



(10) **DE 10 2015 000 919 A1** 2016.07.28

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 000 919.2**
(22) Anmeldetag: **26.01.2015**
(43) Offenlegungstag: **28.07.2016**

(51) Int Cl.: **A63B 24/00 (2006.01)**
A61B 5/22 (2006.01)
A61B 5/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
KUKA Roboter GmbH, 86165 Augsburg, DE

(74) Vertreter:
**Wallinger Ricker Schlotter Tostmann Patent-
und Rechtsanwälte Partnerschaft mbB, 80331
München, DE**

(72) Erfinder:
Keibel, Andreas, Dr., 86161 Augsburg, DE;
Arenbeck, Henry, 47198 Duisburg, DE;
Kolditz, Melanie, 52066 Aachen, DE;
Albracht, Kirsten, Prof., 50858 Köln, DE;
Abel, Dirk, Prof., 52072 Aachen, DE;
Brüggemann, Gert-Peter, 50858 Köln, DE

(56) Ermittelte Stand der Technik:

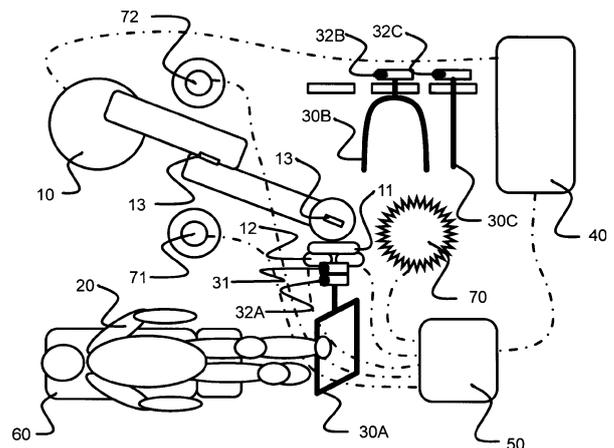
AT	510 363	A2
CH	700 783	A2

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Robotergetütztes Trainingssystem**

(57) Zusammenfassung: Ein erfindungsgemäßes Trainingssystem umfasst einen Roboter (10), eine robotergeführte Betätigungsfläche (30A), ein Aktivitätserfassungsmittel (40) zum Ermitteln einer biomechanischen und/oder kardiovaskulären Belastung eines Nutzers (20), insbesondere auf Basis einer von einem Kräftefassungsmittel (12) des Trainingssystems ermittelten Beaufschlagung der Betätigungsfläche, und ein Steuermittel (40) zum Regeln des Roboters auf Basis einer vorgegebenen und der ermittelten biomechanischen und/oder kardiovaskulären Belastung des Nutzers.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Trainingssystem mit einer robotergeführten Betätigungsfläche, ein Verfahren zum Regeln eines Roboters des Trainingssystems sowie ein Computerprogrammprodukt zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Aus der WO 2011/076240 A1 ist eine Physiotherapievorrichtung mit einem Roboter bekannt, der eine Betätigungsfläche führt. Die Betätigungsfläche kann längs einer vorgegebenen Trajektorie geführt werden, um einen Nutzer passiv zu trainieren. Eine sechsdimensionale Kraft-Momenten-Messung ermöglicht zudem ein isometrisches, exzentrisches oder konzentrisches Training, indem der Roboter auf die Betätigungsfläche eine Kraft ausübt, die einer vom Nutzer aufgeprägten Kraft entspricht (isometrisches Training), diese geringfügig übersteigt, so dass sich die Betätigungsfläche gegen den Widerstand des Nutzers bewegt (exzentrisches Training), oder diese geringfügig unterschreitet, so dass der Nutzer die Betätigungsfläche gegen den Widerstand des Roboters bewegt (konzentrisches Training).

[0003] Als Sicherheitssystem ist ein Notaus- oder Totmann-Schalter vorgesehen, der den Roboter unverzüglich stoppt.

[0004] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein robotergestütztes Training zu verbessern.

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein Trainingssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Ansprüche 12, 13 stellen ein Verfahren zum Regeln des Roboters eines hier beschriebenen Trainingssystems bzw. ein Computerprogrammprodukt, insbesondere einen Datenträger bzw. ein Speichermedium, zur Durchführung des Verfahrens unter Schutz. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen.

[0006] Nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung weist ein Trainingssystem einen Roboter auf. Der Roboter weist in einer Ausführung einen oder mehrere Arme mit jeweils wenigstens sechs, insbesondere elektromotorisch, aktuierten Gelenken, insbesondere Drehgelenken, insbesondere mit paarweise aufeinander senkrecht stehenden oder parallelen Drehachsen, auf. In einer Weiterbildung weist der Roboter wenigstens einen Arm mit wenigstens sieben Gelenken auf, wobei diese Redundanz vorteilhaft insbesondere zur Vermeidung singulärer Posen genutzt werden kann.

[0007] In einer Ausführung weist das Trainingssystem wenigstens eine Betätigungsfläche auf, die, insbesondere lösbar, an dem Roboter, insbesondere einem Roboterflansch, der gegenüber einer, insbesondere umgebungsfesten, Roboterbasis die durch alle

Gelenke des Roboters definierten Freiheitsgrade aufweist, befestigbar ist, insbesondere befestigt und somit durch den Roboter geführt ist bzw. wird.

[0008] Die Betätigungsfläche ist als Nutzer-Schnitt- bzw. Kontaktstelle mit dem Roboter vorgesehen bzw. eingerichtet. Sie kann in einer Ausführung, wenigstens im Wesentlichen, eben sein, beispielsweise eine Plattform zum Abstützen eines oder beider Füße aufweisen. Gleichermäßen kann eine Betätigungsfläche auch, insbesondere zylinderförmig, gekrümmt sein, beispielsweise einen Griff zum Halten mit einer oder beiden Händen aufweisen. In einer Ausführung entspricht die Betätigungsfläche einer Kontaktfläche eines Sportgerätes, dessen Einsatz der Nutzer mit dem Trainingssystem trainieren will, beispielsweise einem Schaft eines Leichtathletikspeeres, einem Griff eines Golfschlägers oder dergleichen. In einer Ausführung weist die Betätigungsfläche einen Überzug aus Kunststoff oder Gummi und/oder eine Oberflächenstrukturierung auf. Hierdurch kann vorteilhafterweise eine Griffigkeit bzw. ein Kontakt des Nutzers verbessert werden. In einer Ausführung ist die Betätigungsfläche zum Kontakt mit einem oder zwei Füßen, Händen und/oder sonstigen Körperteilen, beispielsweise Rücken, Schulter oder dergleichen, vorgesehen bzw. eingerichtet bzw. wird im Betrieb durch diese kontaktiert.

