winkelfehler und/oder  $\Delta\alpha$  und/oder  $\Delta\beta$  am kleinsten ist. Unterstützt wird diese Verfahrensweise, wenn zur Berechnung der Zielgenauigkeit (Akkuranz) (scheinbaren Bewegungsgenauigkeit), insbesondere für jeden Durchgang, die Abstände zwischen den Auftreffpunkten und dem Zielpunkt, vorzugsweise die Abstände in der Flugrichtung und/oder quer dazu, gemessen bzw. berechnet und, insbesondere nach statistischen Methoden oder durch Bildung ihres arithmetischen Mittels, gemittelt werden und die gemittelten Abstandswerte als mittlerer Treffpunkt bzw. mittlere Abweichung in der Flugrichtung und/oder quer dazu, angezeigt werden.

Die Auswertung wird einfach, wenn zur Berechnung der Treffgenauigkeit (tatsächliche Bewegungsgenauigkeit), d. h. dem Winkelfehler beim Abwurf bzw. Abspielsort, insbesondere für jeden der mit verschiedenen Sollwerten für die Trainingsgeschwindigkeit absolvierten Durchgänge, die Abstände der Auftreffpunkte vom Zielpunkt statistisch gemittelt bzw. gewichtet werden, daß ein mittlerer Treffpunkt bzw. ein mittlerer Abstand in der und/oder quer zur Flugrichtung des Gegenstandes bestimmt wird, daß die Abweichung der einzelnen Treffpunkte, insbesondere die mittlere Abweichung der Treffpunkte, in der und/oder quer zur Flugrichtung vom mittleren Treffpunkt bzw. vom mittleren Abstand bestimmt bzw. berechnet wird, daß die mittlere Abweichung in der und/oder quer zur Flugrichtung als Winkelfehler  $\Delta\alpha$  und/oder  $\Delta\beta$  des Abwurf- bzw. Abspielwinkels  $\alpha$  am Abwurf- bzw. Abspielort ins Verhältnis zur optimalen Trainingsgeschwindigkeit gesetzt und gegebenenfalls optisch angezeigt wird und daß als optimale Trainingsgeschwindigkeit die mittlere Wurf- bzw. Schußgeschwindigkeit angezeigt bzw. gewählt wird, bei welcher der Winkelfehler  $\Delta\alpha$  und/oder  $\Delta\beta$  am geringsten ist.

Ein einfacher konstruktiver Aufbau der erfindungsgemäßen Trainingsvorrichtung ergibt sich, wenn die elektronische Kamera in bezug auf die Zielebene, z. B. Prallwand, hinter dem Abwurf- bzw. Abspielort angeordnet ist und den vorgesehenen Schuß- bzw. Wurfbereich sowie den Zielpunkt überdeckt bzw. wenn die Bildaufnahme- und Bildbearbeitungseinrichtung von einer Einrichtung zur optischen oder akustischen Bestimmung des Aufpralls des Gegenstandes auf der Zielebene getriggert ist bzw. wenn in der Auswertungseinheit Speicher für die Lage bzw. die Koordinaten der Auftreffpunkte, für den bzw. die Zielpunkte, für die gemessenen Fluggeschwindigkeiten, die Entfernung vom Abwurf- bzw. Abspielort zum Zielpunkt usw., vorgesehen sind. Die Einsatzmöglichkeiten der Trainingsvorrichtung werden erhöht, wenn der Zielpunkt auf der Zielebene lagemäßig verstellbar ist, wozu gegebenenfalls ein optischer Zielstrahl auf die Zielebene projizierendes Zielgerät vorgesehen ist bzw. wenn zur Veränderung der Lage des Zielpunktes das Zielgerät mit einem den Zielstrahl ablenkenden bzw. den Zielpunkt vorgegebenen Zufallsgenerator verbunden ist.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind der folgenden Beschreibung, den Patentansprüchen und der Zeichnung zu entnehmen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen Fig. 1 schematisch den Aufbau einer erfindungsgemäßen Trainingsvorrichtung in Draufsicht und die Fig. 2a, 2b, 3 und 4 schematische Darstellungen für das erfindungsgemäße Verfahren.

Fig. 1 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Trainingsvorrichtung, die im vorliegenden Fall anhand des Tennisspiels näher erläutert werden soll. Es ist jedoch verständlich, daß die Erfindung für alle Ballspiele, wie z. B. Tennis, Fußball, Tischennis, Handball, Golf, Eishockey sowie für Wurfspiele, bei denen es darauf ankommt, ein Ziel zu treffen (z. B. Wurfpeilschießen, Bogenschießen usw.), anwendbar ist. Bei allen diesen Sportarten kommt es darauf an, die optimale Lerngeschwindigkeit zu eruieren, da bei dieser die Fortschritte des Übenden bezüglich Genauigkeit und Schnelligkeit des Schusses und Wurfes am besten ist.

