

Tragbare Mensch-Maschine Schnittstelle und mit dieser ausführbares Verfahren

5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine neuartige Mensch-Maschine Schnittstelle sowie ein Verfahren, welches mit einer solchen Mensch-Maschine Schnittstelle ausgeführt werden kann.

10 Aufgrund der zunehmenden Vernetzung und Digitalisierung der Umwelt, in der Menschen und Tiere heutzutage leben, ist es immer häufiger notwendig, dass eine Kommunikation zwischen einem Menschen (oder auch einem Tier) und elektronischen Geräten aller Art stattfindet. Als Stichwort sei hier der Begriff des Internet of Things (IoT) genannt, worunter allgemein verstanden wird, dass über das Internet eine Verbindung zu einer Vielzahl von Geräten möglich ist oder in Zukunft sein wird, die
15 eine Bedienung bzw. Steuerung dieser Geräte durch Benutzer ermöglicht. Ohne jeglichen Anspruch auf Vollständigkeit seien als Beispiele für solche Geräte genannt Fahrzeuge aller Art, Haushaltsgeräte, Gebäudeheizungen, Fitnesstrainer, Spielgeräte, Drohnen, Roboter und vieles andere mehr. Zur Bedienung bzw. Steuerung solcher und anderer Geräte werden intelligente Mensch-Maschine Schnittstellen benötigt, die
20 einem Menschen (oder Tier) eine möglichst einfache und intuitive Nutzung solcher Geräte ermöglichen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine solche, vorzugsweise tragbare Mensch-Maschine Schnittstelle bereitzustellen.

25 Zur Lösung der genannten Aufgabe wird eine vorzugsweise tragbare Mensch-Maschine Schnittstelle vorgeschlagen, die ein Tragelement aufweist, welches zur Anbringung an einem Hautareal eines menschlichen oder tierischen Körpers ausgebildet ist. Als Tragelement kann jedes Element dienen, welches dazu geeignet ist, die Mensch-Maschine Schnittstelle an dem gewünschten Hautareal eines menschlichen oder tierischen Körpers vorzugsweise lösbar zu befestigen. Die erfindungsgemäße Mensch-Maschine Schnittstelle weist ferner eine flexible Schicht mit magnetischen Eigenschaften auf, die an dem Tragelement auf einer dem Hautareal des menschlichen oder tierischen Körpers zugewandten Seite zum Inkontaktkommen mit der
30 Oberfläche des Hautareals angebracht ist. Die Flexibilität der Schicht mit magnetischen Eigenschaften muss dabei solchermaßen sein, dass die Schicht Verformungen der Oberfläche des Hautareals zumindest im Wesentlichen folgen kann. Unter "magnetischen Eigenschaften" wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung verstanden,
35

dass die magnetischen Eigenschaften der Schicht derart ausgebildet sind, dass eine Verformung der Oberfläche des Hautareals, welcher die flexible Schicht mit magnetischen Eigenschaften folgt, zu einer messbaren Änderung der magnetischen Eigenschaften führt. Ferner umfasst die erfindungsgemäße Mensch-Maschine Schnittstelle
5 eine Erfassungseinheit, die Änderungen der magnetischen Eigenschaften der flexiblen Schicht misst. Mit anderen Worten, die Erfassungseinheit ist dazu ausgestaltet, jedenfalls diejenigen Änderungen der magnetischen Eigenschaften der flexiblen Schicht zu messen, die bezüglich eines Ausgangszustandes durch eine Verformung der Oberfläche des Hautareals hervorgerufen werden. Schließlich umfasst die erfindungsgemäße Mensch-Maschine Schnittstelle eine Verarbeitungseinheit, die dazu
10 eingerichtet ist, einen Algorithmus auszuführen, der die gemessene Änderung der magnetischen Eigenschaften einer Konfiguration und/oder Bewegung und/oder deren Intensität zuordnet.

15 Die Verformung der Oberfläche eines Hautareals kann willkürliche oder unwillkürliche Ursachen haben. Beispielsweise kann ein Mensch seine Extremitäten willkürlich in eine andere Position bringen, die entsprechende Verformungen bestimmter Hautareale nach sich zieht. Andererseits kann es beispielsweise aufgrund einer Krankheit eines Menschen zu unwillkürlichen Verformungen bestimmter Hautareale kommen
20 (etwa durch unwillkürliche Muskelkontraktionen oder Organbewegungen), deren Erfassung und Zuordnung einem Arzt ermöglichen kann, eine bessere Diagnose zu stellen.

Unter dem Begriff "Konfiguration" wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung die
25 Gesamtheit der für die zur Beschreibung der Freiheitsgrade der jeweiligen Extremität notwendigen Gelenkwinkel verstanden. Anders ausgedrückt handelt es sich bei einer "Konfiguration" um eine bestimmte Stellung einer menschlichen oder tierischen Extremität (als Beispiele seien hier genannt: Bein gestreckt, Bein abgewinkelt, Hand geöffnet, Hand geschlossen, Arm gerade, Arm abgewinkelt, Hand gegenüber Ellbogen verdreht oder nicht verdreht etc.). Selbstverständlich kann eine Konfiguration
30 auch einen Zustand zwischen zwei Endkonfigurationen angeben, etwa Arm teilweise gestreckt, Hand teilweise geschlossen etc.

Unter dem Begriff "Bewegung" wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung eine
35 zeitliche Änderung (insbesondere hinsichtlich Ausmaß und Geschwindigkeit) einer Konfiguration verstanden.

Unter dem Begriff "Intensität der Bewegung" wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung insbesondere die Kraft verstanden, mit der eine Bewegung ausgeführt wird.

5 Allgemein gesprochen kommt es bei einem menschlichen oder tierischen Körper durch willkürliche oder unwillkürliche Muskel-, Sehnen-, Band-, Knochen- und/oder Organbewegungen zu einer Verformung der Oberfläche von Hautarealen. Solche Verformungen zu erfassen und zuverlässig bestimmten Zuständen (Konfigurationen) und/oder Bewegungen sowie, falls gewünscht, deren Intensität zuzuordnen ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung.

