Messsystem zur Messung der Hand-Auge-Reaktionsfähigkeit

Die Erfindung betrifft ein Messsystem, welches zur Vermessung der menschlichen Hand-Auge-Reaktionsfähigkeit bei der Durchführung einer komplexen neurokognitiven Bewegungsaufgabe geeignet ist.

Komplexen neurokognitive Bewegungsaufgaben werden vorrangig beeinflusst durch die individuelle Hand-Auge-Reaktionsfähigkeit, die Aufmerksamkeit und die Greiffunktion.

Das Minimalbeispiel einer Versuchsanordnung, um die Hand-Augen-Reaktionsfähigkeit, die Aufmerksamkeit und die Greiffunktion eines Probanden zu erfassen, ist der Fallstab-Test.

Bei diesem wird im einfachsten Fall ein Stab geeigneter Länge, häufig ca. 50 cm bis 100cm, lotrecht von einem Versuchsleiter in einer Hand gehalten. Der gehaltene Stab befindet sich dabei oberhalb oder lose in der zu vermessenden Hand eines Probanden. Der Versuchsleiter lässt den Stab los. Dieser beschleunigt durch die Schwerkraftwirkung der Erde und wird nach kurzer Zeit vom Probanden gefangen. Durch die zurückgelegte Wegstrecke des Stabes kann aus den physikalischen Gesetzen des freien Falls auf die Reaktionszeit des Probanden geschlussfolgert werden. Diese Lösung hat verschiedene Limitationen, die die Reaktionsleistung des Probanden beeinflussen kann. Das Minimalbeispiel verfügt in der beschriebenen Versuchsanordnung über eine geringfügige Objektivität.

Aus dem Stand der Technik sind einige Lösungen bekannt, um die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse des Fallstab-Tests mittels Technik zu erhöhen.

In der TW 2011052894 A1 wird ein Fallstab-Test offenbart, in welchem eine Stoppuhr integriert ist. Der Stab wird vor der Messung mit seiner Halteeinrichtung derart verbunden, dass dieser lotrecht hängt. Die Halteeinrichtung ist beispielsweise ein Elektromagnet. Der Beginn einer Messung wird durch einen Versuchsleiter festgelegt, welcher die Halteeinrichtung öffnet – im Falle des Elektromagneten via Knopfdruck die Stromversorgung unterbricht. Die Stoppuhr im inneren des Stabes wird gestartet und der Stab wird durch das Erdschwerefeld beschleunigt. An der Außenseite des Stabes befindet sich ein zweiter Schalter. Wird der Stab gefangen, so wird die Stoppuhr gestoppt und die gemessene Zeitdifferenz wird durch ein Display am Stab direkt angezeigt.

In der US 2010/0324443 A1 ist ein kompaktes Gerät zur Messung verschiedenster Arten des Reaktionsvermögens dargestellt. Das Gerät gibt beispielsweise durch einen optischen Stimulus, realisiert durch verschieden farbige LEDs, oder akustischen Stimulus dem Probanden eine

Anweisung – das Drücken einer bestimmten Taste am Gerät. Dabei wird die Zeitspanne gemessen, welche der Proband zum Ausführen der Handlung braucht. Je nach Art und Anwendung des Stimulus können verschiedene Reaktionszeiten erhoben werden. Neben der einfachen Reaktionszeit kann auch eine Entscheidungs- oder Auswahlkomponente in die Bewegungsaufgabe einfließen. Zusätzlich verfügt das Gerät über ein Accelerometer. Durch dieses werden Beschleunigungsänderungen detektiert und somit eine die Stoppuhr realisiert. Das Gerät verfügt über ein einfaches Display, über welches die Informationen der jeweils gemessenen Zeitdifferenz ausgegeben wird.

In der JP 55-43019 wird ein elektromagnetisch gehaltener Fallstab offenbart, bei welchem das Auslösen – das Starten der Uhr – durch bestimmte Stimuli angezeigt wird. So werden beispielsweise dem Probanden die Augen verschlossen und ein akustisches Signal wird vom Versuchsleiter ausgewählt. Ist dieses Signal das Auslösesignal, so kann die Reaktionszeit der durchzuführenden Bewegungsaufgabe auf einen rein akustischen Stimulus gemessen werden, bei ausgeschaltetem optischem Analysator. In analoger Art und Weise sind verschiedene Lampen am Messaufbau angebracht. Vom Versuchsleiter werden die Lampen zum Leuchten gebracht. Wird die Lampe mit dem Auslösesignal angezeigt, so muss der Proband reagieren und die Hand-Auge-Reaktionszeit wird vermessen.

Dem Stand der Technik werden lediglich Messsysteme vorgeschlagen, die ausschließlich aus zwei gemessenen Zeitpunkten physiologische Aussage bezüglich der Reaktionszeiten des Probanden ableiten. Keine der genannten technischen Lösungen ist in der Lage Messaufgaben zu erfüllen, die über die Fähigkeiten einer zufällig gestarteten Stoppuhr hinausgehen.

