

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50303/2021
(22) Anmeldetag: 23.04.2021
(45) Veröffentlicht am: 15.04.2025

(51) Int. Cl.: **A63B 24/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2013067104 A1
US 2020398138 A1
US 2019192950 A1
US 2011212791 A1
US 2002187846 A1
WO 2010040219 A1
DE 102015002677 B3

(73) Patentinhaber:
Visual Vertigo Software Technologies GmbH
1230 Wien (AT)

(72) Erfinder:
Kles Alexander
1030 Wien (AT)

(74) Vertreter:
Schwarz & Partner Patentanwälte GmbH
1010 Wien (AT)

(54) Verfahren zum Starten der Nachverfolgung der Flugbahn eines Objekts

(57) Es wird ein Verfahren (100) zum Starten der Nachverfolgung der Flugbahn (2) eines Objekts (1) gezeigt, wobei die Flugbahn (2) des Objekts (1) von einer Person (4) durch einen Bewegungsablauf ausgelöst wird, umfassend die Schritte: a) Erfassung einer Abfolge (5) von Bildern (6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6) der Person (4) während des Bewegungsablaufs, b) Bestimmung des Bewegungsablaufs der Person (4) aus der Abfolge (5) von Bildern (6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6), c) Errechnen eines Zeitpunkts (20) des Auslösens der Flugbahn (2) des Objekts (1) aus dem Bewegungsablauf der Person (4), d) Festlegen eines Zeitfensters (21) anhand des errechneten Zeitpunkts (20) des Auslösens, innerhalb welchem die Nachverfolgung des Objekts (1) gestartet wird, und f) Starten der Nachverfolgung des Objekts (1) innerhalb des Zeitfensters (21).

Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt eine zuverlässigere und effizientere Nachverfolgung der Flugbahn eines Objekts. Das Verfahren kann zudem anhand eines Systems aufweisend lediglich eine Rechereinheit und eine Kamera vollautomatisch ausgeführt werden und sich somit durch hohe Kosteneffizienz in der Anwendung im Vergleich zum Stand der Technik auszeichnen.

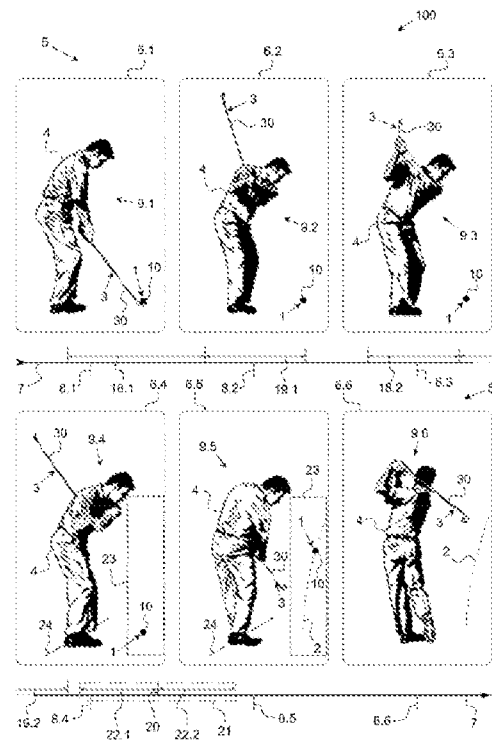


Fig. 1

Beschreibung

VERFAHREN ZUM STARTEN DER NACHVERFOLGUNG DER FLUGBAHN EINES OBJEKTS

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Starten der Nachverfolgung der Flugbahn eines Objekts, wobei die Flugbahn des Objekts von einer Person durch einen Bewegungsablauf ausgelöst wird.

STAND DER TECHNIK

[0002] Aus dem Stand der Technik (US 2019/0192950 A1) ist ein Verfahren zur Nachverfolgung der Flugbahn eines Golfballs bekannt, bei dem der Zeitpunkt des Auftreffens des Schlägers auf dem Ball errechnet wird, um anschließend die Charakteristik des Schlags zu untersuchen bzw. um die Flugbahn des Balls nachzuverfolgen. Zur Berechnung des Zeitpunkts des Auftreffens werden laufend die Positionen des Schlägers und des Balles in durch eine Kamera aufgezeichneten Bildern oder mithilfe eines Radarsensors erkannt. Die Erkennung eines Golfballs in einem aufgenommenen Bild ist allerdings sehr fehlerbehaftet, da ein solcher Ball sehr klein ist, oftmals durch Gras verdeckt ist, und in vielen Fällen durch Störobjekte überlagert sein kann. So kann beispielsweise Lichteinfall dazu führen, dass der Ball vom Hintergrund überhaupt nicht unterschieden werden kann und ein Erkennen der Position des Balls somit unmöglich ist. Eine Echtzeit-Erkennung und -Nachverfolgung des Balls kann mit einem derartigen Verfahren nicht zuverlässig erfolgen.

[0003] So ist etwa aus dem Stand der Technik (US 8,077,917 B2) ein Verfahren zur automatischen Erkennung eines Balls in einem Bild bekannt, in welchem der Ball mit einem Ball-Größenkriterium in Verbindung gebracht wird. Dabei wird eine Vielzahl an Ball-Kandidaten aus dem Bild bestimmt, welche dieses Größenkriterium erfüllen und als nachzuverfolgender Ball in Frage kommen. Solche Verfahren leiden aber an dem sehr hohen benötigten Rechenaufwand, da stets eine große Anzahl von Ball-Kandidaten überwacht werden muss um schließlich jenen Ball zu finden, welcher sich entlang der Flugbahn bewegt. Zudem leiden derartige Verfahren an einer geringen Flexibilität, da das Ball-Größenkriterium jeweils an den Abstand zwischen Kamera und Ball angepasst werden muss.

[0004] Derartige Verfahren müssen zum Starten der Nachverfolgung der Flugbahn eines Balls immer zunächst die Position des Balls ermitteln, was zunächst rechnerisch sehr aufwändig ist und zudem mit einer hohen Störanfälligkeit verbunden ist, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass falsche Objekte als Ball erkannt werden oder dass der Ball bis zum Auftreffen des Schlägers auf dem Ball gar nicht erkannt wird. Beim Auftreten derartiger Fehler kann eine Nachverfolgung der Flugbahn somit nicht mehr zuverlässig erfolgen.

[0005] Weiterer Stand der Technik wird durch die WO 2013067104 A1 gebildet, welche ein Verfahren und ein System zur Verwendung einer Bildaufnahme mit niedriger Auflösung des Schwungs eines Golfspielers zur Analyse offenbart werden. Kameras nehmen Bilder auf, die mit verschiedenen Abschnitten des Schwungs eines Golfspielers verbunden sind. Ein Computer berechnet Parameter, die mit einem Golfspieler und einem Golfschläger verbunden sind, auf der Grundlage der erhaltenen Bilder.

[0006] Die US 2020398138 A1 offenbart einen Golf-Abschlagmonitor, der so konfiguriert ist, dass er die Flugeigenschaften eines Golfballs bestimmt. Der Golf-Abschlagmonitor umfasst zwei Kameras mit niedriger Geschwindigkeit, eine Auslösevorrichtung und einen Prozessor. Die Auslösevorrichtung ist so konfiguriert, dass sie einen Golfschwung erkennt. Der Prozessor ist so konfiguriert, dass er, sobald das Auslösegerät den Golfschwung erkennt, die erste Kamera anweist, das erste Bild des Balls aufzunehmen; die zweite Kamera anweist, das zweite Bild des Balls nach einem Zeitintervall aufzunehmen, wobei das Zeitintervall kürzer ist als die erste Bildrate und die zweite Bildrate; und die Flugeigenschaften des Golfballs zumindest teilweise anhand des ersten Bildes des Balls und des zweiten Bildes des Balls bestimmt.

[0007] Die US 2011212791 A1 offenbart ein Verfahren zur Diagnose der Qualität eines Schwungs ohne Umstände, bei dem eine Kamera einen Golfspieler fotografiert, der einen Golfschläger

schwingt, um einen Golfball und den Golfschläger zu treffen. Eine Recheneinheit extrahiert einen Rahmen aus den Bilddaten. Die Recheneinheit erhält ein Kantenbild des Rahmens. Die Recheneinheit unterzieht das Kantenbild einer Binarisierung auf der Grundlage eines vorgegebenen Schwellenwerts, um ein binäres Bild zu erhalten.

[0008] Die US 2002187846 A1 zeigt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur interaktiven Verfolgung, Analyse und Vermittlung eines korrekten Golfschwungs. Ein Computer mit angeschlossener Videokamera und Bildschirm wird verwendet, um auf dem Monitor Muster über das Live-Hintergrundbild des Golfspielers zu legen, die den idealen Golfschwung darstellen. Umlaufbahnen, die für jeden einzelnen Golfspieler kalibriert werden, werden als Spuren angezeigt, um eine geometrisch korrekte Schlägerbewegung zu erleichtern. Punkte entlang der Umlaufbahnen dienen außerdem als Referenzpunkte für die Analyse der korrekten dreidimensionalen Schaftrichtung, der Schlägerkopfdrehung und der Körperhaltung.

[0009] Die WO 2010040219 A1 offenbart ein Sportsimulationssystem, das mindestens zwei Bildgebungsgeräte umfasst, die Bilder eines Projektilverfolgungsbereichs erfassen, um ein abgeschossenes Projektil zu erkennen, das sich durch den Projektilverfolgungsbereich auf eine Anzeigefläche zubewegt. Eine Einheit zur Erfassung der Rotation des Projektils erfasst Bilder eines Bereichs, der sich zumindest teilweise mit dem Projektilverfolgungsbereich überlappt, wobei jedes erfasste Bild eine Projektilspur umfasst, die den Flugweg des Projektils darstellt, wenn sich ein Projektil während der Bilderfassung in dem Bereich befindet. Mindestens eine Verarbeitungsstufe empfängt Daten von den Bildgebungsgeräten und der Einheit zur Erfassung der Rotation des Projektils und bestimmt die dreidimensionalen Positionen, die Geschwindigkeit, die Beschleunigung und die Rotation eines erfassten abgeschossenen Projektils, das sich durch den Projektilverfolgungsbereich bewegt.

