

Gerät und Verfahren zur Optimierung des persönlichen Wohlbefindens

Beschreibung des Problems

Es ist allgemein bekannt, dass die Ernährung einen erheblichen Einfluss auf das Wohlbefinden und die Gesundheit des Menschen hat. Eine ausgewogene Ernährung mit viel Obst und Gemüse reduziert beispielsweise das Risiko an typischen Zivilisationserkrankungen wie beispielsweise Herzkreislauferkrankung oder Krebs zu erkranken. Eine wichtige Rolle spielen dabei die in Obst und Gemüse enthaltenen Antioxidantien, die als Radikalfänger die negative Wirkung oxidativen Stresses vermeiden helfen. Die Weltgesundheitsbehörde und viele nationale Gesundheitsministerien raten daher zum täglichen Verzehr von größeren Mengen an Obst und Gemüse. Die deutsche Gesellschaft für Ernährung empfiehlt beispielsweise den Verzehr von 650g /Tag. Eine stark antioxidative wirkende Substanz sind die Carotinoide, die als der beste Marker für den Verzehr von Obst und Gemüse gelten (siehe Institute of Medicine, National Academies, „Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids“, National Academies Press, 2000, nachfolgend Lit.1 genannt).

Trotz vieler Empfehlungen und Kampagnen von Seiten der Gesundheitsbehörden, Ärzten, Ernährungsberatern oder anderer öffentlicher sowie privater Institutionen, liegt in der Praxis der reale Verzehr von Obst und Gemüse meist deutlich unter diesen Empfehlungen (siehe z.B. Nationale Verzehr Studie II, Hrsg. Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Deutschland 2008, nachfolgend Lit.2 genannt). Entsprechend hoch sind die gesundheitlichen Kosten, die weltweit damit verbunden sind. Die Frage ist deshalb, gibt es technische Mittel, mit denen eine Verhaltensänderung des Bürgers angestoßen und nachhaltig gefördert werden kann?

Die Qualität von Ernährung und der Umfang an Bewegung spielen beispielsweise bei einem anderen Problem eine entscheidende Rolle, der Übergewichtigkeit. In 2015 waren weltweit 2,2 Billionen Menschen übergewichtig. Zwischen 1980 und 2015 hat sich die Zahl der adipösen Menschen (BMI>30) verdoppelt. Übergewichtigkeit und Adipositas ist meist verbunden mit Folgeerkrankungen wie beispielsweise Diabetes mellitus Typ 2, Gicht, Vorhofflimmern oder koronarer Herzkrankheiten.

Hinzu kommen weltweit eine große Zahl von Menschen, die zwar im medizinischen Sinn nicht als übergewichtig gelten, die aber mit lästigen Pfunden aus ästhetischen Gründen kämpfen und deren Wohlbefinden infolge subjektiv empfundener Gewichtsprobleme stark leidet. Zunehmender beruflicher Stress, unzureichende Bewegung, unausgewogene Ernährung und der Verzehr von Convenience Food bzw. Fast Food statt dem eigenen Kochen einer Mahlzeit, sind einige Gründe

für ungewollte Gewichtszunahme. Auch der verzweifelte Versuch durch Diät und ein Mehr an Bewegung lästige Pfunde zu verlieren, schlägt meist fehl. Auch hier stellt sich die Frage, gibt es technische Mittel oder eine technische Unterstützung, die Menschen helfen mit diesem Problem fertigzuwerden?

Nach dem Stand der Technik gibt es bislang nur Lösungen oder technische Geräte, die unabhängig voneinander Teilaspekte dieser Problemlagen mit Hilfe unterschiedlicher technischer Lösungsansätze angehen:

Personenwagen ermöglichen die Überprüfung des Körpergewichts bzw. messen zusätzlich noch den Fettanteil im Körper, Schrittzähler zählen die Anzahl der täglichen Schritte als Maß für Bewegung und bestimmen daraus den Kalorienverbrauch, Smart Watches und Fitnessuhren messen darüber hinaus noch zusätzlich Herzfrequenz und Sauerstoffsättigung und informieren, wann beim Trainieren eine Herzfrequenz erreicht ist, bei der Fettabbau einsetzt, Apps zeigen beim Fahrradfahren und Wandern zurückgelegte Wegstrecken, damit verbundene Höhenprofile und berechnen daraus verbrauchte Kalorien.

Einzelne Teilaspekte mit unterschiedlichen technischen Lösungen zu überwachen liefert gegebenenfalls nur ein unvollständiges Bild, wenn die reale physiologische Vernetzung dieser Teilaspekte Einfluss auf das Messergebnis hat und die Messung mit verschiedenen Systemen nicht zeitgleich durchgeführt werden kann.

Was fehlt ist ein System, das Teilaspekte des Wohlbefindens in einen Messvorgang integriert, sodass z.B. verschiedene Aspekte der Ernährung und des Lebenswandels gleichzeitig überwacht werden, um so ein umfassendes gesundheitliches Wohlbefinden nachhaltig zu erreichen.

Die hier beschriebene Erfindung zeigt ein technisches System, das z.B. verschiedene Parameter und/oder Substanzen im menschlichen Körper durch eine gemeinsame Messung erfasst, darauf aufbauend den physiologischen Zustand eines Individuums abschätzt und auf Basis von Algorithmen und gesammelten Daten automatisch individuelle Nutzerempfehlungen gibt, beispielsweise hinsichtlich Verhalten, Ernährung, Einnahme von Medikamenten oder auch andere Einflussmöglichkeiten automatisch ermittelt, die das Wohlbefinden des Nutzers stabilisieren oder verbessern helfen.

Zusammenfassung

Spektroskopische Vorrichtung zur nicht-invasiven Messung von Substanzkonzentrationen oder Biomarkern in menschlichem oder tierischem Gewebe, Haut oder Blut und Verfahren zur Auswertung der Messdaten und der Ableitung von Empfehlungen, die das Wohlbefinden des Nutzers stabilisieren und/oder verbessern.

Herkömmliche Sensoren für Biomarker können in der Regel nur die Konzentration einer einzelnen Substanz ermitteln und dies meist entweder mit einer technisch aufwändigen Vorrichtung, die nicht für den Alltagsgebrauch geeignet ist oder mit geringer Genauigkeit, so dass Verhaltensänderungen der Nutzer nicht zu einer eindeutigen Veränderung der Messwerte führen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht in ihren beispielhaften Ausgestaltungen eine nicht-invasive Bestimmung mehrerer Substanzkonzentrationen mit einem Sensor, der so klein ist, dass er in Alltagsgegenstände wie Smartwatches oder Mobiltelefone integrierbar ist und die dort vorhandene Hardware teilweise mitnutzen kann.

Bei einem spektroskopischen System das Biomarker bestimmen will, müssen die Emmitter und Detektoren Photonen in Wellenlängenbereichen emittieren bzw. detektieren, in denen die gesuchten Biomarker Photonen absorbieren. Um die Konzentration dieser Biomarkern zu bestimmen, ist jeweils mehr als ein Emmitter und Detektor erforderlich. Nach dem Stand der Technik wird die Genauigkeit der Messung gesteigert, wenn Emmitter mit dem gleichen Emissionsspektrum mehrfach auf dem Sensor vorhanden sind. Überraschenderweise konnte nun festgestellt werden, dass die Messgenauigkeit sich deutlich verbessert, wenn das Emissionsspektrum dieser Emmitter sich in den Grenzen eines Intervalls, z.B. bezogen auf ihre Peakwellenlänge oder Halbwertsbreite, unterscheidet. Emmitter, die sich innerhalb eines gemeinsamen Intervalls befinden, gelten als annähernd-gleiche-Emmitter. Ein Sensor, der die Konzentration verschiedener Biomarker gleichzeitig detektiert, besitzt mehrere Intervalle mit annähernd-gleichen-Emittern. Die Intervalle decken dann gemeinsam den für die Detektion der Biomarker notwendigen Wellenlängenbereich ab. Für die auf einem Sensor mehrfach vorhandenen Detektoren gilt analog das gleiche.

Im Rahmen dieser Anmeldung wird ein Verfahren vorgestellt, welches die Eigenschaften einer solchen Vorrichtungen ausnutzt, um die Messgenauigkeit zu steigern. Die Steigerung kann soweit gehen, dass außer der Anzeige der Messwerte auch Verhaltensempfehlungen automatisch aus den Messdaten berechnet werden können. Dabei kann es sich beispielsweise um Ernährungsempfehlungen handeln. Änderungen in Substanzkonzentrationen führt. Solche Änderungen erfolgen oft nur langsam, weil der Insbesondere ist eine hohe Messgenauigkeit erforderlich, wenn das Verhalten des Nutzers zu Körper eigene Speicher für viele Substanzen hat, so dass auch bei einer deutlichen Änderung des Nutzerverhaltens nur eine langsame Änderung auftritt. Kann das System geringe Änderungen zuverlässig messen, so kann es dem Nutzer trotzdem zeitnah Feedback zu seinem Verhalten geben. Positives Verhalten kann gelobt werden und negatives gemahnt, so dass der Nutzer eine hohe Motivation erhält sich z.B. gesund zu ernähren.

Diese Erfindung gilt als Optimierung der in den Patenten EP 3013217; EP 3175783; US 10,416,079; US 11,08,5876 und den Anmeldungen US 17/396,556, EP 4005469A1 bereits bekannten Erfindung. Alle in dieser Erfindung vorgestellten Aspekte können deswegen mit den in dieser Erfindung genannten Ausführungsvarianten kombiniert werden. Die Offenbarung dieser Erfindung ist als Teil dieser Offenbarung anzusehen.

Einige der besonders vorteilhaften Ausgestaltungen der Erfindung können ihr gesamtes Potential erst entfalten, wenn eine neuartige besonders vorteilhafte Auswertemethode der Messdaten verwendet wird. Da diese zum Teil auf Methoden des maschinellen Lernens beruht, zeigt der folgende Textteil den Stand der Technik zu diesem Bereich.

Gewöhnliche Verfahren des maschinellen Lernens beruhen darauf, dass die zu verarbeitenden Rohdaten gleichmäßig und konsistent aufgenommen werden. Jeder Rohdatensatz hat dabei die gleiche Form und jeder Datenpunkt in dem Datensatz repräsentiert immer die gleiche Information. Dies ist bei Sensoren jedoch oft nicht der Fall. Aufgrund von Schwankungen, unter anderem durch Produktionsungenauigkeiten und/oder Ausfall einzelner Emitter oder Detektoren, weichen die Rohdatensätze verschiedener Sensoren voneinander ab. Durch diese Abweichungen sind die Rohdatensätze aus Sicht des maschinellen Lernens nicht mehr gleichmäßig und konsistent, wodurch gewöhnliche Verfahren weitere Ungenauigkeiten erzeugen.

Für gewöhnliche Verfahren werden dafür in der Regel fehlende Daten interpoliert (A. R. T. Donders, G. J. van der Heijden, T. Stijnen, and K. G. Moons, “Review: A gentle introduction to imputation of missing values,” *Journal of Clinical Epidemiology*, vol. 59, no. 10, pp. 1087–1091, 2006. nachfolgend Lit.3 genannt) oder ungenaue Daten durch weitere Verfahren des maschinellen Lernens bereinigt (P. K. Sharpe and R. J. Solly, “Dealing with missing values in neural network-based diagnostic systems,” *Neural Computing & Applications*, vol. 3, no. 2, pp. 73–77, Jun 1995. nachfolgend Lit.4 genannt).

Einige Verfahren im maschinellen Lernen, die sogenannten “Convolutional Neural Networks” (CNN) (Y. Lecun, L. Bottou, Y. Bengio, and P. Haffner, “Gradient-based learning applied to document recognition,” *Proceedings of the IEEE*, vol. 86, no. 11, pp. 2278–2324, 1998. nachfolgend Lit.5 genannt) können unter Zuhilfenahme von kontinuierlichen Filterkernels solche Inkonsistenzen und Ungenauigkeiten verarbeiten (D. W. Romero, A. Kuzina, E. J. Bekkers, J. M. Tomczak, and M. Hoogendoorn, “Ckconv: Continuous kernel convolution for sequential data,” *CoRR*, vol. abs/2102.02611, 2021. nachfolgend Lit.6 genannt), (K. T. Schütt, P.-J. Kindermans, H. E. Sauceda, S. Chmiela, A. Tkatchenko, and K.-R. Müller, “Schnet: A continuous-filter convolutional neural network for modeling quantum interactions,” in *Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems*, 2017, p. 992–1002.

nachfolgend Lit.7 genannt), (W. Wu, Z. Qi, and L. Fuxin, "Pointconv: Deep convolutional networks on 3d point clouds," in 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2019, pp. 9613–9622. nachfolgend Lit.8 genannt). Solche CNNs weisen eine sogenannte Translationsinvarianz auf. Translationsinvarianz heißt hierbei, dass das Ergebnis des Verfahrens unabhängig von der Position der Eingabe ist.

Das hier vorliegende Sensorprinzip gehört zur Klasse der MSRRS-Sensoren (MSRRS= Multiple Spatially Resolved Reflection Spectroscopy; siehe oben genannte Patentnummern).

Ein in dieser Anmeldung neuer Aspekt ist, die Daten von MSRRS-Sensoren als Sammlung von Werten mit jeweils einer "Position" im Messbereich darzustellen. Diese Position ist in vorteilhafter Variante durch ihre zugeordnete Wellenlänge und durch ihre zugeordnete Emitter-Detektor-Distanz definiert. Die Berücksichtigung der Abstrahl- und Detektionsrichtcharakteristik kann ein weiterer Positionsparameter sein.

Da aber eine Verschiebung der Messpunkte in Wellenlänge oder Emitter-Detektor-Distanz eine Änderung der Bedeutung der Werte impliziert (somit sind die Daten positionsabhängig), ist die Translationsinvarianz von CNNs explizit kontraproduktiv zur Auswertung von Daten von MSRRS-Sensoren. Darin besteht ein Nachteil der bisher bekannten Lösungsansätze.

Um die vorteilhaften Eigenschaften von kontinuierlichen Filterkernels zur Auswertung von MSRRS-Sensordaten nutzen zu können, wird eine neuartige Methode des maschinellen Lernens vorgestellt.

Bisherige Arbeiten zu kontinuierlichen Filterkernels beziehen sich primär auf die Anwendung in CNNs. In Lit.6 werden kontinuierliche Filterkernels benutzt, um verschiedene Typen von inkonsistent aufgenommenen sequentiellen Daten zu verarbeiten. Weiterhin werden verschiedene Typen von kontinuierlichen Filterkernels analysiert und verglichen. Lit.7 benutzt kontinuierliche Filterkernels in CNNs um Atome nicht-rastergebunden darzustellen und zu verarbeiten. In Lit.8 werden kontinuierliche Filterkernels genutzt, um dreidimensionale Punktwolken direkt zu verarbeiten ohne diese vorher Rasterisieren zu müssen.

Kontinuierliche Filterkernels werden in vorteilhafter Ausführung durch eigene neuronale Netze dargestellt. Analyse über die Nutzbarkeit von neuronalen Netzen als lernbare Repräsentation einer kontinuierlichen Funktion, eine sogenannte "implizite neuronale Repräsentation", sind bekannt aus (J. J. Park, P. Florence, J. Straub, R. Newcombe, and S. Lovegrove, "DeepSDF: Learning continuous signed distance functions for shape representation," in 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2019, pp. 165–174. nachfolgend Lit.9 genannt), (K. Genova, F. Cole, A. Sud, A. Sarna, and T. Funkhouser, "Local deep implicit

functions for 3d shape,” in 2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), jun 2020, pp. 4856–

4865. nachfolgend Lit.10 genannt) zur Darstellung von vorzeichenbehafteten Distanzfunktionen, welche zur Repräsentation von dreidimensionaler Geometrie benötigt werden. In (V. Sitzmann, J. N. P. Martel, A. W. Bergman, D. B. Lindell, and G. Wetzstein, “Implicit neural representations with periodic activation functions,” in Proceedings of the 34th International Conference on Neural Information Processing Systems, 2020. nachfolgend Lit.11 genannt) wird eine Netzwerkarchitektur, genannt SIREN, als implizite neuronale Repräsentation vorgestellt, welche sich für generische Daten, unter anderem Audio, Bilder und vorzeichenbehaftete Distanzfunktionen eignet. Auf Basis der Nutzung dieser Basis-Methoden für Kernels wird eine neuartige Architektur für neuronale Netze vorgestellt, die eine höhere Präzision der zu messenden Substanzkonzentration ermöglicht, indem Unterschiede zwischen den Sensoren berücksichtigt werden.

Kurzbeschreibung der Figuren

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der Figuren. Ebenso können die im Text genannten und die in den Figuren enthaltenen Merkmale je 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.

Fig.1-1a zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Sensors (20) mit 6 Emittlern (1) und 3 Detektoren (2) in Draufsicht (Fig.1a) und Schnitt (Fig.1). Er verfügt über ein dreidimensionales Sensorflächenelement-Bauteil (3), das Kontakt zur Haut (4) hat und vorzugsweise identisch ist mit der Größe der Sensorfläche. Die Fläche (3a) die das Sensorflächenelement beansprucht und die Fläche (3b), die Emitter und Detektor auf der Leiterplatte (6) beanspruchen, sind eingezeichnet. In einer bevorzugten Lösung können die Emitter Photonen in jeweils unterschiedlichen Wellenlängenbereichen emittieren und die Detektoren Photonen in jeweils unterschiedlichen Wellenlängenbereichen erfassen. Das Sensorflächenelement 3 kann aus transparentem Material bestehen oder es kann aus transparenten und nicht transparenten Teilen bestehen. Es weist eine Dicke (3.1) auf. Die Oberfläche der Haut (4.1) hat während der Messung zumindest teilweise Kontakt zum Sensorflächenelement (3).