10 Die oben erwähnte, zur Mensch-Maschine Schnittstelle gehörende Verarbeitungseinheit kann integriert oder ausgelagert sein. Mit "integriert" ist hier gemeint, dass die Verarbeitungseinheit sich unmittelbar an der tragbaren Mensch-Maschine Schnittstelle befindet. Jedoch kann diese Verarbeitungseinheit sich auch entfernt von der tragbaren Mensch-Maschine Schnittstelle angeordnet befinden und beispielsweise über
15 eine kabelgebundene oder drahtlose Verbindung mit der tragbaren Mensch-Maschine Schnittstelle kommunizieren.

20 Die flexible Schicht mit magnetischen Eigenschaften kann unterschiedliche Ausgestaltungen annehmen. Wichtig ist jedoch eine ausreichende Konformität mit der Oberfläche des interessierenden Hautareals, damit auftretende Verformungen der Hautoberfläche und die damit einhergehenden Verformungen der flexiblen Schicht zu messbaren Änderungen der magnetischen Eigenschaften führen. Genauer gesagt werden vorzugsweise Änderungen der magnetischen Feldstärke und/oder Änderungen der magnetischen Flussdichte gemessen. Anders ausgedrückt wird das sich je-
25 weils ergebende Magnetfeld gemessen, wobei sich ein vorhandenes Magnetfeld nicht zwangsläufig selbst ändern muss, sondern sich lediglich aus Sicht der Erfassungseinheit nach einer Hautverformung als ein anderes Magnetfeld darzustellen braucht. Vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang, wenn die flexible Schicht eine Polkonfiguration mit vielen Nord-Südpol-Paaren beinhaltet. Auf diese Weise erlaubt eine
30 Verschiebung oder Verdrehung der flexiblen Schicht mit magnetischen Eigenschaften eine von außen messbare Magnetisierung durch Messung des Magnetfeldes. Maßgeblich ist dabei die Polkonfiguration mit der Stärke der jeweiligen Magnetisierung, so dass Änderungen der magnetischen Flussdichte und/oder magnetischen Feldstärke durch Magnetometer messbar sind.
35

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Mensch-Maschine Schnittstelle enthält die flexible Schicht eine Mehrzahl Magnete, die vor-

zugsweise in Form eines Arrays angeordnet sind, wobei wie bereits ausgeführt die messbare Änderung der magnetischen Eigenschaften der flexiblen Schicht als messbare Änderungen der magnetischen Feldstärke und/oder messbare Änderungen der magnetischen Flussdichte zu verstehen sind. Unter dem Begriff "Magnet" wird hier
5 ein einzelner Permanentmagnet verstanden, aber auch ein stromdurchflossener Leiter oder ein magnetisierbares Partikel bzw. eine Gruppe magnetisierbarer Partikel (die z. B. in einem Magnetband oder einem Magnetstreifen angeordnet sein können). Wichtig ist lediglich, dass jeder "Magnet" zu einer nach außen wirksamen Magnetisierung führt, die mit der Erfassungseinheit erfasst werden kann. Eine flexible Schicht
10 mit magnetischen Eigenschaften und einer vorteilhaften Polkonfiguration kann beispielsweise durch das Einlassen handelsüblicher Permanentmagnete mit einfacher Nord-Südpol-Konfiguration in eine bandartige, elastische Silikonschicht realisiert werden. Selbstverständlich sind viele andere Anordnungen denkbar und ebenfalls geeignet.

15 Keineswegs muss die flexible Schicht mit magnetischen Eigenschaften separat von dem Tragelement vorhanden sein. Bei vorteilhaften Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Mensch-Maschine Schnittstelle bietet es sich vielmehr an, das Tragelement und die flexible Schicht mit magnetischen Eigenschaften in einem Bauteil zu
20 kombinieren. Ein solches beide Elemente kombinierendes Bauteil kann beispielsweise die Gestalt eines Armbandes haben, wie es auch für Armbanduhren verwendet wird.

Die Erfassungseinheit der erfindungsgemäßen Mensch-Maschine Schnittstelle enthält vorzugsweise mehrere Magnetometer zum Messen der Änderungen der magnetischen
25 Eigenschaften der flexiblen Schicht. Die mehreren Magnetometer sind vorteilhaft ebenfalls in Form eines Arrays angeordnet, wobei dieses Array nicht mit dem Array übereinstimmen muss, in dem die Mehrzahl Magnete angeordnet sind. Auch braucht die Anzahl Magnetometer nicht mit der Anzahl der Magnete übereinzustimmen, die die flexible Schicht aufweist.

30 Ergänzend zur Messung der Änderung der magnetischen Eigenschaften der flexiblen Schicht kann es vorteilhaft sein, noch weitere Informationen zu erfassen, die sich während einer Verformung der Oberfläche eines interessierenden Hautareals ergeben. Aus diesem Grund sind an bevorzugten Ausführungsformen erfindungsgemäßer
35 Mensch-Maschine Schnittstellen ferner ein oder mehrere Beschleunigungssensoren und/oder Drehratensensoren vorhanden, deren Ausgangssignale ebenfalls der Verarbeitungseinheit zugeführt werden können.

Basierend auf den erfassten Änderungen der magnetischen Eigenschaften der flexiblen Schicht, zu denen es aufgrund einer Verformung der Oberfläche eines interessierenden Hautareals gekommen ist, führt die Verarbeitungseinheit einen Zuordnungsalgorithmus aus, der die gemessene Änderung (oder die gemessenen Änderungen) der magnetischen Eigenschaften einer Konfiguration und/oder einer Bewegung und/oder einer Intensität der Bewegung zuordnet. Anhand der zugeordneten Konfiguration und/oder Bewegung und/oder deren Intensität kann die Verarbeitungseinheit oder eine nachgelagerte Steuereinheit dann beispielsweise einen Steuerbefehl erzeugen, der einem Gerät zugeführt wird, welches daraufhin eine dem Steuerbefehl entsprechende Aktion ausführt. Somit entspricht die von dem Gerät ausgeführte Aktion der zumindest einen von der Verarbeitungseinheit bzw. dem Zuordnungsalgorithmus zugeordneten Konfiguration und/oder Bewegung und/oder deren Intensität. Bei der zugeordneten Konfiguration und/oder Bewegung und/oder deren Intensität kann es sich beispielsweise um eine Geste handeln.

