

5

BESCHREIBUNG

Simulator zur Ausbildung eines Teams, insbesondere zur Ausbildung einer Hubschrauberbesatzung

10

Die Erfindung betrifft einen Simulator zur Ausbildung von wenigstens einer Person.

Bekannterweise werden zur Ausbildung von Personen in Teams oftmals
15 Simulatoren eingesetzt, bei denen die zu trainierenden Personen in einer virtuellen Welt agieren. Dies kann beispielsweise wie für Besatzungen von Fluggeräten, Land- und Seefahrzeugen erfolgen. Um die Handhabung eines komplexen Systems zu trainieren, wird einer physikalischen Nachbildung der Fahrzeug- oder Fluggerätekabine eine virtuelle Realität
20 auf z.B. einer sie umgebenden sphärische Projektion dargestellt. Die Größe beispielsweise einer Hubschrauber-Kabine und die sich ständig in Bewegung befindenden Augenpunkte der Crew-Mitglieder führen zu der Notwendigkeit, eine große sphärische Projektionsfläche von $100^{\circ}(+10^{\circ}/-90^{\circ}) \times 360^{\circ}$ zu konstruieren. Der Durchmesser kann dabei 8 Meter
25 betragen und 12 Sicht-Kanäle scheinen notwendig und realistisch zu sein. Zu bedienende Instrumente werden dann als ein dem originalen System entsprechenden MMI (Mensch-Maschinen-Interface) nachgebildet, beispielsweise eine Waffe inklusive Kraftrückkopplung oder eine Rettungswinde inklusive Seilkräfte.

30

Sollen taktische Operationen trainiert werden, so ist es bekannt, als Display VR-Brillen (Virtual Reality-Brillen) zu verwenden und die Systeme als vereinfachtes MMI nachzubilden. Sowohl die Kabine als auch das zu bedienende Gerät, beispielsweise eine Waffe, werden dann virtuell
5 nachgebildet und in der VR-Brille dargestellt.

Während bei der ersten Lösung vorteilhaft ein reales System physikalisch nachgebildet wird, lässt sich die virtuelle zweite Lösung zu einem attraktiven Preis realisieren. Werden als VR-Brillen Head-Mounted-
10 Displays mit teiltransparenten Displays (See-through-Technologie) genutzt, so können auch die Systeme und die Crew-Mitglieder gesehen werden. Es würde aber auch der Trainingsraum, d.h. die nachgebildete Kabine, zu sehen sein. Zudem kann es zu visuellen Artefakten durch falsche Überlagerungen der maskierten Fenster bzw. Öffnungen für die
15 Außensicht und den anwesenden Crew-Mitgliedern kommen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Simulator zu schaffen, der die Vorteile beider Systeme bietet.

20 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch einen Simulator gemäß dem unabhängigen Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen des Simulators ergeben sich aus den Unteransprüchen 2-13.

Der erfindungsgemäße Simulator umfasst einen Trainingsraum, dessen
25 innere Begrenzungsfläche mit einer Farbe versehen ist, die für eine farbbasierte Bildfreistellung geeignet ist. Dieser Simulator umfasst wenigstens ein teiltransparentes Head-Mounted-Display (HMD), das mit zwei Videokameras für stereoskope Aufnahmen und einem Headtracker versehen ist, der die Feststellung der Blickrichtung des jeweiligen Trägers
30 ermöglicht. Der Simulator umfasst ferner eine Simulationsrecheneinheit mit zwei Bildgeneratoren für eine stereoskope Darstellung von virtuellen Bildern auf dem wenigstens einen Head-Mounted-Display, wobei die

dargestellten virtuellen Bilder durch einen Videomischer erzeugt werden, der Mittel zur zeitgleichen Mischung der Aufnahmen der Videokameras des wenigstens einen Head-Mounted-Displays mit gerechneten virtuellen Bildern in der jeweiligen Blickrichtung aufweist. Der Videomischer ermöglicht es somit, die Aufnahmen der Videokameras eines Displays
5 zeitgleich mit einem errechneten virtuellen Szenario zu mischen und einem Teammitglied durch die Blue-Box-Technik seine individuelle Sicht auf das Szenario zu geben. Dabei ermöglichen die zwei Bildgeneratoren eine differierende Darstellung für jedes Auge einer Person.