[0009] In einer Ausführung weist das Trainingssystem ein Krafterfassungsmittel zum Ermitteln einer Beaufschlagung der Betätigungsfläche auf. Die Beaufschlagung umfasst in einer Ausführung eine Kraft in einer oder mehreren, insbesondere drei, vorzugsweise zueinander orthogonalen, Richtungen und/oder ein Drehmoment in einer oder mehreren, insbesondere drei, vorzugsweise zueinander orthogonalen, Richtungen. Zur kompakteren Darstellung wird vorliegend auch ein antiparalleles Kräftepaar bzw. Drehmoment verallgemeinernd als (eine) Kraft bezeichnet.

[0010] In einer Ausführung weist das Krafterfassungsmittel einen, insbesondere mehr-, vorzugsweise sechsdimensionalen, Kraft- und/oder Momentensensor auf, der in einer Ausführung zwischen dem Roboterflansch und der Betätigungsfläche, insbesondere einer Kupplung zur lösbaren Befestigung der Betätigungsfläche an dem Roboterflansch, angeordnet sein kann.

[0011] Zusätzlich oder alternativ weist das Krafterfassungsmittel einen oder mehrere Kraft-, insbesondere Drehmomentsensoren, in einem oder mehreren, insbesondere allen, Gelenken des Roboters auf. Insbesondere unter Berücksichtigung eines mechanischen Modells des Roboters, insbesondere seiner Trägheiten, kann hieraus ebenfalls eine ein- oder mehrdimensionale Beaufschlagung der robotergeführten Betätigungsfläche ermittelt werden.

[0012] Nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung weist das Trainingssystem ein Aktivitätserfassungsmittel zum Ermitteln einer biomechanischen und/oder kardiovaskulären Belastung des Nutzers, insbesondere auf Basis einer von dem Kräftefassungsmittel ermittelten Beaufschlagung der Betätigungsfläche, auf.

[0013] Eine biomechanische Belastung umfasst, insbesondere ist, in einer Ausführung eine, insbesondere mechanische, Belastung bzw. Beanspruchung des Stütz- und/oder Bewegungsapparats, insbesondere von Gelenken, Muskeln, Bändern und/oder Sehnen des Nutzers, insbesondere Gelenken seines Bewegungsapparates, insbesondere Skeletts. Eine mechanische Belastung des Stütz- und Bewegungsapparates umfasst in einer Ausführung Kräfte, Drehmomente, Spannungen und/oder Dehnungen an den biologischen Strukturen des Stütz- und Bewegungsapparates, insbesondere an Muskeln, Bändern, Sehnen, Knorpel, Knochen und/oder Gelenkflächen, insbesondere die biomechanischen Parameter Gelenkmomente und/oder Gelenkkräfte. Entsprechend umfasst in einer Ausführung eine biomechanische Belastung beispielsweise eine Belastung, insbesondere der Gelenkflächen, eines Hüft-, Knie- und/oder Fußgelenks, des Hüftstreckers und/oder -beugers, der Oberschenkel- und/oder Wadenmuskeln, der Außen-, Innen- und/oder Kreuzbänder von Knie- und/oder Fußgelenken, der Achillessehne oder dergleichen.

[0014] Eine kardiovaskuläre Belastung umfasst, insbesondere ist, in einer Ausführung eine Belastung bzw. Beanspruchung des kardiovaskulären bzw. Herz-Kreislauf-Systems des Nutzers.

[0015] In einer Ausführung umfasst eine biomechanische und/oder kardiovaskulären Belastung insbesondere eine akute bzw. während der Betätigung des Trainingssystems auftretende Belastung. Zusätzlich oder alternativ kann eine biomechanische und/oder kardiovaskulären Belastung insbesondere eine Langzeit- bzw. nach der Betätigung des Trainingssystems auftretende Belastung umfassen.

[0016] Eine biomechanische Belastung kann insbesondere mechanische Kräfte und/oder Momente und/oder eine (potentielle) Schädigung bzw. einen Verschleiß, insbesondere eines Bewegungsapparates und/oder von Gewebestrukturen des Nutzers, umfassen. Zusätzlich oder alternativ kann eine biomechanische Belastung im Sinne der vorliegenden Erfindung auch eine Trainingswirkung, insbesondere eine Verbesserung einer Leistungsfähigkeit des Nutzers gegenüber einem Ausgangszustand, umfassen. Auch eine solche Trainingswirkung, die biologisch eine Reaktion auf eine mechanische Belastung darstellt, wird vorliegend verallgemeinernd als biomechanische Belastung bezeichnet.

[0017] Beaufschlagt der Nutzer die Betätigungsfläche, so resultiert hieraus als Reaktion eine biomechanische Belastung, insbesondere seines Bewegungsapparates, und/oder eine kardiovaskuläre Belastung, insbesondere seines Herz-Kreislauf-Systems. Entsprechend kann, insbesondere modellgestützt, auf Basis einer ermittelten Beaufschlagung der Betätigungsfläche auch eine biomechanische und/oder kardiovaskulären Belastung des Nutzers ermittelt werden.

[0018] Bisherige Trainingseinrichtungen, insbesondere auch die eingangs genannte WO 2011/076240 A1, berücksichtigen jedoch nicht die biomechanische und/oder kardiovaskulären Belastung des Nutzers, sondern konzentrieren sich auf die (absolute) Beaufschlagung der Betätigungsfläche selber, indem sie beispielsweise eine bestimmte Kraft auf die Betätigungsfläche aufprägen.

[0019] Dies kann jedoch den Nutzer, insbesondere seinen Bewegungsapparat und/oder sein Herz-Kreislauf-System, ungünstig belasten, insbesondere überlasten oder unter Trainingsgesichtspunkten suboptimal belasten. Wird beispielsweise in einer Funktionsstemma nur die konstante Kraft in einer Verfahrungsrichtung vorgegeben, so kann dies die Muskeln je nach wirkenden Hebelarmen unter- oder überfordern. Zusätzlich kann beispielsweise das Knie überlastet werden, wenn die Verfahrungsrichtung nicht mit der Bein- bzw. Kniegelenkachse korreliert.

[0020] Daher weist nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung das Trainingssystem ein Steuermittel auf, das den Roboter, insbesondere seine Antriebe, auf Basis einer vorgegebenen und der ermittelten biomechanischen und/oder kardiovaskulären Belastung des Nutzers regelt bzw. hierzu, insbesondere hard- und/oder softwaretechnisch eingerichtet ist.