- Fig.2-2a Die Figuren zeigen ein Ausführungsbeispiel eines Sensors (20) mit mindestens zwei Emittlern (1) und einem Detektor (2) im Schnitt, bei dem das dreidimensionale Sensorflächenelement (3), das Kontakt zur Haut (4) hat, eine oder mehrere konvexe Wölbungen in Richtung Haut aufweist. In Fig.2a sind es zwei konvexe Wölbungen in Richtung der Haut, während es in Fig.2 nur eine konvexe Wölbung gibt. Fig. 2 ist ein Beispiel dafür, dass sich die Wölbung über den gesamten Sensor erstrecken kann. Auf der Leiterplatte (6) sind die Emittler (1) und Detektoren (2) montiert.
- Fig.3-3a zeigen ein Ausführungsbeispiel eines Sensors (20) mit mindestens zwei Emittlern (1) und einem Detektor (2) auf einer Leiterplatte (6) im Schnitt, bei dem das dreidimensionale Sensorflächenelement (3), das Kontakt zur Haut (4) hat, eine konkave Wölbung in Richtung Haut aufweist. In Fig.3a sind es zwei konkave Wölbungen in Richtung der Haut, während es in Fig.3 nur eine konkave Wölbung gibt, die sich über den gesamten Sensor erstreckt.
- Fig.4-4a zeigen ein Ausführungsbeispiel eines Sensors (20) mit auf einer Leiterplatte (6) montierten 6 Emittlern (1) und 3 Detektoren (2) in Draufsicht (Fig.4a) und Schnitt (Fig.4). Es gibt viele Möglichkeiten die Form der Kavitäten zu wählen. In dem hier gezeigten Beispiel sind bei dem dreidimensionale Sensorflächenelement (3) zum Teil abgeschrägte Ecken so angeordnet. Durch solche Anpassungen der Form des Sensorflächenelements 3 können unterschiedliche Abstrahlrichtungen erzeugt werden oder auch Öffnungen (3.2) unterschiedlicher Geometrie über den Sensorik-Komponenten gebildet werden. Unter Öffnung ist dabei ein Durchgang für Licht zu verstehen. Dieser kann auch durch transparentes Material gebildet werden. Die Sensorflächenelemente haben Kontakt mit der äußersten Schicht der Haut (4.1). In Fig.4a sind die Sensorik-Komponenten (1, 2) mit beispielhaften geometrisch unterschiedlichen Formen der Öffnungen (3.2) eingezeichnet. In einer bevorzugten Lösung können die Emittler (1) Photonen in jeweils unterschiedlichen Wellenlängenbereichen emittieren, auch wenn hier nicht angegeben ist, welcher der Emittler, welche Wellenlänge emittiert. Die Detektoren (2) können in bevorzugter Variante Photonen in unterschiedlicher Wellenlängenbereiche erfassen.
- Fig.5-5a zeigen wie in Fig.4 einen beispielhaften Sensor (20) mit 6 Emittlern (1) und 3 Detektoren (2), die auf einer Leiterplatte (6) angeordnet sind, in Draufsicht (Fig.5a) und Schnitt (Fig.5). Bei den dreidimensionalen Bauteilen (5) handelt es sich um Bauteile aus einem Material, welches nicht transparent ist. Vorzugsweise ein Material, welches für Photonen nahezu unpassierbar ist. Es kann sich um ein

Element (5) handeln oder um mehrere einzelne Elemente. Die intransparenten Elemente (5) und die Leiterplatte (6) umschließen die Sensorik-Komponenten so, dass beim Auflegen z.B. der Hand auf den Sensor die emittierten Photonen durch die Haut (4) laufen müssen, bevor sie vom Detektor erfasst werden können. Über den Sensorik-Komponenten (1 und 2) ergibt sich ein Hohlraum (8), der z.B. mit einem Gas, z.B. Luft, oder einem anderen transparenten Material gefüllt sein kann. Die für Photonen passierbaren Sensorflächenelemente (3) haben aufgrund der Geometrie der Bauteile (5) unterschiedliche geometrische Formen. Bauteil (5) und transparente Teile der Sensorflächenelemente (3) bilden gegenüber der Haut keine Höhenunterschiede aus. Die Hautoberfläche (4.1) kann also glatt auf dem Sensor aufliegen. Fig. 5a zeigt in der Draufsicht die Sensorik-Komponenten als gestrichelte Linie über denen sich die Sensorflächenelemente (3) befinden. In einer bevorzugten Lösung können die Emitter Photonen in jeweils unterschiedlichen Wellenlängenbereichen emittieren und die Detektoren Photonen in jeweils unterschiedlichen Wellenlängenbereichen erfassen. Transparente Elemente (3) mit der Dicke (3.1) verschließen die Hohlräume mit der Höhe (3.3) in denen sich die optoelektronischen Komponenten befinden mechanisch, lassen aber Photonen ein- bzw. austreten.

Fig.6-6b zeigen wie in den Figuren 5, 5a einen beispielhaften Sensor (20) mit 6 Emitttern (1) und 3 Detektoren (2) in Draufsicht und Schnitt, bei dem dreidimensionale Bauteile (5), die für Photonen nahezu unpassierbar sind und Sensorflächenelemente (3) die Sensorik-Komponenten so umschließen, dass beim Auflegen z.B. der Hand auf den Sensor die emittierten Photonen durch die Haut (4) laufen müssen, bevor sie vom Detektor erfasst werden können. In Fig.6 ist das Sensorflächenelement (3) so angeordnet, dass sich gegenüber dem Bauteil (5) ein Höhenunterschied (3.3) in Richtung der Haut (4) ergibt und ein Hohlraum (8) über den Sensorik-Komponenten (1, 2) entsteht. Fig.6b zeigt eine Alternative, bei der die Sensorflächenelemente z.B. nachträglich in die umschlossenen Räume, in denen sich die Sensorik-Komponenten (1, 2) befinden, eingebracht werden, sodass sich über den Sensorik-Komponenten kein Hohlraum mehr ergibt. Fig.6 a zeigt in der Draufsicht als gestrichelter Linie die Sensorik-Komponenten und die geometrische Form der Sensorflächenelemente (3). In einer bevorzugten Lösung können die Emitter Photonen in jeweils unterschiedlichen Wellenlängenbereichen emittieren

- und die Detektoren Photonen in jeweils unterschiedlichen Wellenlängenbereichen erfassen. Die übrigen Bezugszeichen haben die gleiche Bedeutung, wie in Fig. 5.
- Fig.7-7a zeigen einen beispielhaften Sensor (20), bei dem sich in den von Bauteil (5) und Sensorflächenelementen (3) gebildeten geschlossenen Räumen entweder jeweils 1 Emitter (1) oder 2 Emitter oder 2 Detektoren (2) in einem Raum befinden. Insgesamt verfügt der Sensor über 9 Emitter und 6 Detektoren. In einer bevorzugten Version können die Emitter Photonen in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen emittieren und die Detektoren Photonen in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen erfassen. Fig.7a zeigt die Anordnung von Emittlern und Detektoren des Sensors in den umschlossenen Räumen. Fig.7 zeigt, dass es in Richtung der Haut (4) bzw. der äußeren Schicht der Haut (4.1) keine Stufe zwischen Bauteil 5 und Sensorflächenelement (3) gibt. Allerdings kann es bei diesem Sensor Öffnungen (3.2) im Sensorflächenelement geben. Eine Öffnung ist in Fig.7 eingezeichnet. Die gestrichelten Linien (1c) zeigen symbolisch den Weg, den die Photonen durch die Haut nehmen, bevor sie vom Detektor erfasst werden. Die übrigen Bezugszeichen haben die gleiche Bedeutung, wie in Fig. 5.
- Fig.8-8a zeigen wie in Fig.6b einen beispielhaften Sensor (20) mit 6 Emittlern (1) und 3 Detektoren (2) in Draufsicht (Fig.8a) und Schnitt (Fig.8), bei dem dreidimensionale Bauteile (5), die für Photonen nahezu unpassierbar sind und Sensorflächenelemente (3) die Sensorik-Komponenten so umschließen, dass beim Auflegen z.B. der Hand auf den Sensor die emittierten Photonen durch die Haut (4) laufen müssen, bevor sie vom Detektor erfasst werden können. Im Gegensatz zu Fig.6b besteht zwischen Bauteil (5) und Sensorflächenelement (3) allerdings kein Höhenunterschied in Richtung der Haut (4). In Fig.8a sind die Sensorik-Komponenten als gestrichelte Linie eingezeichnet und die Größe der Sensorflächenelemente (3) als durchgehende Linie. In einer bevorzugten Lösung können die Emitter Photonen in jeweils unterschiedlichen Wellenlängenbereichen emittieren und die Detektoren Photonen in jeweils unterschiedlichen Wellenlängenbereichen erfassen. Die übrigen Bezugszeichen haben die gleiche Bedeutung, wie in Fig. 5.
- Fig.9-9c In Fig.9 ist eine beispielhafte Einheit aus Sensorflächenelement und Bauteil (5) gezeigt, die beispielsweise im Spritzgussverfahren hergestellt werden kann. Die Dicke des Sensorflächenelements (3.1) ist so gewählt, dass beim Aufsetzen der Einheit (9) auf die Leiterplatte (6) die Sensorik-Komponenten (1, 2) keinen direkten Kontakt mit dem Sensorflächenelement haben. In einer bevorzugten Lösung wird

die Einheit (9) and der Kontaktstelle (6.1) mit der Leiterplatte (6) so verbunden, dass Photonen die Kontaktstelle nicht passieren können. Wie bei Fig. 7, 7a befinden sich nach dem Aufsetzen von Einheit (9) jeweils 1 Emitter oder 2 Emitter oder 2 Detektoren in einem geschlossenen Raum. Insgesamt verfügt der Sensor über 9 Emitter und 6 Detektoren. Fig. 9a zeigt in der Draufsicht die Anordnung der Sensorik-Komponenten. Fig. 9b zeigt im Schnitt eine Alternative zur Variante in Fig. 9. In diesem Fall wird eine Einheit (5b), aus den für Photonen nahezu unpassierbaren Bauteilen (5), die dreidimensionale Öffnungen (3.2) hat, auf die Leiterplatte aufgesetzt mit ihr verbunden. In Fig. 9c ist die Draufsicht auf den Sensor (20) gezeigt, auf der die flächige Abmessung der Öffnungen (3.2) zu sehen sind. Die Anordnung der Sensorik-Komponenten ist nicht gezeigt. Sie entspricht der Anordnung in Fig. 9a. In einer bevorzugten Lösung können die Emitter Photonen in jeweils unterschiedlichen Wellenlängenbereichen emittieren und die Detektoren Photonen in jeweils unterschiedlichen Wellenlängenbereichen erfassen. Die übrigen Bezugszeichen haben die gleiche Bedeutung, wie in Fig. 5.

Fig. 10-10b Die Fig. 10, 10a, 10b zeigen beispielhafte Anordnungen von Sensorik-Komponenten. Die begrenzenden Raumwinkel, unter denen die Photonen den Sensor verlassen können, um in die Haut einzudringen, bzw. aus der Haut kommend den Detektor erreichen können, werden bestimmt durch ein zusätzliches Bauteil (5a), das für Photonen unpassierbar bzw. nahezu unpassierbar ist und das sich auf dem Bauteil (5b) befindet und Kontakt zur Haut (4) hat. Die begrenzenden Raumwinkel sind als gestrichelte Pfeile eingezeichnet. Welchen Grenzen für in der Schnittfläche liegende Winkel zwischen Leiterplatte und emittierten bzw. detektierten Photonen Bewegungsrichtungen auftreten können zeigen die Winkel (5.1). Die Unterschiede zwischen den drei Figuren bestehen darin, ob und wo transparente Teile von Sensorflächenelementen (3) enthalten sind. Fig. 10 besitzt kein Sensorflächenelement. In dem zusätzlichen Bauteil (5a) sind dreidimensionale Öffnungen (3.2), durch die die Photonen das Bauteil (5a) passieren können. Dies gilt auch für die Fig. 10a. Allerdings befinden sich bei diesem Sensor Sensorflächenelemente, die für die Photonen passierbar sind, zwischen den Bauteilen (5), sodass sich die Sensorik-Komponenten (1, 2) in vollkommen umschlossenen Räumen (8) befinden. In Fig. 10b befinden sich die Sensorflächenelemente (3) in den Öffnungen des zusätzlichen Bauteils (5a). Deshalb befinden sich auch in dieser Variante die Sensorik-Komponenten jeweils

in umschlossenen Räumen. In einer bevorzugten Lösung können die Emitter Photonen in jeweils unterschiedlichen Wellenlängenbereichen emittieren und die Detektoren Photonen in jeweils unterschiedlichen Wellenlängenbereichen erfassen. Die übrigen Bezugszeichen haben die gleiche Bedeutung, wie in Fig. 5.

Fig.11 Die Figur zeigt eine beispielhafte Anordnung der Sensorik-Komponenten (1, 2). Gegenüber Fig.10a befindet sich auf dem zusätzlichen Bauteil (5a), das aus Material besteht, das für Photonen unpassierbar bzw. nahezu unpassierbar ist, ein transparentes Material (7), das eine konvexe Form hat. Zwischen dem transparenten Material und dem zusätzlichen Bauteil (5a) ergibt sich ein Hohlraum (8), der z.B. mit Gas, beispielsweise Luft, gefüllt sein kann. In einer alternativen und ebenfalls bevorzugten Variante kann das transparente Material (7) auch ein Bauteil sein, das vollflächig auf dem Bauteil (5a) aufliegt, sodass sich kein Hohlraum (8) mehr ergibt. In einer bevorzugten Lösung können die Emitter Photonen in jeweils unterschiedlichen Wellenlängenbereichen emittieren und die Detektoren Photonen in jeweils unterschiedlichen Wellenlängenbereichen erfassen. Weitere Bezugszeichen haben die gleiche Bedeutung, wie in Fig. 10.

Fig.12-12a Die Figur zeigt eine beispielhafte Anordnung von Sensorik-Komponenten (1, 2). Zwischen den Bauteilen (5), die für Photonen unpassierbar bzw. nahezu unpassierbar sind, befinden sich keine für Photonen passierbare Sensorflächenelemente. Die Sensorik-Komponenten (1, 2) befinden sich deshalb in umschlossenen Räumen, die in Richtung der Haut (4) bzw. der äußeren Schicht der Haut (4.1) offen sind. In der beispielhaft gezeigten bevorzugten Variante sind auf zwei umschlossenen Räumen zusätzliche Bauteile (5a) so angeordnet, dass sie sich mit einem definierten Abstand parallel zueinander oder nahezu parallel zueinander auf den Bauteilen (5) befinden. Die emittierten Photonen können deshalb nur in bestimmten Vorzugsrichtungen den Sensor in Richtung Haut (4) verlassen. Zur Veranschaulichung sind die Bauteile (5) über den beiden Emitter-Räumen orthogonal zueinander angeordnet, sodass sich für den einen Raum eine Vorzugsrichtung in Nord-Süd-Richtung ergibt, während die Vorzugsrichtung der Photonen beim Verlassen des Sensors beim anderen Emitter-Raum in West-Ost-Richtung verläuft, wie Fig. 12a zeigt. Die weiteren Bezugszeichen haben die gleiche Bedeutung wie in Fig. 10.

Fig.12b-12b2 Die beispielhaft gezeigte Anordnung der Sensorik-Komponenten (1, 2) in den Figuren entspricht Fig. 12a. In Richtung der Haut (4) verfügt der Sensor über eine

transparente, konvex geformte Materialschicht (7), die beim Messen Kontakt mit der äußeren Schicht der Haut (4.1) hat. Die zusätzlichen Bauteile (5a), die sich über zwei Emitter-Räumen befinden, liegen unterhalb der Schicht (7) im Hohlraum (8). Die Varianten Fig.12b1 und 12b2 zeigen Lösungen, bei dem die transparente Schicht (7) ein dreidimensionales, transparentes Bauteil ist, das die Photonen passieren können, dessen Oberseite in Richtung der Haut (4) konvex gewölbt ist und dessen Unterseite in Richtung der Leiterplatte (6) eben geformt ist. Der Unterschied zwischen Fig.12b1 und 12b2 besteht darin, dass die zusätzlichen Bauteile (5a) in Fig.12b1 in das transparente Bauteil (7) integriert sind, während bei Fig.12b2 das transparente Bauteil (7) auf den Bauteilen (5a) aufliegt. Die weiteren Bezugszeichen haben die gleiche Bedeutung wie in Fig. 10.

Fig.12b3-12b5 Der Unterschied des in diesem Beispiel gezeigten Sensors zu den Fig.12b-12b2 besteht darin, dass der Sensor über ein Sensorflächenelement verfügt, das für Photonen passierbar ist. Es befindet sich jeweils zwischen den Bauteilen (5) und weist in Richtung der Haut (4) keinen Höhenunterschied zu den Bauteilen (5) auf. In Fig.12b3 bildet das transparente, konvex geformte Material (7) auf seiner Unterseite einen Hohlraum (8) aus, in dem sich die zusätzlichen Bauteile (5a) befinden, während die gewölbte Oberseite in Kontakt mit der äußeren Schicht (4.1) der Haut steht. In den Figuren 12b4 und 12b5 bildet das transparente Material (7), wie in Fig.12b1 beschrieben, ein dreidimensionales, transparentes Bauteil mit einer konvexen Wölbung in Richtung der Haut. Der Unterschied zwischen beiden Figuren besteht darin, dass das zusätzliche Material (5a) in Fig.12b4 in das Bauteil (7) integriert ist, während in Fig.12b5 das Bauteil (7) auf dem Bauteil (5a) aufliegt.

Fig.12c-12c5 Die im Beispiel der Fig.12c bis 12c5 gezeigten Anordnungen entsprechen nahezu den Fig.12b-12b5. Der Unterschied besteht in der Wölbung des transparenten Materials (7) bzw. des transparenten Bauteils (7). In den Fig.12c bis 12c5 ist die Wölbung konkav, sodass weniger Fremdlicht beim Auflegen der Probe, z.B. der Hand, zwischen äußerer Hautschicht (4.1) und Bauteil (7) eindringen und das Messergebnis beeinflussen kann. Es ist für den Fachmann selbstverständlich, dass das Bauteil (7) überall dort, wo Umgebungslicht direkt in das transparente Material bzw. Bauteil eindringen kann, über einen Lichtschutz verfügt, z.B. eine für Photonen nicht passierbare Folie.

Fig.12d-12e Die beispielhafte Anordnung der Sensorik-Komponenten (1, 2) ist in Fig.12e gezeigt. Die Fig.12d-12d5 entsprechen im Wesentlichen den Fig.12b-12b5. Der

Unterschied liegt darin, dass ein zusätzliches Bauteil (5a) die Raumwinkel begrenzt unter denen Photonen emittiert bzw. aus der Haut (4) austretende Photonen einen Detektor erreichen können. Im gezeigten Beispiel ist der mittlere Detektor (2) zusätzlich von Bauteil (5a) umschlossen, wie in Fig. 12e zu sehen ist. Dieses Bauteil begrenzt aber auch die Raumwinkel der beiden neben dem Detektor befindlichen Emittoren (1) beim Emittieren von Photonen, wie beispielhaft in der Schnittzeichnungen am links neben ihm liegenden Emitter zu sehen ist. Die Steilheit des Raumwinkels beim Emittieren von Photonen wird nicht mehr durch die Kante des umgebenden Bauteils (5) bestimmt, sondern von der Position des zusätzlichen Bauteils (5a), das sich auf dem Bauteil (5) befindet, wie der gestrichelte Pfeil zeigt. In einer bevorzugten Variante kann sich solch ein zusätzlich umschließendes Bauteil (5a) über mehr als einem Detektor befinden. In einer weiteren bevorzugten Variante befindet sich dieses zusätzlich umschließende Bauteil (5a) über allen Detektoren. Gleiches gilt für die über den Emittoren befindlichen Bauteile (5a), die in Fig. 12e mit unterschiedlicher Orientierung über zwei Emittoren eingezeichnet sind. In einer bevorzugten Variante können sie sich über einem oder mehr als einem Emitter befinden. In einer weiteren bevorzugten Variante haben diese Bauteile (5a) die gleiche Orientierung. In einer weiteren bevorzugten Variante befinden sie sich über einem oder mehr als einem Detektor, wobei sie gleiche und/oder unterschiedliche Orientierung haben können.