[0010] Die DE 102015002677 B3 offenbart eine Geräteanordnung, die bewirkt, dass sich die Aufmerksamkeit eines Spielers im Verlauf einer Schlag- oder Wurfbewegung in verstärktem Maß auf das Fühlen konzentriert und dadurch die Ballbeherrschung verbessert. Die Geräteanordnung umfasst einen Detektor, der zu einem wählbaren Zeitpunkt zwischen dem Beginn einer Schlag- oder Wurfbewegung und der Flugphase des Balles über einen Sender ein Signal an eine Shutterbrille sendet. Die Shutterbrille hat eine Empfangsschaltung, welche beim Empfang dieses Signals die Gläser der Shutterbrille von hoher Transparenz auf niedrige Transparenz umschaltet.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0011] Die vorliegende Erfindung hat sich daher die Aufgabe gestellt, ein Verfahren der eingangs erwähnten Art dahingehend zu verbessern, dass eine Nachverfolgung der Flugbahn eines Objekts, insbesondere in Echtzeit, zuverlässiger und effizienter erfolgen kann.

[0012] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe der Erfindung dadurch, dass ein Verfahren gemäß Anspruch 1 bereitgestellt wird.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Starten der Nachverfolgung der Flugbahn eines Objekts, wobei die Flugbahn des Objekts von einer Person durch einen Bewegungsablauf ausgelöst wird, umfasst dabei die Schritte: a) Erfassung einer Abfolge von Bildern der Person während des Bewegungsablaufs, b) Bestimmung des Bewegungsablaufs der Person aus der Abfolge von Bildern, c) Errechnen eines Zeitpunkts des Auslösens der Flugbahn des Objekts aus dem Bewegungsablauf der Person, wobei der bestimmte Bewegungsablauf mit einem vorgegebenen Bewegungsablauf verglichen wird, wobei der vorgegebene Bewegungsablauf ein charakteristischer Bewegungsablauf einer Person für das Auslösen der Flugbahn des Objekts ist, welcher aus aufgezeichneten Bewegungsabläufen, beispielsweise mittels Machine-Learning, ermittelt wurde, d) Festlegen eines Zeitfensters anhand des errechneten Zeitpunkts des Auslösens, innerhalb welchem die Nachverfolgung des Objekts gestartet wird, wobei das Zeitfenster als eine festgelegte Zeitdauer vor dem errechneten Zeitpunkt beginnend und als eine festgelegte Zeitdauer nach dem errechneten Zeitpunkt endend festgelegt ist, und f) Starten der Nachverfolgung des Objekts innerhalb des festgelegten Zeitfensters.

[0014] Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann zuverlässig ein Zeitfenster festgelegt wer-

den, in welchem die Nachverfolgung eines Objekts gestartet wird, wodurch das besonders rechenintensive Verfahren zur Nachverfolgung des Objekts auf jenen Zeitraum beschränkt bleiben kann, in welchem die Flugbahn des Objekts tatsächlich ausgelöst wird und tatsächlich beginnt. Somit wird vorteilhaft vermieden, dass während des langen Zeitraums der Vorbereitung und Ausführung des Bewegungsablaufs, der die Flugbahn des Objekts auslöst, ein kontinuierliches Detektieren des Objekts und damit verbundenes Starten und wieder Abbrechen der Nachverfolgung durchgeführt werden muss. Diese notwendigen Schritte zur Nachverfolgung sind üblicherweise mit einem hohen rechnerischen Aufwand verbunden und sind bei besonders kleinen Objekten, wie Bällen, sehr fehleranfällig, was zu häufigen Fehldetektionen und Fehlstarts der Nachverfolgung führt. Kommt es zu solchen vorzeitigen Fehldetektionen bzw. Fehlstarts, so wird der tatsächliche Zeitpunkt des Auslösens meist nicht erkannt, bzw. wird stattdessen ein anderes Objekt nachverfolgt (dies können beispielsweise andere sich bewegende Objekte, wie etwa andere Bälle oder Störobjekte, wie etwa Vögel oder dgl. sein). Durch das erfindungsgemäße Verfahren können derartige Fehldetektionen verhindert oder zumindest deutlich reduziert werden und der rechnerische Aufwand zum Auffinden des nachzuverfolgenden Objekts minimiert werden. Das Verfahren kann dabei sowohl für das Starten bzw. Auslösen der Nachverfolgung eines Objekts in Echtzeit (während die Flugbahn des Objekts ausgelöst wird), als auch in Post-Production (aus einer aufgezeichneten Abfolge von Bildern) eignen. Dabei ist das Verfahren insbesondere auf keinen weiteren Input von außen angewiesen und für die Durchführung des Verfahrens wird lediglich ein System aufweisend eine Rechneinheit und eine Kamera benötigt.

[0015] Erfindungsgemäß kann zur Ausführung des Verfahrens ein System aufweisend eine Rechneinheit und eine Kamera verwendet werden, wobei die Rechneinheit dazu programmiert ist, das erfindungsgemäße Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17 auszuführen. Das System zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann dabei auf zusätzliche Sensoren zur Detektion der Position oder der Flugbahn des Objekts, wie etwa Radarsensoren, verzichten und somit besonders kostengünstig gestaltet werden. Ein solches System kann beispielsweise in Form eines Smartphones mit integrierter Kamera ausgebildet sein.

[0016] In einer weiteren Ausgestaltung kann das System auch ein Mikrofon zur Aufzeichnung eines Audio-Signals aufweisen.

[0017] Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich dabei insbesondere für die Echtzeit-Nachverfolgung der Flugbahnen von Objekten in verschiedenen Sportarten, in denen die Flugbahn des Objekts durch einen Bewegungsablauf einer Person ausgelöst wird.

[0018] Vorzugsweise können die Objekte mittels eines Schlagelements von der Person geschlagen werden, wobei die Flugbahn durch das Auftreffen des Schlagelements auf dem Objekt ausgelöst wird. Dies ist insbesondere bei Sportarten wie beispielsweise Golf, Tennis, Baseball, Badminton, Tischtennis, Cricket, Polo, Fußball, Football, Rugby, Handball, Volleyball, Faustball, Basketball, etc. der Fall.

[0019] Vorzugsweise können die Objekte weiters Bälle sein. Besonders vorteilhaft eignet sich die Erfindung für die Nachverfolgung von sehr kleinen Bällen, wie etwa Golfbällen, bei denen ein Starten der Nachverfolgung aufgrund der schlechten Detektierbarkeit der Bälle besonders schwierig und fehlerbehaftet ist.

[0020] Ebenso können die Objekte auch Sportgeräte sein, die von einer Person geworfen oder geschleudert werden, beispielsweise wie dies in Sportarten wie Kugelstoßen, Hammerwerfen, Speerwerfen, etc. der Fall ist.

[0021] Schlagelemente im Sinne der Erfindung können etwa Schläger zum Einsatz in oben genannten Sportarten, wie etwa Golfschläger, Tennisschläger, Baseballschläger, Badmintonschläger, Tischtennisschläger, Cricketschläger, Poloschläger oder dgl. sein. Zudem können Schlagelemente im Sinne der Erfindung auch Körperteile, mit denen Bälle in verschiedenen Sportarten geschlagen werden, wie etwa Arme oder Beine sein.

[0022] Als Bewegungsablauf im Sinne der Erfindung wird eine zeitliche Abfolge von Haltungen der Person verstanden, wobei die jeweiligen Haltungen bestimmten Zuständen des Körpers der

Person zu diskreten Zeitpunkten während des Bewegungsablaufs entsprechen. Die Haltungen können dabei aus einzelnen Bildern der Person, die zu jenen Zeitpunkten aufgenommen wurden, ermittelt werden. Die Haltungen bzw. Zustände des Körpers werden dabei durch die Stellung der Arme, Beine, des Oberkörpers, des Kopfes, etc. bestimmt.

[0023] Als Abfolge von Bildern im Sinne der Erfindung wird eine zeitliche Abfolge von diskreten Bildern verstanden, welche durch eine Kamera während des Bewegungsablaufs aufgezeichnet wird. Die Bilder können dabei als Einzelbilder oder als Frames in einem Video aufgezeichnet werden. Die Kamera kann dabei in einem beliebigen Raumwinkel zu der Person hin ausgerichtet sein, also wahlweise hinter der Person, vor der Person, seitlich neben der Person, über der Person oder schräg zur Person positioniert sein.

[0024] In einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung können die Schritte a) bis d) kontinuierlich ausgeführt werden, um das Zeitfenster zum Starten der Nachverfolgung kontinuierlich anzupassen. Auf diese Weise kann die Zuverlässigkeit des Verfahrens weiter erhöht werden. Durch die kontinuierliche, insbesondere parallele, Ausführung der Schritte kann das Zeitfenster je nach Bewegungsablauf stets angepasst werden und auf plötzliche Änderungen im Bewegungsablauf reagieren. So kann das Zeitfenster etwa mit fortschreitender Anpassung jeweils weiter nach hinten verschoben werden, insbesondere wenn ein Bewegungsablauf beispielsweise abgebrochen wird oder durch unvorhergesehene Verzögerungen länger dauert. Dies ist insbesondere bei Sportarten wie Golf von besonderem Vorteil, da die Gesamtdauer der Schlagausführung je nach Spieler und äußeren Gegebenheiten stark variieren kann und der Schlagvorgang während der Ausführung unterbrochen werden kann. Das erfindungsgemäße Verfahren kann dabei jederzeit bei fortschreitendem Bewegungsablauf zuverlässig das Zeitfenster anpassen und Nachverfolgungsfehler, die durch ein zu frühes oder spätes Starten der Nachverfolgung entstehen, vermeiden.