[0021] Auf diese Weise kann vorteilhaft die Gefahr einer biomechanischen und/oder kardiovaskulären Fehl-, insbesondere Überlastung reduziert werden. So können etwa in einem Kniegelenk des Nutzers wirkende Kräfte und Momente auf Basis der ermittelten Beaufschlagung der Betätigungsfläche ermittelt und mit vorgegebenen, insbesondere gewünschten und/oder zulässigen, Belastungen verglichen werden. Dann kann das Steuermittel den Roboter derart regeln, dass die im Kniegelenk des Nutzers wirkenden Kräfte und Momente sich den gewünschten Belastungen nähern oder die zulässigen Belastungen nicht übersteigen.

[0022] Zusätzlich oder alternativ kann so ein Trainingsreiz verbessert werden. So kann exemplarisch auf Basis der ermittelten Beaufschlagung der Betätigungsfläche eine muskuläre Beanspruchung, etwa im Kniestrecker, ermittelt und mit einem vorge-

gebenen optimalen Trainingsreiz verglichen werden. Dann kann das Steuermittel den Roboter derart regeln, dass die im Kniestrecker des Nutzers wirkenden Kräfte sich der gewünschten Trainingsbelastung nähern, beispielsweise bei größer werdendem Hebelarm eine (Gegen)Kraft des Roboters auf die Betätigungsfläche erhöhen oder dergleichen.

[0023] Wie vorstehend ausgeführt, kann eine biomechanische Belastung im Sinne der vorliegenden Erfindung mechanische Kräfte und/oder Momente und/oder eine Trainingswirkung umfassen. Entsprechend kann in einer Ausführung das Steuermittel insbesondere vorgegebene und ermittelte Kräfte und/oder Momente in Gelenken, Muskeln, Bändern und/oder Sehnen des Nutzers und/oder eine vorgegebene und eine ermittelte, insbesondere muskuläre, gewebliche und/oder motorische, Trainingswirkung vergleichen und den Roboter auf Basis dieser vorgegebenen und ermittelten biomechanischen Belastung regeln bzw. hierzu, insbesondere hard- und/oder softwaretechnisch eingerichtet sein. Allgemein regelt somit das Steuermittel den Roboter in einer Ausführung derart, dass eine Differenz zwischen der vorgegebenen und der ermittelten biomechanischen und/oder kardiovaskulären Belastung des Nutzers sich reduziert, bzw. ist hierzu, insbesondere hard- und/oder softwaretechnisch eingerichtet.

[0024] In einer Ausführung ermittelt das Aktivitätserfassungsmittel die Belastung des Nutzers auf Basis wenigstens eines biomechanischen und/oder kardiovaskulären Modells bzw. ist hierzu, insbesondere hard- und/oder softwaretechnisch eingerichtet. Das biomechanische bzw. kardiovaskuläre Modell verknüpft in einer Ausführung eine Beaufschlagung der Betätigungsfläche mit einer biomechanischen bzw. kardiovaskulären Belastung des Nutzers, insbesondere in Form einer relationalen Verknüpfung, insbesondere einer ein- oder mehrdimensionalen Abbildung.

[0025] In einer Ausführung weist das Aktivitätserfassungsmittel mehrere biomechanische und/oder kardiovaskuläre Modelle, insbesondere Modellmodule, auf, die in einer Weiterbildung unterschiedliche Teile des Bewegungsapparates des Nutzers abbilden und/oder unterschiedliche Komplexitätsgrade aufweisen. Dann erstellt in einer Ausführung das Aktivitätserfassungsmittel wahlweise, insbesondere je nach Anwendungsfall, insbesondere Trainingsplan, aus diesen Modulen jeweils ein biomechanisches bzw. kardiovaskuläres Modell, auf dessen Basis es dann die Belastung des Nutzers ermittelt. In einer Ausführung sind ein oder mehrere biomechanische und/oder kardiovaskuläre Modelle objektorientiert implementiert, was insbesondere deren Zusammenbindung erleichtern kann.

[0026] In einer Ausführung sind ein oder mehrere biomechanische und/oder kardiovaskuläre Modelle parametrierbar, insbesondere, um sie individuell an einen Nutzer anzupassen. Die Parameter des Modells werden in einer Ausführung vom Nutzer oder einem Trainer eingegeben oder aus einer Datenbank ermittelt, insbesondere durch Identifikation einer Nutzeridentität und Abrufen von Parametern, die mit dieser Nutzeridentität verknüpft sind, aus einem Speichermittel.

[0027] Zusätzlich oder alternativ können ein oder mehrere der Parameter auch durch das Trainingssystem selber ermittelt, insbesondere identifiziert oder abgeschätzt, werden. So kann beispielsweise ein maximaler Bewegungsbereich eines oder mehrerer Gelenke und/oder eine maximale Kraft einer oder mehrerer Muskeln des Nutzers durch ein- oder mehrmaliges Bewegen der Betätigungsfläche, insbesondere gegen einen vorgegebenen Widerstand, ermittelt werden.

[0028] In einer Ausführung ermittelt das Aktivitätserfassungsmittel die biomechanische und/oder kardiovaskuläre Belastung des Nutzers zusätzlich oder alternativ auf Basis eines ermittelten Zustands des Nutzers bzw. ist hierzu, insbesondere hard- und/oder softwaretechnisch eingerichtet. Insbesondere kann in einer Ausführung das biomechanische und/oder kardiovaskuläre Modell eine Beaufschlagung der Betätigungsfläche und einen ermittelten Zustand des Nutzers mit einer biomechanischen bzw. kardiovaskulären Belastung des Nutzers verknüpfen, insbesondere in Form einer relationalen Verknüpfung, insbesondere einer ein- oder mehrdimensionalen Abbildung.

[0029] Der Zustand des Nutzers kann insbesondere eine Position, Geschwindigkeit und/oder Beschleunigung einer oder mehrerer Referenzen des Nutzers, insbesondere von Gelenkpunkten oder -achsen, umfassen, insbesondere sein. In einer Ausführung wird der Zustand des Nutzers (auch) mittels Ultraschall ermittelt. Entsprechend weist in einer Ausführung das Aktivitätserfassungsmittel wenigstens einen Ultraschallsensor auf.

[0030] So können beispielsweise auf Basis erfasster Positionen von am Nutzer angeordneten Markern und/oder auf Basis von in einem Bild des Nutzers durch eine Bilderkennung identifizierten Positionen von Referenzen, insbesondere auf Basis des biomechanischen und/oder kardiovaskulären Modells, die Positionen von Gelenken und/oder Muskeln des Nutzers ermittelt und so dort wirkende Belastungen ermittelt werden.

