



(10) DE 10 2023 125 530 A1 2025.03.20

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2023 125 530.4

(51) Int Cl.: **F41H 11/02 (2006.01)**

(22) Anmelddatag: 20.09.2023

**A63B 71/02 (2006.01)**

(43) Offenlegungstag: 20.03.2025

**B64U 101/05 (2023.01)**

**B64U 101/16 (2023.01)**

(71) Anmelder:

**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,  
Bonn, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	100 29 459	A1
DE	10 2015 003 323	A1
DE	10 2021 000 137	A1
US	11 673 664	B2
US	2017 / 0 355 461	A1
WO	2018/ 099 603	A1

(74) Vertreter:

**REHBERG HÜPPE + PARTNER Patentanwälte  
PartG mbB, 37073 Göttingen, DE**

(72) Erfinder:

**Rüter, Joachim, 38108 Braunschweig, DE;  
Ammann, Nikolaus, 38108 Braunschweig, DE**

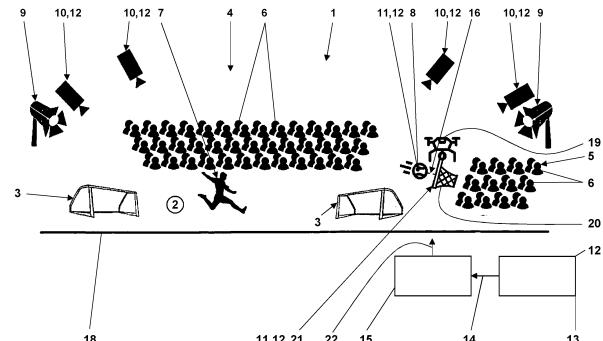
**Haye Kesteloo: Ball-catching drone is  
designed to blow your mind (mit Video) vom  
03.01.2028, <https://dronedj.com/2018/01/03/ball-catching-drone/> [abgerufen am 17.07.2024]**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Schutz von Zuschauern vor einem schnell fliegenden Ball, insbesondere Fußball**

(57) Zusammenfassung: Zum Schutz von Zuschauern (6) vor einem ein Spielfeld (2) mit hoher Geschwindigkeit verlassenden Ball, insbesondere Fußball (8), wird eine Ballbewegung (14) des Balls mit Hilfe mehrerer den Ball abbildender Kameras (10) und einer Sensorenreinrichtung (11) in dem Ball fortlaufend automatisch erfasst. Die fortlaufend erfasste Ballbewegung (14) wird fortlaufend automatisch untersucht, um zu erkennen, ob die erfasste Ballbewegung (14) auf einem Kollisionskurs (16) erfolgt, bei dessen ungehinderter Fortsetzung der Ball mit den Zuschauern (6) kollidieren wird. Dann, wenn erkannt wird, dass die erfasste Ballbewegung (14) auf einem Kollisionskurs (16) erfolgt, wird eine Sackeintrittsöffnung (21) eines den Ball aufnehmenden Ballfangsacks (20) mit einem unbemannten Luftfahrzeug (19) automatisch quer zu dem Kollisionskurs (16) ausgerichtet und auf dem Kollisionskurs (16) positioniert, um den Ball in dem Ballfangsack (20) aufzufangen.



**Beschreibung****TECHNISCHES GEBIET DER ERFINDUNG**

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Schutz von Zuschauern vor einem ein Spielfeld mit hoher Geschwindigkeit verlassenden Ball, insbesondere Fußball.

**[0002]** Die Gefahr einer Verletzung von Zuschauern durch einen ein Spielfeld mit hoher Geschwindigkeit verlassenden Ball ist durchaus erheblich. Dies gilt insbesondere für den Fall, dass es sich um einen Fußball handelt, der eine sehr hohe Geschwindigkeit und entsprechend eine hohe Auftreffenergie erreichen kann.

**STAND DER TECHNIK**

**[0003]** Zum Schutz von Zuschauern vor einem ein Spielfeld mit hoher Geschwindigkeit verlassenden Ball, insbesondere Fußball, sind Ballfangnetze bekannt, die insbesondere hinter Toren am Spielfeldrand aufgehängt werden, also in den Bereichen, in denen die größte Wahrscheinlichkeit besteht, dass ein Ball das jeweilige Spielfeld mit hoher Geschwindigkeit verlässt. Diese Ballfangnetze sind aber nur genau dann wirksam, wenn sie auch die Sicht der Zuschauer auf das Spielfeld behindern. Am seitlichen Spielfeldrand sind sie nicht üblich. Hier ist zwar die Wahrscheinlichkeit eines das Spielfeld mit hoher Geschwindigkeit verlassenden Balls geringer, aber dadurch ist die Gefahr von Verletzungen der Zuschauer nicht null.

**[0004]** Aus der US 2017/0 355 461 A1 ist eine Fangdrohne bekannt, bei der es sich um ein unbemanntes Flugobjekt handelt, welches ein Fangnetz zum Fangen von anderen Objekten in der Luft aufweist. Das Fangnetz ist ein flächiges Netz, in dem sich Rotoren einer anderen Drohne verfangen, die auf diese Weise in dem Fangnetz gefangen wird. Zum Schutz von Zuschauern vor einem ein Spielfeld mit hoher Geschwindigkeit verlassenden Ball ist die bekannte Fangdrohne weder vorgesehen, noch geeignet.

**[0005]** Aus der DE 10 2021 000 137 A1 ist ein Netzträger für eine Fangdrohne bekannt, der eine Verbindungseinrichtung zur Fangdrohne, eine mechanische Einrichtung und ein Fangnetz aufweist. Das Fangnetz ist aus einer Transportstellung in eine einsatzfähige Stellung überführbar, wobei das Fangnetz in seiner Transportstellung zusammengelegt und in seiner einsatzfähigen Stellung ausgebreitet ist. In der einsatzfähigen Stellung ist das Fangnetz von der mechanischen Einrichtung lösbar. In seiner einsatzfähigen Stellung ist Fangnetz flächig ausgebreitet und wird dann gleichzeitig von ausgefahrenen Teleskoparmen der mechanischen Einrichtung gelöst. Auch eine mit dem bekannten Netzträger aus-

gerüstete Fangdrohne ist zum Schutz von Zuschauern vor einem ein Spielfeld mit hoher Geschwindigkeit verlassenden Ball weder vorgesehen, noch geeignet. Der bekannte Netzträger ist für einen Multikopter zur Drohnenabwehr vorgesehen.