[0025] In einer Ausführungsvariante der Erfindung kann in Schritt b) der Bewegungsablauf aus einer Abfolge von Haltungen der Person und/oder eines Schlagelements bestimmt werden. Die Haltungen der Person können dabei aus der Abfolge von Bildern ermittelt und dem jeweiligen Zeitpunkt zugeordnet werden, wodurch der Bewegungsablauf als zeitliche Abfolge von Haltungen erhalten wird. Die Haltungen können dabei zu vordefinierten Zeitpunkten (etwa in bestimmtem zeitlichem Abstand zueinander) aus der Abfolgen von Bildern bestimmt werden.

[0026] In weiterer Folge kann die Bestimmung des Bewegungsablaufs in Schritt b) besonders zuverlässig erfolgen, wenn ein erfolgreiches Halten einer ersten Haltung, insbesondere einer Bereitschaftshaltung, über einen vordefinierten ersten Haltezeitraum erkannt wird. Dabei kann, etwa basierend auf Erfahrungswerten oder Vorgaben, ein erster Haltezeitraum definiert werden, über den eine Bereitschaftshaltung gehalten werden muss, um zu erkennen, ob eine erste Stufe des Bewegungsablaufs erfolgreich absolviert wurde. Dies kann beispielsweise eine initiale Haltung sein, die eine Person vor der Ausführung des Bewegungsablaufs einnimmt, wie beispielsweise ein Zielen oder Anpeilen, wobei mit dem Auflösen der Haltung der eigentliche Bewegungsablauf beginnt, welcher zur Auslösung der Flugbahn des Objekts führt.

[0027] Wird nach erfolgreichem Halten der ersten Haltung weiters ein Auflösen der ersten Haltung innerhalb eines vordefinierten ersten Auflösezeitraums und anschließend ein erfolgreiches Halten einer zweiten Haltung, insbesondere einer Vorbereitungshaltung, über einen vordefinierten zweiten Haltezeitraum erkannt, so kann die zuvor erwähnte Bestimmung des Bewegungsablaufs weiter verbessert werden. Die Detektion bzw. das Erkennen des AuflöSENS der ersten Haltung (Bereitschaftshaltung) und der Einnahme bzw. des Haltens einer zweiten Haltung (Vorbereitungshaltung) kann insbesondere jenen Teil des Bewegungsablaufs bis zur abgeschlossenen Vorbereitung, wie beispielsweise ein Ausholen, widerspiegeln.

[0028] Wird zudem nach erfolgreichem Halten der zweiten Haltung ein Auflösen der zweiten Haltung innerhalb eines vordefinierten zweiten Auflösezeitraums erkannt, so kann in weiterer Folge der Zeitpunkt detektiert werden, an welchem der Vorbereitungs-Teil des Bewegungsablaufs in den Ausführungs-Teil des Bewegungsablaufs übergeht und das Auslösen der Flugbahn des Objekts unmittelbar bevorsteht. Weiters kann eine besonders einfache und zuverlässige Errechnung

des Zeitpunkts des Auslösens der Flugbahn des Objekts in Schritt c) erfolgen, nachdem das Auflösen der zweiten Haltung innerhalb des vordefinierten zweiten Auflösungszeitraums erkannt wird. Da, wie zuvor erwähnt, nach Abschluss des Vorbereitungs-Teils und Beginn des Ausführungs-Teils des Bewegungsablaufs das Auslösen der Flugbahn des Objekts unmittelbar bevorsteht, kann in einer Ausführungsvariante der Zeitpunkt des Auslösens beispielsweise als vordefiniertes Zeitintervall ab dem Auflösen der zweiten Haltung ermittelt werden. In einer weiteren Ausführungsvariante kann der Zeitpunkt des Auslösens durch Vergleich mit Erfahrungswerten oder aufgezeichneten früheren Bewegungsabläufen erfolgen.

[0029] In einer weiteren Ausführungsvariante können zur Bestimmung des Bewegungsablaufs eine Abfolge einer Vielzahl von Haltungen erkannt werden, um den Zeitpunkt des Auslösens der Flugbahn des Objekts zu bestimmen.

[0030] Im Falle des Golfspiels, bei dem die Flugbahn durch das Auftreffen eines Schlagelements, insbesondere des Golfschlägers, auf einem Ball als Objekt ausgelöst wird, kann die Bereitschaftshaltung beispielsweise ein Zielen und Aufstellen in einer Grundstellung sein, bei der der Golfschläger vor dem Golfball am Boden ruht. Eine solche Schlagbereitschaftshaltung geht üblicherweise einem Ausholen vor. Durch Detektion der Auflösung der Schlagbereitschaftshaltung kann insbesondere festgestellt werden wann ein Ausholen beginnt. Ist das Ausholen abgeschlossen, so wird üblicherweise eine Vorbereitungshaltung eingenommen, welche durch einen vollständig ausgeholten Schläger, bzw. durch den Moment des Umkehrpunkts in der Bewegung des Schlägers gekennzeichnet ist. Diese Vorbereitungshaltung kann wiederum detektiert werden und geprüft werden ob diese über einen vorgegebenen charakteristischen Zeitraum gehalten wird. Hiernach kann wiederum ein Auflösen der Vorbereitungshaltung erkannt werden, welches üblicherweise einer Schlagausführung und somit dem Auftreffen des Schlagelements auf dem Ball unmittelbar vorausgeht. Aus dem zeitlichen Ablauf der Einnahme und Auflösung der Haltungen kann zuverlässig auf den Zeitpunkt der Auslösung der Flugbahn geschlossen werden, was im vorliegenden Fall einem Auftreffen des Schlagelements auf dem Ball entspricht.

[0031] In einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann zudem aus dem Bewegungsablauf und/oder aus einer Haltung der Person die Richtung der Flugbahn des Objekts ermittelt werden. Hierbei können etwa beliebige Haltungen während des Bewegungsablaufs erfasst werden und anhand der Haltungen auf eine Ausrichtung der Person bzw. auf die Richtung der Flugbahn des Objekts nach dem Auslösen geschlossen werden. Zudem können zur Bestimmung der Flugbahn optional auch weitere Parameter, wie beispielsweise Kamerawinkel zur Person oder Abstand zwischen Kamera und Person, berücksichtigt werden. Durch die Bestimmung einer Richtung der Flugbahn kann besonders zuverlässig ein Bildbereich ermittelt werden, in dem die Flugbahn des Objekts liegen wird. Die Nachverfolgung der Flugbahn des Objekts kann somit auf jenen errechneten Bildbereich eingeschränkt werden, in dem die Flugbahn des Objekts aufgrund der Richtung der Flugbahn liegen wird. Eine besonders einfache und auch zuverlässige Nachverfolgung des Objekts kann so erreicht werden.

[0032] Besonders zuverlässig kann die Richtung der Flugbahn des Objekts berechnet werden, indem hierzu die Fußstellung der Person berücksichtigt wird. Insbesondere können hierbei den Fußgelenken zugehörige Knotenpunkte erkannt werden und die Richtung der Flugbahn als Verbindungslinie zwischen den Knotenpunkten der Fußgelenke der Person ermittelt werden.

[0033] Erfindungsgemäß wird in Schritt c) der bestimmte Bewegungsablauf mit einem vorgegebenen Bewegungsablauf verglichen werden, um den Zeitpunkt des Auslösens der Flugbahn des Objekts zu errechnen. Dabei kann insbesondere der vorgegebene Bewegungsablauf ein charakteristischer Bewegungsablauf einer Person sein, welcher eine Flugbahn auslöst, wobei der charakteristische Bewegungsablauf aus aufgezeichneten Bewegungsabläufen, insbesondere mittels Machine-Learning, ermittelt wurde. Durch den Abgleich des in Schritt c) bestimmten Bewegungsablaufs mit einem vorgegebenen Bewegungsablauf kann auf verfahrenstechnisch einfache Weise auf den Zeitpunkt des Auslösens der Flugbahn des Objekts geschlossen werden. Dies kann vorzugsweise durch Abgleich der Haltungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten des bestimmten Bewegungsablaufs mit den jeweils korrespondierenden Haltungen des vorgegebenen Bewe-

gungsablaufs erfolgen. Dabei können etwa Abweichungen bei der zeitlichen Abfolge von Haltungen in bestimmtem Bewegungsablauf und vorgegebenem Bewegungsablauf zur Errechnung des Zeitpunkts des Auslösens der Flugbahn herangezogen werden.

[0034] Wird zur Ermittlung des charakteristischen Bewegungsablaufs aus aufgezeichneten Bewegungsabläufen ein Machine-Learning Verfahren verwendet, so kann das erfindungsgemäße Verfahren als selbstlernendes Verfahren ausgebildet sein, wobei jeder bestimmte Bewegungsablauf aufgezeichnet wird und wiederum zur neuen Ermittlung des charakteristischen Bewegungsablaufs verwendet wird. Das Machine-Learning Verfahren kann dabei insbesondere mit einer künstlichen Intelligenz (neuronales Netz) ausgestattet sein und so beispielsweise automatisiert Ausreißer an Bewegungsabläufen erkennen, welche für die weitere Berechnung nicht herangezogen werden. Es kann so eine kontinuierliche Anpassung des charakteristischen Bewegungsablaufs erfolgen und somit ein besonders zuverlässiges Verfahren zum Starten der Nachverfolgung garantiert werden.