Die Zuordnung der von der Erfassungseinheit beispielsweise mittels Magnetometermessungen erfassten Änderung der magnetischen Eigenschaften der flexiblen Schicht zu beispielsweise einer Konfiguration einer menschlichen Extremität lässt sich vorteilhaft unter Zuhilfenahme künstlicher Intelligenz erreichen. Die Verarbeitungseinheit einer erfindungsgemäßen Mensch-Maschine Schnittstelle ist deshalb vorzugsweise dazu eingerichtet, die gemessene Änderung der magnetischen Eigenschaften der flexiblen Schicht unter Zuhilfenahme von Bayes-Klassifikatoren, eines künstlichen neuronalen Netzes, einer Support Vector Machine, einer Finite State Machine, eines Hidden Markov Modells, einer Relevance Vector Machine, eines Dynamic Time Warping Verfahrens, eines Conditional Random Field Verfahrens, eines Entscheidungsbaums, eines Random Forest Verfahrens, eines k-nearest Neighbors Algorithmus, einer Diskriminanzanalyse, einer linearen Regression, einer logistischen Regression, eines Gauß-Prozesses, eines Perceptrons und/oder von Ensemble-Methoden (Bayes Optimal Classifier, Bagging, Boosting) einer Konfiguration und/oder Bewegung und/oder deren Intensität zuzuordnen, gegebenenfalls unter zusätzlicher Einbeziehung der Daten, die von Drehraten- und/oder Beschleunigungssensoren geliefert werden. Allgemein kann gesagt werden, dass zunächst Datensätze bestehend aus bestimmten magnetischen Eigenschaften und einer zugehörigen, beliebigen Konfiguration und/oder Bewegung aufgenommen werden und anschließend der Zusammenhang dieser Größen in einem sogenannten Training bestimmt wird. Es ist daher zu unterscheiden zwischen einem Lern- bzw. Trainingsmodus, in dem ausreichend Messdaten erfasst und zugeordnet werden müssen, um anschließend in einem Prädiktionsmodus eine zutreffende Zuordnung einer einzigen Magnetometermessung oder mehrerer

Magnetometermessungen zu einer Konfiguration und/oder Bewegung und/oder deren Intensität zu ermöglichen.

Vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Mensch-Maschine Schnittstelle sind ferner mit einer Kommunikationseinheit zum Datenaustausch mit zumindest einem externen Gerät versehen, welches basierend auf den mit der Mensch-Maschine Schnittstelle ausgetauschten Daten eine Aktion ausführen kann, die der zumindest einen zugeordneten Konfiguration und/oder Bewegung und/oder deren Intensität entspricht. Beispielsweise kann eine erfindungsgemäße Mensch-Maschine Schnittstelle in eine Smartwatch integriert sein, so dass Funktionen der Smartwatch unter Zuhilfenahme der erfindungsgemäßen Mensch-Maschine Schnittstelle ausgeführt werden können. Denkbar wäre beispielsweise, dass bestimmte Finger- und/oder Handbewegungen bestimmten Funktionen und/oder Steuerbefehlen einer Smartwatch zugeordnet werden, so dass die Smartwatch durch Ausführen dieser Bewegungen einfach und intuitiv bedient werden kann.

Die vorliegende Erfindung ist auch auf ein Verfahren zum Erfassen einer Verformung der Oberfläche eines Hautareals eines menschlichen oder tierischen Körpers und Zuordnen der erfassten Verformung zu einer Konfiguration und/oder Bewegung und/oder deren Intensität gerichtet, das die folgenden Schritte aufweist:

- Anordnen eines Arrays aus Magneten an oder nahe einem Hautareal derart, dass das Array einer Hautverformung folgt,
- Ermitteln zumindest einer magnetischen Signatur des Arrays aus Magneten durch Messen der aufgrund einer Hautverformung stattgefundenen, messbaren Änderung der magnetischen Eigenschaften des Arrays aus Magneten, und
- Ausführen eines Algorithmus zum Zuordnen der ermittelten zumindest einen magnetischen Signatur zu einer Konfiguration und/oder Bewegung und/oder deren Intensität.

Wie zuvor schon erläutert, kann die Verformung der Oberfläche des Hautareals auf einer unwillkürlichen oder willkürlichen Muskel-, Sehnen-, Band-, Knochen- und/oder Organbewegung basieren.

Wie bereits zuvor im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Mensch-Maschine Schnittstelle erläutert, handelt es sich bei dem Zuordnungsalgorithmus vorzugsweise um eine trainierte künstliche Intelligenz, die den Zusammenhang zwischen magnetischen Signaturen und zugehörigen Konfigurationen und/oder Bewegungen und/oder deren Intensität auf der Grundlage eines Datensatzes bestehend aus wenigstens

einer magnetischen Signatur und der zugehörigen Konfiguration und/oder Bewegung und/oder deren Intensität bestimmt oder erlernt hat. Als Zuordnungsalgorithmus können dabei vorzugsweise diejenigen Algorithmen verwendet werden, die oben im Zusammenhang mit der Mensch-Maschine Schnittstelle bereits genannt worden sind.

5

Unter dem Begriff "magnetische Signatur des Arrays aus Magneten" wird die Gesamtheit der zu messenden bzw. der gemessenen Änderungen der magnetischen Eigenschaften des Magnet-Arrays verstanden, die sich durch eine stattgefundene Verformung der Oberfläche eines interessierenden Hautareals ergeben. Als Referenz kann dabei eine andere magnetische Signatur dienen, die einen Ausgangszustand vor Eintritt einer Hautverformung beschreibt. Insbesondere kann anhand einer vorgegebenen Referenzkonfiguration vor Beginn einer Erfassung einer Änderung der magnetischen Signatur eine Signalkonditionierung oder –initialisierung vorgenommen werden. Beispielsweise können für eine solche Referenzkonfiguration alle Messsignale genullt werden und Änderungen der magnetischen Signatur ausgehend von dieser Referenzkonfiguration gemessen werden. Gemäß einem Ausführungsbeispiel setzt sich jede magnetische Signatur aus gemessenen magnetischen Feldstärken und/oder gemessenen magnetischen Flussdichten des Magnet-Arrays zusammen.

