



(10) **DE 10 2023 210 375 B4** 2025.07.03

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2023 210 375.3**
(22) Anmeldetag: **20.10.2023**
(43) Offenlegungstag: **24.04.2025**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **03.07.2025**

(51) Int Cl.: **A61B 5/103** (2006.01)
A61B 5/11 (2006.01)
A61B 5/024 (2006.01)
A61B 5/02 (2006.01)
A61B 5/087 (2006.01)
G06T 1/40 (2006.01)
H01S 3/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Deep Care GmbH, 71334 Waiblingen, DE

(74) Vertreter:
**Kohler Schmid Möbus Patentanwälte
Partnerschaftsgesellschaft mbB, 70563 Stuttgart,
DE**

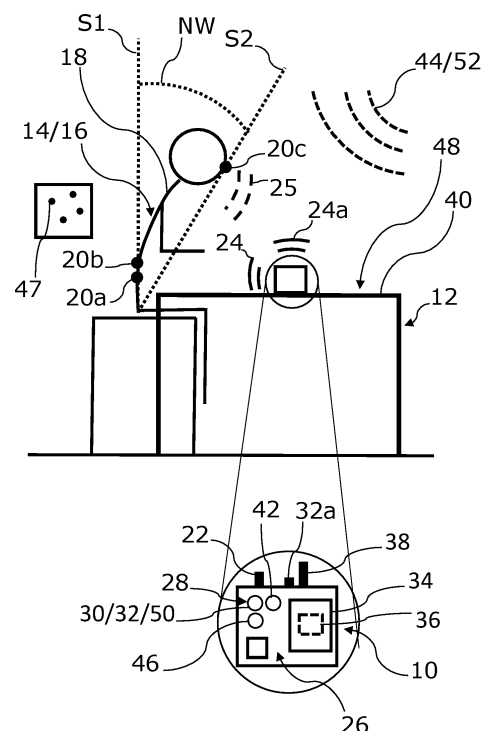
(72) Erfinder:
**Forstner, Timo, 71732 Tamm, DE; Heck, Lukas
Thomas, 76135 Karlsruhe, DE; Blohm, Frederik
Roman, 70806 Kornwestheim, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2020 207 975	A1
DE	10 2022 201 925	A1
DE	10 2022 202 729	A1
US	2009 / 0 324 024	A1
US	2016 / 0 183 687	A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bestimmung der gesundheitlichen Belastung eines Nutzers des Verfahrens**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren (100) zur Verminderung der gesundheitlichen Belastung eines Nutzers (14) durch seine Körperhaltung (16) und die Lichtverhältnisse am Arbeitsplatz (48) des Nutzers (14). Im Rahmen des Verfahrens (100) wird eine Teilfläche der Oberfläche des Körpers (18) des Nutzers (14) durch ein optisches Sensorsystem (28) eines Belastungsmessers (10) detektiert. Anschließend werden geometrische Parameter der detektierten Teilfläche ermittelt. Aus den ermittelten geometrischen Parametern werden durch ein neuronales Netz (36) des Belastungsmessers (10) charakteristische Parameterwerte der Körperhaltung (16) des Nutzers (14) ermittelt, die die Körperhaltung (16) des Nutzers (14) festlegen. Zusätzlich werden charakteristische Parameterwerte der elektromagnetischen Strahlung (25), die auf das optische Sensorsystem (28) fällt, ermittelt, wobei die charakteristische Parameterwerte insbesondere dazu geeignet sind, die Strahlungsenergie der auf das optische Sensorsystem (28) einfallenden elektromagnetischen Strahlung zu ermitteln. Die Körperhaltung (16) und die charakteristischen Parameterwerte der elektromagnetischen Strahlung (25) werden einer Belastungsstufe zugeordnet, die angibt, wie belastet der Nutzer (14) durch die Körperhaltung (16) und die elektromagnetische Strahlung (25) ist.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der gesundheitlichen Belastung eines Nutzers des Verfahrens, insbesondere am Arbeitsplatz des Nutzers. Die Erfindung betrifft weiterhin einen Belastungsmesser zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Verfahren zur Verringerung der physischen und psychischen Belastung am Arbeitsplatz sind aus dem Stand der Technik bekannt, insbesondere aus dem Bereich der Ergonomie.

[0003] Die DE 10 2022 201 925 A1 betrifft ein Verfahren zur Bestimmung eines Entspanntheitswertes eines Nutzers mit Hilfe einer Kamera. Bei dem Verfahren werden Einflüsse des Arbeitsumfeldes des Nutzers berücksichtigt.

[0004] Die DE 10 2020 207 975 A1 offenbart ein Verfahren zur Verminderung der gesundheitlichen Belastung eines Nutzers, bei dem durch einen Sensor Koordinaten ausgewählter Schlüsselpunkte des muskuloskelettalen Systems des Nutzers ermittelt werden. Mit Hilfe dieser Koordinaten werden die Körperhaltung des Nutzers bestimmt und Empfehlungen zur Korrektur der Körperhaltung abgeleitet.

[0005] Die US 2016/0183687 A1 betrifft Sensoren, die an Einrichtungsgegenständen, insbesondere an Sitzmöbeln angeordnet sind, um die Haltung eines Nutzers zu bestimmen. Mit Hilfe der Sensoren werden insbesondere Kräfte bestimmt, die auf verschiedene Stellen des Sitzmöbels wirken, sowie Bewegungen und Positionen des Sitzmöbels.

[0006] Die US 2009/0324024 A1 offenbart ein System und ein Verfahren zur Korrektur einer Haltung eines Nutzers des Systems, wobei eine Kamera regelmäßig ein Bild des Nutzers aufnimmt. In dem jeweiligen Bild wird das Gesicht des Nutzers bestimmt und mit einem vorher bestimmten Referenzbild des Gesichts bei einer als gut eingestuftten Haltung des Nutzers verglichen. Wenn der Nutzer mehrmals eine als gut eingestufte Haltung einnimmt, wird ihm eine entsprechende Rückmeldung gegeben. Insbesondere wird dem Nutzer auch eine Rückmeldung gegeben, falls er mehrmals oder über einen vorgegebenen Zeitraum beständig eine als schlecht eingestufte Körperhaltung einnimmt.