[0035] Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante können in Schritt c) Bewegungsparameter, insbesondere die Geschwindigkeit, aus dem Bewegungsablauf der Person ermittelt werden und der Zeitpunkt des Auslösens der Flugbahn des Objekts aus den Bewegungsparametern errechnet werden. Durch die Verwendung von Bewegungsparametern können insbesondere dynamische Effekte im Bewegungsablauf der Person bei der Berechnung des Zeitpunkts des Auslösens der Flugbahn berücksichtigt werden.

[0036] In einer Ausführungsvariante kann alternativ zum Bewegungsablauf der Person der Bewegungsablauf des Schlagelements aus der Abfolge von Bildern bestimmt werden und der Zeitpunkt des Auftreffens des Schlagelements auf dem Objekt ausschließlich aus dem Bewegungsablauf des Schlagelements errechnet werden. Dies führt jedoch in Fällen, in denen sich das Schlagelement sehr schnell bewegt dazu, dass eine kontinuierliche und zuverlässige Erfassung desselben nicht möglich ist. Solch ein sich sehr schnell bewegendes Schlagelement (wie etwa ein Golfschläger im Fall eines Golfschwungs), kann durch nacheinander aufgezeichnete Bilder nur schwer erfasst werden, da große Lücken zwischen den einzelnen in den Bildern erfassten Haltungen entstehen. Dies führt wiederum zu einer deutlich höheren Fehlerquote bei der Bestimmung des Zeitpunkts zur Auslösung der Flugbahn bzw. beim Festlegen des Zeitfensters zum Starten der Nachverfolgung. Im Fall von sich sehr schnell bewegendem Schlagelementen bietet die erfindungsgemäße Bestimmung des Bewegungsablaufs der Person und darauf basierende Ermittlung des Zeitpunkts des Auftreffens des Schlagelements auf dem Objekt eine deutlich zuverlässigere Auslösung des Verfahrens zur Nachverfolgung. Zudem können Machine-Learning Verfahren und Modelle (neuronaale Netze) einfacher und weniger fehleranfällig auf dem Bewegungsablauf der Person aufgebaut werden.

[0037] In einer weiteren Ausführungsvariante kann zusätzlich zum Bewegungsablauf der Person ein Bewegungsablauf eines Schlagelements aus der Abfolge von Bildern bestimmt werden und der Zeitpunkt des Auftreffens des Schlagelements auf dem Objekt aus dem Bewegungsablauf der Person und aus dem Bewegungsablauf des Schlagelements errechnet werden. Durch die zusätzliche Berücksichtigung des Bewegungsablaufs des Schlagelements kann ein zuverlässigerer Rückschluss auf den Zeitpunkt des Auslösens der Flugbahn erfolgen, insbesondere indem der errechnete Zeitpunkt des Auftreffens des Schlagelements auf dem Objekt als Zeitpunkt des Auslösens der Flugbahn herangezogen wird. Insbesondere kann sich die Berücksichtigung des Bewegungsablaufs des Schlagelements bei sich sehr schnell bewegendem Schlagelementen als vorteilhaft erweisen, da der Bewegungsablauf des Schlagelements in der Regel größere Veränderungen in kurzer Zeit durchläuft als der gleichzeitige Bewegungsablauf der Person, welcher in der selben Zeit noch immer in der gleichen Haltung verbleiben kann.

[0038] In einer weiteren Ausführungsvariante kann die Nachverfolgung des Objekts eine festgelegte Zeitdauer vor dem errechneten Zeitpunkt des Auslösens der Flugbahn des Objekts gestartet werden. Durch das frühere Starten der Nachverfolgung kann sichergestellt werden, dass Fehler bei der Errechnung des Zeitpunkts des Auftreffens nicht zu einem verspäteten Starten der Nachverfolgung führen und somit eine Nachverfolgung des Objekts unmöglich machen.

[0039] In einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann zudem kontinuierlich ein Audio-Signal aufgezeichnet werden und das Starten der Nachverfolgung des Objekts innerhalb des Zeitfensters mit einem Ereignis im Audio-Signal, insbesondere einem Knall, synchronisiert werden. Durch die Synchronisation mit einem Audio-Signal kann insbesondere der tatsächliche Zeitpunkt des Auslösens der Flugbahn des Objekts mit dem errechneten Zeitpunkt abgeglichen bzw. bestätigt werden. Liegen hier beispielsweise größere Abweichungen vor, so kann durch Anpassung von Berechnungsparametern und/oder Berechnungsmethoden die Errechnung des Zeitpunkts des Auslösens der Flugbahn verbessert und justiert werden, um die Abweichungen bei nachfolgenden Berechnungen zu reduzieren. In einer Ausführungsvariante kann die Anpassung wiederum mittels eines Machine-Learning Verfahrens erfolgen, etwa indem die bestimmten Bewegungsabläufe mit den aufgezeichneten Audio-Signalen korreliert werden und zur Anpassung bzw. Neuberechnung eines charakteristischen Bewegungsablaufs herangezogen werden. Insbesondere kann in einer weiteren Variante das Starten der Nachverfolgung des Objekts auch in Abhängigkeit des kontinuierlich aufgezeichneten Audio-Signals erfolgen. So kann etwa das Starten der Nachverfolgung mit dem Erkennen des Ereignisses im Audio-Signal erfolgen, bzw. bei Nicht-Erkennen des Ereignisses abgebrochen werden.

[0040] Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann die Nachverfolgung des Objekts in einem ausgewählten Bildbereich gestartet werden. Hiermit ist der Vorteil verbunden, dass durch die Auswahl eines Bildbereichs die Nachverfolgung des Objekts bereits vor dem Starten eingegrenzt werden kann und somit der Rechenaufwand für das Auffinden des Objekts durch das Nachverfolgungs-Verfahren deutlich reduziert werden kann.

[0041] Der Bildbereich kann dabei bevorzugt aus dem Bewegungsablauf der Person errechnet werden. Aus dem Bewegungsablauf der Person kann insbesondere zuverlässig auf jenen Bereich geschlossen werden, in dem die Flugbahn des Objekts ausgelöst wird. Dieser Bereich kann dann als Bildbereich ausgewählt werden und so ein einfacheres und zuverlässigeres Starten der Nachverfolgung des Objekts ermöglichen.

[0042] Der Bildbereich enthält dabei vorzugsweise die Position des Objekts unmittelbar vor dem Auslösen der Flugbahn. So kann insbesondere aus dem Bewegungsablauf der Person die Position des Objekts bereits im Vorfeld ermittelt werden und der Bildbereich derart definiert werden, dass er die ermittelte Position des Objekts beinhaltet. Vorzugsweise kann beim Starten der Nachverfolgung die ermittelte Position des Objekts an das Nachverfolgungs-Verfahren, insbesondere zusammen mit weiteren ermittelten Bewegungsparametern, übergeben werden und somit eine einfache und zuverlässige Nachverfolgung des Objekts ermöglichen.

[0043] Dies ist insbesondere im Nachverfolgungs-Verfahren besonders von Vorteil, da dieses ein Objekt, welches sich vor dem Auslösen der Flugbahn in Ruhe befindet (beispielsweise im Falle von Golf), in der Anfangsphase der Flugbahn nicht oder nur sehr schwer finden kann. Erst wenn sich das Objekt über mehrere aufgezeichnete Bilder hinweg bewegt hat, kann das Objekt mit aufgefunden und nachverfolgt werden. Somit verbleibt ein anfänglicher Zeitraum im Nachverfolgungs-Verfahren in dem die Flugbahn des Objekts gar nicht oder nur unzureichend ermittelt werden kann. Aus der durch das gegenständliche Verfahren ermittelten Position des Objekts vor dem Auslösen der Flugbahn, kann das Nachverfolgungsverfahren zuverlässig die Flugbahn auf den Zeitpunkt des Auslösens rückrechnen bzw. extrapolieren und so eine lückenlose Nachverfolgung bzw. Rekonstruktion der Flugbahn des Objekts ermöglichen.

[0044] In einer weiteren Variante kann der ausgewählte Bildbereich ebenso aus der berechneten Richtung der Flugbahn des Objekts bestimmt werden. Hierzu können bevorzugt Haltungen der Person, insbesondere die Fußstellung der Person, herangezogen werden.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0045] Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsvarianten der Erfindung anhand der Figuren näher dargestellt. Es zeigen:

[0046] Fig. 1 eine schematische Ansicht des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer ersten Ausführungsvariante,

- [0047] Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Bereitschaftshaltung, die im Zuge des Verfahrens erkannt wird,
- [0048] Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Vorbereitungshaltung, die im Zuge des Verfahrens erkannt wird, und
- [0049] Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Abschlusshaltung, die im Zuge des Verfahrens erkannt wird.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0050] Die im Folgenden konkret beschriebenen Ausführungsvarianten der Erfindung stellen lediglich einige mögliche Ausführungsvarianten dar und sind nicht als einschränkend für den Schutzzumfang gemäß den Ansprüchen anzusehen.

[0051] Gemäß Fig. 1 ist ein Verfahren 100 zum Starten der Nachverfolgung der Flugbahn 2 eines Objekts 1 gezeigt, wobei die Flugbahn 2 des Objekts 1 durch einen Bewegungsablauf einer Person 4 ausgelöst wird.

[0052] Entsprechend der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsvariante des Verfahrens 100 wird die Nachverfolgung der Flugbahn 2 eines Objekts 1 während eines Golfschlags gestartet, wobei das Objekt 1 ein (Golf-)Ball 10 ist, und wobei der Ball 10 mittels eines Schlagelements 3, insbesondere einem Golfschläger 30, von einer Person 4 geschlagen wird, und durch den Schlag die Flugbahn 2 des Balls 10 ausgelöst wird.