Aufgabe der Erfindung ist ein Messsystem vorzuschlagen, bei welchem eine nötig dichte Punktwolke von Messdaten aufgenommen wird, welche den Verlauf der vom Probanden auf das Messsystem ausgeübten Kraftwirkung sowie das Beschleunigungsverhalten des Instrumentes beim Fangen und kurz nach dem Fangen protokollieren, die Prozessierung der so gewonnenen Daten vorzunehmen und einem Vergleich mit Grenzwerten und/ oder Daten einer Normdatenbank zu unterziehen.

Gelöst wird die Aufgabe durch die Merkmale des Hauptanspruchs sowie durch die Merkmale der unabhängigen Nebenansprüche. Bevorzugte Ausführungen sind Gegenstand der jeweils rückbezogenen Unteransprüche.

Dabei umfasst das Messsystem zur Messung der Hand-Auge-Reaktionsfähigkeit bei einer komplexen neurokognitiven Bewegungsaufgabe mindestens einen Messkörper. Dieser erfährt mittels mindestens einer Kraftquelle eine Beschleunigung aus seiner mindestens einen Halteeinrichtung heraus. Hierbei erfasst eine erste Sensoreinheit, die zur

Beschleunigungsmessung ausgebildet ist, den zeitlichen Beschleunigungsverlauf. Zusätzlich zur Messung des Beschleunigungsverlaufes wird mittels einer mindestens zweiten Sensoreinheit eine weitere sensorische Messgröße erfasst.

Die so gewonnenen sensorischen Daten können mittels mindestens einer Schnittstelle zur Datenübertragung als computerlesbarer Signale an eine Datenverarbeitungseinheit übertragen werden.

Die Datenverarbeitungseinheit prozessiert die übertragenen sensorischen Daten

Zur Schaffung vergleichbarer Daten dient ein Verfahren zur Quantifizierung von Reaktionszeiten sowie der Greiffunktion. Dieses Verfahren umfasst dabei die folgenden Schritte:

a) Bereitstellen eines Messsystems zur Messung der Hand-Auge-Reaktionsfähigkeit sowie der Greiffunktion,

b) Positionieren eines Probanden relativ zum Messsystem,

c) Starten der Messung,

d) Zufälliges Auslösen der Kraftwirkung,

e) Erfassen des Beschleunigungsverlaufes über die Messzeitdauer,

f) Erfassen der aller zusätzlichen sensorischen Informationen,

g) Übertragen aller sensorischen Daten an die Datenverarbeitungseinheit,

    a. Protokollieren der ermittelten Daten,

    b. Speichern der ermittelten Daten,

    c. Vergleichen der hinzugewonnenen Daten mit bestehendem Datensatz, den Normdaten und/ oder ggf. krankheitsspezifischen Grenzwerten,

    d. Analyse der Verlaufswerte,

h) Ausgabe des Auswerteergebnisses.

Im Folgenden werden die verwendeten Begriffe näher definiert.

Messkörper: Der Messkörper dient zur Befestigung und/oder Halterung der zur Messung benötigten Sensoreinheiten, der Auslöseeinheit bzw. deren Haltepunkte sowie der Schnittstellen

zur Kraft- und Datenübertragung. Auf den Messkörper wirkt die Kraftquelle eine Beschleunigungskraft aus.

Kraftquelle: Die Kraftquelle ist in der Lage am Messkörper Beschleunigungsarbeit zu verrichten. Dabei ist der zeitliche Verlauf der geleisteten Beschleunigungsarbeit hinreichend bekannt oder wird durch eine Sensoreinheit messtechnisch erfasst. Hierzu zählt – ohne sich darauf zu beschränken – das Schwerefeld der Erde in gleicher Weise, wie eine technische Einrichtung zur Beschleunigung von Gegenständen.

Auslöseeinheit: Die Auslöseeinheit umfasst mechanische und/oder elektromagnetische Bauelemente, die geeignet sind, den Messkörper gegen den Widerstand der wirkenden Kraftquelle zunächst zu halten bzw. eine Haltewirkung gegen die Kraftquelle zu erzeugen. Dabei sind die Bauelemente zu einem frei wählbaren Zeitpunkt zu schalten, wobei die Haltewirkung nach dem Schaltvorgang zum Erliegen kommt. Zweckmäßig ist es hierbei, den Schaltvorgang der Auslöseeinheit an einen üblichen Zufallsgenerator zu koppeln, um etwaige unterbewusste Beeinflussungen durch Musterbildung in den Auslösesequenzen oder den Einfluss eines menschlichen Versuchsleiters weitestgehend zu minimieren.

Sensoreinheit: Eine Sensoreinheit umfasst hierbei mindestens einen sensorischen Teil, einen Versorger und einen Übertragungsteil.

Der sensorische Teil ist ein technisches Bauteil, das zur qualitativen oder quantitativen Erfassung mindestens einer physikalischen oder chemischen Eigenschaft, bevorzugt als Messgröße, ausgebildet ist. Dabei umfassen die physikalischen Eigenschaften beispielsweise Wärmemenge, Temperatur, Druck, Schallfeldgrößen, Helligkeit oder Beschleunigung und die chemischen Eigenschaften beispielsweise den pH-Wert, die Ionenstärke oder das elektrochemische Potential. Häufig ist das Bauteil zum Erfassen der stofflichen Beschaffenheit seiner Umgebung ausgebildet.