[0031] Entsprechend ermittelt das Aktivitätserfassungsmittel in einer Ausführung den Zustand des Nutzers auf Basis einer erfassten, insbesondere mehrdimensionalen, Position und/oder Beschleunigung

gung des Nutzers, insbesondere einer oder mehrerer Referenzen des Nutzers, bzw. ist hierzu, insbesondere hard- und/oder softwaretechnisch eingerichtet. Insbesondere hierzu kann es einen oder mehrere am Nutzer angeordnete, insbesondere inertielle, Positionssensoren und/oder Beschleunigungssensoren aufweisen. Die Sensoren können aktiv oder passiv sein bzw. aktiv Daten erfassen und übermitteln oder passiv durch entsprechende Erfassungsmittel erfasst werden.

[0032] Zusätzlich oder alternativ kann das Aktivitätserfassungsmittel einen oder mehrere, insbesondere roboter- oder umgebungsfeste, Raumüberwachungssensoren aufweisen, insbesondere Lichtschranken, Scanner, Kameras oder dergleichen. Auch hierdurch kann insbesondere eine, insbesondere mehrdimensionale, Position und/oder Beschleunigung des Nutzers, insbesondere einer oder mehrerer Referenzen des Nutzers, ermittelt werden, insbesondere durch eine Bilderkennung.

[0033] Der Zustand des Nutzers kann zusätzlich oder alternativ insbesondere Nerven- und/oder Muskelaktivitäten des Nutzers umfassen. Entsprechend ermittelt das Aktivitätserfassungsmittel in einer Ausführung den Zustand des Nutzers auf Basis einer erfassten, insbesondere mehrdimensionalen, Nerven- und/oder Muskelaktivität des Nutzers bzw. ist hierzu, insbesondere hard- und/oder softwaretechnisch eingerichtet. Insbesondere hierzu kann es einen oder mehrere am Nutzer angeordnete EMG-Sensoren aufweisen.

[0034] Durch die Berücksichtigung der Nerven- und/oder Muskelaktivitäten kann vorteilhafterweise die Präzision erhöht und/oder eine Redundanz eines biomechanischen Modells aufgelöst werden.

[0035] Der Zustand des Nutzers kann zusätzlich oder alternativ insbesondere kardiovaskuläre Aktivitäten des Nutzers umfassen. Entsprechend ermittelt das Aktivitätserfassungsmittel in einer Ausführung den Zustand des Nutzers auf Basis einer erfassten, insbesondere mehrdimensionalen, kardiovaskulären Aktivität des Nutzers bzw. ist hierzu, insbesondere hard- und/oder softwaretechnisch eingerichtet. Insbesondere hierzu kann es einen oder mehrere am Nutzer angeordnete Sensoren zum Ermitteln eines ein- oder mehrdimensionalen kardiovaskulären Parameters, insbesondere Blutdruckwertes, Pulswertes, Blutsauerstoffwertes oder dergleichen aufweisen.

[0036] Durch die Berücksichtigung der kardiovaskulären Aktivitäten kann vorteilhafterweise die Präzision und/oder Sicherheit beim Training erhöht werden.

[0037] Der Zustand des Nutzers kann zusätzlich oder alternativ insbesondere Abmessungen biologischer Strukturen, insbesondere von Muskeln, Seh-

nen, Bändern und dergleichen, des Nutzers umfassen. Entsprechend ermittelt das Aktivitätserfassungsmittel in einer Ausführung den Zustand des Nutzers auf Basis einer erfassten, insbesondere mehrdimensionalen, Abmessung einer biologischen Struktur des Nutzers bzw. ist hierzu, insbesondere hard- und/oder softwaretechnisch eingerichtet. Insbesondere hierzu kann es einen oder mehrere, insbesondere nichtinvasive, Sensoren zum Ermitteln einer ein- oder mehrdimensionalen Abmessung einer biologischen Struktur, insbesondere von Muskeln, Sehnen, Bändern und dergleichen, des Nutzers oder dergleichen aufweisen. In einer Weiterbildung weist der Sensor ein bildgebendes und/oder -verarbeitendes Mittel zum Erfassen der Abmessung der biologischen Struktur auf.

[0038] So kann beispielsweise das Aktivitätserfassungsmittel bzw. dessen Sensor in einer Ausführung eine Länge einer Patellarsehne oder Achillessehne mittels Ultrasonographie als Abmessung einer biologischen Struktur erfassen bzw. ermitteln, hieraus eine Dehnung der Patellar- bzw. Achillessehne als Zustand des Nutzers ermitteln, und daraus eine, insbesondere biomechanische, Belastung des Nutzers ermitteln bzw. hierzu, insbesondere hard- und/oder softwaretechnisch eingerichtet sein.

[0039] In einer Ausführung regelt das Steuermittel, eine Kraft, insbesondere deren Richtung und/oder Größe bzw. Betrag, die der Roboter auf die robotergeführte Betätigungsfläche, insbesondere minimal, maximal oder aktuell, ausübt bzw. aufprägt, auf Basis der vorgegebenen und der ermittelten biomechanischen und/oder kardiovaskulären Belastung des Nutzers bzw. ist hierzu, insbesondere hard- und/oder softwaretechnisch eingerichtet. Wie vorstehend erläutert, wird auch ein Drehmoment vorliegend verallgemeinernd als Kraft bezeichnet.

[0040] Das Steuermittel kann insbesondere eine Größe und/oder Richtung einer Kraft, mit der der Roboter die Betätigungsfläche beaufschlagt, insbesondere bewegt, bzw. die er einer Bewegung der Betätigungsfläche entgegengesetzt, derart regeln, dass eine ermittelte biomechanische und/oder kardiovaskuläre Belastung des Nutzers sich einer vorgegebenen biomechanischen bzw. kardiovaskulären Belastung des Nutzers nähert bzw. gegen diese strebt.

[0041] Wird beispielsweise eine biomechanische Überlastung des Kniegelenkes ermittelt, kann das Steuermittel die Kraft, mit der der Roboter die Betätigungsfläche beaufschlagt, reduzieren und/oder ihre Richtung so ändern, dass die biomechanische Belastung des Kniegelenkes reduziert wird. Insbesondere kann das Steuermittel durch entsprechende Ausrichtung der vom Roboter ausgeübten Kraft eine biomechanische Belastung in eine günstige Achse verschieben.

[0042] Zusätzlich oder alternativ regelt das Steuermittel in einer Ausführung eine Bewegung der robotergeführten Betätigungsfläche durch den Roboter, insbesondere eine Bewegungsrichtung und/oder Geschwindigkeit der robotergeführten Betätigungsfläche, auf Basis der vorgegebenen und der ermittelten biomechanischen und/oder kardiovaskulären Belastung des Nutzers bzw. ist hierzu, insbesondere hard- und/oder softwaretechnisch eingerichtet.