10

Der erfindungsgemäße Simulator eignet sich zur Ausbildung von wenigstens einer Person, wobei jedoch vorzugsweise mehrere Personen gleichzeitig im Trainingsraum trainieren. Daher kann der Simulator wenigstens zwei teiltransparente Head-Mounted-Displays umfassen, auf
15 welchen von der Simulationsrecheneinheit zeitgleich virtuelle Bilder für jede Person erzeugbar sind. Jedes zu trainierende Teammitglied erhält dann ein Head-Mounted-Display, das jeweils mit zwei Videokameras für stereoskope Aufnahmen und einem Headtracker versehen ist, der die Feststellung der Blickrichtung des betreffenden Trägers ermöglicht. Die
20 zwei Bildgeneratoren der Simulationsrecheneinheit erzeugen dann für jedes Display und somit für jedes Teammitglied eine stereoskope Darstellung des Szenarios aus dem individuellen Blickwinkel der Person.

25

Die Darstellung auf dem Display eines Teammitglieds erfolgt so, dass zunächst mit der Videokamera ein Bild des Raumes aus der Perspektive des Teammitglieds aufgenommen wird. Dieses Bild besteht aus den Bildern der realen Gegenstände, die vor dem Blue Screen der Blue Box angeordnet sind, und den restlichen Flächen, die in der codierten Farbe
sind. Zeitgleich wird entsprechend der vom Headtracker festgestellten
30 Blickrichtung eine virtuelle Szene des Trainingsraumes generiert. Für die Flächen in der codierten Farbe wird nun die entsprechende virtuelle Szene

mittels des Videomischers überlagert. Dabei bleiben die realen Gegenstände und Personen erhalten. Dem zu trainierenden Teammitglied wird so auf dem Display ein Bild dargestellt, das aus einer virtuellen Szene mit eingebetteten real existierenden Personen oder Gegenständen
5 kombiniert ist.

Die Erfindung kombiniert somit ein Blue-Box-Verfahren mit der Verwendung von teiltransparenten Head-Mounted-Displays, die eine sogenannte Video-see-through-Technologie nutzen. So können die
10 trainierenden Personen nicht nur das sie umgebende System sehen, das durch die Blue-Box-Technik simuliert wird, sondern die Personen können auch andere Personen sehen und mit ihnen gemeinsame Operationen trainieren. Dies hat den großen Vorteil, dass in einer virtuellen Umgebung auch real vorhandene Gegenstände dargestellt und in ihrer Handhabung
15 trainiert werden können. Dabei können sogar die eigenen Hände bei der Bedienung eines Gerätes beobachtet und kontrolliert werden. So werden die Vorteile und Stärken der sogenannten Augmented Virtual Reality in einem Simulator zum Trainieren von Personen genutzt.

20 Insbesondere kann es sich bei den trainierenden Personen um Mitglieder einer Hubschrauberbesatzung handeln, die in der Kabine agieren (Helicopter Rear Cabin Crew - H/C Crew). Typischerweise besteht ein solches Team aus bis zu vier Personen bzw. Soldaten, wobei drei Maschinengewehrschützen und ein Bordmechaniker oder ein Bordwart
25 vorgesehen sind. Nachzubilden sind dann beispielsweise eine Rettungswinde (Winchman), das Außenlastverfahren und der Bereich eines Bordsicherungssoldaten (Door Gunner). Auszubilden sind in einem solchen Simulator wenigstens die sichere Handhabung der Systeme (Waffe und Winde) und die effektive und sichere Nutzung der Systeme im
30 Einsatz. Dabei können die einzelnen Arbeitsbereiche und Trainingsobjekte gemeinsam in einem Simulator untergebracht sein und genutzt werden, es kann jedoch auch getrennt trainiert werden.