Diese Größen werden mittels physikalischer oder chemischer Effekte erfasst und in ein elektrisches Signal umgeformt.

Der Versorger stellt die zum Betreiben der Sensoreinheit benötigte Energie zur Verfügung. Dies umfasst auch den zur Umformung der Messgröße in elektrische Signale sowie deren Übertragung benötigten Energiebedarf. Häufig wird dies durch eine Energiequelle oder einen Energiespeicher, beispielsweise eine Batterie, einen Akkumulator oder einen Kondensator, bereitgestellt.

Der Übertagungsteil ist jener Teil einer Sensoreinheit, welcher in der Lage ist, die im sensorischen Teil geformten elektrischen Signale zu kommunizieren. Dies erfolgt über Schnittstellen, welche zur Signalübertragung geeignet sind. Diese Schnittstellen sind nicht auf physische Schnittstellen beschränkt.

Datenverarbeitungseinheit: Eine Datenverarbeitungseinheit umfasst hierbei mindestens eine Datenverarbeitungsanlage, welche dazu ausgebildet ist, die durch die Sensoreinheit ermittelten Daten zu empfangen und durch Algorithmen zu Verarbeiten. Des Weiteren umfasst die Datenverarbeitungseinheit dazu Sende- und Empfangseinrichtungen.

Die gemessenen Daten werden mit den Werten einer Normdatenbank verglichen. In dieser Normdatenbank liegen bisherige Messwerte in Form von Rohdaten und/oder raffinierten Daten vor. Diese Normdaten können beispielsweise bisherige Verlaufskurven, krankheitsspezifische Grenzwerte oder digitalisierte Literaturwerte bisheriger Verfahren enthalten ohne darauf beschränkt zu sein.

In Ausführungsformen der Erfindung ist der Messkörper ein Rohr oder ein Stab mit bevorzugt rundem Querschnitt. Bevorzugt weist dieses Rohr oder der Stab in seinen äußeren Abmessungen eine Länge im Bereich von 10 cm bis 120 cm und/oder einen Durchmesser im Bereich von 4 mm bis 55 mm und/oder eine Masse im Bereich von 50 g bis 1500 g auf, wobei durch die Verwendung von Foliensensoren auch kleinere Massen bis zu 10 g denkbar sind. Die denkbare Maximalmasse wird hierbei schlussendlich durch die Physiognomie des Probanden begrenzt, und ob dieser in der Lage ist, den fallenden massiven Messkörper verletzungsfrei zu fangen, bspw. 3000 g. Die Kraftquelle zur Beschleunigung des Messkörpers ist dabei das Schwerefeld der Erde und das Rohr oder der Stab wird im Erdschwerefeld lotrecht angeordnet.

Bevorzugt ist das Rohr oder der Stab aus einem elektrischen Isolator wie Holz oder Kunststoff, beispielsweise Polyethylen, oder einem Leichtmetall, bspw. Aluminium, oder einem Verbundmaterial wie glasfaserverstärktes Aluminium oder glasfaserverstärkter Kunststoff ausgebildet.

Dies ist vorteilhaft, da so die Sende- und/oder Empfangseinheiten der telemetrischen Datenübertragung im inneren des Rohres oder Stabes verbracht werden können, ohne die Sende- und/oder Empfangsleistung der entsprechenden Vorrichtung zu stark beeinträchtigt wird.

In Ausführungsformen der Erfindung ist der Messkörper aus Vollmaterial gefertigt. In das Vollmaterial, bevorzugt Holz oder Kunststoff, beispielsweise Polyethylen, oder Leichtmetall, bspw. Aluminium werden durch gängige abtragende Bearbeitungsverfahren – bspw. fräsen und/oder bohren – die benötigten Hohlräume eingebracht werden. Dies ist vorteilhaft, um mit gängigen Verfahren ein Höchstmaß an Individualität bei der Ausgestaltung für verschiedenste Endanwender erreicht werden kann. So wird beispielsweise ein Messkörper mit einer großen Gesamtmasse im Bereich Kraftsport eingesetzt, da durch die erhöhte Masse auch eine größere Trägheit zur besseren Messung führt. Zusätzlich sind weisen die Probanden eine höhere Körperkraft auf, welche zu berücksichtigen ist. Beispielsweise können so auch leichtere

Messkörper gefertigt werden, welche einfach von gebrechlichen Personen gefangen werden können.

In Ausführungsformen der Erfindung wird der Messkörper in einem gängigen Spritzgussverfahren hergestellt. Dies ist vorteilhaft, da somit auch große einheitliche Stückzahlen wirtschaftlich günstig und schnell gefertigt werden können.

Besonders bevorzugt sind Materialien, welche sich für die Anwendung in 3D-Druckverfahren geeignet sind, beispielsweise PLA oder ABS. Dies ist vorteilhaft, da so eine individualisierte Fertigung des Messsystems realisiert werden kann. Hierdurch werden Strukturen ermöglicht, welche durch ein abtragendes Verfahren nicht umgesetzt werden können. Auf diese Weise kann der Schwerpunkt des Messsystems optimiert werden.