Bei der vorliegenden Erfindung stellen somit die aus einer Hautverformung oder Hautverformungen resultierenden, gemessenen Änderungen der magnetischen Eigenschaften der magnetischen Schicht bzw. des Magnet-Arrays das Nutzsignal dar. Andere Änderungen, die beispielsweise durch Störgrößen wie das Erdmagnetfeld oder magnetische Gegenstände hervorgerufen werden können, müssen gegebenenfalls aus dem gemessenen Signal herausgefiltert werden. Befinden sich beispielsweise magnetische Bauteile in der Mensch-Maschine-Schnittstelle, so können diese mittels einer sogenannten Hard-Soft-Iron Kalibrierung dauerhaft kompensiert werden, d.h. eine solche Kalibrierung muss für eine gegebene Mensch-Maschine-Schnittstelle nur einmal durchgeführt werden. Auch das Erdmagnetfeld an einem Anwendungsort der Mensch-Maschine-Schnittstelle kann mittels einer solchen Hard-Soft-Iron Kalibrierung dauerhaft kompensiert werden. Zur Kompensation anderer externer Störquellen können ein oder mehrere Magnetometer der Mensch-Maschine-Schnittstelle so angeordnet sein, dass sie nur das Magnetfeld der Störquelle(n) messen. Auf diese Weise kann dann eine Störgrößenkompensation bei denjenigen Magnetometern stattfinden, die zur Ermittlung der aus einer Hautverformung resultierenden Änderungen der magnetischen Eigenschaften der magnetischen Schicht bzw. des Magnet-Arrays herangezogen werden.

35

Wie zuvor im Zusammenhang mit der Mensch-Maschine Schnittstelle bereits erläutert werden die zu messenden magnetischen Feldstärken und/oder zu messenden magnetischen Flussdichten vorteilhaft mittels mehrerer Magnetometer erfasst, die vorzugsweise in Form eines Arrays angeordnet sind (das jedoch nicht dem Array zu entsprechen braucht, in dem die Magneten angeordnet sind). Dabei werden die zu messenden magnetischen Feldstärken und/oder zu messenden magnetischen Flussdichten vorzugsweise in x- und/oder y- und/oder z-Richtung erfasst. Bei bevorzugten Ausführungsbeispielen des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Mensch-Maschine Schnittstelle findet eine Erfassung der genannten Größen in x-, y- und z-Richtung statt.

Zusätzlich zur Ermittlung von magnetischen Signaturen können Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens den Schritt des Ermittels von Beschleunigungen und/oder Drehraten umfassen.

Wie bereits angesprochen, enthält das erfindungsgemäße Verfahren optional den Schritt des Zuweisens eines Steuerbefehls zu einer zugeordneten Konfiguration und/oder Bewegung und/oder deren Intensität, sowie den Schritt des Übertragens des Steuerbefehls an ein Gerät. Dieses Gerät kann mit einer erfindungsgemäßen Mensch-Maschine Schnittstelle eine Einheit bilden oder kann sich entfernt von der Mensch-Maschine Schnittstelle befinden. Die Übertragung des Steuerbefehls an das Gerät kann drahtgebunden oder drahtlos erfolgen und beispielsweise die Nutzung des Internets beinhalten.

Ausführungsbeispiele einer erfindungsgemäßen Mensch-Maschine Schnittstelle und des erfindungsgemäßen Verfahrens werden im Folgenden anhand der beigefügten, schematischen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine räumliche Ansicht eines Ausführungsbeispiels einer Mensch-Maschine-Schnittstelle von schräg oben, und

Fig. 2 eine Seitenansicht der Mensch-Maschine-Schnittstelle aus Fig. 1.

Die Figuren 1 und 2 zeigen schematisch eine allgemein mit 10 bezeichnete Mensch-Maschine Schnittstelle, die zur Ausführung eines im Folgenden noch genauer beschriebenen Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens verwendet wurde. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ähnelt die Mensch-Maschine Schnittstelle 10 einer Smartwatch und hat oben einen rahmenförmiges Gehäuse 11, das eine hier

rechteckige, leere Ausnehmung 12 umschließt, die zur Aufnahme eines Smart-watchmoduls (nicht gezeigt) oder allgemein eines Mikrocontrollers und/oder Mikroprozessors (nicht gezeigt) dient. Mittels eines bandförmigen Tragelements 13 lässt sich die Mensch-Maschine Schnittstelle 10 am Handgelenk eines Benutzers befesti-
5 gen. Das Tragelement 13 ist nach Art eines Bandes für eine Armbanduhr verstellbar, um sich unterschiedlichen Handgelenksdurchmessern anpassen zu können.

Im unteren Bereich weist das Tragelement 13 drei gelenkig miteinander verbundene Segmente 14, 16 und 18 auf, die zur Aufnahme jeweils eines 3x3 Arrays aus Magne-
10 tometern 20 dienen. Jedes Magnetometer 20 enthält in diesem Ausführungsbeispiel drei nicht-kollineare Hall-Effektsensoren und kann somit die magnetische Flussdichte in x-, y- und z-Richtungen messen. Jedes 3x3 Magnetometer-Array ist hier als ge-
druckte Leiterplatte 21 mit jeweils 3x3 Sensorchips 20a ausgeführt, in denen die
Magnetometer 20 angeordnet sind. Jeder Sensorchip 20a enthält neben einem Mag-
15 netometer 20 noch einen Beschleunigungssensor sowie einen Drehratensensor und würde somit eine 9-Achsenmessung ermöglichen. Vorliegend wurde jedoch nur die
Magnetometerfunktion jedes Sensorchips 20a verwendet. Sensorchips der genannten
Art und Ausführung sind kommerziell verfügbar. Statt der hier verwendeten, kom-
merziell verfügbaren Sensorchips könnten auch reine Magnetometer verwendet wer-
20 den, wodurch das Magnetometer-Array kleiner ausgeführt werden könnte oder bei
gleicher Größe mehr Magnetometermessungen erhalten werden können.

Die Magnetometer 20 sind auf der inneren Seite des Tragelements 13 angeordnet
und somit der Hautoberfläche eines Handgelenks zugewandt, an der die Mensch-
25 Maschine Schnittstelle 10 befestigt ist.