[0053] Die im Folgenden dargestellten Ausführungsvarianten zeigen das Verfahren 100 immer anhand den Figuren 1 bis 4 zur Nachverfolgung eines Balls 10 im Rahmen eines Golfschlags, wobei die Flugbahn 2 durch ein Auftreffen des Golfschlägers 30 auf dem Ball 10 ausgelöst wird.

[0054] In weiteren, in den Figuren nicht näher dargestellten Ausführungsvarianten, kann das Verfahren ebenso zum Starten der Nachverfolgung von Objekten 1 anderer Sportarten verwendet werden, insbesondere auch solchen, bei denen die Flugbahn 2 nicht durch das Auftreffen eines Schlagelements 3 auf dem Objekt 1 ausgelöst wird, sondern beispielsweise auch solche bei denen das Objekt 1 von der Person geworfen, geschleudert oder dgl. wird. Eine nicht abschließende Aufzählung von Sportarten und Objekten 1, für welche sich das Verfahren eignet, ist weiter oben in der Beschreibung gegeben.

[0055] In einem ersten Schritt a) des Verfahrens 100 wird eine Abfolge von Bildern 5 der Person 4 während der Ausführung des Bewegungsablaufs erfasst. In Fig. 1 ist die Abfolge 5 von Bildern 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6 (6.1-6.6) als zeitlich nacheinander mittels einer Kamera aufgenommene einzelne Bilder 6.1-6.6 dargestellt. Die Abfolge 5 der Bilder 6.1-6.6 kann jedoch in bevorzugten Ausführungsvarianten der Erfindung ebenso als Video mit einer vordefinierten Rate von Bildern pro Sekunde (fps), beispielsweise 30fps oder 60fps, erfasst werden.

[0056] Fig. 1 zeigt dabei eine Zeitachse 7, entlang derer die zeitliche Abfolge 5 von Bildern 6.1-6.6 aufgetragen ist, wobei die Bilder 6.1-6.6 jeweils zu unterschiedlichen Zeitpunkten 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6 (8.1-8.6) entlang der Zeitachse 7 aufgezeichnet wurden.

[0057] In einem zweiten Schritt b) des Verfahrens 100 wird der Bewegungsablauf der Person 4 aus der Abfolge 5 von Bildern 6.1-6.6 bestimmt. Die einzelnen Bilder 6.1-6.6 stellen dabei den Bewegungsablauf der Person 4 während der Ausführung des Schlags dar und zeigen dabei jeweils unterschiedliche Haltungen 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6 (9.1-9.6) der Person 4 an den unterschiedlichen Zeitpunkten 8.1-8.6 in dem Bewegungsablauf.

[0058] In einer bevorzugten Ausführungsvariante wird der Bewegungsablauf aus der Abfolge von Haltungen 9.1-9.6 der Person 4 bestimmt. Dabei wird zunächst das erfolgreiche Einnehmen bzw. Halten einer ersten Haltung 9.1 erkannt.

[0059] Fig. 2 zeigt dabei eine schematische Darstellung der ersten Haltung 9.1, welche eine Bereitschaftshaltung 11 für den Schlag darstellt und sich durch eine stillstehende Haltung vor dem Ausholen zum Schlag auszeichnet. Wie in Fig. 2 gezeigt, kann die Bereitschaftshaltung 11 durch

die Detektion von charakteristischen Gelenkspunkten 14, die zusammen ein Skelett 15 der Person 4 aufspannen, erfolgen. Dabei wird die Bereitschaftshaltung 11 durch ein erstes definiertes Muster 16.1 an Gelenkspunkten 14 erkannt, welches sich durch die Überlagerung der Gelenkspunkte 14 bei Betrachtung der Haltung 9.1 in einem gegebenen Kamerawinkel ergibt. Den Gelenkspunkten 14 werden dabei Toleranzen 17 zugeordnet, um die sie von den im ersten Muster 16.1 vorgegebenen Positionen abweichen können und die korrekte Einnahme der Bereitschaftshaltung 11 dennoch erkannt wird.

[0060] Wie in Fig. 1 weiter dargestellt, wird nach dem Einnehmen der ersten Haltung 9.1 zum Zeitpunkt 8.1 erkannt, ob die erste Haltung 9.1, also die Bereitschaftshaltung 11, über einen vordefinierten ersten Haltezeitraum 18.1 gehalten wird. Nachdem ein erfolgreiches Halten der Bereitschaftshaltung 11 über den ersten Haltezeitraum 18.1 erkannt wurde, wird in einem weiteren Schritt geprüft, ob die erste Haltung 9.1 innerhalb eines vordefinierten ersten Auflösezeitraums 19.1 aufgelöst wird und eine andere abweichende Haltung 9.2 eingenommen wird. In Fig. 1 ist gezeigt, dass zum Zeitpunkt 8.2 eine abweichende Haltung 9.2 erkannt wird und somit die erste Haltung 9.1 als innerhalb des Auflösezeitraums 19.1 als erfolgreich aufgelöst gilt.

[0061] Wird das erfolgreiche Einnehmen oder Halten der ersten Haltung 9.1 über den ersten Haltezeitraum 18.1 nicht detektiert, weil die erste Haltung 9.1 nicht erkannt werden konnte, oder weil die erste Haltung 9.1 nicht über den gesamten ersten Haltezeitraum 18.1 durchgehend gehalten wurde, so wird die Bestimmung des Bewegungsablaufs der Person abgebrochen und von neuem gestartet, es wird also erneut versucht eine Bereitschaftshaltung 11 zu erkennen.

[0062] Wurde das Einnehmen, Halten und Auflösen der ersten Haltung 9.1 erfolgreich detektiert, so wird in weiterer Folge nun das erfolgreiche Einnehmen einer zweiten Haltung 9.3 erkannt, welche eine Vorbereitungshaltung 12 darstellt und sich durch eine gespannte Haltung nach dem Ausholen und vor dem Ansetzen zum Schlag auszeichnet. Fig. 3 zeigt eine solche Vorbereitungshaltung 12, die wiederum - wie schon zuvor für die Bereitschaftshaltung 11 in Fig. 2 beschrieben - durch die Detektion eines definierten Musters 16.2 an überlagerten Gelenkspunkten 14 bei einem gegebenen Kamerawinkel erkannt werden kann. Für die weitere Beschreibung zu den Gelenkspunkten 14 wird auf die obigen Ausführungen zu Fig. 2 verwiesen.

[0063] Wie in Fig. 1 weiter dargestellt, wird nach dem erfolgreichen Einnehmen der zweiten Haltung 9.3, also der Vorbereitungshaltung 12, weiter erkannt, ob die zweite Haltung 9.3 über einen vordefinierten zweiten Haltezeitraum 18.2 hinweg gehalten wird. Nachdem ein erfolgreiches Halten der Vorbereitungshaltung 12 über den zweiten Haltezeitraum 18.2 erkannt wurde, wird in einem weiteren Schritt geprüft, ob die zweite Haltung 9.3 innerhalb eines vordefinierten zweiten Auflösezeitraums 19.2 aufgelöst wird. Wird das Auflösen der zweiten Haltung 9.3 erkannt, so kann der Bewegungsablauf vollständig aus der zeitlichen Abfolge der Haltungen 9.1-9.6 bestimmt werden.

[0064] Konnte hingegen das erfolgreiche Einnehmen der zweiten Haltung 9.3, also der Vorbereitungshaltung 12, bzw. das erfolgreiche Halten der zweiten Haltung 9.3 über den zweiten Haltezeitraum 18.2 nicht detektiert werden, so wird die Bestimmung des Bewegungsablaufs der Person wieder abgebrochen und erneut mit der Erkennung der ersten Haltung 9.1, also der Bereitschaftshaltung 11, fortgefahren.

[0065] In Fig. 4 ist zudem eine dritte Haltung 9.6 dargestellt, welche einer Abschlusshaltung 13 entspricht. Diese dritte Haltung 9.6 wird beispielsweise nach dem durchgeführten Schlag eingenommen und zeigt an, dass der gesamte Schlag erfolgreich ausgeführt wurde. Wie bereits für die Bereitschaftshaltung 11 in Fig. 2 beschrieben, kann die Abschlusshaltung 13 ebenso durch Detektion eines definierten Musters 16.3 von überlagerten Gelenkspunkten 14 bei einem gegebenen Kamerawinkel erkannt werden. Das Erkennen der dritten Haltung 9.6 kann insbesondere in dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Bestimmen des Abschlusses des Bewegungsablaufs dienen. Weiters kann das Erkennen der dritten Haltung 9.6 auch einen Neustart des Verfahrens auslösen, wobei die Schritte a) bis d) wieder von neuem mit der Bestimmung eines Bewegungsablaufs gestartet werden.

[0066] In einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung, welche in den Figuren nicht näher dargestellt wurde, können zur Bestimmung des Bewegungsablaufs auch zu unterschiedlichen Zeitpunkten 8.1-8.6 aufgezeichnete Haltungen des Schlagelements 3 herangezogen werden. Der Bewegungsablauf kann dann - wie zuvor für die Haltungen 9.1-9.6 der Person 4 beschrieben - in gleicher Weise für das Schlagelement 3 ermittelt werden, indem charakteristische Knotenpunkte des Schlagelements 3 aus den Bildern 6.1-6.6 ermittelt werden und mit vordefinierten Mustern verglichen werden. Dies wurde in den Figuren jedoch nicht näher dargestellt.