**[0006]** Aus der US 11 673 664 B2 ist ein System zum Neutralisieren von Luftfahrzeugen bekannt, das eine Mehrzahl von unbemannten Abwehrluftfahrzeugen und ein Luftfahrzeugerkennungssystem umfasst. Das Erkennungssystem erkennt abzuwehrende Luftfahrzeuge im Flug. Das System umfasst weiterhin eine Abwehrmaßnahme in Form eines Netzes, das die Mehrzahl der unbemannten Abwehrluftfahrzeuge miteinander verbindet und das mit den umbenannten Abwehrluftfahrzeugen aufgespannt werden kann, um die abzuwehrenden unbemannten Luftfahrzeuge abzufangen. Im aufgespannten Zustand kann das Netz ein flächiges Netz oder ein zaunförmig um ein zu schützendes Objekt herum aufgespanntes Netz sein. Auch dieses System ist nicht zum Schutz von Zuschauern von einem ein Spielfeld mit hoher Geschwindigkeit verlassenden Ball vorgesehen. Um es hierfür zu ertüchtigen, müssten sehr viele unbemannte Abwehrluftfahrzeuge vorgesehenen sein, um ein sehr großes, sich um das Spielfeld herum erstreckendes Netz genau dann hochzuziehen, wenn ein Ball droht, das Spielfeld zu verlassen. Das Luftfahrzeugerkennungssystem scheint nicht geeignet zu sein, um die Gefahr eines das Spielfeld verlassenden Balls hierfür rechtzeitig genug zu erkennen.

**AUFGABE DER ERFINDUNG**

**[0007]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Schutz von Zuschauern vor einem ein Spielfeld mit hoher Geschwindigkeit verlassenden Ball, insbesondere Fußball, aufzuzeigen.

**LÖSUNG**

**[0008]** Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 und durch eine Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens mit den Merkmalen des Patentanspruchs 8 gelöst. Die abhängigen Patentansprüche betreffen bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

**BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG**

**[0009]** Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Schutz von Zuschauern vor einem ein Spielfeld mit hoher Geschwindigkeit verlassenden Ball, insbesondere Fußball, wird eine Ballbewegung des Balls mit Hilfe mehrerer den Ball abbildenden Kameras und einer Sensoreinrichtung in dem Ball fortlaufend

automatisch erfasst. Zum Erfassen der Ballbewegung des Balls werden also von extern mit Hilfe der Kameras gewonnene Informationen und von intern mit Hilfe der Sensoreinrichtung in dem Ball gewonnene Informationen verwendet. Diese beiden Arten von Informationen stehen beispielsweise in einem modernen Fußballstadion zur Verfügung, wenn darin mit einem sogenannten intelligenten Fußball gespielt wird, wie er beispielsweise bei der WM 2022 in Katar zum Einsatz gekommen ist. Anders gesagt kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Ballbewegung mit denselben Techniken erfasst werden, wie sie eingesetzt werden, um das Einhalten der Spielregeln zu erfassen und das Spiel in sportlicher Hinsicht statistisch auszuwerten. Beim Erfassen der Ballbewegung aus den Bildern der Kameras und dem Signal der Sensoreinrichtung in dem Ball kann künstliche Intelligenz zum Einsatz kommen.

**[0010]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die fortlaufend erfasste Ballbewegung fortlaufend automatisch untersucht, um zu erkennen, ob die erfasste Ballbewegung auf einem Kollisionskurs erfolgt, bei dessen ungehinderter Fortsetzung der Ball mit den Zuschauern kollidieren wird. Auch und insbesondere das Erkennen, ob die erfasste Ballbewegung auf einem Kollisionskurs erfolgt, kann mit Unterstützung von künstlicher Intelligenz erfolgen. Wenn durch einen solchen Kollisionskurs die Gefahr einer Verletzung der Zuschauer besteht, wird eine Sackeintrittsöffnung eines den Ball aufnehmenden Ballfangsacks mit einem unbemannten Luftfahrzeug automatisch quer zu dem Kollisionskurs ausgerichtet und auf dem Kollisionskurs positioniert, um den Ball in dem Ballfangsack aufzufangen. Durch die Erfassung der Ballbewegung sowohl mit Hilfe für den Ball von extern abbildenden Kameras als auch der Sensoreinrichtung in dem Ball kann die Ballbewegung so frühzeitig und so genau erfasst werden und so frühzeitig festgestellt werden, dass die erfasste Ballbewegung auf einem Kollisionskurs erfolgt, dass der Ballfangsack mit seiner Sackeintrittsöffnung noch rechtzeitig mit dem unbemannten Luftfahrzeug auf dem Kollisionsfahrzeug angeordnet werden kann, um den Ball in dem Ballfangsack aufzufangen. Damit ist die Gefahr einer Verletzung der Zuschauer beseitigt. Es versteht sich, dass das Luftfahrzeug mit dem Ballfangsack eine ausreichend große Masse und Flugstabilität aufweisen muss, damit der in dem Ballfangsack aufgefangene Ball, d. h. sein Impuls, das Luftfahrzeug nicht destabilisiert und in die Zuschauer hinein beschleunigt oder zum Absturz bringt. Dies ist jedoch mit einer beispielsweise um mindestens das Zehnfache größeren Masse des unbemannten Luftfahrzeugs samt des Ballauffang-sacks und auch dadurch realisierbar, dass das Luftfahrzeug mit dem Auffangsack dem aufzufangenden Ball entgegenfliegt und so einen entgegengesetzten Impuls aufweist.

**[0011]** Wichtig neben den Tatsachen, dass der Ballfangsack mit seiner Sackeintrittsöffnung rechtzeitig auf dem Kollisionskurs angeordnet wird und dafür Sorge getragen wird, dass der aufgefangene Ball das unbemannte Luftfahrzeug mit dem Ballfangsack nicht destabilisiert, ist, dass der Ball in dem Ballfangsack sicher aufgefangen wird und nicht etwa ein Risiko besteht, dass der Ball von dem Ballauffang-sack unkontrolliert abgelenkt wird. Daher ist unter dem Ballfangsack ein Sack, beispielsweise ein sackartiges Netz, zu verstehen, der bzw. das eine sich von der Sackeintrittsöffnung weg erstreckende Tiefe von allermindestens der Höhe der Sackeintrittsöffnung, vorzugsweise von mindestens dem Doppelten der Höhe der Sackeintrittsöffnung und noch mehr bevorzugt von mindestens dem Dreifachen der Höhe der Sackeintrittsöffnung aufweist. Zudem ist der Ballfangsack so zu verstehen, dass er aus einem flexiblen Material, insbesondere dem Netz ausgebildet ist, das vorzugsweise ungespannt an die Sackeintrittsöffnung anschließt, so dass es erst beim Auffangen des Balls in Richtung von der Sackeintrittsöffnung weg gestreckt wird. Auf diese Weise wird ein Abprallen des Balls unter Wiederheraustreten aus der Sackeintrittsöffnung verhindert. Vielmehr wird der Ball abgebremst und fällt mit dem Ballfangsack hinter der Sackeintrittsöffnung nach unten, so dass er in dem Ballfangsack gefangen ist.