Mittels zweier gelenkiger Verbindungselemente 22, 24 ist am Tragelement 13 in den
Figuren oberhalb der die Magnetometer 20 tragenden drei Segmente 14, 16 und 18
eine aus Silikonkautschuk bestehende, bandförmige flexible Schicht 26 angebracht,
30 in die ein Array aus 4x12 Magneten 28 eingebettet ist. Der im hier beschriebenen
Ausführungsbeispiel verwendete Silikonkautschuk ist durchsichtig. Die flexible Schicht
26 mit den darin eingebetteten Magneten 28 liegt hautkonform an der Unterseite des
Handgelenks eines Benutzers an. Die Magnetometer 20 und die Magnete 28 sind
nicht durch ein physikalisches Medium gekoppelt, wie es beispielsweise bei Kraft-
35 oder Drucksensoren notwendig ist. Die flexible Schicht 26 aus Silikonkautschuk ist
hochelastisch, um Hystereseerscheinungen zu minimieren, dabei jedoch nachgiebig
genug, um auch kleinen Hautverformungen folgen zu können.

Bei den hier verwendeten Magneten 28 handelt es sich um Neodymium-Permanentmagneten aus NdFeB in Scheibenform mit einem Durchmesser von 1,5mm und einer Höhe von 0,5mm. Die Magnetisierung betrug N50, die Magnetisierungsrichtung verlief axial, d. h. parallel zur Höhe. Der Nordpol jedes Magneten 28 war hautseitig angeordnet, der Südpol jedes Magneten 28 folglich den Magnetometern 20 zugewandt. Die Abstände zwischen den Magneten 28 betrugen jeweils 5mm.

Die drei gelenkig angeordneten Segmente 14, 16 und 18, von denen jedes hier Abmessungen von ca. 22mm (Breite) x 29mm (Länge) aufweist, mit den darauf angeordneten Magnetometern 20 bilden zusammen mit hier nicht dargestellten Multiplexern (die Verwendung von Multiplexern ist optional und dient lediglich dazu, über wenige Datenleitungen mit vielen Sensoren kommunizieren zu können) sowie dem bereits erwähnten, hier jedoch nicht gezeigten Mikrocontroller die Erfassungseinheit der Mensch-Maschine Schnittstelle 10. Als Mikrocontroller kann beispielsweise ein bereits in einer Smartwatch oder einem anderen elektronischen Gerät vorhandener Mikrocontroller oder ein Mikroprozessor verwendet werden.

Vom Mikrocontroller werden die erfassten Magnetometermessungen einer hier nicht dargestellten Verarbeitungseinheit zugeführt, die mittels des in ihr implementierten CNN eine Zuordnung einer gemessenen magnetischen Signatur zu einer Konfiguration und/oder Bewegung und/oder deren Intensität ausführen kann. Diese Verarbeitungseinheit kann beispielsweise in eine Smartwatch integriert sein und wäre dann integraler Bestandteil der Mensch-Maschine Schnittstelle 10, sie kann sich jedoch auch entfernt von der Mensch-Maschine Schnittstelle befinden und beispielsweise drahtlos mit der in den Figuren gezeigten Anordnung kommunizieren.

Das nunmehr beschriebene Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens erlaubt die Zuordnung von Magnetometermessungen zu beispielsweise einer Vielzahl frei definierbarer Hand-/Fingerkonfigurationen im Rahmen einer Gestererkennung mittels der zuvor beschriebenen Mensch-Maschine Schnittstelle 10. Die Mensch-Maschine Schnittstelle 10 wurde wie eine Armbanduhr am linken Handgelenk eines Benutzers befestigt und es wurden dann mit dieser Mensch-Maschine Schnittstelle 10 magnetische Signaturen gemessen, die bestimmten Hand-/Fingerkonfigurationen zugehörig sind. Als Referenzkonfiguration diente die flach ausgestreckte Hand des Benutzers.

Die verwendete Mensch-Maschine Schnittstelle 10 enthielt als flexible Schicht 26 mit magnetischen Eigenschaften eine Silikonschicht, in die ein Array aus 4x12 Magneten

28 eingebettet war. Die relativen Abstände zwischen den Magneten 28 betrugen 5mm.

5 Zur Messung der magnetischen Signatur dieses Magnet-Arrays wurde ein Magnetometer-Array verwendet, welches 9x3 Magnetometer 20 aufwies und in drei Subarrays á 3x3 Magnetometer unterteilt war.

10 Um die von der Mensch-Maschine Schnittstelle 10 gelieferten Magnetometermessungen den Konfigurationen der einzelnen Finger der linken Hand zuzuordnen wurde hier ein sogenanntes Convolutional Neural Network (CNN) genutzt, welches ein Ausführungsbeispiel eines künstlichen neuronalen Netzes darstellt. Jedes Magnetometer 20 erfasste das auf es wirkende Magnetfeld in x-, y- und z-Richtung. Es mussten somit pro Messschritt 81 Messwerte verarbeitet werden oder, anders ausgedrückt, jede magnetische Signatur bestand aus 81 Einzelwerten. Auf der Grundlage vieler
15 solcher Messungen kann das CNN im Prädiktionsmodus aus den Magnetometermessungen die jeweilige Klasse vorhersagen. Eine solche Klasse entspricht hier einer diskreten Geste, wobei jede Geste eine unterschiedliche magnetische Signatur haben sollte. Im hier beschriebenen Fall wurde das Zuordnungsproblem deshalb als ein Mehrklassen-Klassifizierungsproblem formuliert.

20 Die Verwendung eines CNNs stellt keine Bedingung für das erfindungsgemäße Verfahren dar. Alternativ können beispielsweise auch Support Vector Machines, Random Tree Forests oder weitere oben bereits erwähnte Verfahren bzw. Algorithmen zur Anwendung kommen. Jedoch erschien die Verwendung eines CNN vorteilhaft, weil
25 dessen Nutzung sehr gute Ergebnisse liefert und ein CNN zudem sehr gut auf größere Datenmengen skalierbar ist. Ferner ermöglicht die Verwendung eines CNN eine besonders kompakte Repräsentation zu lernender Parameter, was hinsichtlich einer Klassifikationsgenauigkeit und ressourcentechnischer Effizienz vorteilhaft insbesondere bei einer angedachten Verwendung für mobile Applikationen und IoT (Internet of
30 Things)-Applikationen ist. Zudem sind CNNs robust gegenüber Translations-, Rotations-, Skalen- und Intensitätsvarianzen, so dass einerseits ein großer Datenpool zum Optimieren der freien Parameter zur Steigerung der Effektivität eines CNN generiert werden kann und andererseits eine Verallgemeinerung erlernter Zusammenhänge zwischen einer Hautverformung und einer zugehörigen Konfiguration leichter auf
35 eine Vielzahl von Nutzern und deren individuelle Charakteristika übertragen werden können.