In dem Blue-Box-Verfahren wird dann auf einem beispielsweise blauen Hintergrund eine virtuelle Szene gerechnet. Diese virtuelle Szene wäre hier die H/C-Kabine und das durch die Türen bzw. Fenster oder auch dem Cockpit zu sehende überflogene Gelände. Der blau gefärbte Trainingsraum ist hierbei der notwendige Hintergrund. Damit man einen blauen Hintergrund aus den individuellen Blickwinkeln der Crew-Mitglieder erhält, werden die HMDs mit digitalen Video-Kameras versehen. Das von den Kameras aufgezeichnete Bild wird an den erfassten blauen Flächen mit einer virtuellen Szene aus demselben Blickwinkel überlagert.

10

Visuelle Artefakte in Form von falschen Überlagerungen sind nicht zu erwarten, weil die anwesenden Crew-Mitglieder den blauen Hintergrund abdecken. Erfolgt der Vorgang in Echtzeit, können die Crew-Mitglieder sich nicht nur sehen, sondern sie können auch direkt miteinander interagieren, wobei dies in einer virtuellen und flexibel konfigurierbaren Umgebung erfolgt.

15

In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der gesamte Trainingsraum beweglich im Raum ausgeführt, so dass Manöver beispielsweise eines Hubschraubers mit einem Bewegungssystem auf die Kabine übertragen werden können. Vibrationen können ebenfalls auf den Boden der Kabine und damit auf die trainierende Besatzung übertragen werden. Dabei kann es zweckmäßig sein, den Boden von den Seitenwänden des Trainingsraums zu entkoppeln, um nachteilige Auswirkungen der Vibrationen auf das Blue-Box-Verfahren vermeiden zu können.

20

25

Grundsätzlich ermöglicht es die Kombination von realen und virtuellen Informationen, beliebige real existierende Gegenstände in die virtuelle Trainingsumgebung einzubinden. Auch ist es einem Trainee möglich, sich

30

selbst zu sehen, weil er/sie ebenfalls von den Video-Kameras erfasst und zu einem real existierenden Bestandteil der virtuellen Trainingsumgebung wird. Real existierende Personen und Ausrüstungsgegenstände können so in eine virtuelle Umwelt eingebettet werden.

5

In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung weist der Trainingsraum daher wenigstens ein Trainingsobjekt auf, an dem eine Person ausgebildet werden soll. Bei dem Trainingsobjekt kann es sich beispielsweise um eine Waffe und/oder eine Winde, jeweils als Original oder Modell, handeln. Bei einer Winde kann das Seil dieser Winde an eine Bewegungsplatte angekoppelt sein, die innerhalb einer Ebene in zwei Richtungen bewegbar ist, wobei die Bewegungsplatte durch die Simulationsrecheneinheit ansteuerbar ist. So lässt sich die Pendelbewegung einer Last an dem Seil spürbar simulieren.

15

Die Bewegungsplatte kann ferner wenigstens einen Sensor aufweisen, mit dem die Kraftübertragung einer Person auf das Seil der Winde erfassbar und an die Simulationsrecheneinheit übertragbar ist. Kraftübertragungen einer Person können so von der Simulation berücksichtigt werden, wodurch es dem Operateur der Winde möglich ist, durch eigene Kraft die Pendelbewegung zu beeinflussen.

20

In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung verläuft das Seil der Winde zwischen zwei Spulen, auf welche das Seil aufrollbar und von denen es abrollbar ist. Diese Spulen befinden sich vorzugsweise außerhalb des Trainingsraums und dienen dazu, das Ab- und Aufspulen des Seiles in den Handflächen des Operateurs spürbar zu machen.