Durch die verschiedenen Fertigungsverfahren und Verkörperungen des Messkörpers wird vorteilhaft eine breite Endanwenderbasis erreicht.

Das Rohr oder der Stab kann in Ausführungsformen derart abgedichtet werden, dass dieser in feuchten Umgebungen eingesetzt werden kann, ohne, dass die elektrischen Komponenten Schaden nehmen können. Dies ist vorteilhaft, wenn der Proband durch vorausgegangene Körperertüchtigung mit schweißnassen Händen vermessen wird.

Ein weiterer Vorteil ist hierbei, dass die induktive Zufuhr von elektrischer Energie durch eine Kunststoffhülle gegenüber einer Metallhülle deutlich vereinfacht wird. Des Weiteren ist die Auswirkung auf die Gesamtmasse des Messsystems nicht zu vernachlässigen.

In Ausführungsformen der Erfindung wird der Messkörper aus Kunststoffsegmenten gebildet, welche gegeneinander beweglich angeordnet und durch geeignete Halteeinrichtungen miteinander verbunden sind. Dies ist vorteilhaft, da auf diese Weise ein geringer Platzbedarf im Falle der Lagerung realisiert werden kann. Des Weiteren wird durch eine flexible Außenhülle die Verletzungsgefahr minimiert, welche durch Fehlbenutzung entstehen kann.

In Ausführungsformen der Erfindung ist die induktive Kopplung der elektrischen Energie in den Messkörper in der Halterung, insbesondere in der Auslöseeinheit angeordnet.

Beispielsweise können zwei Elektromagneten, einer im inneren des Messkörpers und einer außerhalb des Messkörpers, den Messkörper in seiner Ruheposition halten. Wird die Stromrichtung in einem der Elektromagneten umgedreht, kommt es zu einer Kraftwirkung zwischen den Elektromagneten. Der Messkörper wird durch den in ihm befindlichen Elektromagneten beschleunigt. Diese Elektromagnete dienen somit der Energieversorgung, als Auslöseeinheit und als Kraftquelle.

In Ausführungsformen der Erfindung ist der mindestens zweite Sensor ausgewählt aus

- Abstandssensoren, welche bevorzugt optische Abstandssensoren sind,
- Beschleunigungssensoren, welcher beispielsweise das Beschleunigungsverhalten senkrecht zur primären Beschleunigungsachse protokollieren,
- Kraftsensoren, geeignet zur Messung der Griffkraft. Bevorzugt werden die Kraftsensoren mittels piezoresistiven Drucksensoren, piezoelektrischen Drucksensoren oder kapazitiven Drucksensoren realisiert.

Dies ist vorteilhaft, da auf diese Weise weitere Daten mit der eigentlichen Reaktionszeit der Probanden korreliert erfasst und ausgewertet werden.

Beispielsweise kann durch korrelierte Messung von Beschleunigungsverlauf und Griffkraft Rückschlüsse auf neuromuskulären Eigenschaften, neurologische und/oder muskelbedingte Tendenzen in einen bewegungssystembedingten Zusammenhang gebracht werden.

In Ausführungsformen der Erfindung ist die Beschleunigungssensoreinheit im inneren des Stabes oder Rohres angebracht. Die Sensoreinheit zur Messung der Griffkraft ist durch einen Flächensensor entlang der Oberfläche des Stabes realisiert. Dies ist vorteilhaft, da auf diese Weise der Konstruktionsaufwand des gesamten Messsystems und die wirtschaftlichen Aufwendungen klein gehalten werden.

In Ausführungsformen der Erfindung sind die Sensoreinheiten auf der Oberfläche des Rohres oder Stabes angebracht und mit dieser mechanisch Verbunden. Dabei wird eine Kaskade von Sensoreinheiten verwendet um sowohl die Griffkraft, als auch ein 2-dimensionales Abbild der Kraftverteilung über die Oberfläche aufgenommen. Dies ist vorteilhaft, da auf diese Wiese eine Korrektur der Messwerte ausgeführt werden kann. So kann beispielsweise die Reaktion des Greifens bereits erfolgt sein – die volle Griffkraft aber erst zeitverzögert einsetzen. Des Weiteren sind somit die Kraftwirkungen der einzelnen Finger messbar.

In Ausführungsformen der Erfindung ist mindestens eine Sensoreinheit und mindestens eine Datenverarbeitungseinheit telemetrisch miteinander verbunden. Somit ist eine kontaktlose Fernübertragung der sensorisch erfassten Daten ermöglicht. Diese telemetrische Übertragung ist vorteilhaft, da so die Algorithmen zur dezentralen Datenauswertung auf leistungsfähigen Datenverarbeitungsanlagen laufen können, beispielsweise durch IT-übliche Cloud-Lösungen.

In Ausführungsformen der Erfindung ist eine lokale Auswertung denkbar. Dabei werden die Daten mittels einer Standardübertragung – bspw. WLAN - auf eine in Reichweite befindliche Datenverarbeitungsanlage gesendet, ausgewertet und vor Ort vom anwesenden Personal interpretiert.