**[0012]** Der derart in dem Ballfangsack eingefangene Ball kann in dem Ballfangsack mit dem Luftfahrzeug zu einer Abgabestation geflogen werden, um mit dem Ball sofort weiter auf dem Spielfeld zu spielen. Typischerweise sind aber mehrere Bälle verfügbar, so dass statt des eingefangenen Balls vorübergehend mit einem anderen Ball weitergespielt werden kann, bis der eingefangene Ball für einen nächsten Austausch zur Verfügung steht.

**[0013]** Vorzugsweise wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren mit Hilfe der Sensoreinrichtung ein Drall des Balls fortlaufend automatisch erfasst, um dessen Einfluss auf die Ballbewegung des Balls fortlaufend automatisch zu berücksichtigen. Die Erfassung des Dralls des Balls ist etwas, was mit der Sensoreinrichtung in dem Ball sehr viel schneller gelingt als durch das Erfassen der Ballbewegung mit den Kameras, die den Ball abbilden. Der mit der Sensoreinrichtung erfasste Drall des Balls kann so sehr viel schneller bei der Erfassung der Ballbewegung berücksichtigt werden und so die Ballbewegung früher genauer erfasst werden. Auch Beschleunigungen des Balls können mit Hilfe der Sensoreinrichtung schneller erfasst werden als durch Beobachten des Balls mit den Kameras. Außerdem kann mit Hilfe der Sensoreinrichtung sehr schnell festgestellt werden, ob die Ballbewegung des Balls bereits stabil ist oder noch Änderungen der Ballbewegung ohne direkte externe Einwirkung auf den Ball von außen zu erwarten sind.

**[0014]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann das Luftfahrzeug mit laufendem Antrieb vorgehalten werden und/oder aus einer gegenüber den Zuschauern erhöhten Position zu dem Kollisionskurs hin geflogen werden und/oder mit einer externen Beschleunigungseinrichtung zu dem Kollisionskurs hin beschleunigt werden, um die Zeit zu verkürzen, die benötigt wird, um die Sackeintrittsöffnung mit dem unbemannten Luftfahrzeug auf dem Kollisionskurs zu positionieren. Diese Zeit wird auch dadurch verkürzt, dass das jeweilige unbemannte Luftfahrzeug nicht weit fliegen muss. Dies kann dadurch sichergestellt werden, dass an einem Spielfeldrand mehrere Luftfahrzeuge mit Fangsäcken vorgehalten werden.

**[0015]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann jedes Luftfahrzeug an Führungsseilen geführt sein und so insbesondere einen durch die Führungsseile begrenzten Flugradius aufweisen, der sicherstellt, dass das Luftfahrzeug auch im Falle einer vollständigen Destabilisierung oder eines Absturzes nicht zu den Zuschauern gelangen kann. Alternativ oder zusätzlich kann das Luftfahrzeug über eine elektrische Leitung von einer Bodenstation mit elektrischer Energie versorgt werden, dies ermöglicht es, das Luftfahrzeug dauerhaft in einer schon fliegenden Position vorzuhalten, weil die Flugzeit des unbemannten Luftfahrzeugs nicht durch eine Batteriekapazität begrenzt ist.

**[0016]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann die fortlaufend erfasste Ballbewegung weiterhin fortlaufend automatisch untersucht werden, um zu erkennen, ob die erfasste Ballbewegung auf einem Objektkollisionskurs erfolgt, bei dessen ungehinderter Fortsetzung der Ball mit sensiblen Objekten am Spielfeldrand kollidieren wird. Wenn dabei erkannt wird, dass die erfasste Ballbewegung auf einem Objektkollisionskurs erfolgt, wird die Sackeintrittsöffnung des den Ball aufnehmenden Ballfangsacks ebenfalls mit dem unbemannten Luftfahrzeug automatisch quer zu dem Kollisionskurs ausgerichtet und auf dem Kollisionskurs angeordnet, um den Fall in dem Ballfangsack aufzufangen. Das erfindungsgemäße Verfahren wird dann nicht nur zum Schutz der Zuschauer, sondern auch zum Schutz der sensiblen Objekte außerhalb des Spielfelds genutzt. Diese Doppelnutzung verringert nicht den Schutz der Zuschauer, weil nur die Ballbewegungen eines Balls erfasst werden und derselbe Ball entweder zum Schutz der Zuschauer oder zum Schutz eines sensiblen Objekts in dem Ballfangsack aufgefangen wird. Die auf diese Weise geschützten sensiblen Objekte können beispielsweise Kameras, Scheinwerfer, Lautsprecher und Mikrofone, aber auch Menschen, wie Ordner, Trainer oder Reservespieler am Spielfeldrand sein. Die sensiblen Objekte können weiterhin sowohl stationäre Objekte als auch bewegliche Objekte sein, wobei im letzteren Fall zusätzlich

die üblicherweise im Vergleich zu der Ballbewegung langsame Objektbewegung der sensiblen Objekte mit Hilfe der Kameras zu erfassen ist.

**[0017]** Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch dahingehend erweitert werden, dass die Bilder der Kameras auf gefährliche Objekte hin analysiert werden, die von außerhalb mit hoher Geschwindigkeit in das Spielfeld gelangen, um auch diese gefährlichen Objekte, insbesondere Wurfgeschosse in Form von Steinen oder Flaschen, in dem Ballfangsack aufzufangen. Dazu ist die jeweilige Objektbewegung des gefährlichen Objekts mit Hilfe der Kameras zu erfassen und, insbesondere nachdem die Objektbewegung daraufhin analysiert wurde, ob sie mit der Gefahr einer Kollision mit einem Spieler auf dem Spielfeld verbunden ist, das unbemannte Luftfahrzeug mit dem Ballfangsack auf dem Objektkollisionskurs zu positionieren. Bei dieser Erweiterung fehlt zwar die zusätzliche Information von einer Sensorreinrichtung in dem Objekt und auch das Objekt muss zunächst als Wurfgeschoss aus den Bildern der Kameras identifiziert werden. Umgekehrt ist zumindest die Startgeschwindigkeit eines solchen Wurfgeschosses in aller Regel geringer als die Startgeschwindigkeit eines geschossenen Fußballs, selbst wenn die Geschwindigkeit eines Wurfgeschosses beim Fall von den Rängen eines Stadions bis auf das Spielfeld durch die Erdbeschleunigung zunimmt. So erscheint es auch möglich, derartige Wurfgeschosse mit dem erfindungsgemäßen Verfahren abzufangen.