[0007] Die DE 10 2022 202 729 A1 betrifft ein Verfahren zur Ermittlung einer Körperhaltung einer Person, bei welchem die in einem Bild einer Kamera erkennbare Körperhaltung anhand eines Wertes charakterisiert wird. Falls dieser Wert in einem Warnbereich liegt, wird ein Hinweissignal ausgegeben.

[0008] Allerdings werden diese Verfahren im Vergleich zu dem Zeitpunkt des Auftretens der jeweiligen Belastung zeitverzögert und ohne objektive und präzise Angaben zu der betreffenden Belastung ausgeführt.

Aufgabe der Erfindung

[0009] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren anzugeben, mit dem die Belastung eines Nutzers des Verfahrens zeitnah und präzise ermittelt werden kann. Es ist weiter Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens bereitzustellen.

Beschreibung der Erfindung

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zum Bestimmen der gesundheitlichen Belastung eines Nutzers des Verfahrens, das die folgenden Schritte aufweist:

I. Erfassen einer Oberfläche eines Teils des Körpers des Nutzers durch das optische Sensorsystem in dem Messintervall;

II. Bestimmen einer Körperhaltung des Nutzers aus Pixel-Parameterwerten der erfassten Oberfläche durch das neuronale Netz, wobei die Pixel als Elemente des optischen Sensorsystems ausgebildet sind, wobei Schritt II nach Schritt I durchgeführt wird;

III. Bestimmen charakteristischer Parameterwerte des Lichts, das das optische Sensorsystem in dem Messintervall empfängt;

IV. Klassifizieren der Körperhaltung des Nutzers und Klassifizieren des empfangenen Lichts in Bezug auf eine Belastung des Nutzers, wobei Schritt IV nach den Schritten I - III durchgeführt wird;

V. Ausgabe der Klassifizierung der Körperhaltung und des empfangenen Lichts, wobei Schritt V nach dem Schritt IV durchgeführt wird.

[0011] Vorteilhaft kann die Körperhaltung des Nutzers unter Verwendung des optischen Sensors und des neuronalen Netzes zeitnah und präzise sowie auf objektive Weise bestimmt werden. Dadurch kann dem Nutzer eine schnelle und genaue Rückmeldung gegeben werden, wie er seine Körperhaltung im Hinblick auf die körperliche Belastung korrigieren kann.

[0012] Das Klassifizieren der Körperhaltung kann anhand der Pixelwerte selbst erfolgen, z.B. durch Zuordnung von Gruppen oder Mustern von Pixelwerten zu bestimmten Körperhaltungen. Alternativ oder zusätzlich dazu können zur Klassifizierung der Körperhaltung geometrische Parameterwerte, wie Krümmungen des Körpers des Nutzers oder Nei-

gungswinkel des Körpers des Nutzers bestimmt werden. Hierzu können Referenzpunkte des Körpers des Nutzers dienen. Alternativ oder zusätzlich dazu kann eine Körperhaltung des Nutzers durch Vergleich mit einer Referenz-Körperhaltung klassifiziert werden.

[0013] Das optische Sensorsystem weist bevorzugt eine Kamera auf. Alternativ oder zusätzlich ist das optische Sensorsystem mit einem Time-of-Flight Sensor ausgestaltet. Bei der Aufnahme der Oberfläche des Teils des Körpers des Nutzers nehmen Parameter von Pixeln des optischen Sensors bestimmte Parameterwerte an. Bei den Parameterwerten kann es sich insbesondere um Graustufen der Pixel handeln.

[0014] Das neuronale Netz ist insbesondere in dem Belastungsmesser implementiert. Alternativ kann sich das neuronale Netz außerhalb des Belastungsmessers befinden und mit dem Belastungsmesser über eine Kommunikationseinheit Daten austauschen.

[0015] Unter dem Begriff „Licht“ wird im Rahmen der Anmeldung insbesondere der für den Menschen wahrnehmbare Bereich des elektromagnetischen Spektrums verstanden. Das Licht, das gemäß Schritt III erfasst wird, stammt insbesondere aus der Umgebung des Arbeitsplatzes des Nutzers. Die in der Anmeldung genannten Sensoren können dazu ausgebildet sein, weitere Bereiche des elektromagnetischen Spektrums zu erfassen.

[0016] Die charakteristischen Parameterwerte des Lichts sind insbesondere Parameterwerte, die zur Bestimmung der Bestrahlungsstärke des Lichts notwendig sind, mit der das Licht das optische Sensorsystem bestrahlt. Insbesondere weisen die charakteristischen Parameterwerte des Lichts die Intensität des Lichts und/oder die Frequenz des Lichts auf. Alternativ oder zusätzlich können auch charakteristische Parameterwerte von elektromagnetischer Strahlung außerhalb des optischen Spektrums bestimmt werden.

[0017] Die Klassifizierung des Lichts im Hinblick auf die Belastung des Nutzers kann unter Verwendung einer Abweichung der charakteristischen Parameterwerte des Lichts von Referenz-Parameterwerten des Lichts erfolgen. Alternativ oder zusätzlich dazu können die charakteristischen Parameterwerte des Lichts zum Beispiel einer Belastungsklasse zugeordnet werden.

[0018] Die ermittelten Klassifizierungen werden im Rahmen des Verfahrens insbesondere zum Erstellen einer Gefährdungsanalyse verwendet. Insbesondere können unter Verwendung der präzisen Klassifizierungen Ursachen für die Belastung eines Nutzers

des Verfahrens bestimmt werden (etwa eine belastende Lichteinstrahlung oder Faktoren, die zu einer belastenden Körperhaltung führen). Diese Ursachen können in der Gefährdungsanalyse verwendet werden.

[0019] Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens werden folgende Schritte durchgeführt:

VI. Erfassen eines Arbeitsplatzes des Nutzers durch das optische Sensorsystem in dem Messintervall;

VII. Bestimmen geometrischer Parameterwerte des Arbeitsplatzes des Nutzers;

VIII. Klassifizieren des Arbeitsplatzes des Nutzers unter Verwendung der geometrischen Parameter in Bezug auf eine Belastung des Nutzers.