[0067] In einem dritten Schritt c) des Verfahrens 100, wird aus dem bestimmten Bewegungsablauf der Zeitpunkt 20 des Auslösens der Flugbahn 2 des Objekts 1 errechnet. In einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung wird hierzu der Zeitpunkt 20 des Auftreffens des Schlagelements 3 auf dem Ball 10 errechnet und herangezogen. Dies geschieht bevorzugt nachdem der Bewegungsablauf der Person 4 - wie zuvor beschrieben - erfolgreich bestimmt wurde, also insbesondere nach dem Auflösen der zweiten Haltung 9.3. Zur Ermittlung des Zeitpunkts 20 wird insbesondere der bestimmte Bewegungsablauf mit einem vorgegebenen Bewegungsablauf verglichen. Der vorgegebene Bewegungsablauf kann dabei ein charakteristischer Bewegungsablauf einer Person 4 für den auszuführenden Schlag sein, welcher aus mehreren aufgezeichneten Bewegungsabläufen ermittelt wurde. Eine solche Ermittlung des charakteristischen Bewegungsablaufs kann erfindungsgemäß auch im Zuge des vorliegenden Verfahrens 100 erfolgen; bspw. indem nach der erfolgreichen Bestimmung eines Bewegungsablaufs in Schritt b) des Verfahrens - wie oben beschrieben - ein neuer charakteristischer Bewegungsablauf unter Einbeziehung des neu bestimmten Bewegungsablaufs ermittelt wird. Dies kann vorzugsweise mittels eines Machine-Learning Verfahrens erfolgen, was in den Figuren allerdings nicht näher dargestellt wurde.

[0068] In anderen, in den Figuren nicht näher dargestellten Ausführungsvarianten, in denen die Auslösung der Flugbahn 2 des Objekts 1 nicht durch das Auftreffen eines Schlagelements 3 auf dem Objekt 1 geschieht, kann der vorgegebene Bewegungsablauf ein charakteristischer Bewegungsablauf der Person 4 beim Werfen, Schleudern, oder dgl. des Objekts 1 sein.

[0069] In einer Ausführungsvariante der Erfindung kann der charakteristische Bewegungsablauf dabei etwa durch zeitliche Verhältnisse zwischen verschiedenen Zeitpunkten 8.1-8.6 der Einnahme und/oder Auflösung von Haltungen 9.1-9.6 und dem Zeitpunkt 20 des Auftreffens des Schlagelements 3 auf dem Ball 10 bestimmt sein. Durch Vergleich der Zeitpunkte 8.1-8.6 im charakteristischen Bewegungsablauf mit jenen in dem in Schritt b) bestimmten Bewegungsablauf, kann der Zeitpunkt 20 des Auftreffens des Schlagelements 3 auf dem Ball 10 einfach errechnet werden.

[0070] In einer alternativen Ausführungsvariante kann der Zeitpunkt 20 des Auslösens der Flugbahn 2 des Objekts 1 auch einfach in fixem zeitlichen Abstand zu dem erfolgreichen Auflösen der zweiten Haltung 9.3 ermittelt werden.

[0071] In einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung werden zur Errechnung des Zeitpunkts 20 des Auslösens der Flugbahn 2 des Objekts 1, bzw. des Auftreffens des Schlagelements 3 auf dem Ball 10, Bewegungsparameter aus dem Bewegungsablauf ermittelt. Ein solcher Bewegungsparameter kann beispielsweise eine Geschwindigkeit des Schlagelements 3 oder der Person 4 sein. Mittels der Geschwindigkeit und ggf. den Zeitpunkten 8.1-8.6 kann dann der Zeitpunkt 20 errechnet werden.

[0072] In einem vierten Schritt d) des Verfahrens 100 wird anhand des errechneten Zeitpunkts 20 des Auslösens der Flugbahn 2 des Objekts 1, bzw. des Auftreffens des Schlagelements 3 auf dem Ball 10, das Zeitfenster 21 festgelegt, innerhalb welchem die Nachverfolgung des Objekts 1 gestartet wird. Erfindungsgemäß kann das Zeitfenster 21 als eine festgelegte Zeitdauer 22.1 vor dem errechneten Zeitpunkt 20 beginnend und eine festgelegte Zeitdauer 22.2 nach dem errechneten Zeitpunkt 20 endend festgelegt werden.

[0073] In einer alternativen Ausführungsvariante der Erfindung kann das Zeitfenster 21 ebenso als unmittelbar nach der Auflösung der zweiten Haltung 9.3 beginnend festgelegt werden.

[0074] Die Schritte a) bis d) des Verfahrens werden gemäß einer Ausführungsvariante der Erfin-

dung kontinuierlich ausgeführt, wobei das Zeitfenster 21 zum Starten der Nachverfolgung jeweils angepasst wird. So können in einer Ausführungsvariante die Schritte a) bis d) im Wesentlichen parallel ausgeführt werden, bis das festgelegte Zeitfenster 21 erreicht ist.

[0075] Schließlich wird in einem fünften Schritt e) des Verfahrens 100 die Nachverfolgung des Objekts 1 innerhalb des Zeitfensters 21 gestartet.

[0076] In einer optionalen Ausführungsvariante der Erfindung wird neben der Erfassung der Bilder 6.1-6.6 auch parallel ein Audio-Signal, bspw. über ein Mikrofon, aufgezeichnet. Aus dem Audio-Signal kann dabei insbesondere aus einem aufgezeichneten Ereignis, etwa ein Knall, der tatsächliche Zeitpunkt des Auftreffens des Schlagelements 3 auf dem Objekt 1 ermittelt werden und dieser mit dem errechneten Zeitpunkt 20 synchronisiert werden. Die dabei aufgezeichneten Abweichungen bzw. Übereinstimmungen können wiederum zusammen mit den bestimmten Bewegungsabläufen in einem Machine-Learning Verfahren zur Anpassung bzw. Neuberechnung des charakteristischen Bewegungsablaufs verwendet werden.

[0077] Werden in dem aufgezeichneten Audio-Signal beispielsweise Stör-Geräusche (Musik, Wind, etc.) erkannt, welche die Erkennung eines Ereignisses erschweren oder verunmöglichen, oder wird gar kein Ereignis erkannt, so kann das Verfahren das Audio-Signal bei der Synchronisierung mit dem errechneten Zeitpunkt 20 auch außer Acht lassen, um fehlerhafte Ergebnisse zu vermeiden.

[0078] Die Nachverfolgung des Objekts 1 wird in einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung in einem ausgewählten Bildbereich 23 gestartet. Der Bildbereich 23 wird dabei anhand des bestimmten Bewegungsablaufs oder zumindest einer Haltung 9.1-9.6 der Person 4 als jener Bereich ermittelt, in welchem der Ball 10 mit dem Schlagelement 3 getroffen wird. Das Nachverfolgungs-Verfahren muss somit nicht den Ball 10 in dem gesamten Bild 6.4 nach dem Starten der Nachverfolgung erkennen, was mit einer hohen Störanfälligkeit verbunden ist. Vielmehr kann der ausgewählte Bildbereich 23 zur Einschränkung für das Nachverfolgungs-Verfahren herangezogen werden, so dass eine einfache und zuverlässige Erkennung des Balls 10 ermöglicht wird. Eine solche Einschränkung auf den ausgewählten Bildbereich 23 im Nachverfolgungs-Verfahren kann insbesondere in der Anfangsphase zum erstmaligen Auffinden und Nachverfolgen des Balls 10 von Vorteil sein.

[0079] Auch in weiteren Phasen des Nachverfolgungsverfahrens kann der ausgewählte Bildbereich 23, bzw. die ermittelte Position des Objekts 1 in den Bildern 6.1-6.6 zur lückenlosen Nachverfolgung der Flugbahn herangezogen werden. So kann etwa die im Nachverfolgungs-Verfahren erkannte Flugbahn auf die Position des Objekts 1 vor dem Auslösen der Flugbahn 2 rückgerechnet bzw. extrapoliert werden, um so eine vollständige und lückenlose Flugbahn 2 zu bestimmen.

[0080] Wie in Fig. 1 dargestellt, wird der ausgewählte Bildbereich 23 gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante aus der errechneten Flugbahn 2 des Balls 10 ermittelt, indem anhand der Haltung 9.4 der Person 4 deren Ausrichtung und somit die Richtung der Flugbahn 2 bestimmt wird. Die Ausrichtung der Person 4 wird dabei zunächst aus der Fußstellung der Person 4 in der Haltung 9.4 bestimmt, indem die den Fußgelenken zugehörigen Knotenpunkte 14 erkannt werden und die Richtung der Flugbahn 2 als Verbindungslinie 24 zwischen den Knotenpunkten 14 der Fußgelenke der Person 4 ermittelt werden (in Fig. 2 für die Haltung 9.1 angedeutet). Die Fußstellung der Person 4 kann prinzipiell aus jeder beliebigen Haltung 9.1-9.4 in dem Bewegungsablauf vor dem Zeitpunkt des Auslösens der Flugbahn 2 des Objekts 1 ermittelt werden. Aus der ermittelten Richtung der Flugbahn 2 kann schließlich der ausgewählte Bildbereich 23 definiert werden, in welchem sich der Ball 10 bewegen wird und in welchem das Nachverfolgungs-Verfahren die Flugbahn 2 des Balls 10 nachverfolgt.

[0081] In einer alternativen Ausführungsvariante kann nach dem Starten der Nachverfolgung das Nachverfolgungs-Verfahren auch die gesamten Bilder 6.1-6.6 heranziehen um die Flugbahn 2 des Balls 10 nachzuverfolgen.