25

Um die Trainingsobjekte als echt wirkende Modelle nutzbar zu machen, können Teile eines Trainingsobjektes mit der gleichen Farbe für eine farbbasierte Bildfreistellung versehen sein, wie sie die innere

30

Begrenzungsfläche des Trainingsraums aufweist. So können diese Teile der Trainingsobjekte vereinfacht werden, indem stattdessen eine visuelle virtuelle Darstellung des jeweiligen Trainingsobjektes in die Szene eingeblendet wird.

5

Die Simulationsrecheneinheit kann ferner für eine Waffe Mittel zur Berechnung und Darstellung eines Visierpunkts in den auf einem Head-Mounted-Display dargestellten virtuellen Bildern aufweisen. So kann beispielsweise ein roter Punkt eingeblendet werden. Für eine Rückstoßsimulation kann das Modell der Waffe ein mit CO₂ oder elektrisch betriebenes Recoilsystem aufweisen. Auf diese Weise lässt sich der Rückstoß der Waffe realistisch simulieren.

10

Mit der Erfindung wird so ein Simulator geschaffen, der als teamfähiges Ausbildungsmittel sowohl das Training der Handhabung der Systeme als auch das Training von taktischen Operationen ermöglicht. Dabei werden die Vorteile verschiedener Technologien geeignet kombiniert, wodurch beispielsweise der Mannschaft eines Helikopters ein gemeinsames und möglichst realistisches Training ermöglicht wird, das zugleich preiswert ist. Der Trainingsraum ist hierbei eine „blaue Bühne“, in der Personen in einer virtuellen Kabine gemeinsam trainieren können, wodurch bisherige Problematiken vermeidbar sind. Insbesondere muss kein kostenintensives Ausbildungsmittel konzipiert werden und bei Trainingsinhalten müssen keine Kompromisse gemacht werden. Komplexe Darstellungssysteme werden vermieden, was zur Senkung der Herstellungskosten beiträgt. Auch individuelle Kundenwünsche können vereinfacht berücksichtigt werden und Trainingsräume können leicht ausgetauscht werden.

20

25

Weitere Vorteile, Besonderheiten und zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Darstellung bevorzugter Ausführungsbeispiele anhand der Abbildung in Fig. 1.

30

Fig. 1 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Simulators 10 mit einem Trainingsraum 20. Anhand dieses Ausführungsbeispiels wird die Erfindung nachfolgend als Trainer zur Ausbildung der hinteren Kabinencrew eines Helikopters (H/C) näher beschrieben. Sie kann jedoch auch vorteilhaft zur Ausbildung von Besatzungen für militärische oder zivile Landfahrzeuge, Wasserfahrzeugen, von Flugzeugbesatzungen, von Sicherheitspersonal, zum Training von Bedienungsmannschaften für den Betrieb und Notfälle in Maschinenräumen etc. modifiziert und verwendet werden.

10

Eine realistische (Grund-)Ausbildung an den Systemen, seien es die Maschinengewehre oder die Rettungswinde, setzt möglichst originalgetreue Nachbildungen dieser Systeme voraus, die sich weitestgehend gleich verhalten, wenn nicht sogar identisch sein sollten.

15

Möchte man diese Ausbildung auf ein Zusammenspiel der Crew-Mitglieder während eines gemeinsamen Einsatzes erweitern, so kommt ein gemeinsamer Trainingsraum hinzu. In diesem Fall handelt es sich bei dem Trainingsraum 20 somit um die Nachbildung einer H/C Rear Cabin.

20

Für die H/C Kabine bedarf es nicht zwingend eines physikalischen Nachbaus der zu simulierenden Hubschraubervariante. Die Kabine ist nur die Hülle und zugleich eine Art Leinwand, so dass die innere Begrenzungsfläche des Trainingsraums 20 vorzugsweise vollständig mit einer Farbe versehen ist, die für eine farbbasierte Bildfreistellung (chroma keying) geeignet ist und es so ermöglicht, einzelne Bereiche durch die Blue-Box-Technik auszumaskieren. Dazu hat sich die Farbe Blau als vorteilhaft erwiesen. Auf die so gebildete Leinwand wird mittels des Blue-Box-Verfahrens das virtuelle Abbild der simulierten Kabine projiziert. Um die Hülle/Kabine in ihrer Dimension von der H/C Kabine unabhängig auslegen zu können, kann vorgesehen sein, dass es keine Kanten und Ecken gibt und der Boden der Kabine sollte ebenfalls Blau eingefärbt werden.