Fig. 13-13a zeigen vorteilhafte Vorgehensweisen und Definitionen für die Bestimmung der Emitter – Detektor Abstände (1c). Die an anderer Stelle in diesem Dokument auch als Photonen Lichtwege bezeichnet werden. In einer Variante können die Emitter Detektor Abstände (1c1) und (1c4) gleich sein. In besonders vorteilhafter Variante sind die Emitter Detektor Abstände (1c1) und (1c4) annähernd gleich. In besonders vorteilhafter Variante ist der Emitter Detektor Abstand (1c1) eines hergestellten Sensors anders als der Emitter Detektor Abstand (1c1) eines anderen hergestellten Sensors. In bevorzugter Variante gilt dies nicht nur für einen Abstand (z.B. 1c1) sondern für eine Mehrzahl an Emitter Detektor Abständen.

Fig. 14 zeigt ein Beispiel für die Verteilung der Peakwellenlängen der Emitter. Entlang der horizontalen (x) Achse ist die Wellenlänge in nm aufgetragen. Entlang der vertikalen Achse (y) ist die relative Intensität der Emission aufgetragen. Es sind vier Intervalle (10) der Peakwellenlänge (1a) von annähernd-gleichen-Emittoren zu sehen. Diese Intervalle sind die folgenden: (10cb) liegt im blauen Lichtbereich.

(10cg) liegt im grünen Lichtbereich. (10cr) liegt im roten Lichtbereich. (10cir) liegt im nahen infraroten Lichtbereich. Im Graphen ist die relative Intensität der Lichtemission der Emitter des Beispiels aufgetragen. Die Intervalllänge (10) beträgt jeweils 10nm, wobei (10a) die untere Grenze und (10b) die obere Grenze der Intervalllänge beschreibt. Zusammen decken die vier Intervalle einen Wellenlängenbereich (11) von 400nm ab, wobei (11a) die niedrigste untere Grenze des Wellenlängenbereichs und (11b) die höchste obere Grenze des Wellenlängenbereichs beschreibt. Die Intervalllücken (10c) zwischen den Intervallen ist unterschiedlich.

Fig.14a

Fig. 14a zeigt ein Beispiel von vier Intervallen (10) der von der Halbwertsbreite der Emitter abgedeckten Wellenlängenbereiche. Entlang der horizontalen (x) Achse ist die Wellenlänge in nm aufgetragen. Entlang der vertikalen Achse (y) ist die relative Intensität der Emission aufgetragen. Es sind vier Intervalle (10) von annähernd-gleichen-Emittoren zu sehen. Diese Intervalle sind die folgenden: (10cb) liegt im blauen Lichtbereich. (10cg) liegt im grünen Lichtbereich. (10cr) liegt im roten Lichtbereich. (10cir) liegt im nahen infraroten Lichtbereich. Die Intensitätsgrenze(1b), definiert welcher Wellenlängenbereich in der Halbwertsbreite eines Emitters liegt. Der Bereich (10) und seine Intervalllänge zeigt den Wellenlängenbereich, von annähernd-gleichen-Emittoren, in dem von mindestens einem der Emitter mit Intensität von mindestens 0,5 Strahlung der entsprechenden Wellenlänge emittiert wird. Die Emitter eines Intervalls haben zwar alle die gleiche Halbwertsbreite, aber der Wellenlängenbereich, der mit der jeweiligen Halbwertsbreite abgedeckt wird, unterscheidet sich innerhalb eines Intervalls von Emitter zu Emitter. Die vier Intervalle, mit jeweils unterschiedlicher Intervalllänge (10), befinden sich im blauen, grünen, roten und nahinfraroten Wellenlängenbereich. Die Intervalllücken (10c) zwischen den Intervallen ist unterschiedlich. Die Grenzen (10a) und (10b) zeigen die Grenzen der Intervalle. Zusammen decken die vier Intervalle einen Wellenlängenbereich (11) ab, wobei (11a) die niedrigste untere Grenze des Wellenlängenbereichs und (11b) die höchste obere Grenze des Wellenlängenbereichs beschreibt.

Fig.14b

zeigt ein Beispiel für zwei Intervalle mit jeweils unterschiedlichen Peakwellenlängen (1a) von annähernd-gleichen-Emittoren, bei denen die Emitter eines Intervalls jeweils nicht über die gesamte Intervalllänge (10) verteilt sind. Die weiteren Bezugszeichen entsprechen der Fig 14.

- Fig.14c zeigt ein Beispiel für zwei Intervalle (10) mit unterschiedlicher Peakwellenlänge (1a) von annähernd-gleichen-Emittern, wobei sich zwischen den beiden Intervallen ein nicht-annähernd-gleicher-Emitter (U1) befindet. In beiden Intervallen befinden sich jeweils 3 annähernd-gleiche-Emitter, deren Peakwellenlängen jeweils nicht die gesamte Intervalllänge abdecken. Die weiteren Bezugszeichen entsprechen der Fig 14.
- Fig.14d zeigt ein Intervall (10) der von der Halbwertsbreite der Emitter abgedeckten Wellenlängenbereiche (FWHM) (1b) von drei annähernd-gleichen Emittern im Wellenlängenbereich von 538nm bis 576nm und die Halbwertsbreiten (FWHM) von zwei nicht-annähernd-gleichen-Emittern, die im Wellenlängenbereich unterhalb bzw. oberhalb des Intervalls liegen. Die Intervalllänge (10) beträgt 38nm und wird von den drei Emittern nicht vollständig ausgefüllt. Die gestrichelten Linien zeigen, dass der Wellenlängenbereich, den die Halbwertsbreite der drei Emitter abdecken innerhalb der Grenzen 10a (538nm) und 10b (576nm) des Intervalls liegen. Die weiteren Bezugszeichen entsprechen der Fig 14a.
- Fig.14e zeigt ein Beispiel für 5 Intervalle der Peakwellenlänge von annähernd-gleichen-Emittern mit unterschiedlicher Peakwellenlänge, die jeweils 2 Emitter enthalten. Die Intervalllänge beträgt 13nm bzw. 15nm. Die Bezugszeichen entsprechen Fig. 14.
- Fig.15 zeigt ein Beispiel für ein Intervall (10) von 3 annähernd-gleichen-Detektoren, deren abgegebene Stromstärke bei einer bestimmten Wellenlänge und einer Empfangsleistung von $10\text{mW}/\text{cm}^2$ zwischen $0,2\text{mA}$, unterer Grenzwert (10a), und 10mA , oberer Grenzwert (10b), liegt. Entlang der horizontalen (x) Achse ist die am Sensor eintreffende Lichtintensität in mW/cm^2 aufgetragen. Diese ist für ein Beispiel von Detektoren mit integriertem Verstärkungsfaktor in der Einheit mA angegeben. In vorteilhafter Variante können aber auch Detektoren ohne Verstärker verwendet werden. In solchen Fällen gelten die Zusammenhänge in analoger Weise. Entlang der vertikalen Achse (y) ist die vom Detektor abgegebene Stromstärke aufgetragen. Detektor (2.1) liefert bei 10mW Empfangsleistung $0,6\text{mA}$, Detektor (2.2) liefert 3mA und Detektor (2.3) liefert $7,5\text{mA}$ jeweils bei gleicher Wellenlänge. Die Figur hat logarithmisch skalierte Skalen.
- Fig.15a zeigt ein weiteres Beispiel. Die Bezugszeichen entsprechen Fig. 15. In 15a wird ein anderes Kriterium für die Zuordnung von Detektoren in ein Intervall annähernd-gleicher-Detektoren gezeigt. Es handelt sich um die abgegebene Stromstärke bei

gleicher Wellenlänge und Empfangsleistung an Photonen, die sich unter den Detektoren um einen bestimmten Faktor (12) unterscheiden muss. Entlang der horizontalen (x) Achse ist die am Sensor eintreffende Lichtintensität in mW/cm^2 aufgetragen. Diese ist für ein Beispiel von Detektoren mit integriertem Verstärkungsfaktor in der Einheit mA angegeben. In vorteilhafter Variante können aber auch Detektoren ohne Verstärker verwendet werden. In solchen Fällen gelten die Zusammenhänge in analoger Weise. Entlang der vertikalen Achse (y) ist die vom Detektor abgegebene Stromstärke aufgetragen. Die abgegebene Stromstärke von Detektor (2.1) beträgt mit 0,6mA beispielsweise nur 1/5 des Detektors (2.2), bzw. ist 12,5-fach geringer als die Stromstärke von Detektor (2.3), die 7,5mA beträgt.

Fig.16 Das Beispiel dieser Figur zeigt die Peakwellenlänge (2b) von zwei nicht-annähernd-gleichen-Detektoren die sich hinsichtlich ihrer Peakwellenlänge unterscheiden. Entlang der horizontalen (x) Achse ist die Wellenlänge in nm aufgetragen. Entlang der vertikalen Achse (y) ist die relative Empfindlichkeit der Detektoren aufgetragen. Der Unterschied in den Peakwellenlängen von Detektor (2.5) und Detektor (2.4) beträgt 360nm.

Fig.16a Das Beispiel zeigt eine Kombination von zwei nicht-annähernd-gleichen-Detektoren mit annähernd-gleichen-Emittern. Entlang der horizontalen (x) Achse ist die Wellenlänge in nm aufgetragen. Entlang der vertikalen Achse (y) ist die relative Empfindlichkeit der Detektoren aufgetragen. Grundlage ist die Fig.16 und die Bezugszeichen haben die entsprechende Bedeutung. In Fig.16a sind, bezogen auf die Halbwertsbreite (1b), 4 Intervalle von annähernd-gleichen Emittern eingezeichnet. Es handelt sich dabei um die Intervalle aus Fig.14a. Die Fig.16a zeigt die Vorteile der Kombination von nicht-annähernd-gleichen Detektoren mit annähernd-gleichen Emitter. Bevorzugt wird durch die Kombination eine höhere spektrale Auflösung erreicht.

Fig.17 zeigt an einem Beispiel eine Bedienoberfläche des Systems. Die Bildschirmanzeige ist beispielhaft in deutscher Sprache gehalten. Text (1701s) bedeutet: „Messwert“. Text (1702s) bedeutet: „Untersuchungen zeigen, dass Personen, die diesen Carotinoid-Wert haben, im Durchschnitt täglich mehr Obst und Gemüse essen müssen, um der Ernährungsempfehlung der WHO/DGE zu genügen“. Text (1703s) bedeutet: „Bitte ersetze einen Teil deiner täglichen Nahrung durch frisches Obst & Gemüse. Wir haben ermittelt, wieviel mehr Obst & Gemüse du essen solltest.“.

Text (1704s) bedeutet: „zusätzlicher täglicher Bedarf 290 Gramm“. Gezeigt ist eine beispielhafte Art der Beschreibung und Darstellung der Messergebnisse zum Carotinoid-Wert und zur Menge an Obst und Gemüse, die der Nutzer in den nächsten 4 Wochen zusätzlich täglich essen soll, um den Zielwert zu erreichen.

Fig. 17a zeigt an einem Beispiel eine Bedienoberfläche des Systems. Die Bildschirmanzeige ist beispielhaft in deutscher Sprache gehalten. Text (1710s) bedeutet: „Gewichtsmanagement“. Text (1711s) bedeutet: „Was sind Deine Präferenzen?“. Text (1712s) bedeutet: „Körpergewicht moderat reduzieren“ und steht beispielsweise für eine Reduzierung von 250 kcal weniger Energieaufnahme, als der Energieverbrauch des Nutzers ist. Text (1713s) bedeutet: „Körpergewicht stark reduzieren“ und steht beispielsweise für eine Reduzierung von 500 kcal weniger Energieaufnahme, als der Energieverbrauch des Nutzers ist. Text (1714s) bedeutet: „Körpergewicht beibehalten“ und steht beispielsweise für eine Energieaufnahme, die dem Energieverbrauch des Nutzers entspricht. Text (1715s) bedeutet: „Körpergewicht moderat erhöhen“ und steht beispielsweise für eine Energieaufnahme, die 250kcal mehr als der Energieverbrauch des Nutzers ist. Text (1716s) bedeutet: „Körpergewicht stark erhöhen“ und steht beispielsweise für eine Energieaufnahme, die 500kcal mehr als der Energieverbrauch des Nutzers ist. Die Darstellung zeigt eine Auswahlmöglichkeit für die vom Nutzer festzulegende Präferenz am Beispiel des Gewichtsmanagement. Es werden auswählbare Veränderungsgeschwindigkeiten zur Wahl angeboten. Der Nutzer kann seine Präferenz z.B. durch Eintragen eines Kreuzes unterhalb der Kategorie festlegen.

Fig. 17b zeigt an einem Beispiel eine Bedienoberfläche des Systems. Die Bildschirmanzeige ist beispielhaft in deutscher Sprache gehalten. Text (1720s) bedeutet: „Zielwert täglicher Verzehr“. Text (1721s) bedeutet: „Gesamt“. Text (1722s) bedeutet: „Gewählte Präferenz“. Text (1723s) bedeutet: „Empfohlener Zielwert z.B. Deutsche Gesellschaft für Ernährung“. Text (1724s) bedeutet: „Eigener Zielwert“. Text (1725s) bedeutet: „Obst“. Text (1726s) bedeutet: „Gemüse“. Die Figur zeigt eine beispielhafte Eingabemöglichkeit für einen vorgeschlagenen und/oder einen selbstgewählten Zielwert.

Fig. 17c zeigt an einem Beispiel eine Bedienoberfläche des Systems. Die Bildschirmanzeige ist beispielhaft in deutscher Sprache gehalten. Text (1730s) bedeutet: „Ernährungsqualität“. Text (1731s) bedeutet: „Wie schnell möchtest Du Deine Ernährungsqualität verbessern“. Text (1732s) bedeutet: „Langsame Verbesserung /

ansteigender Zielwert“. Text (1733s) bedeutet: „Moderate Verbesserung / Zielwert gemessener Bedarf“. Text (1734s) bedeutet: „Schnelle Verbesserung / 2x gemessener Bedarf an Obst + Gemüse“. Text (1735s) bedeutet: „Nutzer definiert Zielwert ... Gramm Obst + Gemüse“. Mit der Eingabe legt der Nutzer fest, mit welcher Geschwindigkeit er Vorgaben zum täglichen Verzehr von Obst und Gemüse erreichen will. Bezugsgröße ist beispielsweise der durch Messung festgestellte Status an Carotinoiden, der einer bestimmten Menge an verstoffwechseltem Obst und Gemüse entspricht. Carotinoide gelten als bester Indikator für die Aufnahme von Obst und Gemüse. Mit der Präferenz „Moderate Verbesserung“ entspricht die zusätzliche Menge an Obst und Gemüse, die der Nutzer täglich verzehren soll, dem durch Messung festgestellten Bedarf. Wählt er die Präferenz „Schnelle Verbesserung“ sollte er das Doppelte des durch Messung festgestellten Bedarfs zu sich nehmen. Je mehr Obst und Gemüse der Nutzer täglich verzehrt, umso schneller verändern sich die in Gewebe und Blut gemessenen Carotinoid-Werte. Er kann seine Präferenz für eine Geschwindigkeitskategorie z.B. durch Eintragen eines Kreuzes unterhalb der Kategorie festlegen.

Fig. 18

zeigt an einem Beispiel eine Bedienoberfläche des Systems. Die Bildschirmanzeige ist beispielhaft in deutscher Sprache gehalten. Text (1801s) beutet: „Vorschläge für die Mahlzeiten eines Tages“. Text (1802s) beutet: „Auswahl“. Text (1803s) beutet: „Mahlzeit“. Text (1804s) beutet: „Rezept Nr.“. Text (1805s) beutet: „Gericht“. Text (1806s) beutet: „Frühstück Bananenbrötchen Vegetarisch“. Text (1807s) beutet: „Foto der Mahlzeit“. Text (1808s) beutet: „Hauptgericht Gebackener Kabeljau aus dem Ofen mit Gemüse Vegetarisch“. Text (1809s) beutet: „Foto der Mahlzeit“. Text (1810s) beutet: „Hauptgericht Grünes Risotto mit Frühlingsgemüse Vegan“. Text (1811s) beutet: „Foto der Mahlzeit“. Text (1812s) beutet: „Snack“. Text (1813s) beutet: „Tagesbilanz“. Text (1814s) beutet: „815 Gramm, 0 Gramm, 125 Gramm“. Text (1815s) beutet: „Wie gut entsprechen die Gerichte Deinen gewählten Präferenzen“. Text (1816s) beutet: „Gewichtsmanagement“. Text (1817s) beutet: „Gewicht moderat reduzieren“. Text (1818s) beutet: „Ernährungsqualität“. Text (1819s) beutet: „Moderate Verbesserung“. Text (1820s) beutet: „Wie gut unterstützen die Gerichte Dein langfristiges Wohlbefinden“. Text (1821s) beutet: „Healthy Food Relation“ was für einen „Anteil gesunder Nahrung“ steht. Text (1822s) beutet: „Auswirkung auf Dein Körpergewicht“. Text (1823s) beutet: „Gemüse“. Text (1824s) beutet: „Obst“. Text (1825s) beutet: „ORAC“. Text

(1826s) beutet: „Fisch“. Text (1827s) beutet: „Fleisch“. Text (1828s) beutet: „Du nimmst ab“. Text (1829s) beutet: „15.199 $\mu\text{mol TE}$ “. Text (1830s) beutet: „-759 kcal“. Text (1831s) beutet: „Erfüllungsgrad insgesamt“. Text (1832s) beutet: „Monitoring neu beginnen“. Text (1833s) beutet: „Datum 20.08.2022“. Text (1834s) beutet: „Tagesbilanz speichern“. Die Bedienoberfläche stellt beispielhaft dar, welche Informationen der Nutzer erhält, wenn ihm Rezepte bzw. komplette Gerichte eines Restaurants für die komplette Nahrungsaufnahme eines Tages vorgeschlagen werden und er bestimmte Vorschläge auswählt. Die Tagesauswahl wird dabei vorzugsweise anhand der mit dem Messgerät ermittelten Messwerte und der vom Nutzer gewählten Präferenz und übergeordneter Kategorien automatisch bewertet und beispielsweise als Grafik ausgegeben. Beispielhaft dargestellt ist die Auswahl und Bewertung für einen Tag. Der Nutzer kann die Auswahl vorzugsweise für mehr als einen Tag, beispielsweise für den Zeitraum von einer Woche treffen und sich dafür beispielweise einen entsprechenden Einkaufszettel ausgeben lassen bzw. die Zutaten von einem Lieferanten bringen lassen.