[0082] In wieder einer weiteren Ausführungsvariante kann die Nachverfolgung der Flugbahn 2 des Balls 10 im Nachverfolgungs-Verfahren wie zuvor erwähnt in dem ausgewählten Bildbereich

23 gestartet werden. Sobald sich der Ball 10 aus dem ausgewählten Bildbereich während der Nachverfolgung herausbewegt, kann das Nachverfolgungs-Verfahren wiederum die gesamten Bilder 6.1-6.6 zur weiteren Nachverfolgung der Flugbahn 2 heranziehen.

[0083] Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante kann die Position des Balls 10 bereits vor dem Starten der Nachverfolgung aus dem Bewegungsablauf der Person 4 ermittelt werden. Die Position des Balls 10 spiegelt dabei, wie in Fig. 1 dargestellt, jenen Punkt in den Bildern 6.1-6.4 wieder, an dem sich der Ball 10 vor dem Auslösen der Flugbahn 2 befindet. Diese Position kann, wie im ersten Bild 6.1 in Fig. 1 dargestellt, von dem Schlagelement 3 verdeckt sein, womit der Ball 10 selbst im Bild 6.1 nur schwer erkennbar ist. Zudem kann der Ball 10 auch in weiteren Bildern 6.2-6.4 von Objekten oder Hindernissen verdeckt (bspw. durch Gras) und somit nur schwer detektierbar sein. Das erfindungsgemäße Verfahren kann die Position des Balls 10 allerdings aufgrund des Bewegungsablaufs der Person 4 und/oder des Schlagelements 3 errechnen, da aufgrund einer Haltung 9.1-9.4 die Position des Auftreffens des Schlagelements 3 auf dem Ball 1 abgeschätzt und somit auf die Position des Balls 10 rückgeschlossen werden kann. Die ermittelte Position des Balls 10 liegt dabei vorzugsweise in dem ausgewählten Bildbereich 23.

[0084] Zudem kann gemäß einer Ausführungsvariante beim Starten der Nachverfolgung die ermittelte Position des Balls 10 an das Nachverfolgungs-Verfahren übergeben werden, um bspw. eine initiale Position des Balls 10 in der Flugbahn 2 zu ermitteln und somit die Zuverlässigkeit der Nachverfolgung zu erhöhen.

[0085] In einer weiteren Ausführungsvariante können auch Bewegungsparameter aus dem Bewegungsablauf beim Starten der Nachverfolgung an das Nachverfolgungs-Verfahren übergeben werden. So kann beispielsweise die Geschwindigkeit des Schlagelements 3 oder die Richtung aus welcher das Schlagelement 3 auf den Ball 1 auftrifft für eine vorab-Berechnung der Flugbahn 2 des Balls 10 herangezogen werden und somit die Nachverfolgung der Flugbahn 2 erleichtert werden. Insbesondere kann hierdurch die benötigte Rechenleistung zur Nachverfolgung weiter reduziert werden.

[0086] Die Erfindung kann sich zudem in einem System auszeichnen, was in den Figuren jedoch nicht näher dargestellt wurde. Das System weist dabei eine Rechneinheit und eine mit der Rechneinheit verbundene Kamera zur kontinuierlichen Aufzeichnung einer Abfolge (5) von Bildern (6.1-6.6) auf. Die Rechneinheit ist weiters dazu programmiert, das Verfahren (100) zum Starten der Nachverfolgung der Flugbahn (2) eines Objekts (1), gemäß der zuvor beschriebenen Ausführungsvarianten auszuführen. Die Kamera ist zudem dazu ausgebildet, die Bilder (6.1-6.6) der Person (4) in Schritt a) des Verfahrens (100) zu erfassen und an die Rechneinheit zu übertragen, damit die Rechneinheit in Schritt b) aus den Bildern (6.1-6.6) den Bewegungsablauf der Person (4) ermittelt. Die Rechneinheit führt dann die weiteren Schritte c) bis e) aus, um ein Zeitfenster zum Starten der Nachverfolgung festzulegen und die Nachverfolgung des Objekts (1) schließlich innerhalb des Zeitfensters zu starten.

[0087] In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist das System als tragbarer Computer, insbesondere als Smartphone, mit integrierter Kamera ausgebildet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Starten der Nachverfolgung der Flugbahn (2) eines Objekts (1), wobei die Flugbahn (2) des Objekts (1) von einer Person (4) durch einen Bewegungsablauf ausgelöst wird, umfassend die Schritte:
 - a) Erfassung einer Abfolge (5) von Bildern (6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6) der Person (4) während des Bewegungsablaufs,
 - b) Bestimmung des Bewegungsablaufs der Person (4) aus der Abfolge (5) von Bildern (6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6),
 - c) Errechnen eines Zeitpunkts (20) des Auslösens der Flugbahn (2) des Objekts (1) aus dem Bewegungsablauf der Person (4), wobei der bestimmte Bewegungsablauf mit einem vorgegebenen Bewegungsablauf verglichen wird, wobei der vorgegebene Bewegungsablauf ein charakteristischer Bewegungsablauf einer Person für das Auslösen der Flugbahn (2) des Objekts (1) ist, welcher aus aufgezeichneten Bewegungsabläufen, beispielsweise mittels Machine-Learning, ermittelt wurde,
 - d) Festlegen eines Zeitfensters (21) anhand des errechneten Zeitpunkts (20) des Auslösens, innerhalb welchem die Nachverfolgung des Objekts (1) gestartet wird, wobei das Zeitfenster (21) als eine festgelegte Zeitdauer (22.1) vor dem errechneten Zeitpunkt (20) beginnend und als eine festgelegte Zeitdauer (22.2) nach dem errechneten Zeitpunkt (20) endend festgelegt ist, und
 - e) Starten der Nachverfolgung des Objekts (1) innerhalb des festgelegten Zeitfensters (21).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Bewegungsablauf ein Schlagen des Objekts (10) mit einem Schlagelement (3) umfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schritte a) bis d) kontinuierlich ausgeführt werden, um das Zeitfenster (21) zum Starten der Nachverfolgung kontinuierlich anzupassen.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt b) der Bewegungsablauf aus einer Abfolge von Haltungen (9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6) der Person (4) und/oder eines Schlagelements (3) bestimmt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt b) ein erfolgreiches Halten einer ersten Haltung (9.1), insbesondere einer Bereitschaftshaltung (11), über einen vordefinierten ersten Haltezeitraum (18.1) erkannt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach erfolgreichem Halten der ersten Haltung (9.1) ein Auflösen der ersten Haltung (9.1) innerhalb eines vordefinierten ersten Auflösezeitraums (19.1) und anschließend ein erfolgreiches Halten einer zweiten Haltung (9.3), insbesondere einer Vorbereitungshaltung (12), über einen vordefinierten zweiten Haltezeitraum (18.2) erkannt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach erfolgreichem Halten der zweiten Haltung (9.3) ein Auflösen der zweiten Haltung (9.3) innerhalb eines vordefinierten zweiten Auflösezeitraums (19.2) erkannt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt c) der Zeitpunkt (20) des Auslösens der Flugbahn (2) des Objekts (1) nach dem Auflösen der zweiten Haltung (9.3) errechnet wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus dem Bewegungsablauf und/oder aus einer Haltung (9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6) der Person (4) die Richtung der Flugbahn (2) ermittelt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt c) Bewegungsparameter, insbesondere die Geschwindigkeit, aus dem Bewegungsablauf der Person (4) ermittelt werden und der Zeitpunkt (20) des Auslösens der Flugbahn (2) des Objekts (1) aus den Bewegungsparametern errechnet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich zum Bewegungsablauf der Person (4) ein Bewegungsablauf eines Schlagelements (3) aus der Abfolge (5) von Bildern (6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6) bestimmt wird und, dass der Zeitpunkt (20) des Auftreffens des Schlagelements (3) auf dem Objekt (1) aus dem Bewegungsablauf der Person (4) und aus dem Bewegungsablauf des Schlagelements (3) errechnet wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Nachverfolgung der Flugbahn (2) des Objekts (1) eine festgelegte Zeitdauer vor dem errechneten Zeitpunkt (20) des Auslösens der Flugbahn (2) des Objekts (1) gestartet wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass zudem kontinuierlich ein Audio-Signal aufgezeichnet wird und dass das Starten der Nachverfolgung der Flugbahn (2) des Objekts (2) innerhalb des Zeitfensters (21) mit einem Ereignis im Audio-Signal, insbesondere einem Knall, synchronisiert wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Nachverfolgung der Flugbahn (2) des Objekts (1) in einem ausgewählten Bildbereich (23) gestartet wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Bildbereich (23) aus dem Bewegungsablauf der Person (4) und/oder aus der Richtung der Flugbahn (2) des Objekts (1) errechnet wird.
16. System aufweisend eine Rechneinheit und eine mit der Rechneinheit verbundene Kamera zur kontinuierlichen Aufzeichnung einer Abfolge (5) von Bildern (6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6), wobei die Rechneinheit dazu programmiert ist, ein Verfahren (100) zum Starten der Nachverfolgung der Flugbahn (2) eines Objekts (1), wobei die Flugbahn (2) des Objekts (1) von einer Person (4) durch einen Bewegungsablauf ausgelöst wird, gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15 auszuführen, und wobei die Kamera dazu ausgebildet ist, die Bilder (6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6) der Person (4) zu erfassen und an die Rechneinheit zu übertragen.
17. System nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass das System ein tragbarer Computer, insbesondere ein Smartphone, mit integrierter Kamera ist.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