[0020] Die geometrischen Parameter des Arbeitsplatzes des Nutzers weisen insbesondere die geometrischen Parameterwerte der Arbeitsfläche auf. Zu den geometrischen Parametern der Arbeitsfläche gehören insbesondere die Höhe, Breite, Länge der Arbeitsfläche. Die geometrischen Parameter des Arbeitsplatzes weisen bevorzugt geometrische Parameter der Arbeitsgeräte des Nutzers, zum Beispiel eines Computerbildschirms des Nutzers und/oder geometrische Parameter des Bewegungsraums des Nutzers an seinem Arbeitsplatz auf. Bei dieser Ausgestaltung kann vorteilhaft eine Belastung des Nutzers, die durch die Ausgestaltung und Lage der Arbeitsfläche verursacht wird, verringert werden.

[0021] Insbesondere kann im Rahmen des Verfahrens bestimmt werden, ob eine Körperhaltung, die der Nutzer einnimmt und die zu einer relativ hohen Belastung des Nutzers führt, mit den geometrischen Parameterwerten der Arbeitsfläche verbunden ist. So kann eine in Bezug auf die Belastung ungünstig eingestellte Höhe der Arbeitsfläche ermittelt werden. Die Arbeitsfläche ist zum Beispiel als ein Teil eines Tisches ausgebildet.

[0022] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens weist der Belastungsmesser ein akustisches Sensorsystem auf, wobei folgende Schritte durchgeführt werden:

IX. Erfassen von Schallwellen durch das akustische Sensorsystem in dem Messintervall;

X. Bestimmen charakteristischer Parameterwerte der Schallwellen;

XI. Klassifizieren der Schallwellen unter Verwendung der charakteristischen Parameterwerte der Schallwellen in Bezug auf eine Belastung des Nutzers.

[0023] Die charakteristischen Parameterwerte der Schallwellen weisen insbesondere Werte von Para-

metern auf, aus denen sich die Energie ermitteln lässt, die die jeweilige Schallwelle transportiert. Dies sind unter anderem Intensität und/oder Frequenz der jeweiligen Schallwelle. Das Klassifizieren der Schallwellen kann unter Verwendung von Referenzwerten der jeweiligen Parameter erfolgen. Vorteilhaft kann bei dieser Ausgestaltung des Verfahrens eine Belastung des Nutzers durch Lärm verringert werden. Bei einigen Ausführungsformen weist der Belastungsmesser einen Sender für Ultraschallwellen auf, wobei das akustische Sensorsystem einen Sensor aufweist, um die Schallwellen zu erfassen. Messungen der Ultraschallwellen können insbesondere zur Vermessung von Abständen und Höhen (z.B. der Arbeitsfläche) verwendet werden.

[0024] Vorteilhaft ist eine Ausgestaltung des Verfahrens, bei der folgende Schritte durchgeführt werden:

XII. Erfassen von Lichtsignalen zur Bestimmung des Pulses und/oder der Atmung und/oder der Herzratenvariabilität des Nutzers durch das optische Sensorsystem in dem Messintervall;

XIII. Bestimmen charakteristischer Parameterwerte des Pulses und/oder der Atmung und/oder der Herzratenvariabilität;

XIV. Klassifizieren des Pulses und/oder der Atmung und/oder der Herzratenvariabilität unter Verwendung der charakteristischen Parameterwerte des Pulses und/oder der Atmung und/oder der Herzratenvariabilität in Bezug auf eine Belastung des Nutzers.

[0025] Insbesondere wird durch Blutgefäße reflektiertes Licht (und dessen Spektrum) erfasst. Aus diesem Licht und dessen Spektrum werden die charakteristischen Parameterwerte zur Bestimmung des Pulses und/oder der Atmung und/oder der Herzratenvariabilität ermittelt, insbesondere die Pulsfrequenz bzw. die Atmungsfrequenz. Das Klassifizieren der Schallwellen kann unter Verwendung von Referenzwerten der betreffenden Parameter erfolgen. Vorteilhaft kann bei dieser Ausgestaltung die Belastung des Nutzers durch Stress angezeigt und vermindert werden.

[0026] Weiterhin bevorzugt ist eine Ausgestaltung des Verfahrens, bei der folgende Schritte durchgeführt werden:

XV. Erfassen der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und/oder der stofflichen Zusammensetzung der Luft an dem Belastungsmesser durch ein jeweiliges Sensorsystem des Belastungsmessers;

XVI. Bestimmen charakteristischer Parameterwerte der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und/oder der stofflichen Zusammensetzung der Luft;

XVII. Klassifizieren der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und/oder der stofflichen Zusammensetzung unter Verwendung der charakteristischen Parameterwerte der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und/oder der stofflichen Zusammensetzung der Luft in Bezug auf eine Belastung des Nutzers.

[0027] Das Klassifizieren der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und/oder der stofflichen Zusammensetzung der Luft kann unter Verwendung von Referenzwerten der betreffenden Parameter erfolgen. Insbesondere bildet der CO₂-Anteil an der Luft einen Anteil der stofflichen Zusammensetzung der Luft aus. Zum Bestimmen der Eigenschaften der Luft werden insbesondere VOC-Sensoren, CO₂-Sensoren und/oder Temperatursensoren verwendet. Vorteilhaft kann bei dieser Ausgestaltung die Belastung des Nutzers durch eine schlechte Luftqualität oder eine ungünstige Temperatur am Arbeitsplatz verringert werden.

[0028] Von Vorteil ist eine Ausgestaltung des Verfahrens, bei der die folgenden Schritte durchgeführt werden:

XVIII. Erfassen der Zeitdauer, in der der Nutzer eine Körperhaltung einnimmt;

XIX. Klassifizieren der Körperhaltung und der Zeitdauer in Bezug auf eine Belastung des Nutzers.

[0029] Die Klassifizierung erfolgt insbesondere unter Verwendung von Referenzwerten der Belastung zu Zeitdauern, in denen eine bestimmte Körperhaltung eingenommen wird. Vorteilhaft kann bei dieser Ausgestaltung eine Belastung des Nutzers durch eine zu lange Verweildauer in einer Körperhaltung verringert werden. Insbesondere kann der Nutzer im Rahmen der Ausgabe dazu aufgefordert werden, eine andere Körperhaltung einzunehmen oder einen Bewegungsablauf durchzuführen.

[0030] Eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass das optische Sensorsystem eine Kamera aufweist. Die Kamera ist bevorzugt als Digitalkamera ausgebildet. Durch eine Kamera kann die Körperhaltung des Nutzers präzise erfasst werden.