30

Das Visual System besteht aus zwei grundlegenden Komponenten, nämlich den Bildgeneratoren und den Anzeige-Medien. Die Ausbildung der Bildgeneratoren ist unabhängig von dem zugrundeliegenden Konzept und wird in einer Simulationsrecheneinheit 22 realisiert, welche das gewünschte virtuelle Szenario rechnet und an die Anzeige-Medien und die realen Komponenten des Trainingsraums 20 überträgt.

Dagegen bildet ein teiltransparentes Head-Mounted-Display (HMD) mit Video-see-through-Funktion den Grundstein der Erfindung, so dass der Simulator 10 wenigstens ein HMD 21, 21' aufweist, das in Verbindung mit der Simulationsrecheneinheit 22 steht, um Daten an diese zu senden und Daten zu empfangen. Damit man einen blauen Hintergrund aus den individuellen Blickwinkeln der Crew-Mitglieder erhält, ist jedes HMD mit zwei digitalen Video-Kameras versehen, welche ihre Videodaten an die Simulationsrecheneinheit 22 übertragen. Um den jeweiligen Blickwinkel einer Person festzustellen, ist jedes HMD ferner mit einem Headtracker ausgestattet, der seine Daten ebenfalls an die Simulationsrecheneinheit 22 überträgt. Diese Informationen werden von der Simulationsrecheneinheit 22 verarbeitet und die aufgenommenen Bilder dann an den erfassten blauen Flächen mit einer virtuellen Szene aus demselben Blickwinkel überlagert, indem entsprechende Daten von der Simulationsrecheneinheit 22 an die HMDs übermittelt werden.

Vorzugsweise ist der Trainingsraum 20 frei im Raum beweglich, um Manöver der Kabine simulieren zu können. Dazu kann ein Bewegungssystem vorgesehen sein, dass zweckmäßigerweise sechs Freiheitsgrade (DOF) aufweist. Auch Vibrationen können auf den Boden der Kabine übertragen werden.

Als Arbeitsplätze werden vorzugsweise die Rettungswinde, das Außenlastverfahren und der Bereich des Bordsicherungssoldaten nachgebildet. Dazu sind im Trainingsraum 20 beispielsweise zwei Waffen 30, 31 vorgesehen, die als Modelle (Mock-ups) ausgebildet sind. Dabei können folgende Funktionen/Eigenschaften simuliert werden: Bedienung, Ballistik, Kadenz, Rückstoß und Gewicht.

Die Waffe 30, 31 des Maschinengewehrschützen ist vorzugsweise eine Kombination aus einer 1:1 Replik und einem vereinfachtem Mock-up. Die Griffe können als möglichst realistische Kopien des Originals umgesetzt werden, damit die Bedienung der Waffe inklusive Nachladen, Entsichern und Schießen trainiert werden kann. Die Haptik entspricht dadurch dem originalen Gerät. Die Ausrichtung des Mock-up wird über eigene Lagesensoren ermittelt und an die Simulationsrecheneinheit 20 weiter gegeben.

Der Lauf und die Lafette einer Waffe 30, 31 können vorteilhaft vereinfacht werden. Sofern sie nachgebildet werden, sollten sie dann jedoch in derselben Farbe (z.B. Blau) eingefärbt sein wie die gesamte Kabine 20, um eine virtuelle Darstellung der betreffenden Waffe in die Szene einblenden zu können. Die virtuelle Darstellung der Waffe ist dabei ein photorealistisches 3D-Modell. Dieses 3D-Modell wird dem Mock-up überlagert und ergänzt dieses mit z.B. einem realistischen Lauf und dem Visier.