Ein Tennisspieler (16) befindet sich gemäß Fig. 1 an einem Abspielort (12) und versucht mit seinem

Schläger (17) einen Ball (2) mit einem vorgegebenen Sollwert einer Trainingsgeschwindigkeit möglichst nahe an einen Zielpunkt (4) in einer von einer Prallwand gebildeten Zielebene (3) zu spielen. Im vorliegenden Fall verläuft die strichpunktiert dargestellte Bahn (18) des Balles (2) derart, daß der Ball (2) den Zielpunkt (4) verfehlt und einen Auftreffpunkt (1) im Abstand vom Zielpunkt (4) besitzt.

5 Der Auftreffpunkt des Balles (2) auf der Zielebene (3) wird mittels einer elektronischen Kamera (5) (z. B. Videokamera) detektiert, welche sowohl den Zielpunkt (4) als auch den Auftreffpunkt (1) überwacht und das gewonnene Bild einer Bildverarbeitungseinrichtung (6) übermittelt. Mittels einer Auswertungseinheit (7), z. B. einem Rechner, dem auch Signale bezüglich der Geschwindigkeit des Balles (2), des Abstandes zwischen dem Abspielort (12) und der Zielebene (3) und auch allenfalls weitere Meßwerte, gegebenenfalls  
10 Windgeschwindigkeit, Luftwiderstand des Balles usw., zugeführt sind, wird der Abstand (19) der Auftreffpunkte (1) vom Zielpunkt (4) berechnet, gespeichert und ausgewertet. Nach einer entsprechenden Auswertung werden die Ergebnisse auf einem Bildschirm (14) und/oder einem Schreibgerät in Form eines Druckers (15) angezeigt und stehen dem Trainierenden zur Verfügung.

Die Schußgeschwindigkeit des Balles kann auf verschiedene Arten gemessen werden. Im vorliegenden Fall  
15 ist dazu ein Lichtvorhang vorhanden, der von Lichtgebern und -sensoren (8, 8') bzw. (9, 9') gebildet ist. Zusätzlich oder alternativ können Mikrophone (10) im Bereich des Abspielortes und Mikrophone (11) im Bereich der Zielebene (3) vorgesehen sein, die aufgrund des vom Ball und/oder Schläger stammenden Schlaggeräusches bzw. des vom Ball (2) und/oder der Zielebene (3) stammenden Auftreffgeräusches die Bestimmung der Flugzeit und damit der Geschwindigkeit des Balles (2) gestatten. Als Meßeinrichtungen für  
20 die Geschwindigkeitsmessung des Balles (2) können auch Infrarot- oder andere elektromagnetische Meßeinrichtungen vorgesehen sein.

Sinnvoll ist es, wenn der Auswerteeinheit (7) der Zeitpunkt des Auftreffgeräusches des Balles (2) auf der Zielebene (3) zugeführt wird, da damit eine Triggerung der Bildauswertung durchgeführt werden kann und der genaue Zeitpunkt des Auftreffens des Balles (2) auf der Zielebene (3) ermittelt und für die Bildauswertung  
25 herangezogen werden kann. Das Auftreffen des Balles (2) auf der Zielebene (3) kann auch mittels an der Zielebene (3) angebrachten Erschütterungssensoren festgestellt werden. Sinnvoll ist es, wenn die Zielebene (3) und der Ball (2) gegenseitig kontrastreich sind, z. B. eine dunkle Zielebene (3) und ein weißer Ball (2) gewählt werden.

Eine Ausführungsform der Erfindung sieht ein Zielgerät (13) vor, das einen optischen Zielstrahl auf die  
30 Zielebene (3) projiziert und so einen Zielpunkt (4) auf der Zielwand (3) abbildet, wobei dieser Zielpunkt (4) gegebenenfalls von Schlag zu Schlag oder von einem Durchgang von Schlägen zu einem weiteren Durchgang lagemäßig variiert werden kann.

Als Aufnahmegeräte können Videokameras, Photokameras, Camcorders oder ähnliche Bildaufzeichngeräte verwendet werden, die vorzugsweise triggerbar und bildspeicherfähig sind und ein ausreichend großes Bildfeld  
35 aufweisen. Vorteilhafterweise wird ein Aufnahmegerät direkt in der Linie Zielpunkt (4) Abspielort (12) aufgestellt.

Die Zielebene (3) kann senkrecht stehen, waagrecht angeordnet sein, oder auch in beliebigen Winkelpositionen angeordnet werden. Die Neigung der Zielebene (3) hängt insbesondere von der Art des Ballspiels und den zu trainierenden Bewegungen ab. Beim Tennisspiel kann die Zielebene (3) senkrecht oder  
40 horizontal angeordnet sein; beim Wurfspiel wird die Zielebene (3) senkrecht angeordnet sein.

Zu bemerken ist ferner, daß der Abstand (19) zwischen dem Zielpunkt (4) und dem Auftreffpunkt (1) sowohl eine vertikale Komponente bzw. in der Flugrichtung liegende und eine horizontale bzw. quer zur Flugrichtung liegende Komponente besitzt, unabhängig davon, ob die Treffebene senkrecht bzw. geneigt oder  
45 horizontal angeordnet ist.