[0043] Das Steuermittel kann insbesondere eine Geschwindigkeit und/oder Richtung einer Bewegung der Betätigungsfläche durch den Roboter derart regeln, dass eine ermittelte biomechanische und/oder kardiovaskuläre Belastung des Nutzers sich einer vorgegebenen biomechanischen bzw. kardiovaskulären Belastung des Nutzers nähert bzw. gegen diese strebt.

[0044] Wird wiederum beispielsweise eine biomechanische Überlastung des Kniegelenkes ermittelt, kann das Steuermittel die Bewegungsrichtung der robotergeführten Betätigungsfläche so ändern, dass die biomechanische Belastung des Kniegelenkes reduziert wird.

[0045] In einer Ausführung regelt das Steuermittel den Roboter adaptiv. Insbesondere können Regelparameter und/oder -strukturen während und/oder nach einer Betätigung des Trainingssystems durch einen, insbesondere identifizierten, Nutzer, automatisiert verändert werden, insbesondere auf Basis der während der Betätigung ermittelten biomechanischen und/oder kardiovaskulären Belastung.

[0046] Nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung weist das Trainingssystem ein Sicherheitsmittel zum, insbesondere redundanten, insbesondere diversitären, Überwachen der Beaufschlagung der Betätigungsfläche, der ermittelten biomechanischen und/oder kardiovaskulären Belastung des Nutzers und/oder eines Zustands des Roboters auf. In einer Weiterbildung erfasst das Sicherheitsmittel hierzu die Beaufschlagung der Betätigungsfläche und/oder den Zustand, insbesondere eine, insbesondere mehrdimensionale, Position, Geschwindigkeit und/oder Beschleunigung, des Nutzers und/oder des Roboters, zweikanalig bzw. ist hierzu, insbesondere hard- und/oder softwaretechnisch eingerichtet.

[0047] Durch die Überwachung der Beaufschlagung der Betätigungsfläche kann insbesondere eine (absolute, von seiner Biomechanik unabhängige) Überlastung des Nutzers erkannt bzw. vermieden werden. Durch die Überwachung des Zustands des Roboters kann insbesondere eine mögliche Kollision und/oder Fehlfunktion erkannt und hierauf reagiert werden. Durch die Überwachung der ermittelten biomechanischen und/oder kardiovaskulären Belastung des Nutzers kann vorteilhafterweise eine Überlastung insbe-

sondere auch dann erkannt und entsprechend vermieden werden, wenn die Beaufschlagung der Betätigungsfläche an sich (noch) in einem zulässigen Bereich liegt. So kann beispielsweise auf Basis der Beaufschlagung der Betätigungsfläche und eines Zustandes, insbesondere einer Position, des Nutzers, auf Basis des biomechanischen Modells erfasst werden, dass ein Kniegelenk – etwa aufgrund einer Achsenfehlstellung – überlastet wird, obwohl die Absolutkraft auf die Betätigungsfläche noch in einem an sich zulässigen Bereich liegt.

[0048] Falls eine unzulässige Beaufschlagung der Betätigungsfläche oder eine unzulässige biomechanische und/oder kardiovaskuläre Belastung des Nutzers oder ein unzulässiger Zustand des Roboters ermittelt wird, löst das Sicherheitsmittel in einer Ausführung eine Fehlerreaktion aus bzw. ist hierzu, insbesondere hard- und/oder softwaretechnisch eingerichtet.

[0049] In einer Weiterbildung führt das Sicherheitsmittel eine Ausgleichsbewegung der robotergeführten Betätigungsfläche durch, falls eine unzulässige Beaufschlagung der Betätigungsfläche oder eine biomechanischen und/oder kardiovaskuläre Belastung des Nutzers oder ein unzulässiger Zustand des Roboters ermittelt wird bzw. ist hierzu, insbesondere hard- und/oder softwaretechnisch eingerichtet, insbesondere in eine vorgegebene Ausgangsstellung.

[0050] Durch eine solche Ausgleichsbewegung kann, insbesondere im Vergleich zu einem unverzüglichen Stoppen des Roboters in einer ergonomisch ungünstigen Pose bzw. Situation, eine Gefahr einer Überlastung oder eines Einklemmens des Nutzers reduziert werden. Wird beispielsweise ermittelt, dass die Beaufschlagung der Betätigungsfläche einen vorgegebenen Maximalwert übersteigt, so kann anstelle eines bloßen Stopps des Roboters die robotergeführte Betätigungsfläche in eine Ausgangsstellung verfahren werden, in der der Nutzer nicht überlastet wird und/oder das Trainingssystem besser verlassen kann.

[0051] Nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung weist das Trainingssystem zwei oder mehr, insbesondere unterschiedliche, Betätigungsflächen auf, die wahlweise mit dem Roboter koppelbar sind, insbesondere gekoppelt sind bzw. werden. Hierdurch können vorteilhaft auf den Nutzer und/oder das Training abgestimmte Betätigungsflächen zur Verfügung gestellt werden, beispielsweise Griffe mit unterschiedlichen Größen, verschiedene Plattformen oder dergleichen.

[0052] In einer Weiterbildung identifiziert das Steuermittel die jeweils robotergeführte bzw. an den Roboter(flansch) gekoppelte Betätigungsfläche und regelt den Roboters auf Basis der identifizierten roboterge-

fürten Betätigungsfläche bzw. ist hierzu, insbesondere hard- und/oder softwaretechnisch eingerichtet.

[0053] In einer Weiterbildung weisen die Betätigungsflächen, insbesondere elektromagnetisch auslesbare, Identifikationsmarkierungen und das Steuermittel ein Mittel zum, insbesondere elektromagnetischen, Erfassen der Identifikationsmarkierungen auf. Die Identifikationsmarkierungen können insbesondere RFID-Transponder umfassen, insbesondere sein.

[0054] In einer Weiterbildung wechselt das Trainingssystem, insbesondere das den Roboter regelnde Steuermittel, vollständig oder teilweise automatisiert, die robotergeführte Betätigungsfläche, insbesondere gegen eine andere, wahlweise mit dem Roboter koppelbare Betätigungsfläche bzw. ist hierzu, insbesondere hard- und/oder softwaretechnisch eingerichtet.

[0055] In einer Ausführung identifiziert das Steuermittel den Nutzer, insbesondere berührungslos, insbesondere mittels RFID, und regelt den Roboter auf Basis des identifizierten Nutzers bzw. ist hierzu, insbesondere hard- und/oder softwaretechnisch eingerichtet.

[0056] Insbesondere können so nutzerindividuelle Trainingspläne und/oder Parameter des biomechanischen Modells zur Regelung des Roboters verwendet werden. Ein Regeln kann insbesondere auch ein Sperren einer Bewegung des Roboters umfassen. Entsprechend kann die Identifikation auch zur Autorisierung eines Trainings mit dem Trainingssystem verwendet werden.