**[0018]** Eine Beurteilung des Gefährdungspotentials eines Wurfgeschosses, insbesondere aufgrund seiner Masse, aber auch aufgrund seiner Form, kann mit Hilfe künstlicher Intelligenz erfolgen. Das Gefährdungspotential rangiert grundsätzlich zwischen demjenigen einer Papierschwalbe und demjenigen eines massiven Wurfgeschosses mit scharfen Kanten. Bei einem Wurfgeschoss mit sehr hohem Gefährdungspotential kann auch ein Abfangversuch gestartet werden, der das unbemannte Luftfahrzeug gefährdet, wenn damit das Gefährdungspotential durch das Luftgeschoss zumindest erheblich reduziert wird.

**[0019]** Eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Schutz von Zuschauern vor einem ein Spielfeld mit hoher Geschwindigkeit verlassenen Ball, insbesondere Fußball, weist eine Ballbewegungserfassungseinrichtung auf, die mehrere den Ball abbildende Kameras und eine Sensoreinrichtung in den Ball umfasst und dazu ausgebildet ist, die Ballbewegung des Balls fortlaufend zu erfassen. Weiterhin umfasst die Vorrichtung eine Ballbewegungsanalyseeinrichtung, die dazu ausgebildet ist, die von der Ballbewegungserfassungseinrichtung erfasste Ballbewegung fortlaufend darauf zu untersuchen, ob die erfasste Ballbe-

wegung auf einem Kollisionskurs erfolgt, bei dessen ungehinderter Fortsetzung der Ball mit einem Sicherheitsbereich kollidieren wird. Weiterhin umfasst die Vorrichtung eine Ballauffangeinrichtung, die eine mit einem unbemannten Luftfahrzeug ausrichtbaren und positionierbaren Ballfangsack aufweist und dazu ausgebildet ist, dann, wenn die Ballbewegungsanalyseeinrichtung erkannt hat, dass die erfasste Ballbewegung auf einem Kollisionskurs erfolgt, eine Sackeintrittsöffnung des Ballfangsacks mit dem unbemannten Luftfahrzeug quer zu dem Kollisionskurs auszurichten und auf dem Kollisionskurs zu positionieren.

**[0020]** Die Ballbewegungserfassungseinrichtung ist vorzugsweise dazu ausgebildet, mit Hilfe der Sensoranordnung einen Drall des Balls fortlaufend zu erfassen, um dessen Einfluss auf die Ballbewegung des Balls fortlaufend automatisch zu berücksichtigen.

**[0021]** Die Ballauffangeinrichtung ist vorzugsweise dazu ausgebildet, das Luftfahrzeug mit laufendem Antrieb vorzuhalten und/oder aus einer gegenüber den Zuschauern erhöhten Position zu dem Kollisionskurs hin zu fliegen und/oder mit einer externen Beschleunigungseinrichtung zu dem Kollisionskurs hin zu beschleunigen. Die externe Beschleunigungseinrichtung kann beispielsweise eine Abwurfeinrichtung sein, die das unbemannte Luftfahrzeug samt Ballauffangsack mit Federkraft in die Luft wirft.

**[0022]** Weiterhin weist die Ballauffangeinrichtung vorzugsweise mehrere an einem Spielfeldrand des Spielfelds verteilte angeordnete Luftfahrzeuge mit Fangsäcken auf.

**[0023]** Weiterhin kann das Luftfahrzeug der Ballauffangeinrichtung an Führungsseilen geführt und/oder über eine elektrische Leitung von einer Bodenstation der Ballauffangeinrichtung mit elektrischer Energie versorgt werden.

**[0024]** Der Ballfangsack kann ein Sacknetz aufweisen. Alternativ oder zusätzlich kann der Ballfangsack an dem Luftfahrzeug entfaltbar sein. Insbesondere kann die Sackeintrittsöffnung an dem Luftfahrzeug aufweitbar sein. Der Ballfangsack kann so seine größten Abmessungen erst dann erreichen, wenn er sich bereits auf dem Kollisionskurs befindet, so dass ein größerer Strömungswiderstand des entfalteten Ballfangsacks keine Rolle mehr spielt.

**[0025]** Um den aufgefangenen Ball in dem Ballfangsack zu halten, kann dieser eine Mindesttiefe von einem Doppelten der maximalen Höhe der Sackeintrittsöffnung von der Sackeintrittsöffnung weg und/oder eine den einmal in den Ballfangsack eingetretenen Ball zurückhaltende Reuse aufweisen. Die Sackeintrittsöffnung kann insbesondere elliptisch

mit annähernd gleichgroßen Hauptachsen, also insbesondere kreisförmig sein. Die Sackeintrittsöffnung wird vorzugsweise derart quer zu dem Kollisionskurs des Balls angeordnet, dass eine lokale Tangente des Kollisionskurses senkrecht zu der Sackeintrittsöffnung verläuft. Ein kleiner Winkel von +/- 15 ° zwischen der Tangente und der Hauptstreckungsebene der Sackeintrittsöffnung ist aber irrelevant.

**[0026]** Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Patentansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

**[0027]** Die in der Beschreibung genannten Vorteile von Merkmalen und von Kombinationen mehrerer Merkmale sind lediglich beispielhaft und können alternativ oder kumulativ zur Wirkung kommen, ohne dass die Vorteile zwingend von erfindungsgemäßen Ausführungsformen erzielt werden müssen.

**[0028]** Hinsichtlich des Offenbarungsgehalts - nicht des Schutzbereichs - der ursprünglichen Anmeldungsunterlagen und des Patents gilt Folgendes: Weitere Merkmale sind den Zeichnungen - insbesondere den dargestellten Geometrien und den relativen Abmessungen mehrerer Bauteile zueinander sowie deren relativer Anordnung und Wirkverbindung - zu entnehmen. Die Kombination von Merkmalen unterschiedlicher Ausführungsformen der Erfindung oder von Merkmalen unterschiedlicher Patentansprüche ist ebenfalls abweichend von den gewählten Rückbeziehungen der Patentansprüche möglich und wird hiermit angeregt. Dies betrifft auch solche Merkmale, die in separaten Zeichnungen dargestellt sind oder bei deren Beschreibung genannt werden. Diese Merkmale können auch mit Merkmalen unterschiedlicher Patentansprüche kombiniert werden. Ebenso können in den Patentansprüchen aufgeführte Merkmale für weitere Ausführungsformen der Erfindung entfallen, was aber nicht für die unabhängigen Patentansprüche des erteilten Patents gilt.

**[0029]** Die in den Patentansprüchen und der Beschreibung genannten Merkmale sind bezüglich ihrer Anzahl so zu verstehen, dass genau diese Anzahl oder eine größere Anzahl als die genannte Anzahl vorhanden ist, ohne dass es einer expliziten Verwendung des Adverbs „mindestens“ bedarf. Wenn also beispielsweise von einem Luftfahrzeug die Rede ist, ist dies so zu verstehen, dass genau ein Luftfahrzeug, zwei Luftfahrzeuge oder mehr Luftfahrzeuge vorhanden sind. Die in den Patentansprüchen angeführten Merkmale können durch weitere Merkmale ergänzt werden oder die einzigen Merkmale sein, die der Gegenstand des jeweiligen Patentanspruchs aufweist.