In Ausführungsformen der Erfindung wird das Messsystem verwendet, um Messungen von Reaktionszeitverläufen im Bereich der Körperertüchtigung vorzunehmen. Dies ist vorteilhaft, da Leistungssportler unterschiedlicher Sportarten, darunter Kampfsportler, Personen im Bereich Luft- und Raumfahrt zur Optimierung ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit im Trainingsprozess im Sinne einer optimalen Steuerung von Belastungsintensitäten, Trainingsumfängen sowie bei der Auswahl von Trainingsmitteln und -inhalten auf genaue Kenntnis ihres Reaktionszeitverlaufes angewiesen sind.

Menschen in Muskel degenerierender Umgebung, wie beispielsweise während eines Langzeitaufenthaltes im Weltraum, benötigen eine Überwachung und Optimierung ihrer Hand-Auge-Reaktionsfähigkeit, um unter Umständen Gefahr abwenden zu können. Auch in diesem Bereich der Körperertüchtigung wird das Messsystem eingesetzt, wobei hier die Kraftquelle zur Beschleunigung des Messkörpers eine vom Schwerefeld der Erde unabhängige Kraftquelle ist.

In Ausführungsformen der Erfindung wird das Messsystem insbesondere medizinischen Anwendungsfeld, kurativ in der Rehabilitation sowie präventiv im Gesundheitssport verwendet, um die Leistungsfähigkeit vor dem Trainingsprozess zu eruieren, während des Trainingsprozesses zu kontrollieren und am Ende der Behandlungsdauer oder des Trainingsprozesses zu quantifizieren. Letzteres ermöglicht vorteilhaft die Beurteilung der Änderung des Leistungszustandes in Abhängigkeit des definierten Zielbereichs, in welchem der Leistungszustand schlussendlich liegen soll.

In Ausführungsformen der Erfindung wird das Messsystem zur Überprüfung der durch Freizeitsport hervorgerufenen Verbesserung der Hand-Auge-Koordination und Greiffunktion verwendet.

Vorteilhaft bei der Verwendung des Messsystems in breiten Anwendungsbereichen der Körperertüchtigung ist die Schaffung einer breiten und anonymen Datengrundlage. Somit wird eine potentiell riesige Kontrollgruppe geschaffen und ggf. durch den Einsatz von netzwerkbasierten Datenverarbeitungsanlagen (bspw. Cloud-Lösung) auch die Möglichkeit zur Vergleichbarkeit geschaffen.

In Ausführungsformen der Erfindung findet das Messsystem Verwendung im medizinischen Bereich. Insbesondere bei Messungen der Reaktionszeitverläufe und Greiffunktion an Probanden mit neurodegenerativen Erkrankungen auch schon im Frühstadium.

Insbesondere findet das Messsystem Verwendung bei der Indizierung und/oder Identifizierung neurodegenerativer Erkrankungen aus der Gruppe der Synucleinopathien, beispielsweise Morbus Parkinson, Multisystematrophien, Lewy-Body-Demenz oder bei der Indizierung

neurodegenerativer Erkrankungen aus der Gruppe der Tauopathien, beispielsweise Morbus Alzheimer.

Vorteilhaft bei der Verwendung des Messsystems in den Anwendungsbereichen der Medizin zur Indizierung und/oder Identifizierung neurodegenerativer Erkrankungen, ist die Schaffung einer breiten und anonymen Datenlage, einhergehend mit der Schaffung und dem Ausbau mindestens einer Normdatenbank. Somit wird eine potentiell riesige Gruppe für die jeweilige Erkrankung geschaffen und ggf. durch den Einsatz von netzwerkbasierten Datenverarbeitungsanlagen, bspw. Cloud-Lösung, auch die Möglichkeit zur Vergleichbarkeit gegeben.

Durch eine fundierte Datenlage der Normdatenbank ist somit eine nicht-invasive frühzeitige Indizierung und/oder Identifizierung von neurodegenerativen Erkrankungen im Rahmen von Screeninguntersuchungen vorteilhaft ermöglicht.

In Ausführungsformen der Erfindung ist der Messkörper ein Stab der Länge 50 cm und die Kraftquelle ist eine Rückstellfeder, welche eine mittlere Bescheinigung von 10 m/s² des Messkörpers bewirkt. An einer Aufhängung wird die Rückstellfeder gespannt und der Stab in einer Halterung arretiert.

Die sensorische Aufzeichnung wird gestartet. Durch eine Auslöseeinheit wird die Verbindung zwischen Stab und Halterung getrennt und die Feder entspannt. Der Stab wird beschleunigt und wird nach durchlaufen der Beschleunigungsstrecke vom Probanden gefangen. Der Verlauf der Beschleunigungsmessung wird somit zunächst ein steiler Anstieg der Beschleunigung gemessen. Gefolgt wird dies durch eine kurze Phase, an welcher die Beschleunigung ideal Null ist und sich der Messkörper in geradlinig gleichförmig weiterbewegt. Durch das Fangen des Messkörpers durch den Probanden wirkt auf den Messkörper eine negative Beschleunigung.