[0057] In einer Ausführung weist das Trainingssystem ein ein- oder mehrteiliges Fixiermittel zum Fixieren des Nutzers an der robotergeführten Betätigungsfläche und/oder an einer, insbesondere verstellbaren, Nutzer-Positioneinrichtung, insbesondere einer Stand- und/oder Sitzfläche und/oder Lehne, auf. Hierdurch kann vorteilhaft ein Training verbessert werden.

[0058] In einer Ausführung weist das Trainingssystem ein Ausgabemittel zum, insbesondere optischen bzw. visuellen, haptischen und/oder akustischen, Ausgeben einer Rückmeldung auf Basis der ermittelten biomechanischen und/oder kardiovaskulären Belastung auf. Hierdurch kann dem Nutzer ein computergestütztes Feedback der biomechanischen bzw. kardiovaskulären Belastung, insbesondere einer Trainingswirkung, gegeben und diese so vorteilhaft verbessert werden.

[0059] Ein Mittel im Sinne der vorliegenden Erfindung kann hard- und/oder softwaretechnisch ausgebildet sein, insbesondere eine, vorzugsweise mit einem Speicher- und/oder Bussystem daten- bzw.

signalverbundene, insbesondere digitale, Verarbeitungs-, insbesondere Mikroprozessoreinheit (CPU) und/oder ein oder mehrere Programme oder Programmmodule aufweisen. Die CPU kann dazu ausgebildet sein, Befehle, die als ein in einem Speichersystem abgelegtes Programm implementiert sind, abzuarbeiten, Eingangssignale von einem Datenbus zu erfassen und/oder Ausgangssignale an einen Datenbus abzugeben. Ein Speichersystem kann ein oder mehrere, insbesondere verschiedene, Speichermedien, insbesondere optische, magnetische, Festkörper- und/oder andere nicht-flüchtige Medien aufweisen. Das Programm kann derart beschaffen sein, dass es die hier beschriebenen Verfahren verkörpert bzw. auszuführen imstande ist, sodass die CPU die Schritte solcher Verfahren ausführen kann und damit insbesondere den Roboter regeln kann.

[0060] Ein Training im Sinne der vorliegenden Erfindung kann insbesondere eine Verbesserung von Gewebestrukturen, insbesondere Muskeln, Sehnen und/oder Bändern, des Nutzers umfassen bzw. anstreben. Zusätzlich oder alternativ kann es auch eine nervöse, insbesondere koordinative, Verbesserung des Nutzers umfassen bzw. anstreben. Entsprechend kann die vorgegebene biomechanische Belastung des Nutzers insbesondere auf Basis einer angestrebten Verbesserung von Gewebestrukturen und/oder auf Basis einer angestrebten nervöse, insbesondere koordinative, Verbesserung vorgegeben werden bzw. sein.

[0061] Eine Überlastung im Sinne der vorliegenden Erfindung kann insbesondere ein Überschreiten einer, insbesondere definierten bzw. vorgegebenen, Grenzbelastung umfassen, insbesondere sein.

[0062] In einer Ausführung wird der Roboter zusätzlich auch auf Basis eines vorgegebenen, insbesondere nutzerspezifischen bzw. -individuellen, Bewegungsausmaßes geregelt. Entsprechend ist das Steuermittel in einer Ausführung zum Regeln des Roboters auf Basis eines vorgegebenen, insbesondere nutzerspezifischen bzw. -individuellen, Bewegungsausmaßes ausgebildet bzw., insbesondere hard- und/oder softwaretechnisch, eingerichtet. Auf diese Weise können vorteilhafte insbesondere Therapievorgaben bzw. Einschränkungen des Bewegungsausmaßes berücksichtigt bzw. eingehalten werden. So kann insbesondere der Roboter die Betätigungsfläche derart führen bzw. die Steuerung ihn derart regeln, dass ein oder mehrere Gelenke und/oder Körperglieder des Nutzers bei der robotergeführten Bewegung der Betätigungsfläche nur die vorgegebenen Bewegungsausmaße aufweisen.

[0063] Weitere Vorteile und Merkmale ergeben sich aus den Unteransprüchen und den Ausführungsbeispielen. Hierzu zeigt, teilweise schematisiert, die einzige:

Fig. 1: ein Trainingssystem nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung.

[0064] Fig. 1 zeigt ein Trainingssystem nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung.

[0065] Das Trainingssystem weist einen Roboter **10** auf. Der Roboter weist einen Arm mit sechs elektromotorisch aktuierten Drehgelenken mit paarweise aufeinander senkrecht stehenden oder parallelen Drehachsen auf.

[0066] Das Trainingssystem weist weiter mehrere unterschiedliche Betätigungsflächen **30A**, **30B** und **30C** auf, die wahlweise lösbar an einem Roboterflansch **11** befestigt und somit durch den Roboter geführt werden. Der Roboterflansch **11** weist gegenüber einer umgebungsfesten Roboterbasis die durch die sechs Gelenke des Roboters definierten Freiheitsgrade auf.

[0067] Im Ausführungsbeispiel weist die aktuell angekoppelte bzw. robotergeführte Betätigungsfläche **30A** eine Plattform zum Abstützen eines oder beider Füße eines Nutzers auf, so dass das Trainingssystem insbesondere, wie in Fig. 1 angedeutet, als sogenannte Funktionsstemme fungieren kann. Die Betätigungsflächen **30B**, **30C** sind hingegen als Griff zum Halten mit einer (**30C**) oder beiden Händen (**30B**) ausgebildet.

[0068] Das Trainingssystem weist ein Krafterfassungsmittel zum Ermitteln einer Kraft- und Momentenbeaufschlagung der Betätigungsfläche in jeweils drei zueinander orthogonalen Richtungen in Form eines sechsdimensionalen Kraft-/Momentensensors **12** auf, der zwischen dem Roboterflansch **11** und der Betätigungsfläche **30A** angeordnet ist.

[0069] Das Trainingssystem weist ein Aktivitätserfassungsmittel zum Ermitteln einer biomechanischen Belastung eines Nutzers **20** auf Basis der ermittelten Beaufschlagung der Betätigungsfläche sowie ein Steuermittel zum Regeln der Antriebe des Roboters **10** auf Basis einer vorgegebenen und der ermittelten biomechanischen Belastung des Nutzers auf, die beide in einer Steuerung **40** implementiert sind.