Ferner ist zu bemerken, daß ein seitlicher Versatz des Auftreffpunktes (1) gegenüber dem Zielpunkt (4), z. B. beim Tennisspielen in der Regel davon abhängt, ob der Tennisspieler den Ball zu früh oder zu spät trifft bzw. ein vertikaler Versatz des Auftreffpunktes (1) bzw. eine in der Flugrichtung des Balles liegende Abweichungskomponente von der Winkelstellung des Schlägers abhängt.

Jeder geworfene bzw. geschossene Körper legt eine Wurfparabel zurück, deren physikalische Gleichung  
50 lautet:

$$X = (V^2 \sin \cdot 2\alpha) / g,$$

wobei V die mittlere Wurf- bzw. Schußgeschwindigkeit, (X) die Entfernung zwischen Abspielort (12) und  
55 Auftreffpunkt (1) des Gegenstandes bzw. Balles (2) (Wurfweite), ( $\alpha$ ) ein mittlerer Abspielwinkel, gemessen zwischen der Tangente an die Flugrichtung des Gegenstandes (2) und der Horizontalen am Abspielort und (g) die Erdbeschleunigung sind. Diese klassische Wurfparabel erfährt durch externe Einflüsse, z. B. Luftwiderstand, Windbewegungen usw., Korrekturen, welche z. B. durch eine entsprechende Auswertung im Rechner (7) eingebracht oder auch vernachlässigt werden können. Die Abstände auf der Zielebene (3) zwischen  
60 Zielpunkt (4) und Auftreffpunkt (1) beruhen insbesondere auf Fehlstellungen des Schlägers in Bezug zur Zielwand. Eine Direktmessung einer Fehlstellung des Schlägers des Spielers wäre zwar mit

Hochgeschwindigkeitskameras zum Zeitpunkt des Abspielens möglich, jedoch sehr schwierig durchzuführen und nicht leicht mit der Lage des Auftreffpunktes (1) der Zielebene (3) zu koordinieren. Erfindungsgemäß wird nunmehr derart vorgegangen, daß aus den Abweichungen (19) in der Lage des Auftreffpunktes (1) vom Zielpunkt (4) auf der Zielebene (3) auf die Fehler bezüglich der Winkel ( $\Delta\alpha$  und/oder  $\Delta\beta$ , siehe Fig. 2) beim Abspielort (12) rückgeschlossen wird. Es wird also eine leicht meßbare Größe in der Zielebene (3) verwendet, um den relativ kleinen Winkelfehler beim Abspielen festzustellen. Dazu werden, wie später beschrieben, verschiedene Auswerteverfahren eingesetzt.

Da sich erwiesen hat, daß der Winkelfehler beim Abspielen, insbesondere der wichtige Winkelfehler  $\Delta\alpha$  betreffend die Abweichung in der Flugrichtung, sich für verschiedene Abspielgeschwindigkeiten ändert, hat der Trainierende eine Anzahl von Durchgängen mit verschiedenen Schußgeschwindigkeiten (V) zu spielen, um so die Möglichkeit zu bieten, seine Winkelgenauigkeit beim Abspielen für die verschiedenen Schußgeschwindigkeiten (V) festzustellen bzw. zu berechnen. Man erhält vom Rechner (7) Angaben, bei welcher Spielgeschwindigkeit, d. h. Abschuß- bzw. Abfluggeschwindigkeit (V) des Balles (2), die Genauigkeit abzunehmen beginnt bzw. die Abweichungen anzusteigen beginnen, wobei jedoch diese statistisch gewerteten Abweichungen auf den Abspielort (12) bzw. auf eine Veränderung des Abspielwinkels rückgerechnet werden. Sodann wird diejenige Schußgeschwindigkeit ermittelt bzw. errechnet und zur Anzeige gebracht, bei der diese Abweichungen am kleinsten, oder mit anderen Worten, die Spielgenauigkeit am größten ist.

Erfindungsgemäß kann nun eine Auswertung gemäß Fig. 2 in einem statistischen Verfahren folgendermaßen erfolgen:

Oben in Fig. 2a ist eine Seitenansicht der Wurfparabel (9) dargestellt; unten in Fig. 2 ist eine Draufsicht auf die horizontal angeordnete Zielfläche (3) dargestellt, wobei der Abspielort (12) als Koordinatenursprung gewählt wurde. In Fig. 2a ist eine Wurfparabel (9) eingezeichnet, gemäß der ein im Abspielort (12) mit einem Winkel ( $\alpha$ ) abgeschossener Sportgegenstand bzw. Ball (2) den Zielpunkt (4) auf einer horizontalen Zielebene (3) trifft. In der Praxis ergibt sich jedoch eine Anzahl von vom Zielpunkt (4) entfernt liegenden Auftreffpunkten (1), aus denen ein statistisch gemittelter Auftreffpunkt (4') ermittelt wird. Dieser mittlere Auftreffpunkt (4') weicht um eine quer zur Flugrichtung liegende Komponente  $\Delta y$  und um eine in der Flugrichtung liegende Komponente  $\Delta x$  vom vorgegebenen Zielpunkt (4) ab. Ferner wird nach statistischen Methoden eine gewichtete Fläche (20) ermittelt, deren Mittelpunkt der Auftreffpunkt (4') ist. Ausgehend von diesem Punkt (4') wird nunmehr auf Abspielfehler bzw. Winkelfehler  $\Delta\alpha$  und/oder  $\Delta\beta$  beim Abspielort (12) rückgerechnet. Dies kann unter Zuhilfenahme der Wurfparabelgleichung iterativ erfolgen. Mit einem angenommenen Wert  $\Delta x$  und/oder  $\Delta y$  für eine Winkelabweichung von einer zum Auftreffpunkt (4') führenden Wurfparabel wird nun der Auftreffpunkt (4') als statistischer Flächenmittelpunkt einer Ausgangsfläche (20') berechnet und mit der statistisch ermittelten Trefferfläche (20) verglichen. Ist dieser Vergleich unterhalb einer gewissen Genauigkeit geblieben, so werden die Parameter  $\Delta x$  und/oder  $\Delta y$  abgeändert und es wird eine neue Ausgangsfläche (20') errechnet, die mit der gemittelten Fläche (20) besser übereinstimmen sollte. Wenn in der Übereinstimmung eine gewisse Genauigkeit erreicht worden ist, werden aus der so gewonnenen Ausgangsfläche die Abweichungen  $\Delta y$  bzw.  $\Delta x$  mit Hilfe der Entfernung (X) und der mittleren Schußgeschwindigkeit (V) auf den Abspielort (12) rückgerechnet und so die dort auftretenden Winkelfehler  $\Delta\alpha$  und/oder  $\Delta\beta$  errechnet und angezeigt. Anstelle der Entfernung (X) kann auch die Länge der Flugparabel zur Berechnung herangezogen werden.

Trägt man nunmehr entsprechend Fig. 3 diese für eine Anzahl von verschiedenen Sollwerten von Trainingsgeschwindigkeiten die aufgrund der Auswertung der mittleren Schußgeschwindigkeiten (V) ermittelten Werte  $\Delta\alpha$  bzw.  $\Delta\beta$  in ein Diagramm ein, so erkennt man, daß bei zunehmenden Sollwerten der Trainingsgeschwindigkeit sich die Werte von  $\Delta\alpha$  verändern.

Fig. 3 zeigt als untere erste Kurve beispielsweise die Werte von  $\Delta\alpha$  für einen guten Spieler, wobei festzustellen ist, daß diese Werte  $\Delta\alpha$  mit zunehmenden Sollwerten der Trainingsgeschwindigkeit abnehmen und dann anzusteigen beginnen. Bei Pfeil (21) liegt somit die optimale Trainingsgeschwindigkeit. Die in Fig. 3 oben liegende zweite Kurve ist die Kurve für einen wenig geübten Spieler; bei diesem Spieler liegt die optimale Trainingsgeschwindigkeit zu geringeren Werten verschoben; man erkennt, daß auch hier bei sehr geringen mittleren Schußgeschwindigkeiten die Winkelabweichung für einen gewissen Bereich der Schußgeschwindigkeit abnimmt und erst dann wieder anzusteigen beginnt; die optimale Trainingsgeschwindigkeit ist mit dem Pfeil (21) gekennzeichnet.

Fig. 4 zeigt eine weitere Möglichkeit der statistischen Ermittlung der Winkelfehler am Abspielort (12). Auf einer Zielebene (3) konnte eine Anzahl von Auftreffpunkten (1) festgestellt werden, die vom Zielpunkt (4) abweichen. Mittels der Bilderverarbeitungseinrichtung werden die Koordinaten dieser Auftreffpunkte (1) erfaßt und ausgewertet. Im Verlauf des Auswerteverfahrens wird ein mittlerer Auftreffpunkt (4') z. B. durch arithmetische Mittelung sämtlicher Koordinaten ermittelt. Dieser mittlere Auftreffpunkt (4') weicht um die Koordinaten  $\Delta y$  und  $\Delta x$  vom Zielpunkt (4) ab. Als nächster Schritt werden für sämtliche Auftreffpunkte (1) die Abweichungen  $\Delta x_i$  und  $\Delta y_i$  vom mittleren Auftreffpunkt (4') ermittelt und sodann über die einzelnen Auftreffpunkte gemittelt. Man erhält daraufhin gemittelte Werte für  $x_i$  und  $y_i$ ; rechnet man diese gemittelten Abweichungen unter Zuhilfenahme der Wurfparabel auf den Abspielort (12) zurück, so erhält man

Winkelabweichungen  $\Delta\alpha$  und/oder  $\Delta\beta$  bezüglich des Abspielwinkels, und zwar in und/oder quer zur Flugrichtung. Diese Winkelabweichungen können wieder über die Sollwerte der Trainingsgeschwindigkeiten aufgetragen werden und ergeben Kurven entsprechend Fig. 3.