In Ausführungsformen der Erfindung ist der Messkörper ein Stab mit rechteckigem Querschnitt der Abmessungen 4 mm x 30 mm und einer Länge von 120 mm. Die Sensoreinheiten sind dabei Flach ausgeführt und auf der Oberfläche des Messkörpers angeordnet. Die Kraftquelle ist das Erdschwerefeld und der Stab ist Lotrecht darin angeordnet. An einer Aufhängung wird der Stab gegen das Fallen gesichert. Die sensorische Aufzeichnung wird gestartet. Durch eine Auslöseeinheit wird die Verbindung von Stab und Halterung gelöst und der Stab befindet sich im freien Fall. Der Stab wird beschleunigt und wird nach durchlaufen der Beschleunigungsstrecke vom Probanden gefangen.

In Ausführungsformen der Erfindung ist die Auslöseeinheit eine elektromagnetische Auslöseeinheit und/oder eine mechanische Auslöseeinheit. Der Vorteil einer rein elektromagnetischen Auslöseeinheit ist ihre Einfachheit in Konstruktion und Bauart. So ist

beispielsweise mittels an sich bekannten Elektromagneten, analog zur Relais-Technik, durch das Zuführen elektrischer Energie der Zustand von Halten zu Lösen schaltbar.

Unter einer mechanischen Auslöseeinheit werden sowohl passive Systeme, wie Rasten, Klemmen und/oder Zapfen verstanden. Unter einer aktiv mechanische Auslöseeinheit werden druck betriebene Systeme, beispielsweise Hydraulik oder Pneumatik, verstanden.

Der Vorteil einer rein passiven mechanischen Auslöseeinheit, ist ihre Unabhängigkeit von einer äußeren Energiequelle.

Auch die Kombination – das mechanische Verfahren eines Dauermagneten zählt hierbei als elektromagnetisch und/oder mechanisch.

In Ausführungsformen der Erfindung ist der Messkörper – das Rohr oder der Stab – mit einem Führungssystem verbunden, welches die Freiheitsgrade der Bewegung bevorzugt auf einen translatorischen Freiheitsgrad reduziert. Dies ist vorteilhaft, da so zufällige Fehler der Messung weitestgehend vermieden werden. Des Weiteren kann mit dem Führungssystem eine Wegstreckenbegrenzung realisiert werden. Dies ist vorteilhaft, da so die Verletzungsgefahr durch das nicht fangen des Stabes oder Rohres minimiert wird.

In Ausführungsformen der Erfindung werden die Verfahrensschritte a) bis c) und/oder die Verfahrensschritte d) bis f) und/oder die Verfahrensschritte g) b. bis g) d. jeweils in beliebiger Reihenfolge ausgeführt.

Zur Realisierung der Erfindung ist es auch zweckmäßig, die vorbeschriebenen Ausführungsformen und Merkmale der Ansprüche zu kombinieren.

Nachfolgend soll die Erfindung anhand einiger Ausführungsbeispiele und zugehöriger Figuren eingehender erläutert werden. Die Ausführungsbeispiele sollen dabei die Erfindung beschreiben ohne diese zu beschränken.

In Figur 1 ist eine perspektivische Skizze einer Ausführungsform gezeigt. Zu erkennen ist der Ständer mit Halteeinrichtung, das als Stab ausgeführte Messsystem und die Führungsseile, die das Messsystem gegen unkontrolliertes umkippen sichern.

In Figur 2 ist eine Skizze mit möglichen Bemaßungen eines Ausführungsbeispiels gegeben, wobei das Messsystem in einem höhenverstellbaren Ständer ruht. Dabei ist hier die Minimalhöhe des höhenverstellbaren Ständers eingegeben – der Ständer befindet sich im eingefahrenen Zustand.

In Figur 3 ist eine Skizze mit möglichen Bemaßungen eines Ausführungsbeispiels gegeben, wobei das Messsystem in einem höhenverstellbaren Ständer ruht. Dabei ist hier die Maximalhöhe des höhenverstellbaren Ständers eingegeben – der Ständer befindet sich im ausgefahrenen Zustand.

In Figur 4 ist über eine gemeinsame Zeitachse die Messung der Beschleunigungsverläufe von drei orthogonalen Beschleunigungssensoren aufgezeigt. Dabei zeigt das Diagramm am oberen Seitenende die Beschleunigung entlang der x-Achse. Die x-Achse nimmt hierbei die starr geradeaus verlaufende Blickrichtung des Probanden ein.

Das mittlere Diagramm zeigt den zeitlichen Verlauf der Beschleunigung entlang der y-Achse. Die y-Achse folgt hierbei parallel oder antiparallel der Horizontlinie.

Das Diagramm am unteren Seitenende zeigt die Beschleunigung entlang der z-Achse. Die auf der x- und y-Achse senkrecht stehende z-Achse zeigt dabei entlang des Erdradius.

Insbesondere dem Diagramm der z-Achse ist zum Zeitpunkt 0,95 s ein negativer Verlauf der Beschleunigung zu erkennen. Dies ist der Moment, an welchem die Auslöseeinheit den Stab zufallsbedingt frei gibt. Gefolgt wird dies durch eine Phase konstanter Beschleunigung, welche von ca. 1 s bis 1,15 s dauert. Dabei befindet sich der Stab im freien Fall. Danach ist zum Zeitpunkt 1,25 s ein steiler positiver Ausschlag der Beschleunigung zu erkennen. Hier fängt der Proband den Stab und hält den Stab für die nachfolgende Zeitspanne fest.