Bei einem CNN handelt es sich allgemein um einen der künstlichen Intelligenz zugehörigen Algorithmus und genauer um überwachtes Lernen mittels künstlicher neuronaler Netze. Als Eingang des CNN dienen die Magnetometermessungen, wohingegen als Ausgang des CNN eine zugehörige, beliebige Geste aufgenommen bzw. definiert wird. Datensätze bestehend aus den Magnetometermessungen (Eingang des CNN) und einer zugehörigen, beliebigen Geste (Ausgang des CNN) werden aufgenommen bzw. erstellt, und anschließend wird der Zusammenhang dieser Größen durch Optimieren der freien Parameter des CNN im sogenannten Training bestimmt.

Im beschriebenen Ausführungsbeispiel besteht ein einzelnes Trainingsbeispiel aus einer qualitativen Konfiguration der Hand, d. h. einer eindeutigen Klasse kodiert als ein sogenannter One-Hot-Vector, und der Gesamtheit der unter Einhaltung der qualitativen Konfiguration der Hand erfassten Magnetometermessungen in den x-, y-, und z-Richtungen.

Aufgrund der Anordnung der Magnetometer 20 als 3x9 Array in der verwendeten Mensch-Maschine Schnittstelle 10 entstehen bei einer Messung jeweils 27 Stützpunkte zur Messung der magnetischen Signatur in x-, y- und z-Richtung. Die aus den einzelnen Magnetometermessungen gewonnene, aus der Hautverformung resultierende magnetische Signatur der flexiblen Schicht 26 lässt sich demnach als topologische Vermessung der Hautverformung mit den 27 Stützpunkten als eine Matrix zur Verarbeitung in dem CNN zusammenfassen. Das Trainingsbeispiel wird, wie oben bereits erwähnt, durch ein jeweiliges Label komplettiert, welches die zugehörige Klasse, d.h. die zugehörige Konfiguration angibt.

Somit setzt sich im beschriebenen Ausführungsbeispiel ein Trainingsdatensatz zusammen aus einer Matrix X der Dimension

(m, nC, nH, nW) mit m der Anzahl der Trainingsbeispiele, nH der Anzahl der Magnetometer in y-Richtung (Höhe des Magnetometerarrays), nW der Anzahl der Magnetometer in x-Richtung (Breite des Magnetometerarrays), nC der Anzahl der Kanäle (x-, y-, z-Richtungen)

und einer Matrix Y der Dimension

(m, nG) mit m der Anzahl der Trainingsbeispiele und nG der Anzahl der Gesten.

Jeder der 81 Messwerte einer magnetischen Signatur wurde jeweils mittels seiner aus der Matrix X ermittelten arithmetischen Mittelwerte und Standardabweichungen

standardisiert (sogenannte Z-Score-Standardisierung oder Z-Transformation). Diese
im Trainingsmodus aus den Messwerten ermittelten arithmetischen Mittelwerte und
Standardabweichungen können zudem später, d.h. nach dem abgeschlossenen Train-
ning, im Prädiktionsmodus zur Signalkonditionierung neuer Messungen magnetischer
5 Signaturen zur Standardisierung verwendet werden.

Im Rahmen der experimentellen Erprobung wurden zum Trainieren des CNN zu-
nächst $m=18.000$ Trainingsbeispiele (die einen Trainingsdatensatz bildeten), 3.375
Testbeispiele (die einen Testdatensatz bildeten), 1.125 Validierungsbeispiele (die
10 einen Validierungsdatensatz bildeten) und $nG=6$ Gesten untersucht. Das CNN wurde
lediglich mit dem Trainingsdatensatz trainiert. Die Auswertung des Testdatensatzes
diente der Evaluierung und der Feinjustierung des CNN, um eine optimale Perfor-
manz hinsichtlich der Prädiktionsgenauigkeit und der Verallgemeinerungsfähigkeit
des CNN zu erreichen. Ein Validierungsdatensatz wird ganz zum Schluss zur finalen
15 Evaluierung herangezogen, um damit sicherzustellen, dass das CNN tatsächlich ihm
bisher unbekannte Datensätze sicher klassifizieren, d. h. zuordnen kann.

Das Training des CNN besteht aus der sogenannten Forward Propagation und der
Backward Propagation. Die Forward Propagation beschreibt den Vorwärtszweig der
20 Berechnung, d. h. die Vorhersage der Klasse anhand der Magnetometermessungen
und der momentanen Parameter des CNN. Mithilfe einer Kostenfunktion werden dann
in der Backward Propagation, d. h. im Rückwärtszweig, die freien Parameter des CNN
so verändert, dass der Wert der Kostenfunktion kleiner und insbesondere minimiert
wird. Die Kostenfunktion wurde beim hier beschriebenen Ausführungsbeispiel als
25 sogenannte kategorische Kreuzentropie formuliert (engl. Categorical Cross-Entropy
loss). Die Backward Propagation ist demnach ein Optimierungsverfahren zur Bestim-
mung der freien Parameter des CNN. Das verwendete CNN wurde in 50 Epochen mit
einer Batchsize 16 trainiert, was bedeutet, dass der gesamte Trainingsdatensatz 50
Mal an das CNN zur Optimierung gegeben wurde, wobei aus Gründen der numeri-
30 schen Stabilität immer 16 Trainingsdatensätze gleichzeitig in das CNN eingespeist
wurden. Verwendet wurde das Adadelata-Optimierungsverfahren mit folgenden Para-
metern: initiale, adaptive Lernrate $IR=1,0$, Adadelata-Abklingfaktor $\rho=0,95$, Fuzzfak-
tor $\epsilon=1e-07$, initialer Lernratenabklingfaktor $\text{decay}=0,0$.