- 5 Es ist verständlich, daß die Messungen genauer werden, wenn die Anzahl der Durchgänge mit vorgegebenen Sollwerten für die Trainingsgeschwindigkeiten erhöht wird bzw. die Wurf- bzw. Schußendzahl pro Durchgang erhöht wird bzw. die Schußgeschwindigkeiten für die einzelnen Durchgänge nicht zu weit auseinanderliegen.

## PATENTANSPRÜCHE

- 15 1. Verfahren zur Bestimmung der optimalen Wurf-, Schuß- bzw. Abspieltrainingsgeschwindigkeit bei Wurf- oder Schußsportarten bzw. Ballspielen, wie z. B. Tennis, Tischtennis, Fußball, Handball, sowie auch gegebenenfalls Eishockey od. dgl., bei dem ein Sportgegenstand, z. B. ein Ball, möglichst nahe an einen vorbestimmten Zielpunkt geworfen, geschossen, abgeschlagen, gespielt od. dgl. in Bewegung gesetzt werden soll, **dadurch gekennzeichnet**, daß für einen Meßdurchgang bildende bestimmte Anzahl von Würfen, Schüssen, Abspielen od. dgl., dem Trainierenden ein Sollwert für die Trainingsgeschwindigkeit vorgegeben wird, daß dieser Sollwert für aufeinanderfolgende Durchgänge jeweils neu festgesetzt wird, insbesondere eine Reihe von Durchgängen mit steigenden Sollwerten der Trainingsgeschwindigkeit abgewickelt wird, daß für jeden Durchgang in der Zielebene die Abstände der Auftreffpunkte des Sportgegenstandes vom Zielpunkt vermessen bzw. errechnet und, insbesondere statistisch, verknüpft bzw. ausgewertet, z. B. gemittelt, werden, daß aus den Abständen der Auftreffpunkte vom Zielpunkt und der Entfernung zwischen dem Abwurf- bzw. Abspielort des Sportgegenstandes und dem Zielpunkt der Winkelfehler zwischen der Tangente an der zum Zielpunkt führenden Flugbahn und (den) der (den) Tangente(n) der (den) zu den Auftreffpunkten bzw. zu dem sich bei Mitteilung der Abstände vom Zielpunkt ergebenden Punkt führenden Flugbahn(en) beim Abwurf- bzw. Abspielort errechnet wird und daß als optimale Trainingsgeschwindigkeit aus den Sollwerten der Trainingsgeschwindigkeiten die Geschwindigkeit ausgewählt bzw. bestimmt wird, z. B. auch durch Interpolation bestimmt wird, bei welcher dieser Winkelfehler am kleinsten ist.
- 35 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß aus den tatsächlichen gemessenen Geschwindigkeiten der einzelnen Würfe bzw. Schüsse eines Durchganges, z. B. durch arithmetische Mittelung, eine mittlere Wurf- bzw. Schußgeschwindigkeit für den Durchgang errechnet wird, die der Auswertung der Würfe bzw. Schüsse zugrundegelegt wird.
- 40 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß aus der Lage der Auftreffpunkte des Sportgegenstandes in der Zielebene in Bezug auf den Zielpunkt statistisch, z. B. nach dem Prinzip der Exklusion von Extremwerten oder nach dem Prinzip der Poissonverteilung der Kontrollflächendichte od. dgl., eine mittlere Auftrefffläche berechnet wird, daß aus der Entfernung (X) zwischen dem Abspielort und dem Zielpunkt und der mittleren Wurf- bzw. Schußgeschwindigkeit (V) ein mittlerer Abspielwinkel  $\alpha$ , gemessen zwischen der Tangente an der Flugrichtung und der Horizontalen am Abspielort, entsprechend der gegebenenfalls bezüglich Luftwiderstand, Balleffekt od. dgl. korrigierten physikalischen Wurfparabelgleichung ( $X = (V^2 \cdot \sin 2\alpha) / g$ ) errechnet wird, daß ausgehend von dem Durchstoßpunkt der auf diese Weise berechneten Wurfparabel mit der Zielebene unter Variation eines in der Flugrichtung gelegenen Winkelfehlers  $\Delta\alpha$  und/oder eines quer zur Flugrichtung gelegenen Winkelfehlers  $\Delta\beta$  ein Ausgangsflächenbereich berechnet und mit der mittleren Auftrefffläche verglichen wird, daß in Abhängigkeit des Vergleichs der Winkelfehler  $\Delta\alpha$  und/oder  $\Delta\beta$  variiert und in iterativen Schritten der Ausgangsflächenbereich der mittleren Auftrefffläche bis zu einer vorgegebenen Genauigkeit angenähert wird, und daß aus dem Endwert des Ausgangsflächenbereiches unter Zuhilfenahme der erwähnten Wurfparabelgleichung die Endwerte für  $\Delta\alpha$  und/oder  $\Delta\beta$  als Winkelfehler des Abspielwinkels in Abhängigkeit von der mittleren Wurf- bzw. Schußgeschwindigkeit (V) für eine Anzahl von mit verschiedenen Sollwerten der Trainingsgeschwindigkeit gespielten Durchgängen errechnet und gegebenenfalls optisch angezeigt werden und daß als optimale Trainingsgeschwindigkeit die mittlere Wurf- bzw. Schußgeschwindigkeit angezeigt bzw. gewählt wird, bei welcher der Winkelfehler  $\Delta\alpha$  und/oder  $\Delta\beta$  am kleinsten ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Berechnung der Zielgenauigkeit (Akkuranz) (scheinbaren Bewegungsgenauigkeit), insbesondere für jeden Durchgang, die Abstände zwischen den Auftreffpunkten und dem Zielpunkt, vorzugsweise die Abstände in der Flugrichtung und/oder quer dazu, gemessen bzw. berechnet und, insbesondere nach statistischen Methoden oder durch Bildung ihres arithmetischen Mittels, gemittelt