[0070] Im Ausführungsbeispiel, in dem der Roboter **10** als Funktionsstemme fungiert, werden beispielsweise in dem aktiven Kniegelenk des Nutzers **20** wirkende Kräfte und Momente auf Basis der ermittelten Beaufschlagung der Betätigungsfläche **30A** auf Basis eines biomechanischen Modells ermittelt und mit vorgegebenen Belastungen verglichen. Dann regelt die Steuerung **40** den Roboter **10** derart, dass die im Kniegelenk des Nutzers **20** wirkenden Kräfte und Momente sich den gewünschten Belastungen nähern oder die zulässigen Belastungen nicht übersteigen.

[0071] Zusätzlich ermittelt die Steuerung auf Basis der ermittelten Beaufschlagung der Betätigungsfläche **30A** auf Basis eines biomechanischen Modells eine muskuläre Beanspruchung im Kniestreckker, vergleicht diese mit einem vorgegebenen optimalen Trainingsreiz und regeln den Roboter **10** derart, dass die im Kniestreckker des Nutzers **20** wirkenden Kräfte sich der gewünschten Trainingsbelastung nähern.

[0072] Auf diese Weise kann vorteilhaft eine Überlastung des Kniegelenks vermieden und zugleich der Kniestreckker optimal ausbelastet werden.

[0073] Die Steuerung **40** weist mehrere biomechanische Modellmodule auf, die unterschiedliche Teile des Bewegungsapparates des Nutzers abbilden und unterschiedliche Komplexitätsgrade aufweisen. Die Steuerung **40** erstellt wahlweise, insbesondere je nach Trainingsplan, aus diesen Modulen jeweils das biomechanische Modell, auf dessen Basis sie dann die Belastung des Nutzers **20** ermittelt und den Roboter **10** regelt.

[0074] Die biomechanischen Modelle sind parametrierbar, um sie individuell an verschiedene Nutzer anzupassen. Die Parameter des Modells werden vom Nutzer oder einem Trainer eingegeben oder aus einer Datenbank ermittelt, insbesondere durch Identifikation einer Nutzeridentität und Abrufen von Parametern, die mit dieser Nutzeridentität verknüpft sind, aus einem Speichermittel der Steuerung **40**. Zusätzlich oder alternativ können ein oder mehrere der Parameter auch durch das Trainingssystem selber ermittelt, insbesondere identifiziert oder abgeschätzt, werden.

[0075] Die Steuerung **40** berücksichtigt bei der Ermittlung der Belastung des Nutzers **20** zusätzlich eine Position von Referenzen des Nutzers, die im Ausführungsbeispiel durch umgebungsfeste Raumüberwachungssensoren, etwa eine Kamera **70** und entsprechende Bilderkennung, ermittelt werden. In einer nicht dargestellten Abwandlung kann die Position von Referenzen des Nutzers zusätzlich oder alternativ auch durch am Nutzer angeordnete Positionssensoren ermittelt werden. In einer ebenfalls nicht dargestellten Abwandlung kann die Steuerung **40** zusätzlich oder alternativ bei der Ermittlung der Belastung des Nutzers **20** auch eine Nerven- und/oder Muskelaktivität des Nutzers **20** berücksichtigt, die durch am Nutzer angeordnete EMG-Sensoren ermittelt wird.

[0076] Die Referenzen können eine bekannte Lage relativ zu Gelenken des Bewegungsapparates des Nutzers aufweisen, beispielsweise dem Kniegelenk. Dann kann die Steuerung **40** auf Basis der erfassten Position der Referenzen die Position des Kniegelenks ermitteln und auf deren Basis unter Berücksichtigung der Beaufschlagung der Betätigungsfläche **30A** eine Belastung im Kniegelenk ermitteln.

[0077] Im Ausführungsbeispiel regelt die Steuerung **40** eine Kraft, die der Roboter **10** auf die robotergeführte Betätigungsfläche **30A** ausübt, sowie eine Bewegung der robotergeführten Betätigungsfläche durch den Roboter auf Basis der vorgegebenen und der ermittelten biomechanischen Belastung des Nutzers.

[0078] Wird beispielsweise auf Basis der ermittelten Beaufschlagung der Betätigungsfläche **30A** eine biomechanische Überlastung des Kniegelenkes des Nutzers **20** ermittelt, kann die Steuerung **40** die Kraft, mit der der Roboter **10** die Betätigungsfläche **30A** beaufschlagt, insbesondere einer Bewegung durch den Nutzer entgegengesetzt (konzentrisches Training), reduzieren und/oder ihre Richtung und/oder die Bewegungstrajektorie der Betätigungsfläche **30A** so ändern, dass die biomechanische Belastung des Kniegelenkes reduziert wird, beispielsweise eine Bewegung der Betätigungsfläche **30A** mit einer Bewegungsachse des Kniegelenks (besser) korreliert.

[0079] Das Trainingssystem weist ein Sicherheitsmittel mit einer Sicherheitssteuerung **50** zum Überwachen der Beaufschlagung der Betätigungsfläche **30A**, der ermittelten biomechanischen Belastung des Nutzers und des Zustands des Roboters **10** auf.

[0080] Die Sicherheitssteuerung **50** erfasst zweikanalig die Beaufschlagung der Betätigungsfläche **30A** mittels des Kraft-/Momentensensors **12** und den Zustand, insbesondere eine Position, Geschwindigkeit und/oder Beschleunigung, des Roboters **10** mittels Lichtschranken **71**, **72**. Zusätzlich vergleicht sie die ermittelte biomechanische Belastung des Nutzers **20** mit einer vorgegebenen zulässigen biomechanischen Belastung, beispielsweise maximal zulässigen Kräften im Knie.

[0081] Falls die Sicherheitssteuerung **50** eine unzulässige Beaufschlagung der Betätigungsfläche **30A** oder einen unzulässigen Zustand des Roboters **10** erfasst, beispielsweise eine auf die Betätigungsfläche **30A** ausgeübte Kraft einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt oder der Roboter **10** den durch die Lichtschranken **71**, **72** vorgegebenen Arbeitsraum verlässt, oder falls die Sicherheitssteuerung **50** eine unzulässige biomechanische Belastung des Nutzers **20** erfasst, führt sie eine Ausgleichsbewegung der robotergeführten Betätigungsfläche **30A** in eine vorgegebene Ausgangsstellung durch.

[0082] Zusätzlich oder alternativ zu den Lichtschranken **71**, **72** und/oder der Kamera **70** kann die Sicherheitssteuerung **50** die Position des Roboters **10** auch durch Positions- bzw. Gelenkwinkelsensoren **13** an den Gelenken des Roboters erfassen.

[0083] Wie vorstehend bereits erwähnt, weist das Trainingssystem im Ausführungsbeispiel drei unter-

schiedliche Betätigungsflächen **30A–30C** auf, die wahlweise mit dem Roboter **10** koppelbar sind.