[0031] Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens weist das optische Sensorsystem einen Radar auf. Mit Hilfe des Radars können Abstände sehr genau erfasst werden, was eine präzise Bestimmung der Körperhaltung und der Bewegungen des Nutzers ermöglicht.

[0032] Bevorzugt ist eine Ausgestaltung des Verfahrens, bei der das optische Sensorsystem einen Time-of-Flight Sensor, insbesondere zur Messung in drei

Dimensionen, aufweist. Durch einen Time-of-Flight Sensor kann die Oberfläche des Körpers des Nutzers zeitsparend aufgenommen werden, indem ein Lichtpuls emittiert und das von verschiedenen Punkten der Oberfläche reflektierte Licht von dem Time-of-Flight Sensor erfasst wird. Der Time-of-Flight Sensor kann dazu ausgebildet sein, elektromagnetische Strahlung im Infrarot-Bereich zu emittieren und/oder zu erfassen. Bei einigen Ausführungsformen weist das optische Sensorsystem einen eindimensionalen (1D) Time-of-Flight Sensor zur Messung von Abständen in einer Dimension auf. Dadurch kann z.B. die Höhe einer Arbeitsfläche gemessen werden, insbesondere durch Bestimmung eines Abstands zur Zimmerdecke.

[0033] Weiterhin bevorzugt ist eine Ausgestaltung des Verfahrens, bei der der Belastungsmesser die im Rahmen des Verfahrens gemessenen oder ermittelten Daten codiert, insbesondere in Form einer grafisch-bildlichen Codierung, bevorzugt in Form eines QR-Codes. Dadurch können die Daten leicht verschlüsselt werden, um Datenschutz zu gewährleisten. Insbesondere kann eine Gefährdungsanalyse nach ihrer Erstellung in Form einer grafisch-bildlichen Codierung, bevorzugt in Form eines QR-Codes als ein Teil der ermittelten Daten codiert werden.

[0034] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens versendet der Belastungsmesser die im Rahmen des Verfahrens gemessenen oder ermittelten Daten. Dadurch können die Daten (insbesondere aufweisend eine Gefährdungsanalyse) zeitnah zu einer weiteren Auswertung einer entsprechenden zentralen Auswerteeinrichtung zur Verfügung gestellt werden.

[0035] Von Vorteil ist eine Ausgestaltung des Verfahrens, bei der das neuronale Netz auf das Erkennen einer Körperhaltung gemäß den folgenden Schritten trainiert wird:

- i. Bestimmen von Zielparametern, die eine Test-Körperhaltung einer Testperson charakterisieren;
- ii. Initialisieren von Gewichten des neuronalen Netzes;
- iii. Erfassen einer Oberfläche eines Teils des Körpers der Testperson in der Test-Körperhaltung durch das optische Sensorsystem in dem Messintervall;
- iv. Bestimmen von Pixel-Parameterwerten der erfassten Oberfläche und Gewichten der Pixel-Parameterwerte;
- v. Bestimmen einer Differenz der gewichteten Parameter und der Zielparameter;

vi. Anpassen der Gewichte, um die Differenz zu verringern;

vii. Wiederholen der Schritte v bis vi, bis eine Minimierungsgrenze erreicht ist;

[0036] Bei den Zielparametern kann es sich um eine oder mehrere Krümmungen handeln, die der Körper des Nutzers in der Test-Körperhaltung aufweist oder um Neigungswinkel, die der Körper des Nutzers in der Test-Körperhaltung aufweist. Das neuronale Netz wird insbesondere darauf trainiert, die Pixel-Parameterwerte einer bestimmten Gruppe von Zielparametern zuzuordnen, die die Test-Körperhaltung charakterisieren.

[0037] Ein erfindungsgemäßer Belastungsmesser ist dazu eingerichtet, das Verfahren gemäß einer der vorgenannten Ausgestaltungen durchzuführen. Ein derartiger Belastungsmesser kann die Belastung eines Nutzers des Belastungsmessers schnell und objektiv bestimmen.

[0038] Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der Zeichnung. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter ausgeführten Merkmale erfindungsgemäß jeweils einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung und Zeichnung

Fig. 1 zeigt schematisch eine Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Belastungsmessers an einem Arbeitsplatz eines Nutzers des Belastungsmessers.

Fig. 2 zeigt schematisch ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Verminderung der gesundheitlichen Belastung des Nutzers.

[0039] **Fig. 1** zeigt schematisch eine Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Belastungsmessers 10, der auf einem Arbeitsplatz 48 in Form eines Tisches 12 positioniert ist, an dem sich ein Nutzer 14 des Belastungsmessers 10 befindet. Der Nutzer 14 ist dabei in einer Körperhaltung 16 über den Tisch 12 gebeugt, sodass der Körper 18 des Nutzers 14, insbesondere der Oberkörper als Teil des Körpers 18 des Nutzers 14, an seiner Oberfläche eine Krümmung aufweist. Zur Klassifizierung der Körperhaltung 16 können zum Beispiel Referenzpunkte 20a, 20, 20c des Körpers 18 des Nutzers 14 verwendet werden. In dem in **Fig. 1** gezeigten Beispiel ist infolge der Körperhaltung 16 zwischen zwei Strahlen S1, S2, die durch derartige Referenzpunkte 20a, 20b, 20c

des Körpers 18 verlaufen, ein Neigungswinkel NW ausgebildet. Dabei liegen beispielhaft der erste Referenzpunkt 20a und der zweite Referenzpunkt 20b an der Wirbelsäule des Nutzers 14 und der dritte Referenzpunkt 20c im Gesicht, insbesondere an der Nase des Nutzers 14.