Aus den Daten der x- und y- Achse lässt sich eine Zitterbewegung des Stabes unmittelbar nach dem Fangen messen.

In Figur 5 wird ergänzend zur Messung des Beschleunigungsverlaufes die Messung des Abstands und der Griffkraft aufgezeigt. Die Zeitliche Basis entspricht hierbei der gleichen wie in Figur 4. Im Diagramm am oberen Seitenende ist hierzu der optisch gemessene Verlauf des Abstandes von der Oberseite des Stabes, des Top-Cap, zur Halteeinrichtung über der Zeit abgetragen. Im mittleren Diagramm ist der errechnete Wert des Abstandes abgetragen, welcher sich aus den mechanischen Gesetzten der Beschleunigung ergibt. Das stete Anwachsen des Abstandes nach dem Fangen des Stabes zum Zeitpunkt 1,25 s ist hierbei kein physikalisches Annähern von Stab und Halteeinrichtung, sondern ein Artefakt der Datenanalyse.

Im Diagramm am unteren Seitenende ist die Gemessene Griffkraft über der Zeit eingetragen. Das spontane und starke Auslösen des Sensors sorgen für ein kurzes Überansprechen zum Zeitpunkt 1,25 s. Nachdem der Stab sicher gefangen wurde und die Information vom Gehirn verarbeitet wurde, setzt ein Sinken der Griffkraft – der Zustand der Entspannung – ein.

In Figur 6 wird schematisch ein Flussdiagramm des Verfahrens und des Messbetriebes gezeigt. Dabei wird mit der Eingabe der personenbezogenen Daten, wie beispielsweise Alter, Geschlecht, Trainingszustand oder Vorerkrankungen, begonnen. Der Test wird gestartet und absolviert und die Kombination aus personenbezogenen Daten und Messdaten werden zur Datenverarbeitungseinheit (Cloud-Lösung) gesendet. Dort werden die Daten anonymisiert und mit bestehenden Datensätzen der Normdatenbank verglichen. Das fertig ausgewertete Ergebnis wird zu einem Endgerät gesendet. Der Nutzer kann entscheiden, ob das als Protokoll vorliegende Ergebnis der Analyse ausgedruckt werden soll. Der entstandene Datensatz wird zur weiteren Verwendung nach Abschluss des Prozederes in die Normdatenbank eingepflegt.

Das Messsystem zur Messung der Hand-Auge-Reaktionsfähigkeit umfasst in einem Ausführungsbeispiel die Komponenten Stab, höhenverstellbarer Ständer, Ladeplattform und Software.

Der Stab zergliedert sich in die Komponenten „Top-Cap“ und „Body“.

Der Körper des Fallstabes, der „Body“, weist einen runden Querschnitt auf. Gefertigt ist der Stab mittels 3D-Druck aus Nylon, da es für Radiowellen transparent ist sowie die Kommunikationseinheiten nicht stört, und weist die folgenden äußeren Maße auf:

Durchmesser: 30 mm

Länge Stab: 767,1 mm

Gesamtmasse des Fallstabs: 405 g

An dessen äußerer Oberfläche sind zwei Kraftsensoren angebracht und mechanisch verbunden. Diese Kraftsensoren sind als lange Streifen mit einer Länge von 610 mm ausgeführt. Somit ergibt sich die Länge der kraftsensitiven Fläche:

- Länge vom Messbereich des Kraftsensors: 610 mm

Der Body beherbergt eine Hauptplatine für die Steuerungsaufgaben im inneren des Stabes, eine Stromversorgung, eine Wifi Kommunikationseinheit, das Interface für Sensoren und den Prozessor CPU mit Firmware.

Die Stromversorgung des Stabes, um die Datenerfassung, Speicherung und Übertragung unabhängig von der äußeren Energiequelle der Ladeplattform zu ermöglichen, ist in Form von eines Li-Ion-Akkus ausgestaltet.

Die obere Verschlusskappe des Stabes, das Top-Cap, ist gefertigt aus demselben Material wie der Stab. Das Top-Cap und hat die folgenden äußeren Maße:

- Länge: 108 mm,
- Breite: 118 mm,
- Höhe: 13 mm.

Auf der oberen Fläche des Top-Caps sind drei Federkontakte als Schnittstelle für die Ladefunktion mit der Ladeplattform installiert. Des Weiteren ist in das Top-Cap neben den Beschleunigungssensoren ein optischer Abstandssensor integriert.

Die Beschleunigungssensoren sind zur Messung der drei orthogonalen Raumrichtungen angeordnet. Vordergründig wird durch die Beschleunigungssensoren der genaue Zeitpunkt des Fangens ermittelt. Mittels des optischen Abstandssensors wird der Abstand zwischen der Oberkante des Stabes und der Ladeplattform gemessen. Dabei kann auf die Angabe einer genaue Null-Linie, definiert durch die Unterkante der Hand an der Startposition, verzichtet werden.