Eine Visierung mittels rotem Laserpunkt kann ebenfalls innerhalb der simulierten Szene umgesetzt werden. Dies geschieht innerhalb der Bildgeneratoren der Simulationsrecheneinheit 22, indem die Waffenausrichtung mit einer gedachten Linie verlängert, ein gemeinsamer Schnittpunkt mit dem Gelände ermittelt und dort ein Lichtpunkt dargestellt wird. Für die Simulation des Rückstoßes verfügt das Mock-up über ein elektrisches oder mit CO₂ betriebenes Recoil-System. Diese Rückstoß-Simulation ist schnell genug, um die gegebene Kadenz darzustellen,

wobei sie gleichzeitig stark genug ist, um die Rückstoßkräfte nachzubilden. Das Gewicht der Waffe und deren Verteilung können durch entsprechende Ausgleichsgewichte oder einer Kräftesimulation mittels einem Control Load System (CLS) nachgeahmt werden.

5

Im Trainingsraum 20 ist ferner eine Rettungswinde vorgesehen, die ebenfalls als Modell ausgebildet ist. Die Winde wird über die Rescue Hoist Remote Control Unit bedient bzw. gesteuert, und an ihr werden folgende Funktionen simuliert: Bedienung, Pendelbewegung und Ab-/Aufspulen.

10

Die Pendelbewegung der Last wird an einem Seil 32 der Rettungswinde mittels einer X/Y-Bewegungsplatte 23 spürbar simuliert. Diese Bewegungsplatte 23 befindet sich vorzugsweise in einer vorgelagerten Hülle 40, in welcher die Mechanik für die Rettungswinde untergebracht ist.

15 Dieser Bereich ist ebenfalls blau eingefärbt. Während sich das obere Ende des Seiles 32 an einem festen Punkt befindet, lässt sich das untere Ende des Seiles bewegen. Die Pendelbewegung einer simulierten Last wird dabei von der Simulationsrecheneinheit 22 in eine relative X/Y-Koordinate (0, 0 in stabiler Ruhestellung) umgerechnet und auf die mit Stellmotoren
20 versehene Bewegungsplatte 23 an das Seilende übertragen. Sensoren an den Achsen der X/Y-Platte erlauben ferner eine Kraftübertragung des Operators auf das Seil 32, die ihrerseits an die Simulationsrecheneinheit 22 übertragen wird.

25 Das Ab- und das Aufspulen des Seiles 32 sollte vorzugsweise ebenfalls in der Handfläche spürbar sein. Hierfür wird das Seil 32 wie bei einer echten Winde von einer ersten Spule 33 abgerollt und am unteren Ende auf einer zweiten Spule 33' zeitgleich aufgerollt, wobei es dazwischen über zwei Rollen umgelenkt werden kann. Die beiden Spulen befinden sich dabei
30 zweckmäßigerweise außerhalb der Kabine, wobei eine Spule 33 oberhalb

- der Kabine angebracht ist, während die andere Spule 33' unterhalb der Kabine angeordnet ist. Hiermit lässt sich auch die Seilspannung simulieren, die sich beim Aufsetzen der Last auf den Boden verändert. Auch soll so in Momenten, in denen der Operateur an dem Seil zieht,
- 5 durch asymmetrisches Auf- und Abspulen des Seiles 32 das „Einholen“ simuliert werden. Hierbei geht es um die Möglichkeit, das Seil in die Kabine zu ziehen, jedoch nicht darum, dann eine Last ein- bzw. auszuhängen.
- 10 Die Trainingsumgebung für das Außenlastverfahren ist praktisch Bestandteil der Ausrüstung der Door Gunner bzw. des Winchman. Ein mit einem HMD ausgestatteter Maschinengewehrschütze oder Bordmechaniker bzw. Bordwart kann während des Außenlastverfahrens sowohl durch eine simulierte Bodenluke, als auch durch die dargestellten
- 15 Fenster und Türen der H/C Kabine die Außenlast beobachten. Er steht dabei in Kommunikation mit dem Ausbilder und kann gegebenenfalls Informationen oder Kommandos an ihn geben.