[0040] Der Belastungsmesser 10 sendet in der gezeigten Ausführungsform über eine optionale Lichtemissionseinheit 22 Lichtwellen 24, insbesondere einen Lichtpuls, aus. Die Lichtwellen 24 werden wenigstens an dem Körper 18 (insbesondere dem Oberkörper) des Nutzers 14 reflektiert und gelangen in Form von reflektierten Lichtwellen 25 zu einer Sensoreinrichtung 26 des Belastungsmessers 10, die über ein optisches Sensorsystem 28 verfügt. Die Lichtemissionseinheit 22 und die Sensoreinrichtung 26 sind bevorzugt in einem Bauteil (nicht gezeigt) integriert. Dabei weist das optische Sensorsystem 28 in der gezeigten Ausführungsform eine Kamera 30 auf. Alternativ oder zusätzlich ist das optische Sensorsystem mit einem Time-of-Flight Sensor 32 ausgestaltet. Bei einigen Ausführungsformen ist das optische Sensorsystem 28 mit einem Radar 50 ausgebildet. Das optische Sensorsystem 28 dient dem Aufnehmen des Körpers 18 des Nutzers 14. Dabei nehmen Parameter von Pixeln (nicht gezeigt) des optischen Sensorsystems 28 bestimmte Parameterwerte an. Bei den Parameterwerten kann es sich insbesondere um Graustufen der Pixel handeln. Die Aufnahme des Körpers 18 des Nutzers 14 kann auch unter Verwendung von Licht erfolgen, das aus der Umgebung des Belastungsmessers 10 stammt und an dem Körper 18 des Nutzers 14 reflektiert wird. Dies hängt insbesondere von dem verwendeten optischen Sensorsystem 28 ab. Die Aufnahme des Körpers 18 des Nutzers 14 erfolgt in einem Messintervall zur Bestimmung der Körperhaltung 16 des Nutzers 14.

[0041] In einer Steuereinheit 34 des Belastungsmessers 10 ist ein neuronales Netz 36 angelegt, welches die Körperhaltung 16 des Nutzers 14 aus den Pixel-Parameterwerten bestimmt. Die Steuereinheit 34 und das optische Sensorsystem 28 sind außerdem dazu ausgebildet, charakteristische Parameterwerte des Lichts zu bestimmen, das das optische Sensorsystem 28 in dem Messintervall empfängt. Die charakteristischen Parameterwerte sind insbesondere Parameterwerte, die zur Bestimmung der Bestrahlungsstärke des Lichts notwendig sind, mit der das Licht das optische Sensorsystem 28 bestrahlt. Insbesondere weisen die charakteristischen Parameterwerte des Lichts die Intensität des Lichts und/oder die Frequenz des Lichts auf.

[0042] Die Steuereinheit 34 ist ferner dazu eingerichtet, die Körperhaltung 16 des Nutzers 14 und das von dem optischen Sensorsystem 28 empfangene Licht 25 in Bezug auf eine Belastung des Nutzers

14 zu klassifizieren. Das Klassifizieren der Körperhaltung 16 erfolgt insbesondere durch einen Vergleich mit einer Referenz-Körperhaltung (nicht gezeigt), bevorzugt indem Differenzen von Positionen der Referenzpunkte des Körpers 18 des Nutzers 14 in dessen Körperhaltung 16 zu Positionen der Referenzpunkte des Körpers 18 des Nutzers 14 in der Referenz-Körperhaltung bestimmt werden. Eine alternative oder zusätzliche Möglichkeit des Klassifizierens der Körperhaltung 16 des Nutzers 14 besteht darin, Werte geometrischer Parameter der Körperhaltung 16 des Nutzers 14, etwa von Krümmungen des Körpers 18 oder des vorgenannten Neigungswinkels NW zu bestimmen und diese Werte einer Belastungsklasse zuzuordnen. Eine alternative oder zusätzliche Möglichkeit des Klassifizierens der Körperhaltung 16 besteht darin, die Pixel-Parameterwerte selbst zu verwenden, um die Körperhaltung 16 einem Belastungswert zuzuordnen.

[0043] Außerdem ist die Steuereinheit 34 dazu eingerichtet, Licht 52, das das optische Sensorsystem in dem Messintervall bestrahlt, im Hinblick auf eine Belastung des Nutzers 14 zu klassifizieren. Das Licht 52 stammt insbesondere aus der Umgebung des Arbeitsplatzes 48 des Nutzers 14. Die Klassifizierung des Lichts kann unter Verwendung einer Abweichung der charakteristischen Parameterwerte des Lichts von Referenz-Parameterwerten des Lichts erfolgen. Alternativ oder zusätzlich dazu können die charakteristischen Parameterwerte des Lichts zum Beispiel einer Belastungsklasse zugeordnet werden.

[0044] Eine Ausgabeeinheit des Belastungsmessers 10 dient dazu, die Belastung des Nutzers 14 durch seine Körperhaltung 16 und das Licht, das das optische Sensorsystem 28 bestrahlt, auszugeben. So erhält der Nutzer 14 eine Rückmeldung über seine Belastung.

[0045] Die Steuereinheit 34 ist bevorzugt dazu eingerichtet, die im Rahmen des Verfahrens gemessenen oder ermittelten Daten zu codieren, insbesondere in Form einer grafisch-bildlichen Codierung, bevorzugt in Form eines QR-Codes. Die gemessenen oder ermittelten Daten zur Belastung des Nutzers 14 können durch eine optionale Übermittlungseinheit 38 an eine zentrale Dateneinrichtung (nicht gezeigt) übermittelt werden, wobei die Übermittlungseinheit 38 insbesondere zum Senden und Empfangen von Daten ausgebildet ist. Die Daten werden insbesondere in Form der grafisch-bildlichen Codierung übermittelt.

[0046] Bei einigen Ausführungsformen ist der Belastungsmesser 10 dazu ausgebildet, geometrische Parameter des Arbeitsplatzes 48, insbesondere einer Arbeitsfläche 40, zu erfassen, hier insbesondere der Tischfläche. Die geometrischen Parameter

weisen insbesondere die Breite, Länge und Höhe der Arbeitsfläche 40 auf. Hierzu wird der Belastungsmesser bevorzugt an derartigen Orten positioniert, dass das optische Sensorsystem 28 Licht zur Messung der entsprechenden Strecken (Länge, Breite, Höhe) empfangen kann. Bevorzugt sendet die Lichtemissionseinheit 22 dazu Lichtpulse aus, die an der Arbeitsfläche 40 reflektiert und dann von dem optischen Sensorsystem 28 erfasst werden. Die Steuereinheit 34 ist bei den vorgenannten Ausführungsformen dazu eingerichtet, die ermittelten geometrischen Parameter der Arbeitsfläche 40 in Bezug auf eine Belastung des Nutzers 14 zu klassifizieren, zum Beispiel unter einer Verwendung der Abweichung von Referenzwerten der geometrischen Parameter der Arbeitsfläche 40. Das optische Sensorsystem 28 kann einen eindimensionalen Time-of-Flight Sensor 32a aufweisen, der dazu ausgebildet ist, durch das Versenden elektromagnetischer Wellen 24a (insbesondere in vertikaler Richtung) Abstände, bevorzugt Höhen der Arbeitsfläche 40, zu vermessen. Das optische Sensorsystem 28 kann alternativ oder zusätzlich dazu einen Radar 50 aufweisen.