werden und die gemittelten Abstandswerte als mittlerer Treffpunkt bzw. mittlere Abweichung in der Flugrichtung und/oder quer dazu, angezeigt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Berechnung der Treffgenauigkeit (tatsächliche Bewegungsgenauigkeit), d. h. dem Winkelfehler beim Abwurf- bzw. Abspielsort, insbesondere für jeden der mit verschiedenen Sollwerten für die Trainingsgeschwindigkeit absolvierten Durchgänge, die Abstände der Auftreffpunkte vom Zielpunkt statistisch gemittelt bzw. gewichtet werden, daß ein mittlerer Treffpunkt bzw. ein mittlerer Abstand in der und/oder quer zur Flugrichtung des Gegenstandes bestimmt wird, daß die Abweichung der einzelnen Treffpunkte, insbesondere die mittlere Abweichung der Treffpunkte, in der und/oder quer zur Flugrichtung vom mittleren Treffpunkt bzw. vom mittleren Abstand bestimmt bzw. berechnet wird, daß die mittlere Abweichung in der und/oder quer zur Flugrichtung als Winkelfehler  $\Delta\alpha$  und/oder  $\Delta\beta$  des Abwurf- bzw. Abspielwinkels  $\alpha$  am Abwurf- bzw. Abspielsort ins Verhältnis zur optimalen Trainingsgeschwindigkeit gesetzt und gegebenenfalls optisch angezeigt wird und daß als optimale Trainingsgeschwindigkeit die mittlere Wurf- bzw. Schußgeschwindigkeit angezeigt bzw. gewählt wird, bei welcher der Winkelfehler  $\Delta\alpha$  und/oder  $\Delta\beta$  am geringsten ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Berechnung der Winkelfehler  $\Delta\alpha$  und/oder  $\Delta\beta$  die mittlere Abweichung in der und/oder quer zur Flugrichtung in der Zielebene ins Verhältnis zur Flugparabellänge bzw. zur Entfernung (X) zwischen dem Abspiel- bzw. Abwurfort und dem Zielpunkt gesetzt wird.
7. Trainingsvorrichtung für Wurfsporarten bzw. Ballspiele, z. B. Tennis, Tischtennis, Handball od. dgl., die eine Meßeinrichtung für die Fluggeschwindigkeit eines in Richtung auf einen Zielpunkt geworfenen, geschossenen, abgeschlagenen, gespielten od. dgl. in Bewegung gesetzten Sportgegenstandes, vorzugsweise eines Balles, vorzugsweise einen Lichtvorhang oder akustische Meßeinrichtungen, z. B. auf das Abschluß- und Aufprallgeräusch ansprechende Mikrophone, eine Einrichtung zur Erkennung des Auftreffpunktes des Gegenstandes auf der Zielebene, z. B. einer Prallwand, und zur Feststellung der Lage bzw. des Abstandes des jeweiligen Auftreffpunktes von dem vorgegebenen Zielpunkt und eine Auswertungseinheit, z. B. einen Rechner, zur Berechnung der jeweiligen Abstände zwischen dem Zielpunkt und dem Auftreffpunkt des Gegenstandes umfaßt, der die Meßwerte der Meßeinrichtung für die Fluggeschwindigkeit zuführbar sind, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Erkennungseinrichtung eine Bildaufnahme- und Bildverarbeitungseinrichtung (5, 6), z. B. mit einer elektronischen Kamera, vorgesehen ist, und daß an die Auswertungseinheit (7) eine optische Anzeigeeinheit, z. B. ein Bildschirm (14) bzw. eine Aufzeichnungseinheit (15), z. B. ein Schreiber, für die aus der Entfernung (X) zwischen dem Abwurf- bzw. Abspielsort (12) und dem Zielpunkt (4) (Flugparabelentfernung) und den statistisch gemittelten Abständen (19) der Auftreffpunkte (1) des Gegenstandes vom Zielpunkt (4) berechneten Winkelfehler, vorzugsweise die Winkelfehler  $\Delta\alpha$  und/oder  $\Delta\beta$ , zwischen der zum Zielpunkt (4) und zum jeweiligen Auftreffpunkt (1) oder zu einem durch Mitteilung der Abstände (19) der Auftreffpunkte (1) vom Zielpunkt (4) erhaltenen Punkt (4') führenden Flugrichtung am Abwurf- bzw. Abspielsort (12) angeschlossen ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die elektronische Kamera (5) in Bezug auf die Zielebene (3), z. B. Prallwand, hinter dem Abwurf- bzw. Abspielsort (12) angeordnet ist und den vorgesehenen Schuß- bzw. Wurfbereich sowie den Zielpunkt (4) überdeckt.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Zielpunkt (4) wie an sich bekannt auf der Zielebene (3) lagemäßig verstellbar ist, wozu gegebenenfalls ein optischen Zielstrahl auf die Zielebene (3) projizierendes Zielgerät (13) vorgesehen ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Veränderung der Lage des Zielpunktes das Zielgerät (13) mit einem den Zielstrahl ablenkenden bzw. den Zielpunkt (4) vorgegebenen Zufallsgenerator verbunden ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bildaufnahme- und Bildbearbeitungseinrichtung (5, 6) von einer Einrichtung zur optischen oder akustischen Bestimmung des Aufpralls des Gegenstandes (2) auf der Zielebene (3) getriggert ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß in der Auswertungseinheit (7) Speicher für die Lage bzw. die Koordinaten der Auftreffpunkte (1), für den bzw. die Zielpunkte (4), für die gemessenen Fluggeschwindigkeiten, die Entfernung (X) vom Abwurf- bzw. Abspielort (12) zum Zielpunkt (4) usw., vorgesehen sind.