Bezugszeichenliste:

	10	Simulator, Trainer
5	20	Trainingsraum, Kabine, virtuelle H/C Kabine
	21, 21'	Head-Mounted-Display, HMD
	22	Simulationsrecheneinheit
	23	Bewegungsplatte
	30, 31	Trainingsobjekt, Waffe
10	32	Seil
	33, 33'	Spule
	40	Hülle

5

PATENTANSPRÜCHE

1. Simulator (10) zur Ausbildung von wenigstens einer Person, umfassend einen Trainingsraum (20), dessen innere Begrenzungsfläche mit einer Farbe versehen ist, die für eine farbbasierte Bildfreistellung geeignet ist, wobei der Simulator (10) wenigstens ein teiltransparentes Head-Mounted-Display (21; 21') umfasst, das mit zwei Videokameras für stereoskope Aufnahmen und einem Headtracker versehen ist, der die Feststellung der Blickrichtung des jeweiligen Trägers ermöglicht, und der Simulator (10) ferner eine Simulationsrecheneinheit (22) mit zwei Bildgeneratoren für eine stereoskope Darstellung von virtuellen Bildern auf dem wenigstens einen Head-Mounted-Display (21; 21') umfasst, und die darzustellenden virtuellen Bilder durch einen Videomischer erzeugbar sind, der Mittel zur zeitgleichen Mischung der Aufnahmen der Videokameras des wenigstens einen Head-Mounted-Displays (21; 21') mit gerechneten virtuellen Bildern in der jeweiligen Blickrichtung aufweist.
2. Simulator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Simulator (10) wenigstens zwei teiltransparente Head-Mounted-Displays (21; 21') umfasst, auf welchen von der Simulationsrecheneinheit (22) zeitgleich virtuelle Bilder erzeugbar sind.
3. Simulator nach einem oder beiden der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der gesamte Trainingsraum (20) beweglich im Raum ausgeführt ist.

4. Simulator nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Boden von den Seitenwänden des Trainingsraums (20) entkoppelbar ist.
- 5
5. Simulator nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Trainingsraum (20) wenigstens ein reales Trainingsobjekt (30; 31) aufweist.
- 10 6. Simulator nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trainingsobjekt eine Waffe (30; 31) und/oder eine Winde, jeweils als Original oder Modell, ist.
- 15 7. Simulator nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Seil (32) der Winde an eine Bewegungsplatte (23) angekoppelt ist, die innerhalb einer Ebene in zwei Richtungen bewegbar ist, wobei die Bewegungsplatte (23) durch die Simulationsrecheneinheit (22) ansteuerbar ist.
- 20 8. Simulator nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bewegungsplatte (23) wenigstens einen Sensor aufweist, mit dem die Kraftübertragung einer Person auf das Seil (32) der Winde erfassbar und an die Simulationsrecheneinheit (22) übertragbar ist.
- 25 9. Simulator nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Seil (32) der Winde zwischen zwei Spulen (33; 33') verläuft, auf welche das Seil (32) aufrollbar und von denen es abrollbar ist.
- 30 10. Simulator nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die zwei Spulen (33; 33') außerhalb des Trainingsraums (20) befinden.

11. Simulator nach einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass Teile eines Trainingsobjektes (30;
31) mit der gleichen Farbe für eine farbbasierte Bildfreistellung
5 versehen sind, wie sie die innere Begrenzungsfläche des
Trainingsraums (20) aufweist.
12. Simulator nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass die Simulationsrecheneinheit (22)
10 für eine Waffe (30; 31) Mittel zur Berechnung und Darstellung eines
Visierpunkts in den auf einem Head-Mounted-Display (21; 21')
dargestellten virtuellen Bildern aufweist.
13. Simulator nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 12,
15 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Waffe (30; 31) für eine
Rückstoßsimulation ein mit CO₂ oder elektrisch betriebenes
Recoilsystem aufweist.