[0047] In der gezeigten Ausführungsform weist der Belastungsmesser 10 ein akustisches Sensorsystem 42 auf. Durch das akustische Sensorsystem 42 können Schallwellen 44, die in dem Messintervall auf das akustische Sensorsystem 42 treffen, erfasst werden. Die Steuereinheit 34 ist dazu ausgebildet, charakteristische Parameterwerte der Schallwellen 44 zu bestimmen, die von dem akustischen Sensorsystem 42 erfasst werden. Die charakteristischen Parameterwerte betreffen insbesondere Werte von Parametern, mit denen sich die Leistung der Schallwellen 44, die auf das akustische Sensorsystem 42 treffen bestimmen lässt. Insbesondere weisen die charakteristischen Parameterwerte die jeweilige Intensität und/oder Frequenz der Schallwellen 44 auf. Die Steuereinheit 34 ist bei der gezeigten Ausführungsform dazu eingerichtet, die charakteristischen Parameter der Schallwellen 44 in Bezug auf eine Belastung des Nutzers 14 zu klassifizieren, zum Beispiel unter einer Verwendung der Abweichung von Referenzwerten der charakteristischen Parameter der Schallwellen 44.

[0048] Bei einigen Ausführungsformen ist das optische Sensorsystem 28 dazu ausgebildet, Lichtsignale zur Bestimmung eines Pulses und/oder der Atmung und/oder der Herzratenvariabilität des Nutzers in dem Messintervall zu erfassen. Insbesondere ist das optische Sensorsystem 28 dazu ausgebildet, durch Blutgefäße reflektiertes Licht 25 (insbesondere dessen Spektrum) zu erfassen. Bei diesen Ausführungsformen ist die Steuereinheit 34 dazu eingerichtet, charakteristische Parameterwerte des Pulses und/oder der Atmung und/oder der Herzratenvariabilität zu bestimmen. Die charakteristischen Parame-

terwerte weisen insbesondere die Pulsfrequenz bzw. den Sauerstoffgehalt des Blutes auf. Die Steuereinheit 34 ist bei diesen Ausführungsformen ferner dazu eingerichtet, die charakteristischen Parameterwerte des Pulses des Blutes und/oder der Sauerstoffsättigung in Bezug auf eine Belastung des Nutzers 14 zu klassifizieren, zum Beispiel unter einer Verwendung der Abweichung von Referenzwerten des Pulses bzw. der der Atmung und/oder der Herzratenvariabilität.

[0049] In der gezeigten Ausführungsform weist der Belastungsmesser 10 ein weiteres Sensorsystem 46 auf, das dazu ausgebildet ist, die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und/oder die stoffliche Zusammensetzung der Luft an dem Belastungsmesser 10 zu erfassen. Dabei sind Komponenten 47 der Luft in **Fig. 1** schematisch durch gefüllte Kreise angedeutet. In der gezeigten Ausführungsform des Belastungsmessers 10 ist die Steuereinheit 34 dazu eingerichtet, die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und/oder die stoffliche Zusammensetzung der Luft in Bezug auf eine Belastung des Nutzers 14 zu klassifizieren.

[0050] In der gezeigten Ausführungsform ist der Belastungsmesser 10, insbesondere die Steuereinheit 34 des Belastungsmessers 10, dazu eingerichtet die Zeitdauer zu erfassen, in der der Nutzer 14 eine Körperhaltung 16 einnimmt. Ferner ist die Steuereinheit 34 bei der gezeigten Ausführungsform dazu eingerichtet, die Körperhaltung 16 und die Zeitdauer in Bezug auf die Belastung des Nutzers 14 zu klassifizieren. Die Klassifizierung erfolgt insbesondere unter Verwendung von Referenzwerten der Belastung zu Zeitdauern, in denen eine bestimmte Körperhaltung 16 eingenommen wird.

[0051] **Fig. 2** zeigt schematisch ein erfindungsgemäßes Verfahren 100 zur Verminderung der gesundheitlichen Belastung eines Nutzers 14 (siehe **Fig. 1**) während eines Messintervalls durch einen Belastungsmesser 10 mit einem optischen Sensorsystem 28 und einem neuronalen Netz 36. Im Rahmen des Verfahrens 100 wird in einem ersten Schritt 102 zunächst die Oberfläche eines Teils des Körpers 18 des Nutzers 14 durch das optische Sensorsystem 28 in dem Messintervall erfasst. In einem zweiten Schritt 104 wird die Körperhaltung 16 des Nutzers 14 aus Pixel-Parameterwerten der erfassten Oberfläche durch das neuronale Netzwerk 36 bestimmt. Dabei sind die Pixel als Elemente des optischen Sensorsystems 28 ausgebildet. In einem dritten Schritt 106 werden charakteristische Parameterwerte des Lichts bestimmt, das das optische Sensorsystem 28 in dem Messintervall empfängt. Die charakteristischen Parameter, deren Werte bestimmt werden, sind dazu geeignet, eine Bestrahlungsstärke des Lichts zu berechnen, das auf das optische Sensorsystem 28 fällt. In einem vierten Schritt 108 werden die Körperhaltung 16 und das empfangene Licht in Bezug auf

eine Belastung des Nutzers 14 klassifiziert. In einem fünften Schritt 110 wird die Klassifizierung der Körperhaltung 16 und des empfangenen Lichts ausgegeben, um den Nutzer 14 über seine Belastung zu informieren.

[0052] Der erste Schritt 102 und der zweite Schritt 104 folgen aufeinander. Der dritte Schritt 106 kann parallel zu dem ersten Schritt 102 und dem zweiten Schritt 104 durchgeführt werden. Der vierte und fünfte Schritt 108, 110 folgen aufeinander und nach dem ersten bis dritten Schritt 102 - 106.