**[0030]** Die in den Patentansprüchen enthaltenen Bezugssymbole stellen keine Beschränkung des Umfangs der durch die Patentansprüche geschütz-

ten Gegenstände dar. Sie dienen lediglich dem Zweck, die Patentansprüche leichter verständlich zu machen.

#### KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

**[0031]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand in den Figuren dargestellter bevorzugter Ausführungsbeispiele weiter erläutert und beschrieben.

**Fig. 1** zeigt schematisch ein Fußballstadion mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Schutz von Zuschauern in dem Fußballstadion vor einem ein Spielfeld in dem Fußballstadion mit hoher Geschwindigkeit verlassenden Fußball in einer Ausgangssituation.

**Fig. 2** zeigt das Fußballstadion mit der Vorrichtung in einer Situation, in der sich der Fußball auf einem Kollisionskurs befindet, und

**Fig. 3** zeigt das Fußballstadion mit der Vorrichtung beim Auffangen des Fußballs mit einem Ballfangsack, bevor dieser die Zuschauer in dem Fußballstadion erreicht.

#### FIGURENBESCHREIBUNG

**[0032]** Das in **Fig. 1** schematisch dargestellte Fußballstadion 1 weist ein Spielfeld 2 zwischen zwei Toren 3 auf. Um das Spielfeld 2 herum sind Zuschauerränge 4 und 5 angeordnet, die mit Zuschauern 6 besetzt sind. Auf dem Spielfeld 2 spielen Fußballspieler 7, von denen **Fig. 1** nur einen zeigt, mit einem Fußball 8. Wenn der Fußball 8 von einem Spieler 7 mit hoher Geschwindigkeit in Richtung der Zuschauerränge 4 und 5 geschossen wird, besteht die Gefahr, dass er dort einen der Zuschauer 6 verletzt. Diese Gefahr ist insbesondere bei den Zuschauerrängen 5 hinter den Toren 3 gegeben. In dem Fußballstadion 1 wird das Spielfeld 2 mit Scheinwerfern 9 ausgeleuchtet. Mit mehreren Kameras 10 wird das Fußballspiel auf dem Spielfeld 2 beobachtet. Dabei können die Kameras 10 jeweils fest montiert sein und das gesamte Spielfeld 2 erfassen oder beweglich und hinsichtlich ihrer Bewegung so gesteuert sein, dass sie einer Ballbewegung des Fußballs 8 folgen. Die Erfassung der Ballbewegung erfolgt auch, um die Einhaltung der Spielregeln beim Fußballspiel zu überwachen. Zusätzlich wird die Ballbewegung des Fußballs 8 mit Hilfe einer Sensoreinrichtung 11 in dem Fußball 8 erfasst, der entsprechende, nicht separat dargestellte Empfängereinrichtungen zum Empfang von drahtlos übermittelten Signalen von der Sensoreinrichtung 11 zugeordnet sind. Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist diese Empfangseinrichtungen in eine Ballbewegungserfassungseinrichtung 12 integriert, die neben den Kameras 10 und der Sensoreinrichtung 11 eine Zentraleinheit 13 umfasst. Die von der

Ballbewegungserfassungseinrichtung 12 erfasste Ballbewegung 14 wird von einer Ballbewegungsanalyseeinrichtung 15 analysiert, insbesondere fortlaufend darauf untersucht, ob die erfasste Ballbewegung 14 auf einem Kollisionskurs 16 erfolgt, bei dessen ungehinderter Fortsetzung der Fußball 8 mit einem Sicherheitsbereich kollidieren wird. Der Sicherheitsbereich schließt dabei insbesondere die Zuschauerränge 4 und 5 aber auch die Bereiche sensibler Objekte, wie der Scheinwerfer 9 und der Kameras 10, ein. Wenn ein solcher Kollisionskurs 16 erkannt wird, werden den Kollisionskurs 16 beschreibende Daten 22 an eine Ballauffangeinrichtung 17 übermittelt, die ein zunächst am Boden 18 befindliches unbemanntes Luftfahrzeug 19 umfasst, das einen zunächst zusammengelegten Ballfangsack 20 trägt.

**[0033]** Auf die Übermittlung des Kollisionskurses hin steigt das unbemannte Luftfahrzeug 19 auf und entfaltet den Ballfangsack 20, wobei sich eine Sackeintrittsöffnung 21 vergrößert. Dies ist in **Fig. 2** skizziert.

**[0034]** Mit dem Luftfahrzeug 19 wird dann die Sackeintrittsöffnung 21 des Ballfangsacks 20 quer zu dem Kollisionskurs 16 ausgerichtet und auf den Kollisionskurs 16 positioniert, wie dies in **Fig. 3** gezeigt ist, um den Fußball 8 vor dem hier auf dem Kollisionskurs 16 befindlichen Zuschauerrang 5 in den Ballfangsack 20 aufzufangen. Dabei kann die finale Bewegung des Luftfahrzeugs 19 der Bewegung des Fußballs 8 auf den Kollisionskurs 16 entgegengerichtet sein, um dessen Impuls zu kompensieren.

**[0035]** Beispielsweise bremst ein Fußball 8, der mit einer Geschwindigkeit von  $120 \text{ km/h} = 33,3 \text{ m/s}$  geschossen wird und der mit einem dem Fußball 8 mit 5 m/s entgegenfliegenden Luftfahrzeug 19, das eine zehnmal so große Masse wie der Fußball 8 aufweist, abgefangen wird, die Geschwindigkeit des Luftfahrzeugs 19 um 3,2 m/s ab, so dass sich das Luftfahrzeug 19 mit dem eingefangenen Fußball 8 noch mit 1,8 m/s in seiner ursprünglichen Richtung entgegen dem Kollisionskurs 16 bewegt.

**[0036]** Um die Zeit zu verkürzen, die das Luftfahrzeug 19 braucht, um die Sackeintrittsöffnung 21 auf dem Kollisionskurs 16 zu positionieren, kann das Luftfahrzeug 19 in einer bereits gegenüber dem Boden 18 angehobenen Position vorgehalten werden oder von einer oberhalb der Zuschauerränge 4 und 5 befindlichen Ausgangsposition herunterfliegen. Auch eine Wurfeinrichtung zur mechanischen Beschleunigung des Luftfahrzeugs 19, d. h. beispielsweise zum Hochwerfen des Luftfahrzeugs 19 vom Boden 18, ist möglich. Weiterhin können mehrere Luftfahrzeuge 19 mit Ballfangsäcken 20 am Rand des Spielfelds 2 positioniert werden, um jeweils

nur kurze Flugstrecken zu einem Kollisionskurs 16 zurücklegen zu müssen.