5

Hiezu 3 Blatt Zeichnungen

10

15



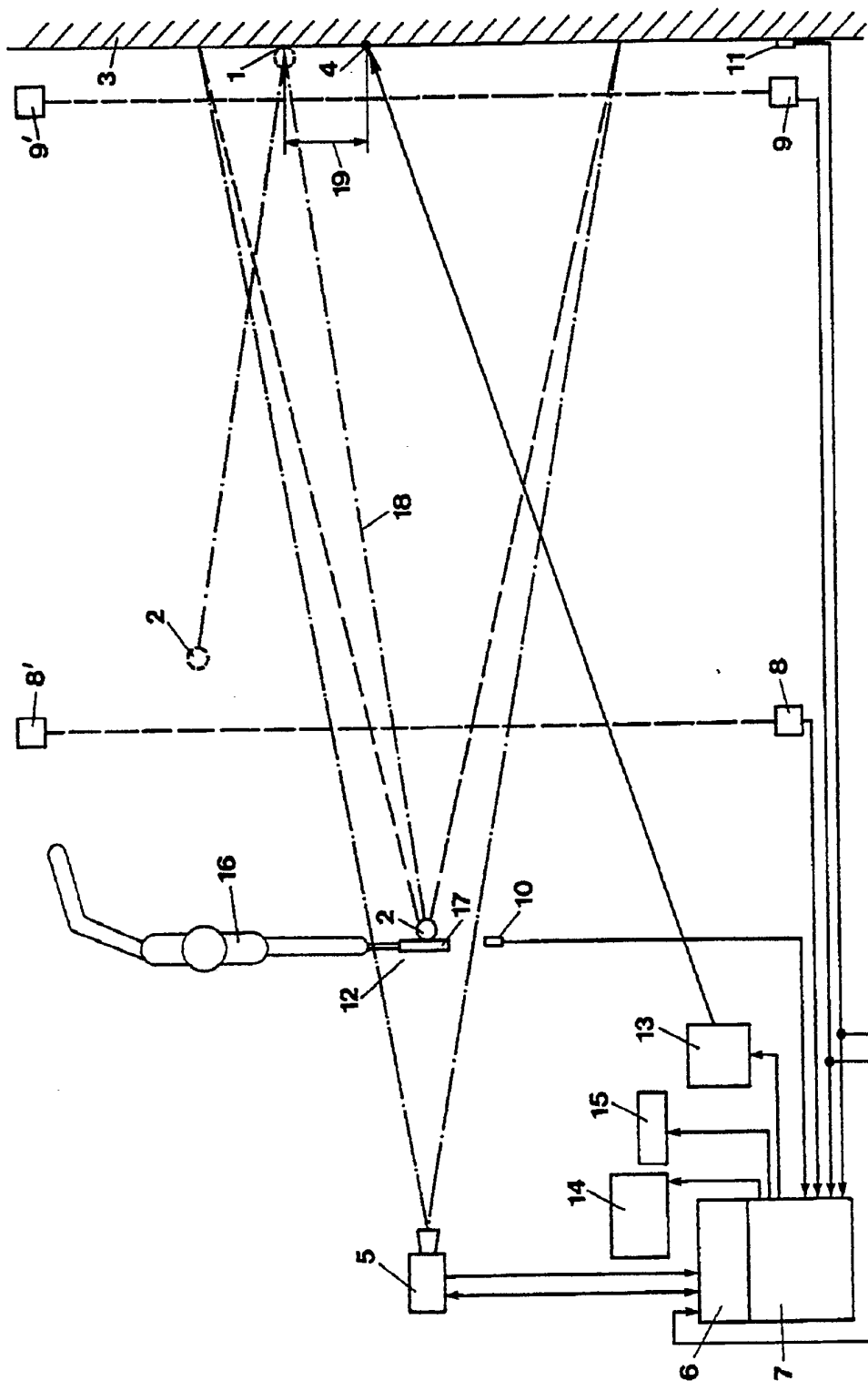
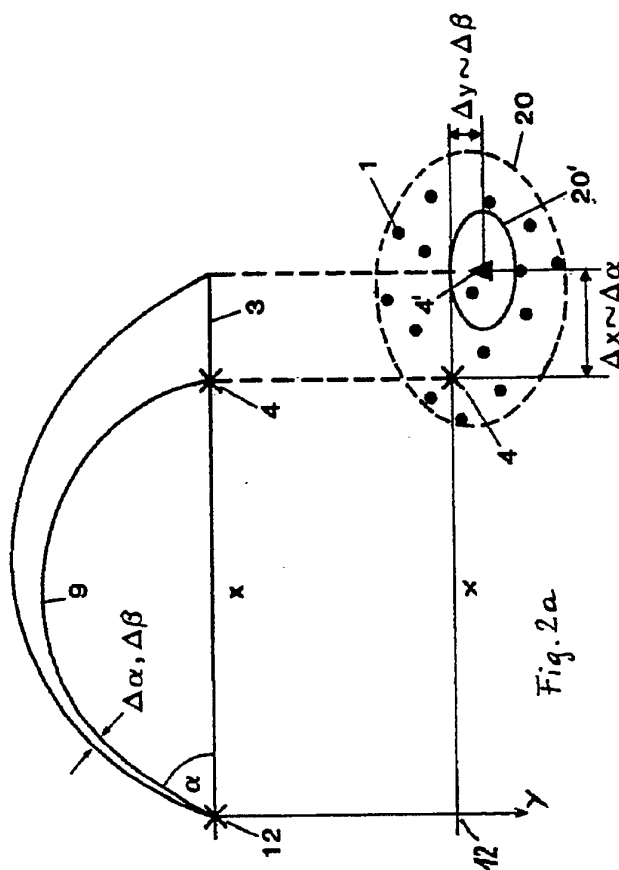
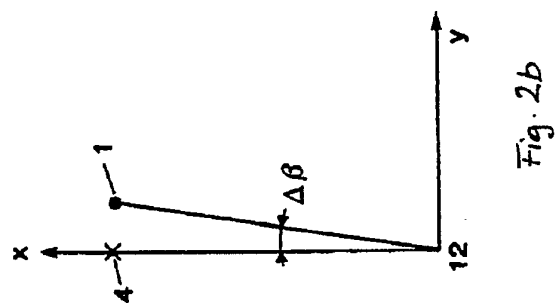