Fig. 19

zeigt an einem Beispiel eine Bedienoberfläche des Systems. Die Bildschirmanzeige ist beispielhaft in deutscher Sprache gehalten. Text (1901s) beutet: „Historie Gewichtsmanagement – Verhältnis von kcal Aufnahme zu täglichem Energiebedarf“. Text (1902s) beutet: „Ziel kcal Reduzierung erreicht“. Text (1903s) beutet: „Reduzierung < als Ziel“. Text (1904s) beutet: „Ziel kcal Reduzierung erreicht“. Text (1905s) beutet: „Zeitraum der Historie in Tagen“. Text (1906s) beutet: „kcal Zufuhr größer als Energiebedarf“. Text (1907s) beutet: „Beginn 02.08.2022“. Text (1908s) beutet: „Im Durchschnitt ist deine kcal Reduzierung sehr viel besser als Dein 4-Wochen Ziel“. Text (1909s) beutet: „Ziel -250“. Text (1910s) beutet: „aktueller Durchschnitt -456“. Text (1911s) beutet: „Heute 20.08.2022“. Als Beispiel für automatisierte, digitale Ernährungsberatung zeigt Fig. 19 dem Nutzer das Ergebnis seines Gewichtsmanagements der letzten 18 Tage z.B. in Form eines Balkendiagramms. Dargestellt ist das Verhältnis des Brennwertes der aufgenommenen Nahrung (in kcal), zum täglichen Energiebedarf (in kcal) des Nutzers anhand der von ihm gewählten Präferenzen. Bezogen auf eine Nulllinie hat der Nutzer an allen Tagen, mit Minuswerten weniger zu sich genommen, als er durchschnittlich pro Tag verbraucht. An diesen Tagen nimmt er ab. Ob er dabei das von ihm gesteckte Ziel von -250 kcal/Tag erreicht, ist an der gestrichelten Linie erkennbar. An allen Tagen, bei denen der Balken die Linie

durchbricht, hat er das von ihm selbst festgelegt Ziel erreicht. In diesem Beispiel hat sich der Nutzer entschieden, dass der Brennwert um 250 kcal unter dem täglichen Energiebedarf liegen soll, was an 6 Tagen der Fall war. Die automatisierte Ernährungsberatung zeigt ihm auch, dass er bezogen auf die letzten 18 Tage sein Ziel/Präferenz im Durchschnitt deutlich unterschritten hat. Der frei wählbare max. Betrachtungszeitraum beträgt in diesem Beispiel 30 Tage.

Fig. 19a zeigt an einem Beispiel eine Bedienoberfläche des Systems. Die Bildschirmanzeige ist beispielhaft in deutscher Sprache gehalten. Text (1920s) beutet: „Berechnung des täglichen durchschnittlichen Energieverbrauchs des Nutzers“. Text (1921s) beutet: „Grundumsatz“. Text (1922s) beutet: „Leistungsumsatz (Grundumsatz*(PAL-Wert-1))“. Text (1923s) beutet: „Energieverbrauch (incl. Faktor für Nahrungsaufnahme)“. Text (1924s) beutet: „Harris-Benedict“. Text (1925s) beutet: „(kcal/Tag)“. Text (1926s) beutet: „(kJ/Tag)“. Text (1927s) beutet: „WHO & FAO“. Text (1928s) beutet: „DGE*“. Text (1929s) beutet: „Präferenz mit „X“ markieren“. Text (1930s) beutet: „Mittelwert aus den verschiedenen Berechnungen zum täglichen Energieverbrauch in kcal“. Text (1931s) beutet: „*FAO=Food and Agricultural Organisation der Vereinten Nationen“ und ist ein Erläuterungstext zu Text (1927s). Text (1932s) beutet: „* *DGE= Deutsche Gesellschaft für Ernährung“ und ist ein Erläuterungstext zu Text (1928s). Diese Figur zeigt ein Beispiel für die automatische Berechnung des durchschnittlichen Energieverbrauchs des Nutzers, wobei Basisdaten wie beispielsweise Alter, Geschlecht vom Nutzer zuvor z.B. eingegeben worden sind. Der Nutzer hat die Möglichkeit ein konkretes Berechnungsverfahren auszuwählen oder den täglichen Energieverbrauch als Mittelwert aus vier Berechnungsverfahren ermitteln zu lassen. In diesem Beispiel hat sich der Nutzer für den Mittelwert aus verschiedenen Berechnungsverfahren entschieden.

Fig. 20 zeigt an einem Beispiel eine Bedienoberfläche des Systems. Die Bildschirmanzeige ist beispielhaft in deutscher Sprache gehalten. Text (2001s) beutet: „Historie Carotinoid-Messwerte“. Text (2002s) beutet: „Zeitraum der Historie in Tagen“. Text (2003s) beutet: „Carotinoid-Messwerte“. Text (2004s) beutet: „Nahrungsergänzung reduzieren/stoppen“. Text (2005s) beutet: „Zielbereich“. Text (2006s) beutet: „Mittelwert in: D, A, CH“, was für Deutschland, Österreich und Schweiz steht. Text (2007s) beutet: „Kritische Zone“. Text (2008s) beutet: „Beginn 02.08.2022“. Text (2009s) beutet: „Dein durchschnittlicher Carotinoid-Wert liegt

nur etwas über dem Mittelwert – die Werte zeigen aber eine steigende Tendenz“. Text (2010s) beutet: „Heute 20.08.2022“. Als Beispiel für automatisierte, digitale Ernährungsberatung zeigt Fig.20 dem Nutzer seine, mit Hilfe des Messgeräts ermittelten Carotinoid Messwerte der letzten 18 Tage. Angegeben ist sowohl ein Zielbereich für die Höhe der Messwerte wie eine kritische Zone, die unbedingt überschritten werden sollte. Zur besseren Einordnung des eigenen Messwerts werden dem Nutzer auch die Mittelwerte von Nutzern aus anderen Ländern, beispielsweise Deutschland, Österreich und Schweiz, dargestellt. Der frei wählbare max. Betrachtungszeitraum beträgt in diesem Beispiel 30 Tage. Im gegenseitigen Einvernehmen können sich Nutzer auch gegenseitig ihre Messwerte als Orientierung bzw. als Motivationsunterstützung anzeigen lassen. Dies kann in vorteilhafter Variante auch für andere vom erfindungsgemäßen System dargestellte Informationen ermöglicht werden.

Fig.21

zeigt an einem Beispiel eine Bedienoberfläche des Systems. Die Bildschirmanzeige ist beispielhaft in deutscher Sprache gehalten. Text (2101s) beutet: „Historie Erfüllungsggrad – Wie gut die Mahlzeiten eines Tages allen von Dir gewählten Ziele entsprechen“. Text (2102s) beutet: „Erfüllungsggrad“. Text (2103s) beutet: „Rezepte Nr. :“. Text (2104s) beutet: „Frühstück“. Text (2105s) beutet: „Hauptgericht 1“. Text (2106s) beutet: „Hauptgericht 2“. Text (2107s) beutet: „Snack“. Text (2108s) beutet: „Beginn 02.08.2022“. Text (2109s) beutet: „Im Durchschnitt erreichst Du mit Deinen Mahlzeiten eine akzeptable Erfüllung aller Deiner Ziele“. Text (2110s) beutet: „Zeitraum der Historie in Tagen“. Text (2111s) beutet: „aktueller Durchschnitt 76,1%“. Text (2112s) beutet: „Heute 20.08.2022“. Als weiteres Beispiel für automatisierte, digitale Ernährungsberatung zeigt Fig.21 dem Nutzer wie gut die von ihm gewählten Mahlzeiten der letzten 16 Tagen insgesamt seinen verschiedenen Präferenzen bzw. Zielen entsprochen haben und welcher gesamtheitliche Erfüllungsggrad sich daraus ergibt. Für die Mahlzeiten eines jeden Tages werden die jeweiligen Gerichte bzw. Rezepte ausgewiesen, der gesamtheitliche Erfüllungsggrad für jeden Tag dargestellt und die durchschnittliche Erfüllung über die aktuelle Nutzungsdauer (16 Tage) ermittelt. Der frei wählbare max. Betrachtungszeitraum beträgt in diesem Beispiel 30 Tage.

Fig.22

zeigt an einem Beispiel eine Bedienoberfläche des Systems. Die Bildschirmanzeige ist beispielhaft in deutscher Sprache gehalten. Text (2201s) beutet: „Historie Ernährungsqualität – Obst und Gemüse-Verzehr und Bedarf“. Text (2202s) beutet:

„Obst/Gemüse Anteil ausgewählte Rezepte“. Text (2203s) beutet: „Messwert – Zusätzlicher Bedarf an Obst/Gemüse zur Erreichung der DGE Empfehlung“. Text (2204s) beutet: „Gramm Obst + Gemüse“. Text (2205s) beutet: „DGE-Empfehlung 650/tägl.“. Text (2206s) beutet: „Beginn 02.08.2022“. Text (2207s) beutet: „Du hast Dein Prioritätsziel für die gewählte Geschwindigkeit der Verhaltensänderung im Durchschnitt übererfüllt. Der gemessene Biomarker zeigt aber, dass ein Äquivalent von 650g an Obst und Gemüse in Deinem Körper noch nicht vorhanden ist“. Text (2208s) beutet: „Zeitraum der Historie in Tagen“. Text (2209s) beutet: „Priorität: moderat“. Text (2210s) beutet: „Heute 20.08.2022“. Als ein weiteres Beispiel für eine digitale Ernährungsberatung, die sich der Nutzer auf dem Display eines Anzeigegeräts automatisiert ausgeben lassen kann, zeigt Fig.22 über die letzten 16 Tage das Verhältnis von tatsächlichen Obst- und Gemüse Konsum zu den mit dem Messgerät ermittelten täglichen Bedarf, bezogen auf eine vom Nutzer gewählte Geschwindigkeit (moderat) zur Erreichung des Prioritätsziels von 650g/Tag. Die Balken geben den Obst und Gemüse Anteil in den ausgewählten Rezepten beziehungsweise verzehrten Gerichten wider, die Linien, den mit dem Messgerät ermittelten zusätzlichen täglichen Bedarf an Obst und Gemüse. Obwohl der Obst/Gemüse Anteil häufig mehr als 200g über dem Zielwert von 650g/Tag liegt, stellt das Messgerät fest, dass im Körper des Nutzer sich der Biomarker noch nicht so angereichert hat, dass er einem Äquivalent von 650/g Obst/Gemüse entspricht. Dieses Ergebnis verweist einerseits auf die individuelle Verstoffwechselung und mögliche Qualitätsprobleme beim verzehrten Ost/Gemüse und andererseits auf die Geschwindigkeit des individuellen Anreicherungsprozeß des Biomarkers im Körper des Nutzers. Der frei wählbare max. Betrachtungszeitraum beträgt in diesem Beispiel 30 Tage.

Fig.23 zeigt an einem Beispiel eine Bedienoberfläche des Systems. Die Bildschirmanzeige ist beispielhaft in deutscher Sprache gehalten. Text (2301s) beutet: „Historie Healthy Food Relation – Verhältnis von Gramm an Obst + Gemüse/kcal der gewählten Mahlzeiten“. Text (2302s) beutet: „Zeitraum der Historie in Tagen“. Text (2303s) beutet: „Gramm/kcal“. Text (2304s) beutet: „Zielwert“. Text (2305s) beutet: „Heute 20.08.2022“. Text (2306s) beutet: „Beginn 02.08.2022“. Text (2307s) beutet: „Im Durchschnitt ist das Verhältnis von Obst + Gemüse Konsum zum Brennwert (kcal) Deiner Mahlzeiten deutlich schlechter als Dein Zielwert“. Text (2308s) beutet: „aktueller Durchschnitt 0,60“. Fig. 23 zeigt beispielhaft eine

digitale Ernährungsberatung mit automatischer Berechnung des Verhältnisses von Obst- und Gemüsekonsum (z.B. in Gramm) zum Brennwert der Mahlzeiten (z.B. in kcal), die der Nutzer verzehrt hat. Im vorliegenden Beispiel wird dieses Verhältnis „Healthy Food Relation“ genannt. Der Zielwert für die Relation von Gramm/kcal beträgt 1,0. Er wurde in diesem Beispiel vom Nutzer in den letzten 16 Tage nicht einmal erreicht. Die beispielhafte Darstellung als Balkendiagramm zeigt dies deutlich: Kein Balken erreicht das Zielniveau von 1 (gestrichelte Linie). Der Mittelwert über die letzten 16 Tage beträgt nur 0,6. Der frei wählbare max. Betrachtungszeitraum für die Darstellung von Obst-/Gemüsekonsum wurde in diesem Beispiel auf 30 Tage gesetzt.

Fig.24 zeigt an einem Beispiel eine Bedienoberfläche des Systems. Die Bildschirmanzeige ist beispielhaft in deutscher Sprache gehalten. Text (2401s) bedeutet: „Historie ORAC-Wert ($\mu\text{mol TE}$) – gewählte Mahlzeiten eines Tages“. Text (2402s) bedeutet: „Zeitraum der Historie in Tagen“. Text (2403s) bedeutet: „ORAC-Wert“. Text (2404s) bedeutet: „7.000 $\mu\text{mol TE}$ “. Text (2405s) bedeutet: „Heute 20.08.2022“. Text (2406s) bedeutet: „Beginn 02.08.2022“. Text (2407s) bedeutet: „Im Durchschnitt wurde der Solwert von 7.000 $\mu\text{mol TE/Tag}$ deutlich überschritten“. Text (2408s) bedeutet: „Puls 197 %“. Text (2409s) bedeutet: „Aktueller Durchschnitt pro Tag“. Als ein weiteres Beispiel für eine digitale Ernährungsberatung, die sich der Nutzer auf dem Display eines Anzeigegeräts automatisiert ausgeben lassen kann, zeigt Fig.24 die automatische Berechnung der ORAC-Werte für die vom Nutzer gewählten Mahlzeiten eines Tages. Als Zielwert pro Tag ist in diesem Beispiel 7.000 $\mu\text{mol TE}$ angenommen. Die vom Nutzer gewählten Speisen eines Tages überschreiten diesen Zielwert meist deutlich. Der Mittelwert für die letzten 16 Tage liegt bei 13.816. Der frei wählbare max. Betrachtungszeitraum für die Darstellung der ORAC-Werte wurde auch in diesem Beispiel auf 30 Tage gesetzt.

Fig.25 zeigt die Rückseite eines ein Smartphones (1001) mit Multi-Kamera-Einheit (1002). Diese beinhaltet vier Kameras (1003), (1004), (1005), (1006)

Fig.26 zeigt ein Beispiel wie das Smartphone aus Fig. 25 zu einem Sensor gemäß der vorliegenden Erfindung erweitert werden kann. Dazu werden mehrere Lichtemitter in räumlicher Nähe der Kameras angeordnet. Ein Beispiel eines Lichtemitters ist (1007)

Fig.27 zeigt das Smartphone aus Fig. 26 ergänzt um eine Skala (1008) und eine Skala (1009), die die Beschreibung einzelner Emitter erleichtert. Zwei beispielhafte

Emitters sind der Emitter (1010) und der Emitter (1011). Weiterhin ist ein Detektor (1012) eingezeichnet.

- Fig.28 zeigt ein Schnittbild durch ein beispielhafte Ausgestaltung eines in ein Smartphone integrierten Sensors. Das im Ausschnitt gezeigte Kameramodul (1012) besteht aus einem Bildsensor (1022), welcher zahlreiche Pixel aufweist. Darunter auch die als Beispiel gewählten Pixel (1015) und (1016). Weiterhin existiert zumindest eine Linse (1014), die in einem Linsenhalter (1021) montiert ist. Linsenhalter und Linse sind vorzugsweise beweglich. Eine transparente Abdeckung (1013) schützt die Kamera. Die Ziffern (1018) bis (1020) stellen Emitters dar. Bei (1017) handelt es sich um eine transparente Oberfläche, die die Emitters schützt. Vorzugsweise bildet diese eine glatte Oberfläche mit Element (1013) und den nicht transparenten Gehäuseteilen (5b). Das zu messende Objekt bzw. die zu messende Probe (1023) ist in vorteilhafter Variante menschliches Gewebe.
- Fig.29 erläutert am Beispiel der Fig. 28 einen von Photonen durchquerten Raumbereich der Probe. Die Ziffern haben die gleiche Bedeutung wie in Fig 28. Zusätzlich ist ein von Photonen durchwanderter Bereich mit den Linien (1024) und (1025) markiert.
- Fig.30 erläutert am Beispiel der Fig. 28 einen anderen von Photonen durchquerten Raumbereich der Probe. Die Ziffern haben die gleiche Bedeutung wie in Fig 28. Zusätzlich ist ein von Photonen durchwanderter Bereich mit den Linien (1026) und (1027) markiert.
- Fig. 31 zeigt eine vorteilhafte Struktur eines Auswertalgorithmus. Ebene (I) zeigt die Rohdaten. Dabei wird eine Zahl i an Rohdaten angenommen. Die Rohdaten weisen dabei eine Position in einem Merkmalsraum auf. Zur Klarstellung und Erläuterung sei darauf hingewiesen, dass es sich typischerweise nicht um eine klassische räumliche Position im Sinne eines Ortes handelt. Die Kreuze auf der Fläche symbolisieren jeweils einen Rohdatenwert der i Rohdaten auf einer beispielsweise zweidimensionalen Merkmalsfläche. Ebene (II) zeigt eine beispielhafte Anzahl k kontinuierlicher Filterkernels, die Funktionen darstellen, die in vorteilhafter Variante eine Mehrzahl der Rohdatenwerte unter Berücksichtigung deren Positionen im Merkmalsraum mindestens einen Ausgabewert ermitteln. Zur Symbolisierung der Filterkernel ist eine Darstellung gewählt, wie diese von Landkarten bekannt ist, die die Höhe von Orten auf einer zweidimensionalen Ebene zeigen. Verschiedene Höhen sind durch unterschiedlich helle Farbgebungen und

Höhenlinien dargestellt. Die Fläche, über der die Filterkernel dargestellt sind entspricht der Fläche der Rohdatenmerkmale aus Ebene (I). Die Graustufe über jedem Punkt der Ebene symbolisiert eine durch den Filterkernel angewendete Gewichtung. Für die Rohdatenpunkte werden für die Filterkernel Ausgabewerte berechnet. Die Ausgabewerte sind in Ebene (III) als k Vektoren mit den Elementen $w_{i,k}$ dargestellt, wobei k für die Nummer des Filterkernels steht und i für die Nummer des Rohdatums. Ebene (IV) beschreibt die Reduktion des jeweiligen Vektors, vorzugsweise zu einem Wert für jeden Filterkernel. Vorzugsweise ist dazu eine Reduktionsfunktion eingesetzt, in besonders bevorzugter Variante eine Summe. Die Reduktionsfunktion wird durch einen Kreis mit einem „+“-Zeichen symbolisiert. Ebene (V) zeigt einen Algorithmus (ALG) der aus den Ergebnissen der Ebene (IV) einen Gesamtergebniswert berechnet. In vorteilhafter Variante kann der Algorithmus (ALG) ein mehrlagiges Perzeptron sein. Der Gesamtergebniswert (ERG) ist in Ebene (VI) dargestellt.