**[0037]** Die Flugzeit des Luftfahrzeugs 19 zu dem Kollisionskurs 16 ist der zeitkritische Aspekt für das Funktionieren der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des damit durchgeführten erfindungsgemäßen Verfahrens zum Schutz der Zuschauer 6 vor dem das Spielfeld 2 mit hoher Geschwindigkeit verlassenden Fußball 8. Das Erfassen der Ballbewegung 14 des Fußballs 8 benötigt auch bei den kritischen hohen Geschwindigkeiten des Balls weniger als 0,1 s. Für das Abfangen des Fußballs nach einem Schuss im Abstand von ca. 10 m vom Spielfeldrand, der seinerseits ca. 10 m von den Zuschauerrängen 4, 5 entfernt ist, wobei der Fußball 8 die Gesamtentfernung von ca. 20 m mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von nicht mehr 100 km/h = 28 m/s zurücklegt, sind etwa 0,7 s Zeit. Entsprechend muss der Ballfangsack 20 mit seiner Sackeintrittsöffnung 21 spätestens in 0,6 s auf dem Kollisionskurs 16 positioniert sein. Dies ist mit bekannten Drohnen hoher Steig- bzw. Fallbeschleunigung realisierbar.

#### BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Fußballstadion
- 2 Spielfeld
- 3 Tor
- 4 Zuschauerrang
- 5 Zuschauerrang
- 6 Zuschauer
- 7 Spieler
- 8 Fußball
- 9 Scheinwerfer
- 10 Kamera
- 11 Sensoreinrichtung
- 12 Ballbewegungserfassungseinrichtung
- 13 Zentraleinheit
- 14 Ballbewegung
- 15 Ballbewegungsanalyseeinrichtung
- 16 Kollisionskurs
- 17 Ballauffangeinrichtung
- 18 Boden
- 19 unbemanntes Luftfahrzeug
- 20 Ballfangsack
- 21 Sackeintrittsöffnung
- 22 Daten zum Kollisionskurs 16

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- US 2017/0 355 461 A1 [0004]
- DE 10 2021 000 137 A1 [0005]
- US 11 673 664 B2 [0006]

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Schutz von Zuschauern (6) vor einem ein Spielfeld (2) mit hoher Geschwindigkeit verlassenden Ball, insbesondere Fußball (8), - wobei eine Ballbewegung (14) des Balls mit Hilfe - mehrerer den Ball abbildenden Kameras (10) und - einer Sensoreinrichtung (11) in dem Ball fortlaufend automatisch erfasst wird, - wobei die fortlaufend erfasste Ballbewegung (14) fortlaufend automatisch untersucht wird, um zu erkennen, ob die erfasste Ballbewegung (14) auf einem Kollisionskurs (16) erfolgt, bei dessen ungehinderter Fortsetzung der Ball mit den Zuschauern (6) kollidieren wird, und - wobei dann, wenn erkannt wird, dass die erfasste Ballbewegung (14) auf einem Kollisionskurs (16) erfolgt, eine Sackeintrittsöffnung (21) eines den Ball aufnehmenden Ballfangsacks (20) mit einem unbemannten Luftfahrzeug (19) automatisch quer zu dem Kollisionskurs (16) ausgerichtet und auf dem Kollisionskurs (16) positioniert wird, um den Ball in dem Ballfangsack (20) aufzufangen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei mit Hilfe der Sensoreinrichtung (11) ein Drall des Balls fortlaufend automatisch erfasst wird, um dessen Einfluss auf die Ballbewegung (14) des Balls fortlaufend automatisch zu berücksichtigen.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Luftfahrzeug (19) - mit laufendem Antrieb vorgehalten wird und/oder - aus einer gegenüber den Zuschauern (6) erhöhten Position zu dem Kollisionskurs (16) hin geflogen wird und/oder - mit einer externen Beschleunigungseinrichtung zu dem Kollisionskurs (16) hin beschleunigt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei an einem Spielfeldrand des Spielfelds (2) mehrere Luftfahrzeuge (19) mit Ballfangsäcken (20) vorgehalten werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Luftfahrzeug (19) - an Führungsseilen geführt wird und/oder - über eine elektrische Leitung von einer Bodenstation mit elektrischer Energie versorgt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die fortlaufend erfasste Ballbewegung (14) weiterhin fortlaufend automatisch untersucht wird, um zu erkennen, ob die erfasste Ballbewegung (14) auf einem Objektkollisionskurs erfolgt, bei dessen ungehinderter Fortsetzung der Ball mit sensiblen Objekten am Spielfeldrand kollidieren wird, und - wobei dann, wenn erkannt wird, dass die erfasste Ballbewegung (14) auf einem Objektkollisionskurs

erfolgt, die Sackeintrittsöffnung (21) des den Ball aufnehmenden Ballfangsacks (20) ebenfalls mit dem unbemannten Luftfahrzeug (19) automatisch quer zu dem Objektkollisionskurs ausgerichtet und auf dem Objektkollisionskurs positioniert wird, um den Ball in dem Ballfangsack (20) aufzufangen.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der eingefangene Ball mit dem Luftfahrzeug (19) an einen Objektabgabepunkt transportiert wird.

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zum Schutz von Zuschauern (6) vor einem ein Spielfeld (2) mit hoher Geschwindigkeit verlassenden Ball, insbesondere Fußball (8), nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit

- einer Ballbewegungserfassungseinrichtung (12), die
- mehrere den Ball abbildende Kameras (10) und
- eine Sensoreinrichtung (11) in dem Ball aufweist und dazu ausgebildet ist, eine Ballbewegung (14) des Balls fortlaufend zu erfassen,
- einer Ballbewegungsanalyseeinrichtung (15), die dazu ausgebildet ist, die von der Ballbewegungserfassungseinrichtung (12) erfasste Ballbewegung (14) fortlaufend darauf zu untersuchen, ob die erfasste Ballbewegung (14) auf einem Kollisionskurs (16) erfolgt, bei dessen ungehinderter Fortsetzung der Ball mit einem Sicherheitsbereich kollidieren wird, und
- einer Ballauffangeinrichtung (17), die einen mit einem unbemannten Luftfahrzeug (19) ausrichtbaren und positionierbaren Ballfangsack (20) aufweist und dazu ausgebildet ist, dann, wenn die Ballbewegungsanalyseeinrichtung (15) erkannt hat, dass die erfasste Ballbewegung (14) auf einem Kollisionskurs (16) erfolgt, eine Sackeintrittsöffnung (21) des Ballfangsacks (20) mit dem unbemannten Luftfahrzeug (19) quer zu dem Kollisionskurs (16) auszurichten und auf dem Kollisionskurs (16) zu positionieren.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei die Ballbewegungserfassungseinrichtung (12) dazu ausgebildet ist, mit Hilfe der Sensoreinrichtung (11) einen Drall des Balls fortlaufend zu erfassen, um dessen Einfluss auf die Ballbewegung (14) des Balls fortlaufend automatisch zu berücksichtigen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Ballauffangeinrichtung dazu ausgebildet ist, das Luftfahrzeug (19)