35 Die Architektur des verwendeten CNN ist in der folgenden Tabelle 1 wiedergegeben.

Tabelle 1

	Schicht	Ausgangsdimension	Filterkernel	Stride	Padding	Aktivierungsfunktion
	Eingang	(None, 3, 3, 9)	/	/	/	/
Conv. Block 1	Convolution	(None, 9, 3, 9)	(1,1)	(1,1)	'same'	/
	Aktivierung	(None, 9, 3, 9)	/	/	/	ReLu
	MaxPooling	(None, 9, 2, 5)	(2,2)	(2,2)	'same'	/
Conv. Block 2	Convolution	(None, 18, 2, 5)	(2,2)	(1,1)	'same'	/
	Aktivierung	(None, 18, 2, 5)	/	/	/	ReLu
	MaxPooling	(None, 18, 1, 3)	(2,2)	(2,2)	'same'	/
Conv. Block 3	Convolution	(None, 36, 1, 3)	(3,3)	(1,1)	'same'	/
	Aktivierung	(None, 36, 1, 3)	/	/	/	ReLu
	MaxPooling	(None, 36, 1, 2)	(2,2)	(2,2)	'same'	/
4	Flatten	(None, 72)	/	/	/	/
5	FullyConnected	(None, 6)	/	/	/	/
6	Output	(None, 6)	/	/	/	Softmax
	Ausgang	Klassifizierung entsprechend größtem Wahrscheinlichkeitswert				

5 Dabei wurden die Filterkernel der Convolution- und der FullyConnected-Schichten über das Glorot Uniform (Xavier) Verfahren initialisiert. Ferner wurden die Filterkernel der Convolution-Schichten mit einem Gewichtungsfaktor von 0,001 L2-Norm reguliert. Schließlich enthalten die Filterkernel der Convolution-Schichten Biases, welche zu NULL initialisiert wurden.

10 Im Ergebnis wurden die Magnetometermessungen mit folgenden Genauigkeiten in die richtige Klasse klassifiziert: Training 99,34%, Test 99,53%, Validierung 99,29%.

15 Im Prädiktionsmodus eines solchermaßen trainierten CNN reicht mit dem beschriebenen Ausführungsbeispiel des Verfahrens dann ein einziger Messschritt aller Magnetometer der Mensch-Maschine Schnittstelle zur Identifizierung einer statischen Geste aus. Jedoch können nicht nur statische Zustände, sondern auch zeitliche Änderungen der magnetischen Signatur gemessen werden, wozu dann mehrere Messschritte erforderlich sind. Zu deren Auswertung können sogenannte Recurrent Neural Nets

(LSTMs [Long-Short-Term-Memory] oder GNNs [Gated Neural Network]) zum Einsatz kommen, um Gesten zu klassifizieren oder kontinuierliche Fingerbewegungen zu identifizieren.

5 Die tragbare Mensch-Maschine Schnittstelle 10 wird wie eine Armbanduhr angelegt, so dass die Sensormodule der Erfassungseinheit Hautverformungen am Handgelenk über eine Änderung der magnetischen Flussdichte registrieren. Genauer gesagt wird durch das Vollziehen von Hand- und Fingerbewegungen die Haut durch Muskel-,
10 Band-, Sehnen- und Knochenbewegungen verformt. Die flexible Schicht 26 mit den eingebetteten Magneten 28 folgt dieser Verformung, so dass Relativverschiebungen und Verdrehungen der Magnete 28 bezüglich der Magnetometer 20 auftreten. Diese relativen Änderungen in der magnetischen Flussdichte infolge der Hand- und Fingerbewegungen können somit aus den Magnetometermessungen rekonstruiert werden. Die Trainingsphase ist üblicherweise rechenintensiver und wird vorteilhaft auf einem
15 leistungsfähigen Computer oder einer für künstliche neuronale Netze optimierten Verarbeitungseinheit ausgeführt.

Ein trainiertes CNN kann jedoch auf sehr recheneffiziente Weise eine Prädiktion ausführen. Aufgrund der aus der Trainingsphase stammenden vielen Datensätze wird
20 nicht nur eine hohe Genauigkeit der Vorhersage erreicht, sondern auch eine hohe Robustheit derselben. Da der Prädiktionsmodus neben Verfahren zur Signalkonditionierung nur die sogenannte Forward Propagation enthält, ist die Prädiktion im Vergleich zum Training extrem recheneffizient und kann deshalb beispielsweise auch auf Smartphones und ähnlichen mobilen Geräten ausgeführt werden. Im konkret be-
25 schriebenen Beispiel können in Abhängigkeit der Sampling-Frequenz Gesten extrem schnell mittels der 81 Magnetometermessungen identifiziert werden, indem diese Messungen in einem einzigen Schritt durch das mittels Training optimierte CNN gesandt werden. Ein der identifizierten Geste zugeordnetes Steuersignal kann dann von der Verarbeitungseinheit oder einer nachgelagerten Steuereinheit unmittelbar an das
30 zu steuernde Gerät gesandt werden.

Patentansprüche

- 5 1. Tragbare Mensch-Maschine Schnittstelle (10), mit:
einem Tragelement (12), welches zur Anbringung an einem Hautareal eines
menschlichen oder tierischen Körpers ausgebildet ist,
einer flexiblen Schicht (26) mit magnetischen Eigenschaften, die an dem Trag-
element (12) auf einer dem Hautareal des menschlichen oder tierischen Körpers
10 zugewandten Seite zum Inkontaktkommen mit der Oberfläche des Hautareals ange-
bracht ist, wobei die Flexibilität der Schicht (26) mit magnetischen Eigenschaften
solchermaßen ist, dass die Schicht (26) Verformungen der Oberfläche des Hautareals
zumindest im Wesentlichen folgen kann, und wobei die magnetischen Eigenschaften
der Schicht (26) derart ausgebildet sind, dass eine Verformung der Oberfläche des
15 Hautareals zu einer messbaren Änderung der magnetischen Eigenschaften führt,
einer Erfassungseinheit, die Änderungen der magnetischen Eigenschaften der
flexiblen Schicht (26) misst, und
einer integrierten oder ausgelagerten Verarbeitungseinheit, die dazu eingerich-
tet ist, einen Algorithmus auszuführen, der die gemessene Änderung der magneti-
20 schen Eigenschaften einer Konfiguration und/oder Bewegung und/oder deren
Intensität zuordnet.
2. Mensch-Maschine Schnittstelle nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die flexible Schicht (26) eine Mehrzahl Magnete (28)
25 enthält, die vorzugsweise in Form eines Arrays angeordnet sind, und dass die mess-
bare Änderung der magnetischen Eigenschaften der flexiblen Schicht (26) messbare
Änderungen der magnetischen Feldstärke und/oder messbare Änderungen der mag-
netischen Flussdichte sind.
- 30 3. Mensch-Maschine Schnittstelle nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass das Tragelement (12) und die flexible Schicht (26) mit
magnetischen Eigenschaften in einem Bauteil kombiniert sind.
4. Mensch-Maschine Schnittstelle nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
35 dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungseinheit mehrere Magnetometer (20)
enthält.