Fig. 32 zeigt die durch einen Auswertealgorithmus gem. Fig. 31 erreichten Verbesserungen in Abhängigkeit von der Menge nicht nutzbarer Detektoren. Die vertikale Achse (y) zeigt das Mittel des Quadrats der Vorhersagefehler. Die horizontale Achse (x) zeigt den prozentualen Anteil an von der Auswertung ausgeschlossener Detektoren. Die jeweils linke Säule (cfn) zeigt den Algorithmus des Verfahrens nach Fig. 31. Die jeweils rechte Säule (mlffn) zeigt die Ergebnisse, die sich mit traditionellen Verfahren erreichen ließen. Diese zeigen deutlich größere Fehler.

Fig. 33 zeigt die Verteilung der Häufigkeit von Vorhersagefehlern als Histogramm in Abhängigkeit von der Menge nicht nutzbarer Emitter bei Nutzung der vorteilhaften Ausgestaltung der Auswertealgorithmen gem. Fig. 31. Die vertikale Achse (y) zeigt die Häufigkeit des Auftretens von Fehlern. Die horizontale Achse (x) zeigt den die Größe der Fehler. Die in der jeweiligen Diagrammfläche eingetragene Prozentzahl gibt an, wie viel Prozent der Detektoren für die Auswertung der Messung gesperrt wurden.

Fig. 34 zeigt die Verteilung der Häufigkeit von Vorhersagefehlern in Abhängigkeit von der Menge nicht nutzbarer Emitter ohne Nutzung der vorteilhaften Ausgestaltung der Auswertealgorithmen gem. Fig. 31. Im Vergleich von Fig. 33 zu Fig. 34 ist zu erkennen, dass die Häufigkeit größerer Fehler ohne Verwendung des Auswertealgorithmus gem. Fig. 31 deutlich erhöht ist.

- Fig.35 zeigt beispielhaft das Gehäuse eines miniaturisierten Messgeräts (30) mit einem beispielhaften Sensor (20). Der aus einer Einheit (9) von transparenten Teilen des Sensorflächenelements (3) besteht, die Photonen passieren können und dreidimensionalen Bauteilen (5), die für Photonen unpassierbar bzw. nahezu unpassierbar sind. Das Messgerät besitzt eine abnehmbare Positionierhilfe (P), um die Probe, in diesem Beispiel die Hand, so auf dem Sensor zu platzieren, dass die Handinnenseite in einem bestimmten Bereich des Handballens gemessen wird. In vorteilhafter Ausgestaltung kann die Positionierhilfe (P) abgenommen oder versetzt oder durch eine andere Positionierhilfe ersetzt werden. So ist vorzugsweise eine Anpassung an verschiedene Handgrößen möglich. Des Weiteren verfügt das Messgerät über eine Buchse (3501) z.B. USB. Vorteilhafterweise verfügt das Messgerät über Bedienelemente, beispielsweise An- Ausschalter und/oder Taste zum Einrichten einer Funkverbindung. Diese können beispielsweise an dafür vorgesehenen Orten (3502) angeordnet sein. In vorteilhafter Ausgestaltung können Öffnungen für mechanische Tasten im Gehäuse vorgesehen sein. In vorteilhafter Weise können diese Öffnungen bei Versionen die keine Bedienelemente benötigen auch verschlossen sein, wie im Bild exemplarisch gezeigt.
- Fig.35a zeigt das beispielhafte Gehäuse aus Fig.35 in einer anderen Perspektive. Das gezeigte Gehäuse verfügt über Signal-LEDs für die WIFI-Funktionsanzeige (S1a), für den Messfortschritt (S1b) und eine Statusanzeige (S1c) (z.B. ob Gerät angeschaltet ist).
- Fig.36 zeigt den beispielhaften Sensor (20) aus den Fig.35 und Fig.35a ohne die transparenten Teile des Sensorflächenelements (3). Eingezeichnet sind die Detektoren und Emitter des Sensors, die in Öffnungen des Bauteils (5b) sitzen, deren Material für Photonen nicht passierbar bzw. nahezu nicht passierbaren Material ist. Aus Platzgründen sind in Fig. 36 nur die Detektoren beziffert. Der beispielhafte Sensor verfügt über 8 einkanalige (2) und 1 mehrkanaligen (2.4) Detektor. Als Beispiel für die Länge eines Photonenwegs bzw. Lichtweg (1c) befinden sich in Fig. 36 zwei gestrichelte Linie. Der Abstand zwischen beiden bezeichnet beispielhaft den Photonenweg/Lichtweg zwischen einem Emitter und einem Detektor. Die gestrichelten Linien identifizieren jeweils den Mittelpunkt des Emitters bzw. Detektors. In vorteilhafter Variante ist die Platine zusammen mit den Elektronikkomponenten lackiert, um die Elektronik vor Feuchtigkeit zu schützen.

- Fig.36a zeigt den beispielhaften Sensor (20) der Fig.35 mit der Bezifferung der Emitter. Er verfügt über 28 Emitter (1.1), die Photonen eines Wellenlängenbereichs abstrahlen, wobei sich die Wellenlängenbereiche unterscheiden können. Weitere Emitter (1.3) können Photonen in drei unterschiedlichen Wellenlängenbereichen aussenden, z.B. können es RGB-Emitter sein. In vorteilhafter Variante können die Emitter (1.3) gelbes, grünes und blaues Licht emittieren. Die Emitter (1.3) können sich bezogen auf die jeweils emittierbaren 3 Wellenlängenbereiche untereinander unterscheiden. Der Sensor verfügt über 9 Emitter des Typs 1.3. Die Emitter (1.1 und 1.3) können innerhalb einer Öffnung mehrfach vertreten sein. Der Sensor (20) enthält im nicht transparenten Element (5b) 4 Öffnungen (siehe Eckbereiche des Sensors), in denen sich jeweils ein Emitter und ein Detektor befinden, während in allen anderen Öffnungen entweder Emitter oder Detektoren sitzen. In einer Öffnung im Element (5b), befindet sich beispielhaft zusätzlich zu optoelektronischen Bauteilen ein Temperatursensor (40). Als Beispiel für die Länge eines Photonenwegs bzw. Lichtweg (1c) befinden sich in Fig.36a zwei gestrichelte Linie. Der Abstand zwischen beiden bezeichnet beispielhaft den Photonenweg/Lichtweg zwischen einem Emitter und einem Detektor. Die gestrichelten Linien identifizieren jeweils den Mittelpunkt des Emitters bzw. Detektors.
- Fig 36b verdeutlicht, dass der mit (20) bezifferte Teil des Messgerätes (30) in den Figuren 36 und 36a detailliert dargestellt ist.
- Fig.37 zeigt einen Schnitt durch eine beispielhafte Gestaltung des Sensorflächenelements. Es besteht aus einem oder mehreren intransparenten Elementen (5b) und einem oder mehreren transparenten Elementen (3). Es hat eine Oberfläche, die mit der Haut (4) in Kontakt gebracht werden kann. Die gegenüberliegende Seite liegt vorzugsweise auf der Leiterplatte auf. Die Seite mit der Leiterplatte (nicht gezeichnet) ist mit (6) gekennzeichnet. In vorteilhafter Variante weist die Form der Elemente (3) und (5b) eine formschlüssige Verbindung auf, die verhindert, dass das Element (3) in Richtung der Haut (4) aus dem Element (5b) herausrutschen kann. In alternativer vorteilhafter Variante weist die Form der Elemente (3) und (5b) eine formschlüssige Verbindung auf, die verhindert, dass das Element (3) in Richtung der Leiterplatte (6) aus dem Element (5b) herausrutschen kann (nicht gezeichnet). In besonders vorteilhafter Variante verhindern formschlüssige Verbindungen jegliche Bewegung des Elements (3) relativ zu Element (5b).

- Fig.38 zeigt eine beispielhafte Ausgestaltung der transparenten Elemente (3) aus Fig. 37 oder Fig. 35. In vorteilhafter Variante ist der Angussbereich (3ag) so angeordnet, dass er seitlich vom optisch genutzten Fensterbereich angeordnet ist. In alternativer (nicht im Bild gezeigt) vorteilhafter Anordnung ist der Anguss mittig im Fensterbereich. In alternativer (nicht im Bild gezeigt) vorteilhafter Anordnung ist der Anguss im Fensterbereich, aber nicht mittig über einem Emitter. Die Stufe (3st) ist ein vorteilhaftes Ausgestaltungsmerkmal zur bereits in Fig. 37 erläuterten formschlüssigen Verbindung (Fig 37 5st) zur Fixierung der transparenten Elemente (3).
- Fig.39 zeigt die Elemente der Fig. 38 von der Unterseite. Die Bezugszeichen entsprechen denen der Fig. 38.
- Fig.40 zeigt ein zu den in den Figuren 38 und 39 gezeigten transparenten Elementen passendes nicht transparentes Element (5b). Dieses kann vorzugsweise formschlüssige Elemente zum fixieren aufweisen (5st). Es können Elemente (5p) vorhanden sein, die eine präzise Positionierung des Elements (5b) relativ zu elektronischen Komponenten erleichtern. In vorteilhafter Variante weisen die Kavitäten im Bauteil (5b) Ausbuchtungen (5ab) auf. Dies kann vorteilhaft genutzt werden um Raum zu schaffen, der z.B. für Angüsse der transparenten Elemente benötigt wird, oder der für elektronische Komponenten oder deren Anschlüsse benötigt wird. In vorteilhafter Variante kann das Element (5b) hergestellt werden, indem es in einem 2K Spritzgussprozess zusammen mit den transparenten Elementen (wie z.B. in Fig. 38 gezeigt) hergestellt wird. In vorteilhafter Variante werden dabei zuerst die nicht transparenten Elemente gespritzt und anschließend die transparenten. In vorteilhafter Variante hat der Kunststoff der transparenten Bauteile eine geringeren Erweichungstemperatur, als der Kunststoff der intransparenten Teile. In vorteilhafter Variante sind die transparenten und nicht transparente Bauteile so verbunden, dass kein Wasser durch den Spalt zwischen diesen Bauteilen hindurch zur Leiterplatte gelangen kann.
- Fig.41 zeigt eine vorteilhafte Variante des Aufbaus der transparenten und nicht transparenten Bauteile der Sensorfläche. Links im Bild ist ein intransparentes Bauteil (5b1) gezeigt. In dieses wird ein transparentes Bauteil (3) eingesetzt. Das transparente Bauteil ist in vorteilhafter Ausgestaltung mit einem Element (3ag) verbunden, welches mehrere oder vorzugsweise alle transparenten Teile verbindet. So wird z.B. das Einsetzen erleichtert, da nicht jedes transparente Teil einzeln

eingelegt werden muss. Die rechte Bildseite zeigt das Bauteil (5b2), welches aufgesetzt wird. In vorteilhafter Variante werden die Teile (5b1) und (5b2) verbunden, z.B. durch Kleben, Schweißen oder Verrasten. In alternativer Variante können die Elemente (5b2) und (3) auch nur zwischen Leiterplatte und (5b1) eingeklemmt sein. In alternativer Variante wird (5b1) und/oder (5b2) mit (3) verbunden. In vorteilhafter Variante weisen die Bauteile eine Trennstelle (3tg) auf, an der für das Gerät nicht benötigte Kunststoffteile abgetrennt werden können. Vorzugsweise gelingt es durch den Abtrennprozess Verbindungen aus transparentem Material zu unterbrechen und so dafür Sorge zu tragen, dass Licht durch die Probe laufen muss, um vom Emitter zum Detektor zu laufen. In vorteilhafter Variante werden Teile (3ar) nicht in das Endprodukt eingebaut, sondern z.B. vorher entfernt.

Fig.42

zeigt eine vorteilhafte Variante des Aufbaus der transparenten und nicht transparenten Bauteile der Sensorfläche. Links im Bild ist ein intransparentes Bauteil (5b) gezeigt. In dieses wird ein transparentes Bauteil (3) eingesetzt, welches auf der rechten Bildseite von oben und von unten gezeigt ist. In der Bildmitte sind die transparenten Bauteile (3) in das intransparente Bauteil (5b) eingesetzt. In vorteilhafter Anordnung ist die Form der Bauteile so gestaltet, dass diese nicht zur Auflageseite der Haut herausfallen können. In vorteilhafter Anordnung ist die Form der Bauteile so gestaltet, dass sich die transparenten Bauteile auf der Leiterplatte abstützen können. In vorteilhafter Ausgestaltung berührt auch das nicht transparente Element die Leiterplatte. In alternativer vorteilhafter Ausgestaltung berührt die Leiterplatte die in Fig. 42 gezeigten Elemente nicht direkt, sondern über eine Schicht aus Klebstoff oder doppelseitig klebendem Klebeband. In vorteilhafter Variante können die transparenten und die nicht transparenten Bauteile in einem gemeinsamen 2K Spritzgussprozess hergestellt werden. In vorteilhafter Variante werden dabei zuerst die transparenten Elemente gespritzt und anschließend die nicht transparenten. In vorteilhafter Variante hat der Kunststoff der nicht transparenten Bauteile eine geringeren Erweichungstemperatur, als der Kunststoff der transparenten Teile.

Fig.43

zeigt eine vorteilhafte Variante des Aufbaus der transparenten und nicht transparenten Bauteile der Sensorfläche. Rechts im Bild ist ein intransparentes Bauteil (5b) gezeigt. In dieses wird ein transparentes Bauteil (3) eingesetzt. Das transparente Bauteil ist in vorteilhafter Ausgestaltung mit einem Element (3ag)

verbunden, welches mehrere oder vorzugsweise alle transparenten Teile verbindet. So wird z.B. das Einsetzen erleichtert, da nicht jedes transparente Teil einzeln eingelegt werden muss. In vorteilhafter Variante werden die Teile (5b) und (3) verbunden, z.B. durch Kleben, Schweißen oder Verrasten. In alternativer Variante können die Elemente (5b) und (3) auch mit der Leiterplatte verklebt sein. In alternativer Variante wird (5b) mit der Leiterplatte verbunden, indem Elemente (5p) durch Öffnungen in der Leiterplatte hindurchgesteckt werden. Diese Elemente können sich vorzugsweise in der Leiterplatte verhaken. In alternativer vorteilhafter Variante können solche Elemente auch nach dem hindurchstecken verformt werden, um eine Verbindung mit der Leiterplatte herzustellen. Vorzugsweise werden die Elemente (5p) durch Wärme und/oder Krafteinwirkung verformt.

Fig.44

zeigt eine vorteilhafte Variante des Aufbaus der transparenten und nicht transparenten Bauteile der Sensorfläche. Links im Bild ist ein intransparentes Bauteil (5b) gezeigt. Rechts im Bild sind transparente Elemente (3) gezeigt. Die Bildmitte zeigt die Verbindung der transparenten und nicht transparenten Elemente. In vorteilhafter Ausgestaltung ist das Element (5b) so geformt, dass es durch Fräsen hergestellt werden kann. Vorzugsweise besteht Element (5b) aus Metall. Vorzugsweise ist das Metall Aluminium. Vorzugsweise bestehen die transparenten Elemente (3) aus Kunststoff. In bevorzugter Variante bestehen die Elemente (3) aus einem Duroplast. In alternativer Variante bestehen die Elemente (3) aus einem Thermoplast. In bevorzugter Variante bestehen die Elemente (3) aus Epoxidharz oder Silikon. In einem bevorzugten Verfahren wird zuerst das intransparente Element (5b) hergestellt. Anschließend wird vorzugsweise ein Kunststoff in flüssiger Form in die Kavitäten (5k) des nicht transparenten Elements (5b) eingebracht. In bevorzugter Variante wird der Kunststoff durch eine Form davon abgehalten den Raum der Kavitäten (3k) einzunehmen. In besonders bevorzugter Variante verdrängt die Form den Kunststoff aus dem Bereich, in dem die Kavitäten (3k) entstehen sollen. In vorteilhafter Variante weist die Formgebung Elemente (3st) und/oder (5st) auf, die eine formschlüssige Verbindung in zumindest einer Kraftrichtung bewirken. In vorteilhafter Variante sind die transparenten Elemente so geformt, dass diese auf der Leiterplatte angeordnete elektronische Komponenten zusammen mit der Leiterplatte vollständig umschließen. In vorteilhafter Ausgestaltung wird durch wasserdichte Verklebung von transparenter Komponente (3) und Leiterplatte ein Schutz der Elektronik vor Feuchtigkeit erreicht.

Fig. 45 zeigt ein Beispiel für die Vorhersagequalität des Body-Mass-Index BMI. Auf der horizontalen Achse (x) ist der tatsächliche BMI der Probanden aufgetragen. Auf der vertikalen Achse (y) ist der aus der erfindungsgemäßen, nichtinvasiven, optischen Analyse des menschlichen Gewebes am Handballen ermittelte Wert aufgetragen. Es zeigt sich eine gute Korrelation der Werte. In vorteilhafter Variante stimmt der über den nichtinvasiven Sensor ermittelte Wert besser mit der Menge an Körperfett überein, als der BMI.

Beschreibung

Es wird darauf hingewiesen, dass sämtliche Merkmale, wie sie sich aus der vorliegenden Beschreibung, den Zeichnungen und den Ansprüchen für einen Fachmann erschließen, auch wenn sie konkret nur im Zusammenhang mit bestimmten weiteren Merkmalen beschrieben wurden, sowohl einzeln als auch in beliebigen Zusammenstellungen mit anderen der hier offenbarten Merkmale oder Merkmalsgruppen kombinierbar sind, soweit dies nicht ausdrücklich ausgeschlossen wurde oder technische Gegebenheiten derartige Kombinationen unmöglich oder sinnlos machen. Auf die umfassende, explizite Darstellung sämtlicher denkbaren Merkmalskombinationen wird hier nur der Kürze und der Lesbarkeit der Beschreibung wegen verzichtet.

Das System besteht aus zumindest einer oder mehreren Sensorik Komponenten, einer oder mehrerer Datenverarbeitungsvorrichtungen und in vorteilhafter Variante zusätzlich aus einer oder mehrerer Anzeigeeinrichtungen. In vorteilhafter Variante gehört zum System außerdem zumindest eine Datenspeicherungsvorrichtung.

Die oben genannten Systemkomponenten können in ein Gerät integriert sein. Ihre Funktionalität kann aber auch auf mehrere Geräte aufgeteilt sein. Insbesondere bezüglich der Datenverarbeitung und Anzeige werden in vorteilhafter Variante Systeme genutzt, mit denen Nutzer sowieso ausgestattet sind. Dies können z.B. Smartphones, Smartwatches, Computer oder ähnliche Geräte sein. Insbesondere können Datenverarbeitungsfunktionen auch in der Cloud erfolgen. In vorteilhafter Variante erfolgt die Datenspeicherung auf einem über das Internet erreichbaren Server. In vorteilhafter Variante können Daten verschiedener Nutzer herangezogen werden, um für einen Nutzer Empfehlungen zu berechnen. In vorteilhafter Variante können statistische Grundlagen zur Optimierung der Empfehlungen automatisiert einfließen.