- mit laufendem Antrieb vorzuhalten und/oder
- aus einer gegenüber den Zuschauern (6) erhöhten Position zu dem Kollisionskurs (16) hin zu fliegen und/oder
- mit einer externen Beschleunigungseinrichtung zu dem Kollisionskurs (16) hin zu beschleunigen.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei die Ballauffangeinrichtung mehrere an einem Spielfeldrand des Spielfelds (2) verteilt angeordnete Luftfahrzeuge (19) mit Ballfangsäcken (20) aufweist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei das Luftfahrzeug (19) der Ballauffangeinrichtung (17)

- an Führungsseilen geführt ist und/oder
- über eine elektrische Leitung von einer Bodenstation der Ballauffangeinrichtung (17) mit elektrischer Energie versorgt wird.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, wobei

- eine Tiefe des Ballfangsacks (20) von der Sackeintrittsöffnung (21) weg mindestens doppelt so groß ist wie eine maximale Höhe der Sackeintrittsöffnung (21) und/oder
- der Ballfangsack (20) eine Reuße aufweist und/oder
- der Ballfangsack (20) ein Sacknetz aufweist, dessen Tiefe von der Sackeintrittsöffnung (21) weg mindestens doppelt so groß ist wie eine maximale Höhe der Sackeintrittsöffnung (21) und/oder
- der Ballfangsack (20) an dem Luftfahrzeug (19) entfaltbar ist und/oder
- die Sackeintrittsöffnung (21) an dem Luftfahrzeug (19) aufweitbar ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