5. Mensch-Maschine Schnittstelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Verformung der Oberfläche des Hautareals auf einer unwillkürlichen oder willkürlichen Muskel-, Sehnen-, Band-, Knochen- und/oder Organbewegung basiert.

5

6. Mensch-Maschine Schnittstelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ferner ein oder mehrere Beschleunigungssensoren und/oder Drehratensensoren an der Mensch-Maschine Schnittstelle (10) vorhanden sind, deren Ausgangssignale der Verarbeitungseinheit zugeführt werden.

10

7. Mensch-Maschine Schnittstelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungseinheit dazu eingerichtet ist, die gemessene Änderung der magnetischen Eigenschaften der flexiblen Schicht (26) unter Zuhilfenahme von Bayes-Klassifikatoren, eines künstlichen neuronalen Netzes, einer Support Vector Machine, einer Finite State Machine, eines Hidden Markov Modells, einer Relevance Vector Machine, eines Dynamic Time Warping Verfahrens, eines Conditional Random Field Verfahrens, eines Entscheidungsbaums, eines Random Forest Verfahrens, eines k-nearest Neighbors Algorithmus, einer Diskriminanzanalyse, einer linearen Regression, einer logistischen Regression, eines Gauß-Prozesses, eines Perceptrons und/oder von Ensemble-Methoden (Bayes Optimal Classifier, Bagging, Boosting) einer Konfiguration und/oder Bewegung und/oder deren Intensität zuzuordnen.

15

20

25

8. Mensch-Maschine Schnittstelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend eine Kommunikationseinheit zum Datenaustausch mit zumindest einem externen Gerät, welches basierend auf den mit der Mensch-Maschine Schnittstelle (10) ausgetauschten Daten eine Aktion ausführen kann, die der zumindest einen zugeordneten Konfiguration und/oder Bewegung und/oder deren Intensität entspricht.

30

9. Mensch-Maschine Schnittstelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie in eine Smartwatch integriert ist.

35

10. Verfahren zum Erfassen einer Verformung der Oberfläche eines Hautareals eines menschlichen oder tierischen Körpers und Zuordnen der erfassten Verformung zu einer Konfiguration und/oder Bewegung und/oder deren Intensität, mit den Schritten:

- Anordnen eines Arrays aus Magneten an oder nahe einem Hautareal derart, dass das Array einer Hautverformung folgt,
 - Ermitteln zumindest einer magnetischen Signatur des Arrays aus Magneten durch Messen der aufgrund einer Hautverformung stattgefundenen, messbaren Änderung der magnetischen Eigenschaften des Arrays aus Magneten, und
 - Ausführen eines Algorithmus zum Zuordnen der ermittelten zumindest einen magnetischen Signatur zu einer Konfiguration und/oder Bewegung und/oder deren Intensität.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Algorithmus eine trainierte Künstliche Intelligenz ist, die den Zusammenhang zwischen magnetischen Signaturen und zugehörigen Konfigurationen und/oder Bewegungen und/oder deren Intensität auf der Grundlage eines Datensatzes bestehend aus zumindest einer magnetischen Signatur und der zugehörigen Konfiguration und/oder Bewegung und/oder deren Intensität bestimmt oder erlernt hat.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass magnetische Signaturen unter Zuhilfenahme von Bayes-Klassifikatoren, eines künstlichen neuronalen Netzes, einer Support Vector Machine, einer Finite State Machine, eines Hidden Markov Modells, einer Relevance Vector Machine, eines Dynamic Time Warping Verfahrens, eines Conditional Random Field Verfahrens, eines Entscheidungsbaums, eines Random Forest Verfahrens, eines k-nearest Neighbors Algorithmus, einer Diskriminanzanalyse, einer linearen Regression, einer logistischen Regression, eines Gauß-Prozesses, eines Perceptrons und/oder von Ensemble-Methoden (Bayes Optimal Classifier, Bagging, Boosting) einer Konfiguration und/oder Bewegung und/oder deren Intensität zugeordnet werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass jede magnetische Signatur sich aus gemessenen magnetischen Feldstärken und/oder gemessenen magnetischen Flussdichten zusammensetzt.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass vor einem Messen der aufgrund einer Hautverformung stattfindenden, messbaren Änderung der magnetischen Eigenschaften des Arrays aus Magneten eine Signalinitialisierung basierend auf einer vorbestimmten Referenzkonfiguration erfolgt.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14,
dadurch gekennzeichnet, dass die zu messenden magnetischen Feldstärken und/oder
zu messenden magnetischen Flussdichten mittels mehrerer Magnetometer erfasst
5 werden, die vorzugsweise in Form eines Arrays angeordnet sind.

16. Verfahren nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet, dass die zu messenden magnetischen Feldstärken und/oder
zu messenden magnetischen Flussdichten in x- und/oder y- und/oder z-Richtung
10 erfasst werden.

17. Verfahren nach Anspruch 14 in Verbindung mit Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet, dass zur Signalinitialisierung die Magnetometer basierend
auf der vorbestimmten Referenzkonfiguration in jeder Erfassungsrichtung genullt
15 werden.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, dass die Verformung der Oberfläche des Hautareals auf
einer unwillkürlichen oder willkürlichen Muskel-, Sehnen-, Band-, Knochen- und/oder
20 Organbewegung basiert.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 18,
ferner gekennzeichnet durch den Schritt des Ermitteln von Beschleunigungen
und/oder Drehraten zusätzlich zur Ermittlung von magnetischen Signaturen.
25

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 19,
ferner gekennzeichnet durch die Schritte
- Zuweisen eines Steuerbefehls zu einer zugeordneten Konfiguration und/oder Be-
wegung und/oder deren Intensität, und
30 - Übertragen des Steuerbefehls an ein Gerät.