1/4

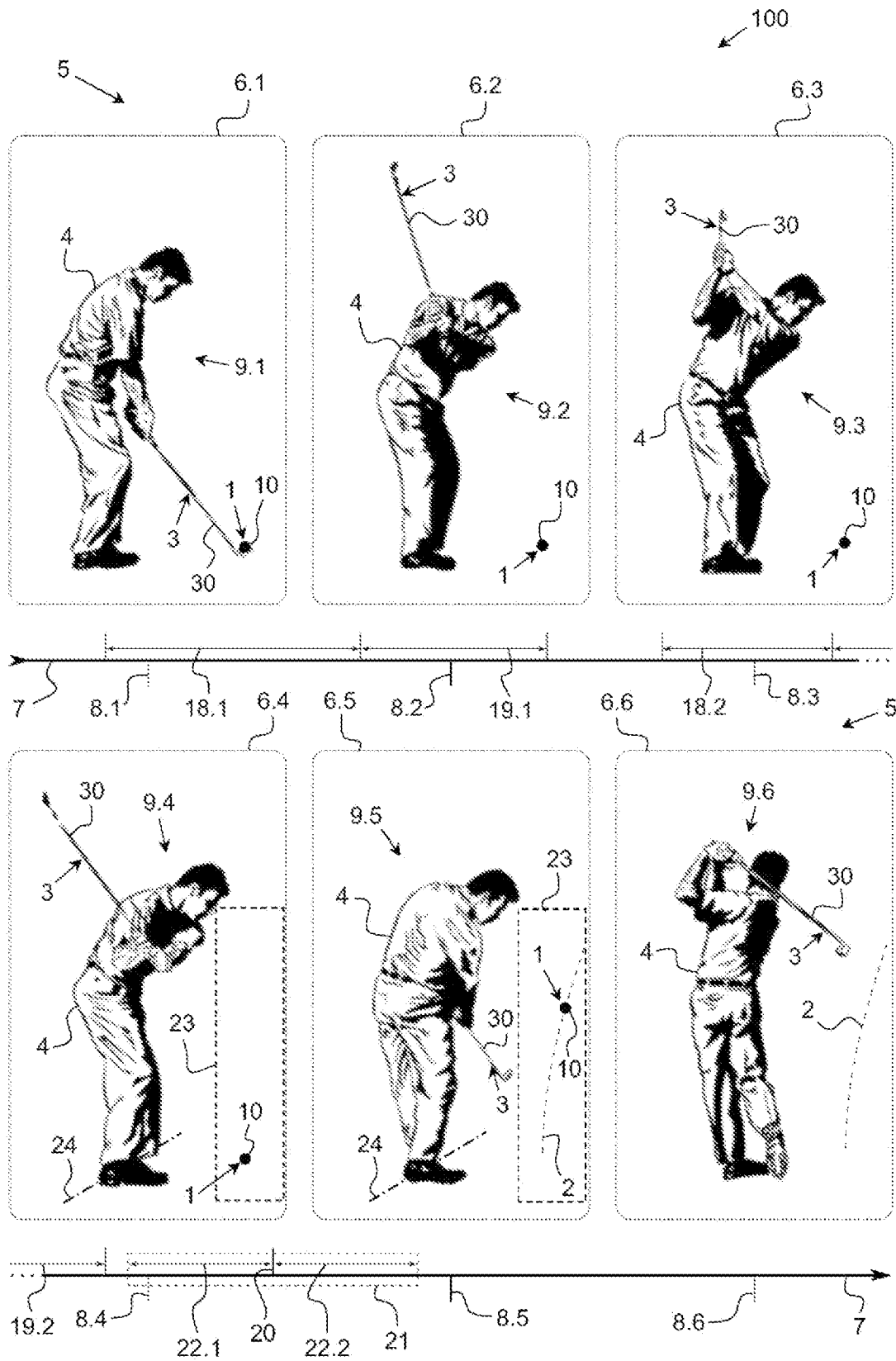


Fig. 1

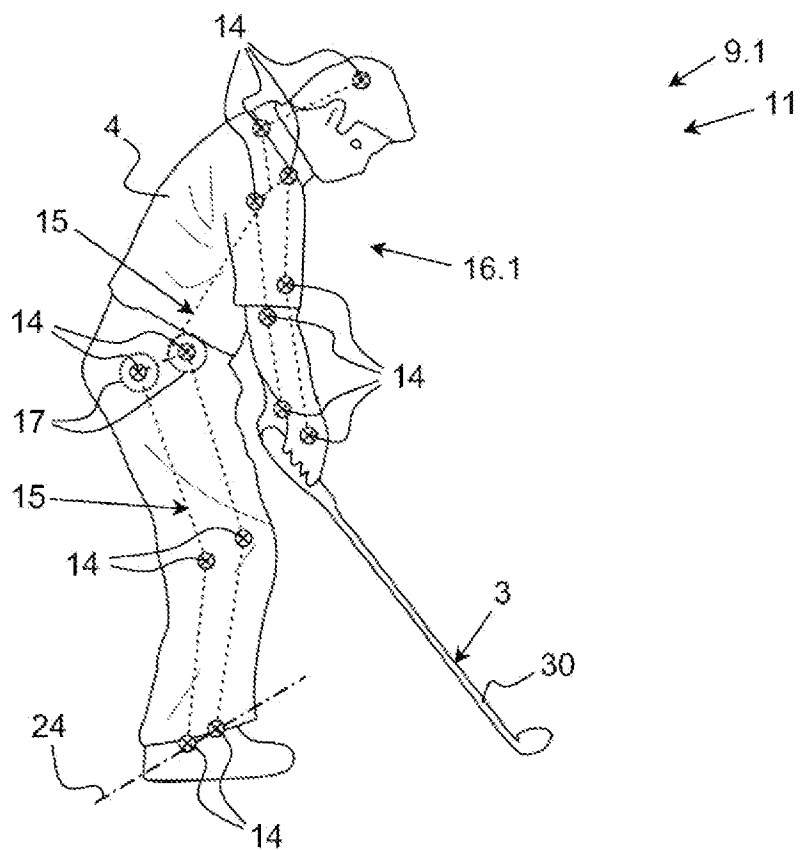


Fig. 2

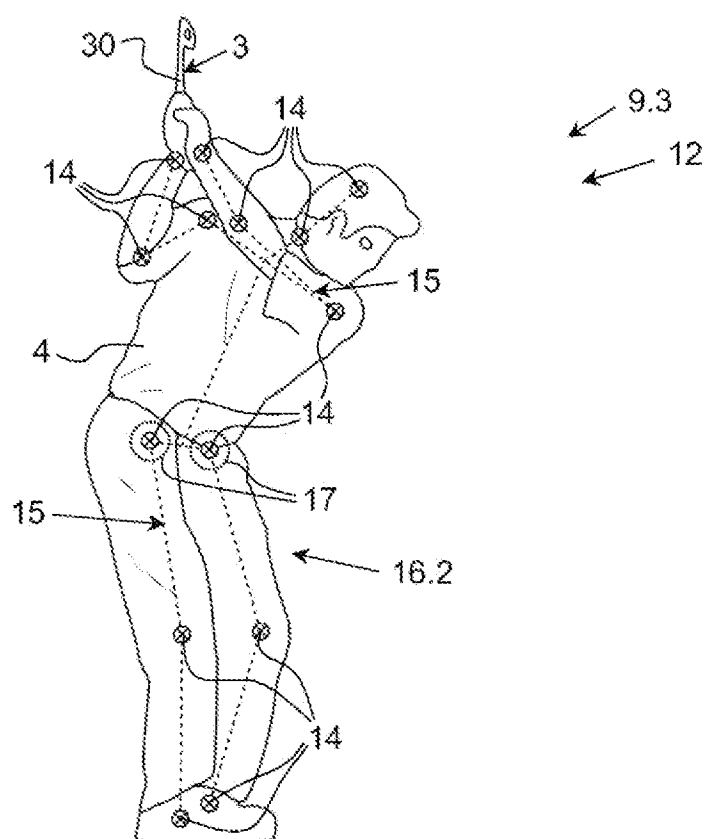


Fig. 3

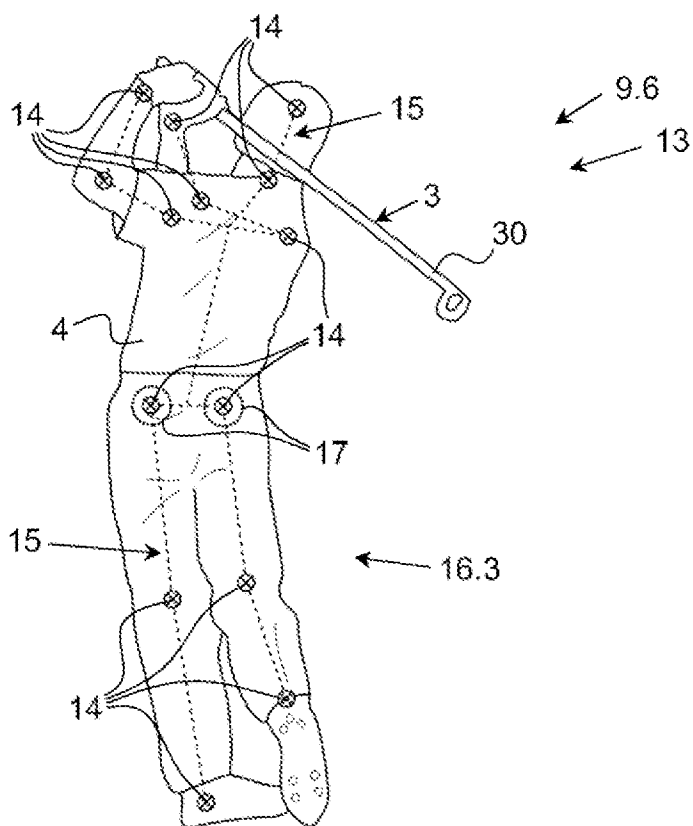


Fig. 4