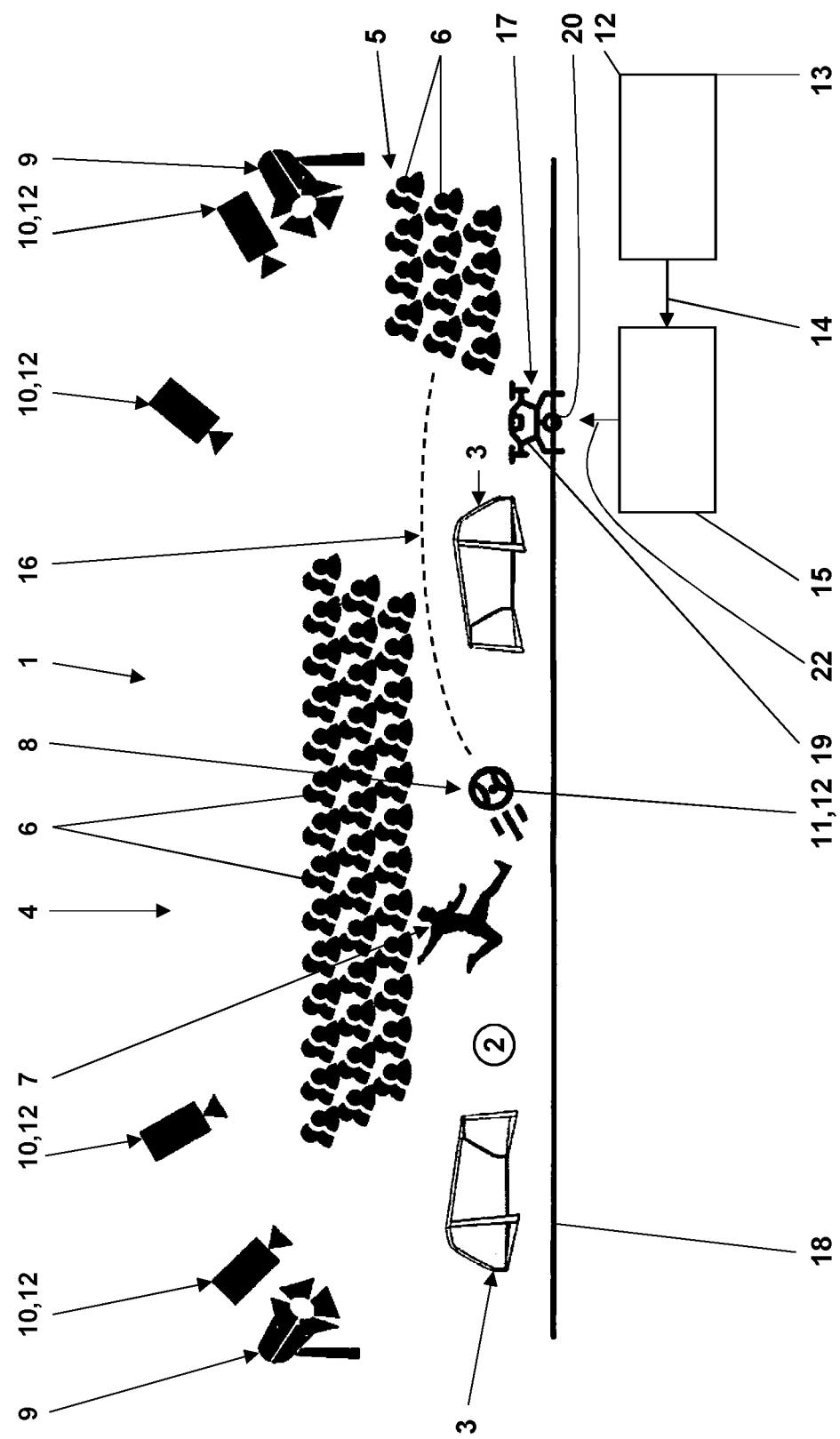


Fig. 1

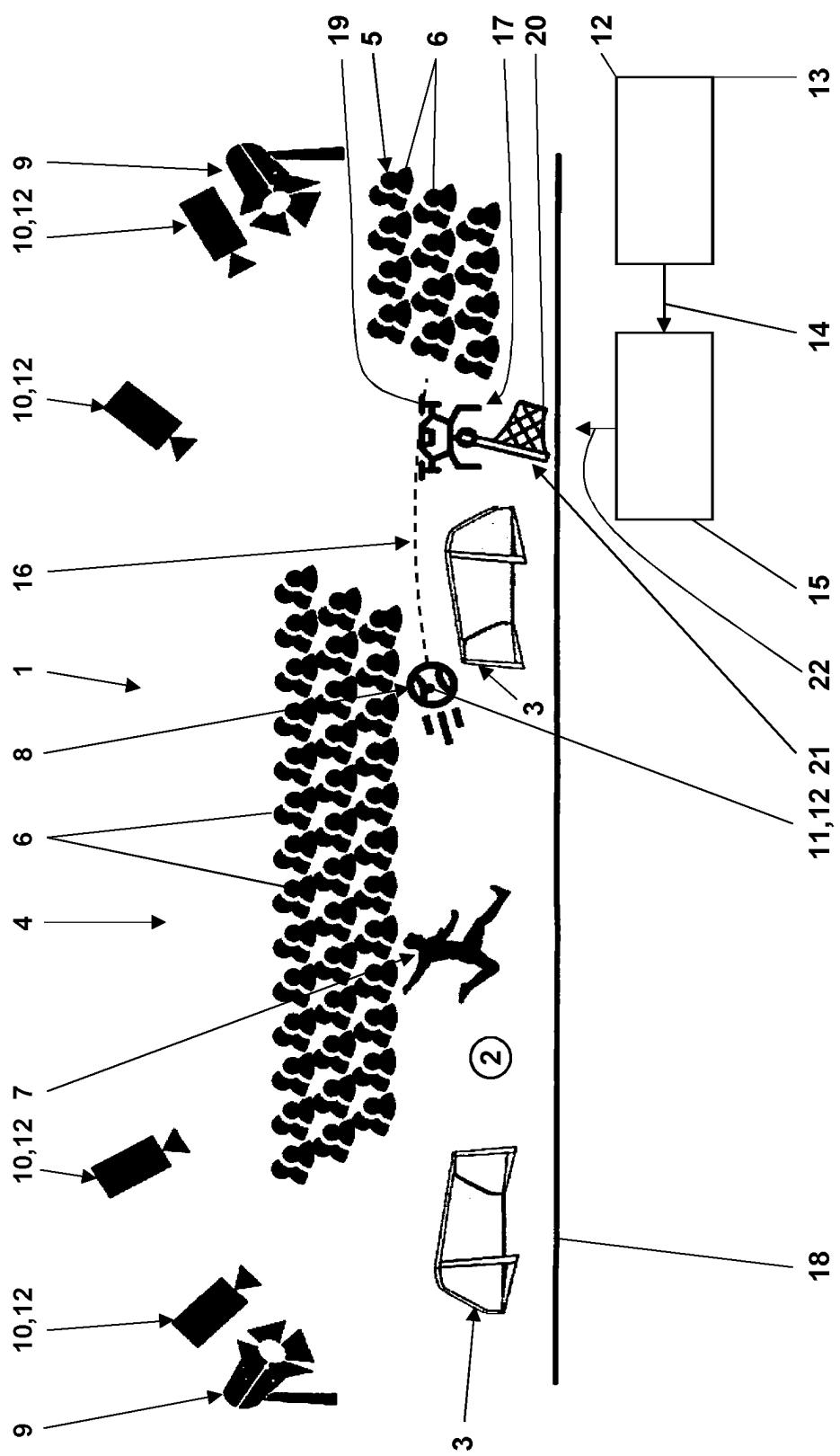


Fig. 2

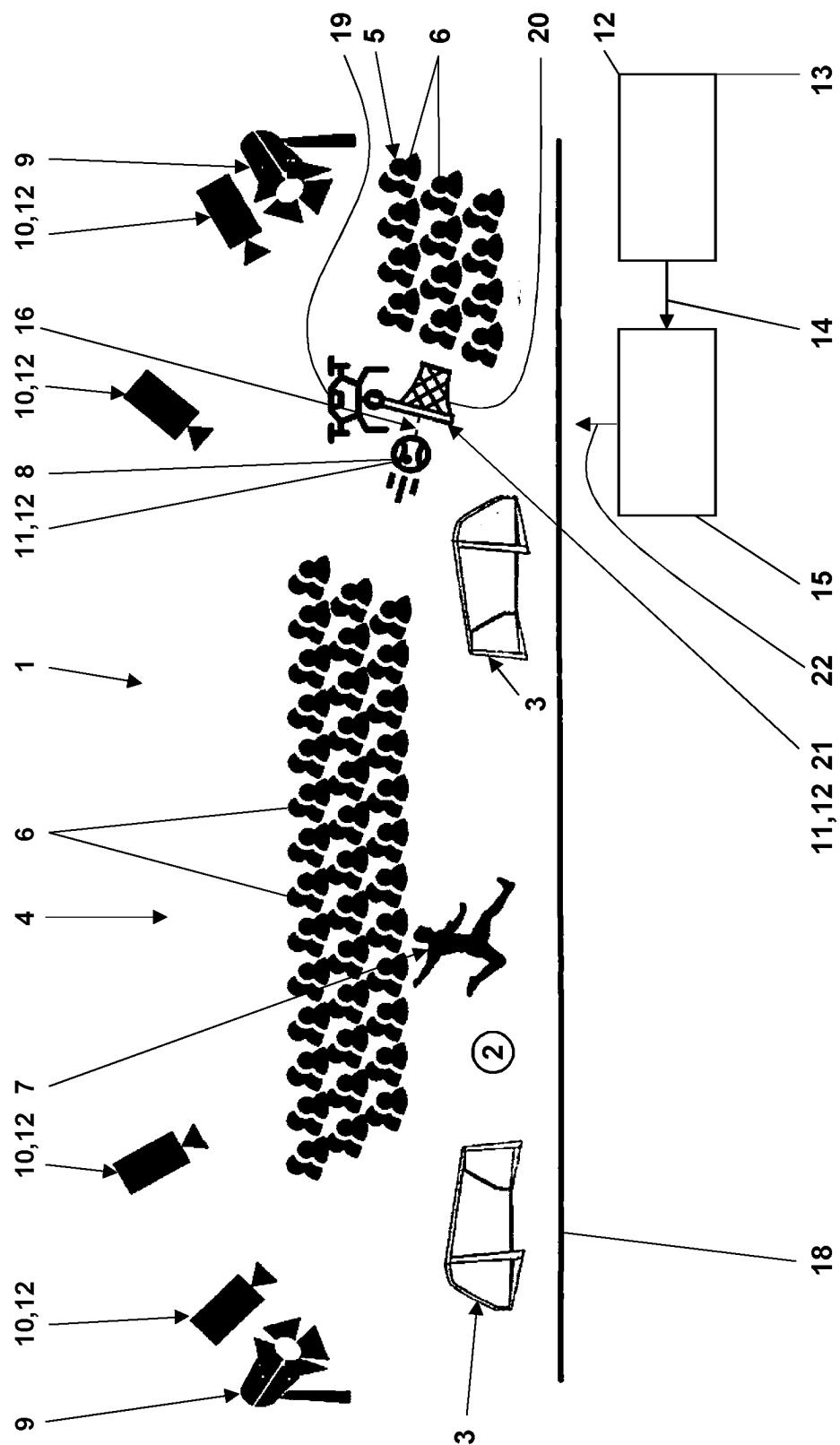


Fig. 3