In einer vorteilhaften Ausführung kann das erfindungsgemäße System als eigenständiges Messgerät ausgeführt werden, das ausschließlich der Messung bestimmter Parameter und/oder Substanzen und/oder physiologischer Zustände des Menschen dient. In einer weiteren bevorzugten

Ausführung kann das erfindungsgemäße Gerät oder Teile des Geräts wie z.B. die Sensorik-Komponenten in andere technische Systeme integriert werden, die ihre eigene Funktionalität besitzen und die der User in unterschiedlichen Zusammenhängen nutzt. Beispielsweise beim Kochen, der Hygiene, beim Sport, zur Kommunikation, beim Wandern, bei der Fortbewegung, bei der Fortbewegung mit Hilfe technischer Geräte wie beispielsweise Flugzeuge, Autos, Zweiräder oder im Arbeitsprozess. Die Integration kann beispielsweise in folgende technische System Gegenstände oder Materialien erfolgen: Smartphone, Smart Watch, Fitness Tracker, Schrittzähler, Armband, Kompass, Höhenmesser, Gehhilfen, Kleidung, Handschuhe, Computermouse, Telefonhörer, Armlehne, Griffe, Lenkräder, Küchengeräte, Personenwaagen, Küchenwaagen, Toilettensitz, Brillen, Schalthebel, Armaturen Brett, Maschinen, die der Produktion von Gütern dienen. In besonders vorteilhafter Variante werden die Sensorik-Komponenten in Flächen von Geräten integriert, die in direkten Kontakt mit der menschlichen Haut kommen. In besonders vorteilhafter Variante in Griffe oder Bedienelemente. Insbesondere vorteilhaft ist eine Integration in Geräte, die mindestens eine weitere Funktion außer der Messung des Nutzers dienen, so dass der Nutzer dieser Geräte gemessen werden kann, ohne für die Messung Zeit aufwenden zu müssen, die er nicht sowieso bei zur Nutzung einer weiteren Funktion des Gerätes gebraucht hätte. Vorteilhaft ist dabei die Integration in eine Fläche des Gerätes, die der Nutzer bei der Nutzung der weiteren Funktion mit der Haut berührt.

In einer vorteilhaften Variante des Systems können die mit dem System durchgeführten Messungen und/oder Messergebnisse und/oder Empfehlung nicht nur dem Nutzer des Systems zur Verfügung gestellt werden, sondern können auch an Dritte digital weitergeleitet oder nach Ausdruck in Papierform an Dritte übergeben werden. Zur Gruppe der Dritten können natürliche Personen, juristische Personen oder Institutionen zählen.

Die digitale Weiterleitung kann automatisch erfolgen oder jeweils auf singuläre Veranlassung durch den Nutzer, durch den vom Nutzer dazu Autorisierten oder auf durch den Eigentümer des Systems. Bei den natürlichen Personen kann es sich beispielsweise um medizinisches Personal wie z.B. Ärzte oder Heilpraktiker aber auch Ernährungsberater handeln. Beispielsweise kann die, die Daten erhaltende Person oder Institution, die Messergebnisse und/oder Empfehlungen durch eigene Daten ergänzen bzw. kommentieren, Messergebnisse und/oder Empfehlungen und/oder Ergänzungen und/oder Kommentare auf einem Medium speichern und/oder an die gemessene Person z.B. digital übermitteln. Im Fall der Kommentierung bzw. Ergänzung der Messergebnisse können diese Daten auch dazu genutzt werden, nachträglich die Beratung des einzelnen Nutzers zu optimieren oder aus der Zusammenfassung und/oder Analyse von Kommentaren bzw. Ergänzungen verschiedener Personen die Beratung eines einzelnen Nutzers verbessern.

Die Speicherung der weitergeleiteten Daten kann z.B. auch auf einem Medium passieren, dass der gemessenen Person gehört und dass z.B. beim Arztbesuch vorgelegt wird. Dabei kann es sich beispielsweise um ein Speichermedium handeln, auf dem medizinische Daten der Person gespeichert sind, beispielsweise kann es sich um eine elektronische Gesundheitskarte handeln. Alternativ ist eine Speicherung auf dem Smartphone der Person möglich. Die Speicherung muss nicht direkt nach der digitalen Übermittlung erfolgen, sondern kann durch Download von einem Server, der z.B. über das Internet erreichbar ist, nachträglich erfolgen.

Bei den Institutionen kann es sich beispielsweise um Krankenhäuser, Krankenkassen oder öffentliche Institutionen wie Gesundheitsamt, Landes- oder Bundesministerien, statistische Ämter oder im Rahmen einer Umfrage, an die diese Umfrage durchführende Institution handeln.

Die Weiterleitung der Messergebnisse und/oder Empfehlungen an Dritte kann verschlüsselt oder unverschlüsselt erfolgen. In vorteilhafter Variante sind die Ergebnisse anonymisiert oder pseudonymisiert erfolgen.

Beispiele für Parameter und Körperstellen, die mit dem System gemessen werden können

In einer vorteilhaften Ausführung können beispielsweise in einem Messvorgang mit dem Messsystem einzelne oder mehrere der folgenden Parameter gemessen werden: Körperfett, Wasser, Blutzucker, Carotinoide. Jeweils in Gewebe und/oder Blut.

In einer weiteren technischen Ausführung ermöglicht die Erfindung gleichzeitig oder alternativ die Messung von Cortisol, Alpha-Linolensäure (Omega-3-Fettsäure), Arachidonsäure (Omega-6-Fettsäure), Linolsäure (Omega-6 Fettsäure), Riboflavin (Vitamin B2) und C-reaktives Protein.

In einer über die zuvor genannten Ausführungen hinausgehenden Ausführung ermöglicht die Erfindung gleichzeitig oder alternativ die Messung von Telomeren oder Advanced Glycation End Products (AGE). In einer weiteren bevorzugten Ausführung erkennt das System einen oder mehrere der folgenden Parameter: Entzündungen, lokale Entzündungen der Haut, Sonnenbrand, die Sonnenlichtempfindlichkeit der Haut, aufgetragenen Sonnenschutz und das antioxidative Schutzpotential der Haut. In einer weiteren vorteilhaften Ausführung kann das Messgerät zum Nachweis von Malaria genutzt werden, indem z.B. Plasmodien im Blut gemessen werden. Alternativ können die Erreger anderer Krankheiten oder Auswirkungen derselben erkannt werden. In vorteilhafter Variante wird nicht der Stoff oder die Krankheit direkt durch die optische Messung detektiert, sondern es wird eine sich auf die optischen Eigenschaften der Haut auswirkende mit der interessierenden Krankheit korrelierende Größe erfasst. Damit können Stoffe und Zustände detektiert werden, die nicht oder nur sehr ungenau direkt bestimmt werden können.

In besonders vorteilhafter Ausführung lassen sich mit dem Gerät zumindest zwei, vorzugsweise drei, besonders vorzugsweise vier oder mehr dieser Parameter bestimmen oder zumindest abschätzen. In besonders vorteilhafter Ausgestaltung gelingt es zumindest mehrere der Parameter in einer Messung zu bestimmen.

Die Messung von Parametern und/oder Substanzen, mit denen der physiologische Zustand einer Person eingeschätzt werden kann, erfolgt in vorteilhafter Weise transkutan und kann an unterschiedlichen Körperstellen erfolgen. In einer bevorzugten Variante erfolgt die Messung an Körperstellen, die normalerweise nicht durch Kleidung verdeckt sind. In einer weiteren bevorzugten Variante erfolgt die Messung an Körperstellen mit geringerer Pigmentierung. Beispielsweise kann dies die Innenseite der Hand im Bereich des Daumenballens sein oder die Fußsohle der zu messenden Person. Die Messung ist z.B. auch möglich am Handgelenk, im Bereich der Wange, des Arms, der Schenkel, am Po oder an allen anderen Körperstellen, die mit dem Sensor in Kontakt gebracht werden können. In vorteilhafter Variante erfolgt die Messung an Hautstellen mit geringer Behaarung. Beispielsweise an Hand, Fuß oder im Gesicht.

Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass in einer bevorzugten Ausführung beim Messen mit dem Gerät die zu messende Körperstelle für die Messung nicht durch Waschen, desinfizieren, vorwärmen, kühlen, trockenreiben, durch Abtragung verhornter oder toter Hautschicht oder durch Verdampfen der obersten Hautschicht, vorbehandelt werden muss, um korrekte und wiederholgenaue Messergebnisse zu erzeugen. Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass in einer weiteren bevorzugten Ausführung die zu messende Körperstelle im vorgenannten Sinn auf unterschiedliche Weise vorbehandelt werden kann, ohne dass die Genauigkeit der Messergebnisse davon beeinflusst wird und dass aus den Messergebnissen z.B. die Art der Vorbehandlung bestimmt werden kann. Eine vorteilhafte Methode zur Durchführung der Messung ist, dass die Messung nicht an Körperstellen stattfindet, an denen sich ein Tattoo und/oder eine Narbe und/oder eine Wunde und/oder eine Verletzung und/oder eine Talgdrüse und/oder eine Schweißdrüse und/oder ein Blutgefäß und/oder eine Verschmutzung und/oder Feuchtigkeit und/oder Schweiß und/oder Blut und/oder Haare und/oder Muttermale und/oder Altersflecken und/oder Falten und/oder Hautdellen und/oder Hautcreme und/oder Sonnencreme bzw. Sonnenmilch und/oder Hautlotion und/oder Parfüm befindet.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung konnte überraschenderweise festgestellt werden, dass die Messung zu exakten und wiederholgenauen Messergebnissen führt, auch wenn die Messung an Körperstellen stattfindet, an denen sich ein Teil eines Tattoos und/oder eine Narbe und/oder eine Wunde und/oder eine Verletzung und/oder eine Talgdrüse und/oder eine Schweißdrüse und/oder ein Blutgefäß und/oder eine Verschmutzung und/oder Feuchtigkeit

und/oder Schweiß und/oder Blut und/oder Haare und/oder Muttermale und/oder Altersflecken und/oder Falten und/oder Hautdellen und/oder Hautcreme und/oder Sonnencreme bzw. Sonnenmilch und/oder Hautlotion und/oder Parfüm befindet. Dies ist bei vorteilhafter Gestaltung des Sensors möglich, wie sie in den Ausführungsformen gezeigt ist. Ausführungsformen, die mehr Lichtwege auf einer größeren Fläche einsetzen sind dabei besonders vorteilhaft.

Überraschenderweise konnte in einer bevorzugten Ausführung festgestellt werden, dass bei Messungen an den vorgenannten Körperstellen exakte und wiederholgenaue Messergebnisse erzielt werden, aus denen z.B. die jeweilige Messstelle bestimmt werden kann.

Sensorik-Komponenten

In bevorzugter Weise verwendet ein optisches System, das verschiedene Parameter und/oder Substanzen und/oder physiologische Zustände des Individuums misst, als Sensorik-Komponenten Emitter (1) und Detektoren (2), die Photonen in Wellenlängenbereichen emittieren und detektieren, die auf die jeweiligen Parameter, Substanzen, physiologischen Zustände abgestimmt sind. In Abhängigkeit des Parameters, der Substanz, bzw. des physiologischen Zustands und/oder der Anzahl der Parameter, Substanzen bzw. physiologischen Zustände, die gemessen werden sollen, besitzen die Systeme eine unterschiedliche Anzahl von Emitter (1) und Detektoren (2). Sie decken zusammen Wellenlängenbereiche ab, die die Messung der Parameter und/oder Substanzen und/oder physiologischen Zustände möglich machen. Beispielsweise wird eine Wellenlänge genutzt, bei der die zu messende Substanz das Licht absorbiert und eine zweite Wellenlänge, bei der die Substanz das Licht nicht absorbiert. Durch Vergleich der Messergebnisse beider Wellenlängen kann auf die Substanzkonzentration geschlossen werden. Meist sind jedoch komplexere Anordnungen vorteilhaft. Also die Verwendung mehrerer Wellenlängen, an denen eine Substanz Licht absorbiert und die Verwendung mehrerer Wellenlängen, an denen die Substanz nicht oder weniger absorbiert. Dies erlaubt es eine Substanz sicherer zu detektieren und auch den Einfluss anderer Substanzen, die Licht absorbieren zu berücksichtigen. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft Lichtemitter mit unterschiedlicher Wellenlänge und/oder Lichtdetektoren mit unterschiedlicher Wellenlängenempfindlichkeit einzusetzen. In vorteilhafter Variante ist die Anordnung so ausgestaltet, dass es mehrere Lichtwege einer Wellenlänge gibt. Damit ist gemeint, dass es z.B. mehrere Emitter mit gleicher oder annähernd gleicher Wellenlänge gibt und/oder dass es mehrere Detektoren mit gleichem oder annähernd gleichem Detektions-Wellenlängenbereich gibt. Der Vorteil einer solchen Anordnung liegt darin, dass so Abweichungen, die einen Lichtweg betreffen, weil z.B. die Haut am Einstrahlungsort eine Besonderheit aufweist oder weil der Kontakt zur Haut nicht optimal war, erkannt und kompensiert werden können. Zur Verdeutlichung einer

einfachen Variante kann man sagen, dass mehrere, bezüglich Wellenlänge vergleichbare Messstrecken, für Lichtwege von einem Emitter zu einem Detektor verglichen werden. In einfacher vorteilhafter Variante können so Ausreißer in den Messwerten erkannt und aus der Auswertung ausgeschlossen werden, was das Gesamtmessergebnis genauer macht. Aus diesem Grund ist es Vorteilhaft mehrere Lichtemitter mit gleicher oder annähernd gleicher Wellenlänge und/oder Lichtdetektoren mit gleicher oder annähernd gleicher Wellenlängenempfindlichkeit einzusetzen. Anzumerken ist hier, dass der einfache direkte Vergleich der Messwerte mit gleicher Wellenlänge hier nur ein stark vereinfachtes Beispiel darstellt, an dem die Motivation z.B. Emitter gleicher Wellenlänge einzusetzen erläutert wird. Es sind anspruchsvollere und leistungsfähigere Datenverarbeitungsansätze möglich, die später erläutert werden.

Es wurde erläutert, dass es vorteilhaft ist sowohl Emitter und/oder Detektoren mit gleichen, als auch mit unterschiedlichen Wellenlängen einzusetzen. Im bereits bekannten Stand der Technik finden sich deswegen beispielsweise Anordnungen, in denen mehrere Gruppen Emitter verwendet werden, die die gleiche Farbe aufweisen. Beispielsweise existieren Anordnungen mit vier roten LEDs als Emitter und vier grünen LEDs als Emitter. In solchen Anordnungen gibt es zwar einen klaren unterschied in der Wellenlänge zwischen den beiden Gruppen Rot und Grün, aber innerhalb einer Gruppe wird versucht die emittierte Wellenlänge möglichst konstant zu halten, um eine direkte Vergleichbarkeit zwischen den Messsignalen zu gewährleisten, die unter Einsatz verschiedener gleichfarbiger Emitter gewonnen werden. In vorteilhafter erfindungsgemäßer Variante wird jedoch eine deutliche Verbesserung der Messgenauigkeit erreicht, indem die Emitter nicht so gewählt werden, dass sie exakt die gleiche Wellenlänge aufweisen. In vorteilhafter Variante sind die Emitter nur annähernd gleich und die Unterschiede zwischen den Emittern werden gezielt genutzt. Das bedeutet, dass das System als Sensorik-Komponenten z.B. Emitter und Detektoren umfasst, die in ihren technischen Eigenschaften gleich, annähernd-gleich und/oder nicht-gleich und/oder nicht annähernd-gleich sein können.

Bei den Emittern kann es sich z.B. um LED, Glühlampen oder generell um Komponenten handeln, die Photonen in annähernd-gleichen oder unterschiedlichen Wellenlängen abstrahlen.

Bei Detektoren kann es sich z.B. um Fotodioden, Fototransistoren oder andere lichtempfindliche Elektronikbauteile, insbesondere um Halbleiter oder generell um Komponenten handeln, die von Emittern ausgesendete bzw. abgestrahlte Photonen aufnehmen und z.B. in Signale umwandeln können, um Parameter, Substanzen und/oder physiologische Zustände des Individuums zu messen.

Annähernd-gleiche Sensorik-Komponenten

In einer vorteilhaften Variante umfasst das System Emittier, bei denen annähernd-gleiche-Emittier und/oder Emittier gleichen Typs im Vergleich zueinander Schwankungen in mind. einer ihrer optischen Eigenschaften aufweisen. Das gilt z.B. für optische Eigenschaften wie das emittierte Wellenlängenspektrum (niedrigste Wellenlänge bis höchste Wellenlänge), die Peakwellenlänge, die Schwerpunktwellenlänge, die Peak-Halbwertsbreite, die volle Halbwertsbreite (FWHM), die halbe Halbwertsbreite (HWHM), die Abstrahlcharakteristik, die Temperaturabhängigkeit, die Helligkeit (Leucht- und Strahldichte) und die Stromaufnahme. In einer vorteilhaften Variante umfasst das System Detektoren, bei denen annähernd-gleiche-Detektoren untereinander und/oder Detektoren gleichen Typs untereinander, Schwankungen in mind. einer ihrer optischen und/oder elektrischen Eigenschaften aufweisen. Das gilt z.B. für die Peakwellenlänge und Schwerpunktwellenlänge des Wellenlängenbereichs, in dem die Detektoren Photonen aufnehmen und den Verstärkungsfaktor, mit dem die aufgenommenen Photonen in elektrische Signale umgewandelt werden, die Signalantwort, die Responsivität, das Signal-Rausch-Verhältnis.

Unter Schwankungen annähernd-gleicher Sensorik-Komponenten, also Schwankungen von Emittieren oder Emittieren gleichen Typs und Schwankungen annähernd-gleicher-Detektoren oder Detektoren gleichen Typs, verstehen wir jeweils begrenzte Unterschiede in zumindest einer optischen und/oder elektrischen Eigenschaft der Emittier und Detektoren untereinander.

Damit unterschiedliche Werte einer technischen Eigenschaft als Schwankungen von annähernd-gleichen Sensorik-Komponenten bzw. Sensorik-Komponenten gleichen Typs gelten, müssen die jeweiligen Werte innerhalb der Grenzen eines definierten Intervalls liegen. Je nach technischer Eigenschaft können die Intervalle unterschiedlich sein. In einer bevorzugten Variante kann ein Sensor, bezogen auf eine Eigenschaft, z.B. die Peakwellenlänge der Sensorik-Komponenten, über mehrere Intervalle mit unterschiedlicher Intervalllänge verfügen. In einer bevorzugten Variante kann der Sensor eines Messgeräts nur über ein Intervall von annähernd-gleichen Emittieren und/oder ein Intervall annähernd-gleicher Detektoren verfügen.