[0053] Unter Vornahme einer Zusammenschau aller Figuren der Zeichnung betrifft die Erfindung ein Verfahren 100 zur Verminderung der gesundheitlichen Belastung eines Nutzers 14 durch seine Körperhaltung 16 und die Lichtverhältnisse am Arbeitsplatz 48 des Nutzers 14. Im Rahmen des Verfahrens 100 wird eine Teilfläche der Oberfläche des Körpers 18 des Nutzers 14 durch ein optisches Sensorsystem 28 eines Belastungsmessers 10 detektiert. Anschließend werden geometrische Parameter der detektierten Teilfläche ermittelt. Aus den ermittelten geometrischen Parametern werden durch ein neuronales Netz 36 des Belastungsmessers 10 charakteristische Parameterwerte der Körperhaltung 16 des Nutzers 14 ermittelt, die die Körperhaltung 16 des Nutzers 14 festlegen. Zusätzlich werden charakteristische Parameterwerte der elektromagnetischen Strahlung 25, die auf das optische Sensorsystem 28 fällt, ermittelt, wobei die charakteristische Parameterwerte insbesondere dazu geeignet sind, die Strahlungsenergie der auf das optische Sensorsystem 28 einfallenden elektromagnetischen Strahlung zu ermitteln. Die Körperhaltung 16 und die charakteristischen Parameterwerte der elektromagnetischen Strahlung 25 werden einer Belastungsstufe zugeordnet, die angibt, wie belastet der Nutzer 14 durch die Körperhaltung 16 und die elektromagnetische Strahlung 25 ist.

Bezugszeichenliste

10	Belastungsmesser
12	Tisch
14	Nutzer
16	Körperhaltung
18	Körper
20a-20c	Referenzpunkte
22	Lichtemissionseinheit
24	abgestrahlte Lichtwellen
25	reflektierte Lichtwellen
26	Sensoreinrichtung
28	optisches Sensorsystem

30	Kamera
32	TOF Sensor
34	Steuereinheit
36	neuronales Netz
38	Übermittlungseinheit
40	Arbeitsfläche
42	akustisches Sensorsystem
44	Schallwellen
46	weiteres Sensorsystem
47	Luftkomponenten
48	Arbeitsplatz
50	Radar
52	Licht, das das optische Sensorsystem bestrahlt
100	erfindungsgemäßes Verfahren
102 - 110	Schritte des Verfahrens
S1, S2	Strahlen
NW	Neigungswinkel

Patentansprüche

1. Verfahren (100) zur Bestimmung der gesundheitlichen Belastung eines Nutzers (14) während eines Messintervalls durch einen Belastungsmesser (10) mit einem optischen Sensorsystem (28) und einem neuronalen Netz (36), wobei das optische Sensorsystem (28) einen Radar (50) aufweist, aufweisend die Schritte:

I. Erfassen einer Oberfläche eines Teils des Körpers (18) des Nutzers (14) durch das optische Sensorsystem (28) in dem Messintervall;

II. Bestimmen einer Körperhaltung (16) des Nutzers (14) aus Pixel-Parameterwerten der erfassten Oberfläche durch das neuronale Netz (36), wobei die Pixel als Elemente des optischen Sensorsystems (28) ausgebildet sind, wobei Schritt II nach Schritt I durchgeführt wird;

III. Bestimmen charakteristischer Parameterwerte des Lichts (25), das das optische Sensorsystem (28) in dem Messintervall empfängt;

IV. Klassifizieren der Körperhaltung (16) des Nutzers (14) und Klassifizieren des empfangenen Lichts (25) in Bezug auf eine Belastung des Nutzers (14), wobei Schritt IV nach den Schritten I - III durchgeführt wird;

V. Ausgabe der Klassifizierung der Körperhaltung (16) und des empfangenen Lichts (25), wobei Schritt V nach Schritt IV durchgeführt wird;

VI. Erfassen eines Arbeitsplatzes (48) des Nutzers (14) durch das optische Sensorsystem (28) in dem Messintervall;

VII. Bestimmen geometrischer Parameter des Arbeitsplatzes (48) des Nutzers (14);

VIII. Klassifizieren des Arbeitsplatzes (48) des Nutzers (14) unter Verwendung der geometrischen Parameter in Bezug auf eine Belastung des Nutzers (14).

2. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Belastungsmesser (10) ein akustisches Sensorsystem (42) aufweist und folgende Schritte durchgeführt werden:

IX. Erfassen von Schallwellen (44) durch das akustische Sensorsystem (42) in dem Messintervall;

X. Bestimmen charakteristischer Parameterwerte der Schallwellen (44);

XI. Klassifizieren der Schallwellen (44) unter Verwendung der charakteristischen Parameterwerte der Schallwellen (44) in Bezug auf eine Belastung des Nutzers (14).

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem folgende Schritte durchgeführt werden:

XII. Erfassen von Lichtsignalen (25) zur Bestimmung des Pulses und/oder der Atmung und/oder der Herzratenvariabilität des Nutzers (14) durch das optische Sensorsystem (28) in dem Messintervall;

XIII. Bestimmen charakteristischer Parameterwerte des Pulses und/oder der der Atmung und/oder der Herzratenvariabilität;

XIV. Klassifizieren des Pulses und/oder der Atmung und/oder der Herzratenvariabilität unter Verwendung der charakteristischen Parameterwerte des Pulses und/oder der Atmung und/oder der Herzratenvariabilität in Bezug auf eine Belastung des Nutzers (14).

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem folgende Schritte durchgeführt werden:

XV. Erfassen der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und/oder der stofflichen Zusammensetzung der Luft an dem Belastungsmesser durch ein jeweiliges Sensorsystem (46) des Belastungsmessers (10);

XVI. Bestimmen charakteristischer Parameterwerte der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und/oder der stofflichen Zusammensetzung der Luft;

XVII. Klassifizieren der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und/oder der stofflichen Zusammensetzung unter Verwendung der charakteristischen Parameterwerte der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und/oder der stofflichen Zusammensetzung der Luft in Bezug auf eine Belastung des Nutzers (14).