Fig. 1



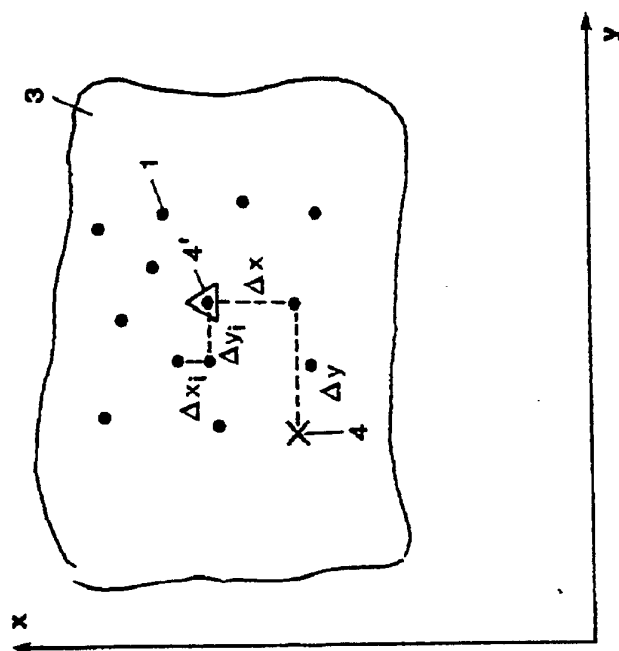


Fig. 4

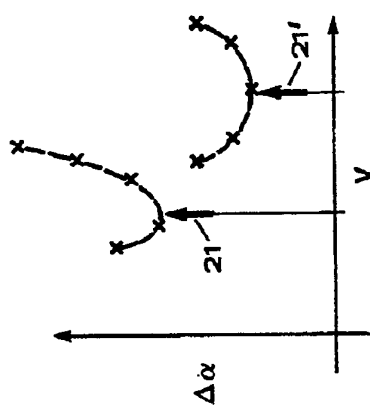


Fig. 3