In besonders vorteilhafter Variante ist die Verteilung der Werte der optischen und/oder elektrischen Eigenschaften annähernd-gleicher Sensorik-Komponenten bei in Serie produzierten Messgeräten nicht für jedes produzierte Messgerät gleich. Die Verteilung der Schwankung kann auf verschiedene Arten in das Messgerät eingebracht werden. Eine vorteilhafte Methode ist es Sensorik-Komponenten zu selektieren und bei der Bestückung des Messgeräts mit Emittieren und Detektoren gezielt jeweils einige Komponenten mit höheren und einige mit niedrigeren Werten der jeweiligen Eigenschaft einzusetzen. In alternativer Variante wird die Schwankung in den optischen Eigenschaften annähernd-gleicher Sensorik-Komponenten erzeugt, indem eine Menge Sensorik-Komponenten gebildet wird, in der der Wert der optischen und/oder elektrischen

Eigenschaft innerhalb eines gewählten Intervalls liegt. Bei der Bestückung des Messgeräts mit Emittlern und Detektoren kann eine zufällige Auswahl einer Komponente dieser Menge für jede Bestückungsposition erfolgen, sodass die Schwankung statistischer Natur ist. In vorteilhafter Variante ist diese statistische Methode kosteneffektiv und funktionell, wenn die Anzahl der annähernd gleichen Komponenten groß genug ist. Insbesondere, wenn mindestens 4 Komponenten einer Gruppe mit gleichen Eigenschaften angehören, bevorzugt jedoch mindestens 5, mindestens 6 oder besonders bevorzugt mindestens 8 Komponenten annähernd gleich sind.

Der Vorteil der Verwendung von annähernd-gleichen-Emittlern und/oder Detektoren, die in bestimmten Grenzen Schwankungen in mindestens einer Eigenschaft aufweisen, besteht darin, dass infolge der Schwankung mehr Informationen über den zu messenden Parameter und/oder die zu messende Substanz und/oder den zu messenden physiologischen Zustand gesammelt werden als bei einem Gerät, das diese Schwankungen bei gleichen-Emittlern oder Detektoren nicht aufweist. Aufgrund der auf diese Weise erzielten größeren Informationsbreite, erhöht sich die Messgenauigkeit des Messgeräts. Insbesondere vorteilhaft ist es, wenn die Abhängigkeit des optischen Signals vom variierenden Parameter hohe Aussagekraft über die zu detektierende Substanz besitzt. Dies ist beispielsweise bei Variationen der Peak Wellenlänge der Emitter vorteilhaft, da dadurch der wellenlängenabhängige Gradient der Absorption einer Substanz bestimmt werden kann. In vorteilhafter Variante kann dieser Gradient auch kompensiert werden, wenn er eine ergebnisverfälschende Wirkung erzeugen könnte. Dies ist besonders relevant, da es Substanzen gibt, die man gerne unterscheiden möchte, und die sich in ihrer Absorption nur in Bereichen unterscheiden, die starke Absorptionsgradienten aufweisen. Die Messung in Bereichen bei der sich die Absorption stark mit der Wellenlänge ändert ist mit den bekannten Verfahren jedoch oft nicht in gewünschter Genauigkeit möglich.

Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass es im Produktionsprozess möglich ist die höhere Messgenauigkeit auf alle produzierten Geräte zu übertragen, den Standardmessfehler der Geräte zu verringern und die Geräte so zu kalibrieren, dass beispielsweise beim Messen ein und derselben Person die Messergebnisse der Geräte weniger voneinander abweichen. Beispielsweise können dazu im Produktionsprozess Messungen an Prüfkörpern vorgenommen werden und die sich insgesamt aus der Schwankung annähernd-gleicher-Sensorik-Komponenten sich ergebende größere Datenmenge kann mit Hilfe von Algorithmen analysiert werden. Das Ergebnis sind z.B. gerätespezifische Algorithmen zur Bestimmung der Konzentration von Parametern, Substanzen bzw. von physiologischen Zuständen des Menschen. In vorteilhafter Variante wird unter gerätespezifischen Algorithmen verstanden, dass die Algorithmen mehrerer Geräte des gleichen Gerätetyps unterschiedlich sind. In alternativer Variante weisen die Algorithmen mehrerer Geräte

des gleichen Gerätetyps unterschiedliche Parameter für die verwendeten Algorithmen auf. In besonders vorteilhafter Variante handelt es sich dabei um mehr Parameter als die Korrektur des Nullpunkts des Ergebnisses und des Verstärkungsfaktors. In vorteilhafter Variante ist die Anzahl der verwerteten Parameter zumindest so groß, wie die Anzahl der Bauelemente in zumindest einer Gruppe von Bauelementen gleichen Typs.

Unter Algorithmen können dabei auch Methoden der künstlichen intelligent verstanden werden. Darüber hinaus ergeben sich Kostenvorteile, da bei Verwendung derartiger Sensorik-Komponenten geringere Anforderungen an die Herstellung der Emitter und Detektoren bzw. ihrer Selektion nach der Herstellung gestellt werden können.

Beschreibung der Intervalle von annähernd-gleichen-Sensorik-Komponenten

In Abhängigkeit von den zu messenden Substanzen bzw. den zu messenden physiologischen Zuständen, verfügen das Messgerät in vorteilhafter Variante über Emitter, die Photonen mit bestimmten Wellenlängen in die Haut einstrahlen können und Detektoren, die diese erfassen. Sobald für den Messbereich mehr als ein Emitter benötigt wird, um die Konzentration einer Substanz bzw. den physiologischen Zustand bestimmen zu können, lassen sich die Emitter und die für die Detektion der Photonen passenden Detektoren Wellenlängen-Intervallen zuordnen.

Im Rahmen dieser Patentschrift wird die Größe des Intervalls (Intervalllänge) als Wert zwischen der unteren und oberen Grenze des Intervalls bestimmt.

In einer bevorzugten Ausführung können einzelne Emitter oder Detektoren nur einem Intervall zugehörig sein. In einer ebenfalls bevorzugten Lösung dürfen sich die Grenzen der Intervalle nicht überdecken. In einer ebenfalls bevorzugten Lösung beträgt die Differenz zwischen der oberen Grenze eines Intervalls und der unteren Grenze eines anderen Intervalls bis zu 1 nm. In weiteren bevorzugten Varianten beträgt die Differenz bis zu 2nm, bis zu 5nm, bis zu 10nm, bis zu 20nm, bis zu 50nm, bis zu 100nm, bis zu 200nm, bis zu 500nm, bis zu 1000nm. In bevorzugter Ausführung beträgt die Differenz der oberen Grenze des Intervalls zur unteren Grenze jedes darüberliegenden Intervalls zumindest einen der angegebenen Werte.

In einer bevorzugten Lösung kann das Messgerät auch über Emitter oder Detektoren verfügen, die sich nicht einem Intervall zuordnen lassen. Diese Sensorik-Komponenten gelten als nicht-annähernd-gleiche Sensorik-Komponenten. In einer anderen bevorzugten Lösung kann das Messgerät über mehrere solcher Emitter oder Detektoren verfügen.

Der Wellenlängenbereich, den alle Intervalle mit annähernd-gleichen Sensorik-Komponenten eines Messgeräts zusammen abdecken, ist wie folgt definiert: Im Vergleich aller Intervalle eines Messgeräts untereinander ergibt sich der Wellenlängenbereich, den alle Intervalle zusammen

abdecken, aus der geringsten unteren Grenze und der höchsten obersten Grenze aller Intervalle. Die Figuren 14 und 14a zeigen entsprechende Beispiele.

In einer bevorzugten Ausführung beträgt diese Differenz zwischen dem geringsten untersten Wert und dem höchsten obersten Wert aller Intervalle maximal 10nm. In ebenfalls bevorzugten Ausführungen beträgt sie maximal 20nm, bis zu 50nm, bis zu 100nm, bis zu 200nm, bis zu 500nm, bis zu 1000nm, bis zu 1500nm oder bis zu 3000nm. In alternativer bevorzugter Ausführung beträgt der Wellenlängenbereich zwischen dem geringsten untersten und dem höchsten obersten Wert mindestens 50nm, bevorzugt mindestens 150nm und in weiterer bevorzugter Variante mindestens 400nm. In einer besonders bevorzugten Variante verteilen sich beispielsweise die Intervalle eines Messgeräts auf mindestens 2, bevorzugt mindestens 3 und alternativ bevorzugt alle Frequenzbereiche des blauen, grünen, roten, nahes Infraroten (NIR) Lichts.

Fig.14 zeigt dies beispielhaft für die technische Eigenschaft der Peakwellenlängen von Emittern. In einer bevorzugten Variante können die Intervalllängen der verschiedenen Intervalle einer technischen Eigenschaft identisch sein, wie am Beispiel der Peakwellenlänge von Emittern in Fig.14 gezeigt wird. Die Intervalllängen für die verschiedenen Intervall im blauen, grünen, roten und NIR-Bereich des Lichts betragen beispielsweise jeweils 10nm.

Beispielhafte Intervalle der Peakwellenlänge annähernd-gleicher-Emitter			
Frequenzbereich	Untere Intervallgrenze	Obere Intervallgrenze	Intervalllänge
Blau	460nm	470nm	10nm
Grün	530nm	540nm	10nm
Rot	650nm	660nm	10nm
NIR	850nm	860nm	10nm

In einer weiteren bevorzugten Variante gibt es Unterschiede in den Intervalllängen einer technischen Eigenschaft, wie dies beispielhaft für die Halbwertsbreite von Emittern gezeigt ist (vgl. Fig.14a).

Anmerkung: Unter den Wellenlängenintervallen, die von der Halbwertsbreite abgedeckt werden, wird hierbei nicht als die Halbwertsbreite eines einzelnen Emitters verstanden, sondern als das Intervall, innerhalb dem die Wellenlängen aller Emitter des Intervalls zu liegen kommen, die von dem jeweiligen Emitter mit mindestens 50% der Intensität seiner Peak-Wellenlänge emittiert werden.

Beispielhafte Wellenlängen Intervalle die von der Halbwertsbreiten annähernd-gleicher-Emitter abgedeckt werden
--

Frequenzbereich	Untere Intervallgrenze	Obere Intervallgrenze	Intervalllänge
Blau	454nm	476nm	22nm
Grün	520nm	547nm	27nm
Rot	640nm	668nm	28nm
NIR	840nm	870nm	30nm

In einer besonders bevorzugten Variante kann das Messgerät über Intervalle verfügen, deren Intervallgrenzen so ausgelegt sind, dass es über den gesamten Frequenzbereich, den beispielsweise die Emitter eines Messgeräts abdecken, keine Lücken zwischen den Intervallen gibt.

Die Fig. 14 und 14a macht am Beispiel der Emitter deutlich, dass durch Verwendung annähernd-gleicher-Sensorik-Komponenten, die jedoch innerhalb von Intervallgrenzen untereinander schwanken, mehr Informationen generiert wird, weil die Bandbreite des emittierten Lichts größer wird. Messgeräte, bei denen annähernd-gleiche Sensorkomponenten diese Schwankungen nicht aufweisen, haben zwangsweise eine geringere Bandbreite beim emittierten Licht. Die mit der Messung verbundene Breite an generierter Information ist folglich geringer.

Wie am Beispiel der Wellenlängenintervallen, die von der Halbwertsbreite abgedeckt werden, der Fig. 14a zu sehen ist, haben die Emitter eines Intervalls zwar alle die gleiche Halbwertsbreite, aber der Wellenlängenbereich, der mit der jeweiligen Halbwertsbreite abgedeckt wird, unterscheidet sich von Emitter zu Emitter. In Fig. 14a zeigt die gestrichelte Linie (1b) die Intensitätsgrenze der Halbwertsbreite. Sie gilt für alle Emitter der vier Intervalle. Im Intervall „grün“ überstreicht die Intervalllänge den Wellenlängenbereich von 520nm bis 547nm. Die Wellenlängenintervalle, die von der Halbwertsbreite der vier Emitter dieses Intervalls abgedeckt werden, decken zusammen allerdings einen Wellenlängenbereich ab, der kleiner ist als der Wellenlängenbereich, der durch die Länge des grünen Intervalls (10cg) bestimmt wird. Im Intervall „blau“ (10cb) ist das anders. Die Wellenlängenintervalle die von der Halbwertsbreite abgedeckt werden der sechs Emitter decken zusammen exakt das Intervall von 454nm bis 476nm ab, da die Halbwertsbreitenabdeckung des ersten Emitters bei 454 nm beginnt und die Halbwertsbreitenabdeckung des sechsten Emitters bei 476nm endet.

In einer vorteilhaften Ausführung wird über die Gestaltung der Intervalle für annähernd-gleiche Sensorkomponenten, deren technische Eigenschaft innerhalb eines Intervalls schwanken, Einfluss auf die Genauigkeit der Messung einer Substanz genommen. Dabei kommt folgendes Prinzip zur Anwendung: Je kleiner die Intervalllänge und je größer die Zahl der Sensorkomponenten in einem Intervall, je höher ist die spektrale Auflösung bei der Messung der Substanz oder eines physiologischen Zustands. In vielen Anwendungsfällen erlaubt dies eine genauere Bestimmung

der entsprechenden Konzentration. Besonders vorteilhaft ist jedoch die Methode, aus den unter Verwendung mehrerer in einem Intervall liegenden Emitter gewonnenen Messdaten auf die Steigung der Funktion gemessener Lichtintensität in Abhängigkeit von der Wellenlänge zu schließen. Vorteilhafterweise ist es dazu nicht nötig Emitter mit exakt vordefinierten Peakwellenlängen einzusetzen, sondern es reicht eine ausreichende Zahl von Emitttern, die sich in der Peak-Wellenlänge unterscheiden und deren Peak-Wellenlänge bekannt oder bestimmbar ist. Weiterhin können bekannte Informationen über die Probe eingehen. Z.B. wenn bekannt ist, dass die genannte Steigung im Wellenlängenintervall als nahezu gleichbleibend angesehen werden kann. Die beschriebene Methode kann auch auf andere Parameter angewendet werden. Insbesondere auf andere Wellenlängenmaße. Besonders vorteilhaft ist hierbei die Schwerpunktwellenlänge eines Emitters, die optional gewichtet sein kann, z.B. mit der wellenlängenabhängigen Empfindlichkeit des Detektors. In einer weiteren bevorzugten Lösung können einzelne Emitter oder Detektoren mehr als einem Intervall zugehörig sein.

In einer bevorzugten Lösung darf es Überschneidungen zwischen der oberen Grenze eines Intervalls und der unteren Grenze eines anderen Intervalls geben. In einer ebenfalls bevorzugten Variante darf die Überschneidung bis zu 2nm, bis zu 5nm, bis zu 10nm, bis zu 20nm, bis zu 50nm betragen. In einer bevorzugten Variante müssen die Überschneidungen für den jeweiligen Bereich nicht gleich sein, es kann Kombinationen von unterschiedlichen Überschneidungsbreiten geben. In einer weiteren bevorzugten Variante gibt es sowohl Lücken zwischen den Intervallen als auch direkt an ein Intervall anschließendes Intervall und Überschneidungen der Intervalle. Beispielhaft soll das anhand der Peakwellenlänge von Emitttern für den Wellenlängenbereich von 250nm bis 460nm gezeigt werden:

Ein Intervall mit einer Intervalllänge von 50nm deckt den Bereich von 250nm-300nm ab, ein direkt anschließendes Intervall mit einer Intervalllänge von 10nm deckt den Bereich von 301nm-311nm ab, ein weiteres Intervall mit einer Intervalllänge von 50nm deckt den Bereich von 320nm-370nm ab, ein überdeckendes Intervall mit einer Intervalllänge von 30nm deckt den Bereich von 360nm-390nm ab, ein weiteres Intervall mit einer Intervalllänge von 50nm deckt den Bereich von 410nm-460nm ab. In einer bevorzugten Ausführung beträgt der Wellenlängenbereich, den alle Intervalle annähernd-gleicher-Sensorik-Komponenten bei einer Eigenschaft zusammen abdecken maximal 50nm. In weiteren bevorzugten Varianten beträgt er maximal 100nm, bis zu 200nm, bis zu 400nm, bis 600nm, bis zu 800nm oder mehr als 800nm. In einer bevorzugten Ausführung beträgt der Wellenlängenbereich, den alle Intervalle annähernd-gleicher-Sensorik-Komponenten bei einer Eigenschaft zusammen abdecken mindestens 50nm. In weiteren bevorzugten Varianten beträgt er mindestens 100nm, bis zu 200nm, bis zu 400nm, bis 600nm, bis zu 800nm oder mehr als 800nm.

In einer weiteren bevorzugten Variante beginnt der Wellenlängenbereich, den alle Intervalle annähernd-gleicher-Sensorik-Komponenten bei einer Eigenschaft zusammen abdecken zwischen 200nm und 250nm. In weiteren bevorzugten Varianten beginnt er zwischen 250nm und 350nm, zwischen 350nm-450nm, zwischen 450nm-550nm, zwischen 550nm und 800nm oder zwischen 800nm und 1400nm.

In einer weiteren bevorzugten Variante endet der Wellenlängenbereich, den alle Intervalle annähernd-gleicher-Sensorik-Komponenten bei einer Eigenschaft zusammen abdecken unterhalb von 2000nm. In weiteren bevorzugten Varianten endet er zwischen 1500nm und 2000nm, zwischen 1000nm und 1500nm, zwischen 500 und 1000nm oder zwischen 200nm und 500nm.

Emitter

Für die Zuordnung von Emittlern zu einer Gruppe annähernd-gleicher-Emitter wird in vorteilhafter Variante für die Intervalllänge der Peakwellenlänge und/oder der Schwerpunktwellenlänge der Emitter eine Intervalllängen in folgenden Größenbereichen gewählt: 1nm bis 5nm, 2nm bis 20nm, 10nm bis 50nm, 20nm bis 150nm. In einer vorteilhaften Variante müssen sich in jedem Intervall mind. 2 Emitter befinden. In weiteren vorteilhaften Varianten müssen sich mind. 3, mind. 4, mind. 5, mind. 6, mind. 7, mind. 8, mind. 9, mind. 10 Emitter in einem Intervall befinden.

In einer bevorzugten Variante gibt es in einem Intervall mind. 2 Emitter, deren Peakwellenlänge und/oder Schwerpunktwellenlänge sich um mind. 0,5nm unterscheidet. In weiteren bevorzugten Ausführungen beträgt der Unterschied mind. 1nm, mind. 2nm, mind. 4nm, mind. 8nm, mind. 10nm. In einer alternativen vorteilhaften Variante tritt der oben beschriebene Unterschied in der Peakwellenlänge und/oder Schwerpunktwellenlänge der Emitter nur bei einem Teil der produzierten Messgeräte auf. Vorzugsweise bei mind. 1%, besonders bevorzugt bei mind. 10% und besonders bevorzugt bei mind. 90% der Messgeräte.

Für die Zuordnung von Emittlern zu einer Gruppe kann auch der von der Halbwertsbreite eines Emitters überstrichene Wellenlängenbereich genutzt werden. Ein Beispiel zeigt Fig.14d. In vorteilhafter Variante weist das Messgerät im vorgenannten Sinn bei mindestens einer Eigenschaft der Emitter innerhalb einer Gruppe annähernd-gleicher-Emitter eine Emitter Anzahl von mind. 2, bevorzugt mind. 3, bevorzugt mind. 4, bevorzugt mind. 5, bevorzugt mind. 6, bevorzugt mind. 7, bevorzugt mind. 8, bevorzugt mind. 9, bevorzugt mehr als 10 Emitter auf.