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem folgenden Schritte durchgeführt werden:

XVIII. Erfassen der Zeitdauer, in der der Nutzer (14) eine Körperhaltung (16) einnimmt;

XIX. Klassifizieren der Körperhaltung (16) und der Zeitdauer in Bezug auf eine Belastung des Nutzers (14).

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das optische Sensorsystem (28) eine Kamera (30) aufweist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das optische Sensorsystem (28) einen Time-of-Flight Sensor (32, 32a), insbesondere zur Messung in drei Dimensionen, aufweist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Belastungsmesser (10) die im Rahmen des Verfahrens gemessenen oder ermittelten Daten codiert, insbesondere in Form einer grafisch-bildlichen Codierung, bevorzugt in Form eines QR-Codes.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Belastungsmesser (10) die im Rahmen des Verfahrens gemessenen oder ermittelten Daten versendet.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das neuronale Netz (36) auf das Erkennen einer Körperhaltung (16) gemäß folgenden Schritten trainiert wird:

i. Bestimmen von Zielparametern, die eine Test-Körperhaltung (16) einer Testperson charakterisieren;

ii. Initialisieren von Gewichten des neuronalen Netzes (36);

iii. Erfassen einer Oberfläche eines Teils des Körpers (18) der Testperson in der Test-Körperhaltung (16) durch das optische Sensorsystem in dem Messintervall;

iv. Bestimmen von Pixel-Parameterwerten der erfassten Oberfläche und Gewichten der Pixel-Parameterwerte;

v. Bestimmen einer Differenz der gewichteten Parameter und der Zielparameter;

vi. Anpassen der Gewichte, um die Differenz zu verringern;

vii. Wiederholen der Schritte v bis vi, bis eine Minimierungsgrenze erreicht ist;

11. Belastungsmesser (10) zum Durchführen des Verfahrens (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 10.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

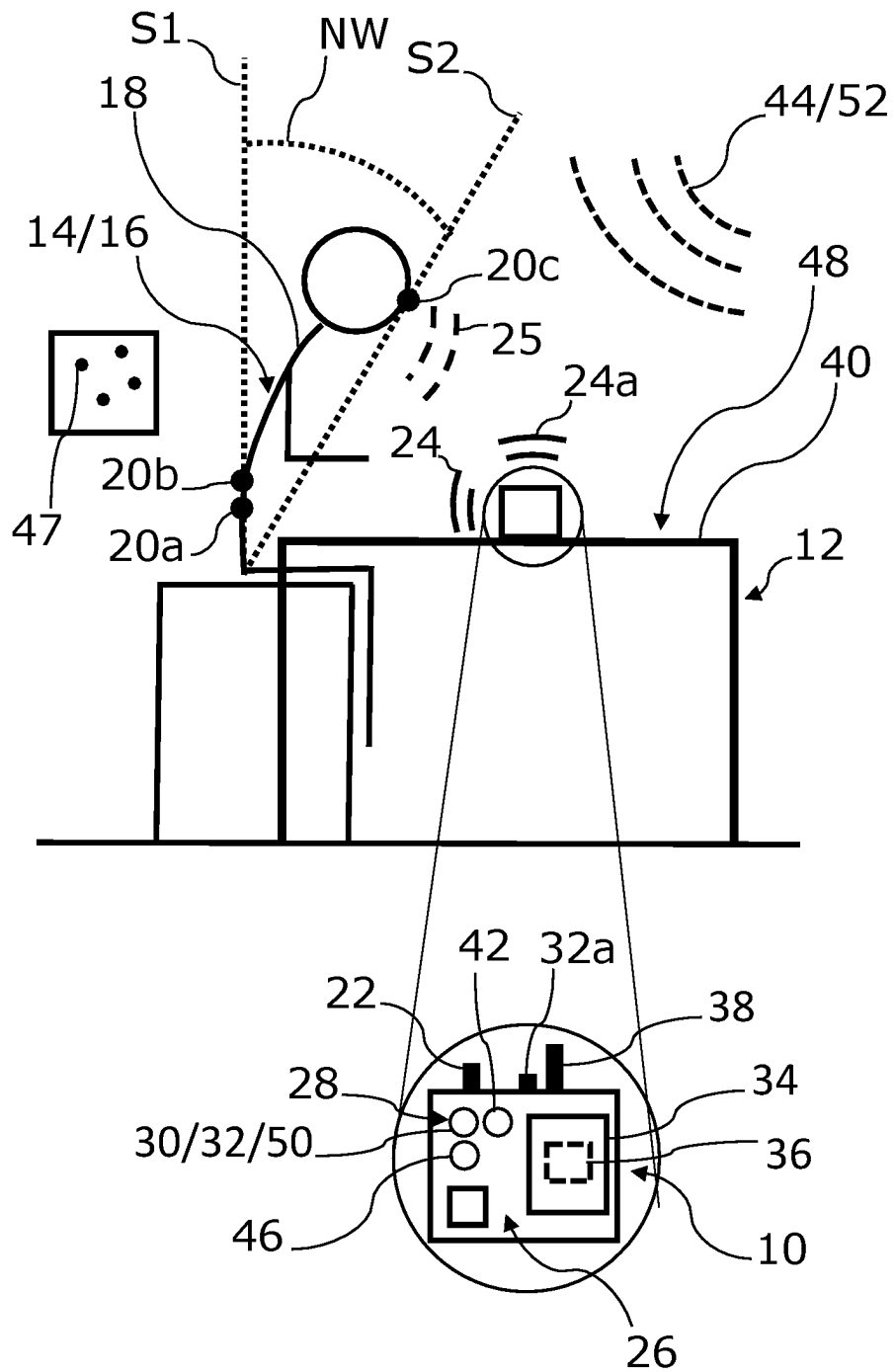


Fig. 1

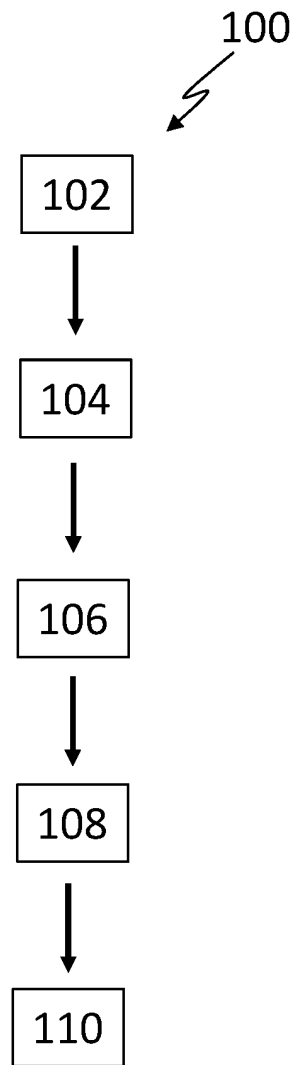


Fig. 2