[0084] Die Steuerung **40** identifiziert die jeweils robotergeführte bzw. an den Roboterflansch **11** gekoppelte Betätigungsfläche (im Ausführungsbeispiel **30A**) und regelt den Roboter **10** auf Basis der identifizierten robotergeführten Betätigungsfläche. Hierzu weisen die unterschiedlichen Betätigungsflächen **30A–30C** jeweils einen RFID-Transponder **32A**, **32B** bzw. **32C** auf, der Roboter **10** ein Mittel **31** zum elektromagnetischen Erfassen des jeweils angekoppelten RFID-Transponders.

[0085] Das Trainingssystem weist eine Nutzer-Positioneinrichtung **60** mit einer verstellbaren Sitzfläche und Lehne auf.

[0086] Obwohl in der vorhergehenden Beschreibung exemplarische Ausführungen erläutert wurden, sei darauf hingewiesen, dass eine Vielzahl von Abwandlungen möglich ist. Außerdem sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den exemplarischen Ausführungen lediglich um Beispiele handelt, die den Schutzbereich, die Anwendungen und den Aufbau in keiner Weise einschränken sollen. Vielmehr wird dem Fachmann durch die vorausgehende Beschreibung ein Leitfaden für die Umsetzung von mindestens einer exemplarischen Ausführung gegeben, wobei diverse Änderungen, insbesondere in Hinblick auf die Funktion und Anordnung der beschriebenen Bestandteile, vorgenommen werden können, ohne den Schutzbereich zu verlassen, wie er sich aus den Ansprüchen und diesen äquivalenten Merkmalskombinationen ergibt.

Bezugszeichenliste

10	Roboter
11	Roboterflansch
12	Kraft-/Momentensensor
13	Gelenkwinkelsensor
20	Nutzer
30A; 30B, 30C	Betätigungsfläche
31	Mittel zum Erfassen eines RFID-Transponders
32A; 32B, 32C	RFID-Transponder
40	(Roboter)Steuerung (Aktivitätserfassungs- und Steuerungsmittel)
50	Sicherheitssteuerung
60	Nutzer-Positioneinrichtung
70	Kamera (Raumüberwachungssensor)
71, 72	Lichtschranke

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

- WO 2011/076240 A1 [0002, 0018]

Patentansprüche

1. Trainingssystem mit:
 einem Roboter (**10**);
 einer robotergeführten Betätigungsfläche (**30A**);
 einem Aktivitätserfassungsmittel (**40**) zum Ermitteln einer biomechanischen und/oder kardiovaskulären Belastung eines Nutzers (**20**), insbesondere auf Basis einer von einem Krafterfassungsmittel (**12**) des Trainingssystems ermittelten Beaufschlagung der Betätigungsfläche; und
 einem Steuermittel (**40**) zum Regeln des Roboters auf Basis einer vorgegebenen und der ermittelten biomechanischen und/oder kardiovaskulären Belastung des Nutzers.

2. Trainingssystem nach Anspruch 1, wobei das Aktivitätserfassungsmittel dazu eingerichtet ist, die Belastung des Nutzers auf Basis wenigstens eines, insbesondere modularen und/oder parametrierbaren, biomechanischen und/oder kardiovaskulären Modells, und/oder eines ermittelten Zustands des Nutzers zu ermitteln.

3. Trainingssystem nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Aktivitätserfassungsmittel dazu eingerichtet ist, den Zustand des Nutzers auf Basis einer erfassten Position, Beschleunigung, Nerven- und/oder Muskel- und/oder kardiovaskulären Aktivität und/oder Abmessung einer biologischen Struktur des Nutzers zu ermitteln.

4. Trainingssystem nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Aktivitätserfassungsmittel wenigstens einen am Nutzer angeordneten, insbesondere inertialen, Positionssensor, Beschleunigungssensor, EMG-Sensor und/oder wenigstens einen Sensor zum Ermitteln eines kardiovaskulären Parameters und/oder wenigstens einen, insbesondere nicht-invasiven Sensor, zum Ermitteln einer Abmessung einer biologischen Struktur des Nutzers und/oder wenigstens einen Raumüberwachungssensor (**70**) aufweist.

5. Trainingssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Steuermittel dazu eingerichtet ist, eine Kraft, insbesondere Krafrichtung und/oder -größe, des Roboters auf die robotergeführte Betätigungsfläche und/oder eine Bewegung der robotergeführten Betätigungsfläche durch den Roboter, insbesondere eine Bewegungsrichtung und/oder Geschwindigkeit, auf Basis der vorgegebenen und der ermittelten biomechanischen und/oder kardiovaskulären Belastung des Nutzers zu regeln.

6. Trainingssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Sicherheitsmittel (**50**) zum, insbesondere redundanten, Überwachen der Beaufschlagung der Betätigungsfläche, der ermittelten bio-

mechanischen und/oder kardiovaskulären Belastung des Nutzers und/oder des Zustands des Roboters.

7. Trainingssystem nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Sicherheitsmittel dazu eingerichtet ist, eine Ausgleichsbewegung durchzuführen, falls eine unzulässige Beaufschlagung der Betätigungsfläche oder biomechanischen und/oder kardiovaskulären Belastung des Nutzers oder ein unzulässiger Zustand des Roboters ermittelt wird.

8. Trainingssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Steuermittel dazu eingerichtet ist, einen Nutzer (**20**), insbesondere berührungslos, zu identifizieren und den Roboter auf Basis des identifizierten Nutzers zu regeln.

9. Trainingssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit wenigstens zwei Betätigungsflächen (**30A, 30B, 30C**), die wahlweise mit dem Roboter koppelbar sind, wobei das Steuermittel dazu eingerichtet ist, die robotergeführten Betätigungsflächen wenigstens teilweise automatisiert zu wechseln und/oder zu identifizieren und den Roboter auf Basis der identifizierten robotergeführten Betätigungsfläche zu regeln.

10. Trainingssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Fixiermittel zum Fixieren des Nutzers an der robotergeführten Betätigungsfläche und/oder einer Nutzer-Positioneinrichtung (**60**).

11. Trainingssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Ausgabemittel zum Ausgeben einer Rückmeldung auf Basis der ermittelten biomechanischen und/oder kardiovaskulären Belastung.

12. Verfahren zum Regeln des Roboters eines Trainingssystems nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine biomechanische und/oder kardiovaskulären Belastung des Nutzers, insbesondere auf Basis einer ermittelten Beaufschlagung der Betätigungsfläche, ermittelt und der Roboter auf Basis einer vorgegebenen und der ermittelten biomechanischen und/oder kardiovaskulären Belastung des Nutzers geregelt wird.

13. Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode, der auf einem von einem Computer lesbaren Medium gespeichert ist, zur Durchführung eines Verfahrens nach dem vorhergehenden Anspruch.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