Die optische Abstandssensorik misst die Fallstrecke zwischen der Ladeplattform und dem Top-Cap und die Beschleunigungssensoren registrieren unter anderem den Zeitpunkt des Fangens. Des Weiteren befindet sich im Top-Cap eine Einheit zum Öffnen der Halteeinrichtung, um so den freien Fall auszulösen.

Im höhenverstellbaren Ständer ist das Messsystem integriert und ermöglichst so eine standardisierte Messung von Patienten mit einer Körpergröße von 1,50 m bis 1,93 m im Stehen und im Sitzen. Die Messung im Sitzen ist dabei für Personen vorgesehen deren Körpergröße sich außerhalb der angegebenen Grenzen befinden und/oder für Personen bei denen die Messung im Stehen nicht möglich ist da diese beispielsweise auf einen Rollstuhl angewiesen sind. Dabei wird die individuelle Testposition unter Berücksichtig der Höhe des Ellenbogens stufenlos eingestellt.

Zusätzlich dämpft eine aus pur-Ester-Akustikschaumstoff bestehende Dämpfungsschicht am Standfuß des Messinstrumentes den Aufprall des Stabes.

Die Ladeplattform stellt die Energie für die Sensoreinheiten des Fallstabs zur Verfügung. Dazu sind an der mechanischen Schnittstelle zwischen Stab und Ladeplattform jeweils drei metallische Kontaktflächen aus Kupfer an der Ladeplattform angebracht. Wenn der Stab mechanisch Kontakt mit der Ladeplattform hat, so wird der Stab mechanisch derart justiert, dass die Kontaktflächen mit den Federkontakten des Top-Caps in Kontakt treten und elektrische Energie übertragen werden kann. Auf diese Weise wird der im Stab befindliche Li-Ion-Akkumulator geladen. Zur bestimmungsgemäßen Orientierung des Stabes gegenüber der Ladeplattform und um den

Fallstab gegen das unkontrollierte umkippen nach dem zu-Boden-Fallen abzusichern sind an der Ladeplattform zwei Führungsdrähte angebracht, welche durch den Stab hindurch verlaufen und an der Auffangeinrichtung des Stabes befestigt sind. Um die elektrische Energie bereitstellen zu können verfügt die Ladeplattform über eine Schnittstelle für ein Netzteil zur Stromversorgung. Zum Halten des Stabes an der Ladeplattform ist in der Ladeplattform ist ein Dauermagnet und ein Elektromagnet verbaut. Dieser Elektromagnet lässt sich durch ein Wifi-basierendes Kommunikationselement schalten bzw. steuern. So lässt sich der Haltezustand ändern. Die wird Softwareseitig durch einen Zufallsgenerator realisiert. Das zufällige Herabfallen des Stabes wird hier innerhalb von 6 s nach dem Empfang eines Orientierungssignals ausgelöst.

- Länge (inkl. Ladeplattform) 795,3 mm

Die Software ermöglicht weiterhin die Datenerhebung und -verarbeitung und greift dabei auf eine Normdatenbank zu, die über eine Cloud zur Verfügung gestellt wird.

Die Software kann von jedem WLAN-fähigen Endgerät bedient werden. Die Benutzeroberfläche weist mehrere Ebenen auf. Diese Ebenen sind

- die Eingabeseite „Input-Page“,
- das Test-Interface „Testing“,
- die Ausgabeseite „Output-Page“ und
- die Reportseite „Report-Page“.

In einem beispielhaften Testablauf werden auf Ebene der „Input-Page“ die relevanten personenbezogenen Bezugsgrößen, wie beispielsweise Alter, Geschlecht, Trainingszustand oder Vorerkrankungen, eingetragen.

Anschließend wird über die Ebene „Testing“ das Starten des Tests und/oder von Probeversuchen initiiert. Auch sind Testparameter, bspw. Empfindlichkeit der Sensoreinheiten, einstell- und veränderbar. Zusätzlich, insbesondere bei Verwendung einer steuerbaren Kraftquelle, welche vom Schwerefeld der Erde unabhängig ist, kann die zu verwendende Beschleunigung eingestellt und/oder angepasst werden.

Die Ergebnisse der Messungen werden auf der Ebene der „Output-Page“ optisch dargestellt und ausgegeben. Dabei erfolgt die Darstellung der Daten als absolute Werte sowie die Interpretation der Daten auf Basis des Vergleichs mit der Normdatenbank und den alters- und krankheitsspezifischen Grenzwerten.

Schließlich wird eine „Report-Page“ in Form einer PDF-Datei erzeugt, die alle Ergebnisse - inklusive Interpretation und Kurzbeschreibung - übersichtlich darstellt. Jede Messung wird in der

Cloud gespeichert. Dabei ist auch datenschutzkonformer Vergleich von mehreren Messungen einer einzigen Person vorgesehen.

Bezugszeichen

1	Top Cap und Ladeplattform
2	Stab
3	Höhenverstellbarer Ständer
4	Führungsdrähte
5	Auffangeinrichtung mit Spannmechanismus für Führungsdrähte und Dämpfungsschicht
6	Standfuß Ständer
7	Stromkabel
8	Hebel für stufenlose Höhenverstellung
9	Netzteil