Fig.14e zeigt am Beispiel der Peakwellenlänge fünf Gruppen mit jeweils zwei Emittlern, ein Beispiel für 4 Emitter in einer Gruppe zeigt Fig.14b, ein Beispiel für 6 Emitter in einer Gruppe zeigt Fig.14 für die Intervalle Blau (10cb), Rot (10cr), NIR (10cir).

In bevorzugter Variante beinhaltet das Messgerät im vorgenannten Sinn bei mindestens einer Eigenschaft der Emitter einige Gruppen annähernd-gleicher-Emitter, die eine größere Anzahl von Emittlern haben, während andere Gruppen eine geringere Anzahl von Emittlern haben. Beispielsweise zeigt Fig. 14 drei Gruppen mit 6 annähernd-gleichen-Emittlern und eine Gruppe mit 4 annähernd-gleichen-Emittlern.

Für eine Eigenschaft der Emitter ist es vorteilhaft eine Gruppenanzahl von mindestens zwei besser jedoch drei, vier, fünf, sechs oder mehr als sechs Gruppen zu bilden, wobei jede Gruppe ein Intervall für die entsprechende Eigenschaft aufweist. In vorteilhafter Weise gibt es bei dem Messgerät bei mindestens einer Eigenschaft der Emitter mind. eine erste Gruppenanzahl annähernd-gleicher-Emitter aus der obigen Menge vorteilhafter Anzahlen, die mind. eine Emitter-Anzahl der oben angegebenen vorteilhaften Emitter- Anzahlen enthalten. Bezogen auf die Peakwellenlänge zeigt beispielsweise Fig. 14 drei Gruppen mit jeweils 6 Emittlern.

In vorteilhafter Weise gibt es bei dem Messgerät bei mindestens einer weiteren Eigenschaft der Emitter mind. eine weitere Gruppenanzahl aus der obigen Menge vorteilhafter Gruppenanzahlen, die mind. eine Emitter-Anzahl der oben angegebenen vorteilhaften Emitter-Anzahlen enthalten.

Besonders vorteilhaft gibt es bei dem Messgerät bei mindestens einer Eigenschaft der Emitter beispielsweise mind. 3 Gruppen annähernd-gleicher-Emitter mit mind. je 4 Emittlern. In vorteilhafter Variante ist bei mindestens einer Eigenschaft der Emitter zusätzlich mind. eine Gruppe annähernd-gleicher-Emitter mit mind. 5 Emittlern vorhanden. In weiterer vorteilhafter Variante gibt es bei mindestens einer Eigenschaft der Emitter mind. 4 Gruppen annähernd-gleicher-Emitter mit je mindestens 2 Emittlern. Ein Beispiel für eine solche Anordnung zeigt Fig. 14e. Der zuvor eingeführte Begriff „Gruppe bzw. Gruppen“ wird in entsprechendem Zusammenhang oft synonym zum Begriff „Intervall“ verwendet. Für ein Messgerät bezeichnen deshalb beispielsweise die Aussagen „Anzahl von Intervallen“ bzw. „Anzahl von Gruppen“ im entsprechenden Kontext den gleichen Tatbestand. In den Figuren wird jedoch immer der Begriff „Intervall“ verwendet, da so auch die untere und obere Intervallgrenze der Wellenlängenbereich bestimmt werden kann, in dem sich annähernd-gleiche-Emitter bzw. annähernd-gleiche-Detektoren befinden.

In bevorzugten Varianten gibt es bei einem Messgerät mind. 5, mind. 6, mind. 7, mind. 8, mind. 9, mind. 10 Intervalle mit annähernd-gleichen-Emittlern, wobei die Intervalle jeweils unterschiedliche Wellenlängenbereiche abdecken, die sich nicht überschneiden und die Intervalle jeweils mind. 2 annähernd-gleiche Emitter enthalten. In einer ebenfalls bevorzugten Variante gibt es auch ein Messgerät, das analog zum vorgenannten Messgerät, eine gleiche Anzahl von Intervallen mit annähernd-gleichen-Emittlern besitzt, bei dem sich aber mind. zwei Intervalle

überschneiden. In einer bevorzugten Variante decken die Emitter eines Intervalls nicht die gesamte Breite des Intervalls ab. Das heißt, bei Emittlern, die einem Intervall zugeordnet sind, streuen die Werte der Eigenschaft nicht so stark, bzw. unterscheiden sie sich die Werte nicht so stark, dass die volle Bandbreite des Intervalls erforderlich ist, damit diese Emitter dem Intervall zugeordnet werden können. Fig. 14b und 14e zeigen am Beispiel der Peakwellenlänge, dass die Emitter eines Intervalls nicht über die gesamte Intervalllänge verteilt sind.

In einer ebenfalls bevorzugten Variante gibt es bei einer optischen Eigenschaft der Emitter keine Lücken zwischen den Intervallen annähernd-gleicher-Emitter. In einer vorteilhaften Variante wird bei der Produktion eines erfindungsgemäßen Geräts das Verfahren angewendet, dass zumindest eine optische Eigenschaft zumindest eines Teils der Emitter gemessen wird. In alternativer vorteilhafter Variante kann auf die Messung bei der Produktion verzichtet werden, indem zumindest auf eine optische Eigenschaft der Emitter aus den Messwerten mehrerer vom Anwender durchgeführten Messungen geschlossen wird. Dies kann z.B. durch mathematische oder statistische Methoden oder KI-Algorithmen erfolgen.

In vorteilhafter Variante werden zahlreiche Produktstücke des erfindungsgemäßen Geräts produziert und in den Markt gebracht. Die in den Markt gebrachten Produktstücke werden zur Durchführung zahlreicher Messungen verwendet. Besonders vorteilhaft ist es eine große Zahl der Messwerte zu erfassen und in vorteilhafter Variante zu speichern, z.B. durch Übertragung der Messwerte auf einen oder mehrere externe Server, z.B. durch Nutzung einer Internetverbindung. In vorteilhafter Variante werden die so erfassten Messwerte beispielsweise genutzt, um zu Erkenntnissen über die Verbesserungsmöglichkeiten des Produkts zu gelangen. In alternativer vorteilhafter Variante kann die Genauigkeit der im Feld befindlichen Geräte entweder auf Basis ihrer individuellen Messwerte oder auf Basis statistischer Werte aller Geräte oder durch eine Kombination beider verbessert werden.

In vorteilhafter Ausgestaltung ist das Gerät so gestaltet, dass die optischen Rohdaten einzeln erfasst werden können. In besonders bevorzugter Ausgestaltung können die einzeln erfassten Daten gespeichert werden. Denn dies erlaubt die nachträgliche Optimierung des Gerätes durch die oben genannten Verfahren, auch wenn diese beispielsweise zum Zeitpunkt der Markteinführung noch nicht genutzt werden. In diesem Zusammenhang wird unter optischen Rohdaten eine Information verstanden, aus der auf die Eigenschaften einzelner Emitter zurückgeschlossen werden kann. In besonders vorteilhafter Variante wird also Information gespeichert, die bei Aktivierung nur jeweils eines der Emitter von einem oder mehreren Detektoren erfasst wird.

In vorteilhafter Weise wird also insbesondere nicht nur Information erfasst, bei der mehrere in räumlicher Nähe zueinander befindliche Emitter eines Intervalls mit annähernd-gleichen optischen

Eigenschaften gleichzeitig aktiviert sind und deswegen nicht auf optische Eigenschaften der einzelnen Emitter zurückgeschlossen werden kann. In vorteilhafter Variante wird dabei nur ein Emitter der Messvorrichtung aktiviert. In alternativer vorteilhafter Variante werden mehrere Emitter gleichzeitig aktiviert, wobei die Emitter so gewählt sind, dass bei alleinig aktiviertem erstem Emitter der Messwert an einem ersten Detektor um weniger als 50%, bevorzugt weniger als 20%, alternativ bevorzugt weniger als 8% und in bestem Falle weniger als 2% ansteigt, wenn die Emitter aktiviert werden, die gleichzeitig aktiviert werden sollen.

Annähernd-gleiche-Detektoren

Für die Zuordnung von Detektoren zu einer Gruppe annähernd-gleicher-Detektoren wird beispielsweise ihre Empfindlichkeit gewählt. Die Empfindlichkeit im interessierenden Spektralbereich ist ein wichtiges Kriterium bei der Auswahl von Detektoren. Damit ist in diesem Dokument die Fähigkeit eines Detektors gemeint einfallende Photonen bei einer bestimmten Wellenlänge mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit zu detektieren. Um Detektoren miteinander vergleichen zu können, wird die max. Empfindlichkeit von Detektoren auf 1 normiert. Die sich daraus ergebende Skala von 0,0 bis 1,0 wird als relative Empfindlichkeit bezeichnet. In einer bevorzugten Variante sollten sich innerhalb eines Intervalls die relativen Empfindlichkeiten von 2 annähernd-gleichen-Detektor bei gleicher Wellenlänge, z.B. der Peakwellenlänge, um nicht mehr als 0,02 unterscheiden. In ebenfalls bevorzugten Varianten sollten sich innerhalb eines Intervalls die relativen Empfindlichkeiten von 2 annähernd-gleichen-Detektor bei gleicher Wellenlänge, z.B. der Peakwellenlänge, um nicht mehr als bis zu 0,04, 0,0, 0,15, 0,2, 0,4, 0,8 unterscheiden. In einer weiteren bevorzugten Variante sollten sich innerhalb eines Intervalls die relativen Empfindlichkeiten von 3 annähernd-gleichen-Detektoren bei gleicher Wellenlänge, z.B. der Peakwellenlänge, um nicht mehr als bis zu 0,04, 0,06, 0,08, 0,1, 0,15, 0,2, 0,4, 0,8 unterscheiden. Hinsichtlich relativer Empfindlichkeitsunterschiede befinden sich in vorteilhafter Variante in jedem Intervall annähernd-gleicher-Detektoren beispielsweise mind. 2 Detektoren. In weiteren vorteilhaften Varianten befinden sich mind. 3, mind. 4, mind. 5, mind. 6, mind. 7, mind. 8, mind. 9, mind. 10 Detektoren in einem Intervall.

Für die Zuordnung von Detektoren zu einer Gruppe annähernd-gleicher-Detektoren wird beispielsweise die Peakwellenlänge und/oder Schwerpunktwellenlänge des Wellenlängenbereich gewählt, in dem Detektoren die Photonen von Emittern aufnehmen. Im Hinblick auf die Peakwellenlänge und/oder Schwerpunktwellenlänge haben Intervalle mit annähernd-gleichen-Detektoren in vorteilhafter Weise beispielsweise mindestens folgende Intervalllängen: 5nm, 10nm, 20nm, 50nm, 100nm, 300nm. Hinsichtlich der Peakwellenlänge haben annähernd-gleiche

Detektoren in vorteilhafter Weise Intervalle mit beispielsweise höchstens folgenden Intervalllängen: 10nm, 20nm, 50nm, 100nm, 200nm, 350nm.

In einer vorteilhaften Variante befinden sich hinsichtlich der Peakwellenlänge in jedem Intervall annähernd-gleicher-Detektoren beispielsweise mind. 2 Detektoren. In weiteren vorteilhaften Varianten befinden sich mind. 3, mind. 4, mind. 5, mind. 6, mind. 7, mind. 8, mind. 9, mind. 10 Detektoren in einem Intervall. In einer bevorzugten Variante gibt es in einem Intervall annähernd-gleicher-Detektoren mind. 2 Detektoren, deren Peakwellenlänge sich um mindestens 0,5nm unterscheidet. In weiteren bevorzugten Ausführungen beträgt der Unterschied mindestens 1nm, mindestens 2nm, mindestens 4nm, mindestens 8nm, mindestens 10nm, mindestens 50nm, mindestens 100nm, oder mindestens 200nm. In einer alternativen vorteilhaften Variante tritt der oben beschriebene Unterschied in der Peakwellenlänge und/oder Schwerpunktwellenlänge der Detektoren nur bei einem Teil der produzierten Messgeräte auf. Vorzugsweise bei mind. 1%, besonders bevorzugt bei bis zu 10% und besonders bevorzugt bei bis zu 90% der Messgeräte.

Für die Zuordnung von Detektoren zu einer Gruppe annähernd-gleicher-Detektoren kann beispielsweise auch die Stromstärke (in mA) genutzt werden, die der Detektor als Folge detektierter Photonen (in mW/cm²) abgibt. Detektoren gelten als annähernd-gleiche Detektoren, wenn die von ihnen abgegebene Stromstärke bei einer bestimmten Wellenlänge innerhalb eines gemeinsamen Intervalls liegt. Fig.15 zeigt ein entsprechendes Beispiel. In einer bevorzugten Variante wird als Intervalllänge (10) eine Spanne für die abgegebene Stromstärke (in mA) definiert, die sich bei der Detektion von Photonen bei 10mW/cm² ergibt. Im Beispiel liegt die untere Grenze des Intervalls (10a) z.B. bei 0,2mA und die obere Grenze (10b) z.B. bei 10mA. Die Intervalllänge (10) bei 10mW/cm² beträgt dann 9,8mA. Damit ein Detektor als annähernd-gleich gilt, muss seine abgegebene Stromstärke bei einer bestimmten Wellenlänge und einer Empfangsleistung von 10mW/cm² zwischen 0,2mA und 10mA liegen. Die Empfangsleistung der Detektoren ist auf der X-Achse als logarithmischer Wert und die abgegebene Stromstärke als logarithmischer Wert auf der Y-Achse aufgetragen. Wie die Figur zeigt, liegen die drei Detektoren innerhalb der Intervallgrenzen. Detektor 2.1 liefert bei 10mW Empfangsleistung 0,6mA, Detektor 2.2 liefert 3mA und Detektor 2.3 liefert 7,5mA jeweils bei gleicher Wellenlänge.

Bezogen auf die abgegebene Stromstärke bei einer bestimmten Wellenlänge beträgt in bevorzugten Varianten die Intervalllänge (10) z.B. zwischen 0,1mA und 1mA, zwischen 1mA und 2mA, zwischen 2mA und 5mA, zwischen 5mA und 7,5mA, zwischen 7,5mA und 10mA, zwischen 10mA und 20mA, zwischen 20mA und 50mA, zwischen 50mA und 100mA. Bezogen auf die abgegebene Stromstärke bei einer bestimmten Wellenlänge befinden sich in bevorzugten Varianten in einem Intervall annähernd-gleicher Detektoren mind. 2 Detektoren, mind. 3

Detektoren, mind. 4 Detektoren, mind. 5 Detektoren, mind. 6 Detektoren, mind. 7 Detektoren, mind. 8 Detektoren, mind. 9 Detektoren, mind. 10 Detektoren, zwischen 10 und 20 Detektoren oder mehr als 20 Detektoren. In einer bevorzugten Variante liegen bei einer bestimmten Wellenlänge die Unterschiede in der abgegebenen Stromstärke von 2 annähernd-gleichen Detektoren eines gemeinsamen Intervalls beim bis zum 2-fachen, beim bis zum 4-fachen, beim bis zum 8-fachen, beim bis zum 12-fachen, beim bis zum 16-fachen, beim bis zum 20-fachen, beim bis zum 30-fachen, beim bis zu 50-fachen oder beim bis zum 100-fachen,

Ein Beispiel zeigt Fig.15a. Die abgegebene Stromstärke von Detektor 2.2 liegt bei 3mA und beträgt somit das 5-fache der abgegebenen Stromstärke von Detektor 2.1, die 0,6mA beträgt. Die höchst Umwandlung von Empfangsleistung zu Stromstärke hat Detektor 2.3. Er liefert 7,5mA. Die abgegebene Stromstärke bei gleicher Empfangsleistung und Wellenlängen ist damit 2,5-fach höher als die von Detektor 2.2 und 12,5-fach höher als die von Detektor 2.1. Damit wird deutlich, dass es sich bei den 3 Detektoren um annähernd-gleiche Detektoren handelt, da sowohl die Intervalllänge als auch die Umwandlung von Empfangsleistung in abgegebene Stromstärke innerhalb der zuvor definierten Limits für annähernd-gleiche Detektoren liegen. In einer bevorzugten Variante gibt es in einem Intervall annähernd-gleicher-Detektoren mind. 2 Detektoren, deren Umwandlung von aufgenommener Leistung in mW/m^2 zu Stromstärke in mA sich um bis max. zu 10% unterscheiden. In weiteren bevorzugten Ausführungen beträgt der Unterschied max. bis zu 20%, max. bis zu 50%, max. bis zu 100%, max. bis zu 200%, max. bis zu 500%, max. bis zu 1000%. Fig.15 zeigt ein Intervall, bei dem sich die Umwandlungsfaktoren der enthaltenen 3 Detektoren um bis zu 500% unterscheiden.

Die in voranstehendem vorteilhaften Beispiel verwendeten Detektoren besitzen integrierte Verstärker. In alternativer Variante sind Detektoren ohne Verstärkung verwendet. Diese erzeugen einen geringeren Stromfluss bei gleicher Lichteinstrahlung. Für eine alternative Variante ohne Verstärkung sind deswegen absolute Ströme zu erwarten, die einen Faktor 10 oder einen Faktor 100 oder einen anderen Faktor geringer sind. Die Zusammenhänge gelten aber sonst entsprechend. In einer alternativen vorteilhaften Variante tritt der oben beschriebene Unterschied im Umwandlungsfaktor der Detektoren nur bei einem Teil der produzierten Messgeräte auf. Vorzugsweise bei mind. 1%, besonders bevorzugt bei mind. 10% und besonders bevorzugt bei mind. 90% der Messgeräte.

Im Folgenden werden Varianten besprochen, bei denen von vorteilhaften Eigenschaften des Messgerätes gesprochen wird. Bei diesen Varianten können im System aber auch mehrere Messgeräte eingesetzt sein. In diesem Fall ist mit „das Messgerät“ jeweils eines oder auch mehrere der eingesetzten Messgeräte gemeint. In vorteilhafter Variante weist das Messgerät im

vorgenannten Sinn bei mindestens einer Eigenschaft der Detektoren mindestens eine Gruppe annähernd-gleicher-Detektoren auf. In bevorzugter Variante weist das Messgerät eine Gruppenanzahl von mind. 2, mind.4, mind.8, mind. 16 oder mehr solcher Gruppen auf.

In bevorzugter Variante beinhaltet das Messgerät im vorgenannten Sinn bei mindestens einer Eigenschaft der Detektoren einige Gruppen annähernd-gleicher-Detektoren, die eine größere Anzahl von Detektoren haben, während andere Gruppen eine geringere Anzahl von Detektoren haben. In vorteilhafter Weise gibt es bei dem Messgerät bei mindestens einer Eigenschaft der Detektoren mind. eine erste Gruppenanzahl annähernd-gleicher-Detektoren aus der obigen Menge vorteilhafter Gruppenanzahlen, die mind. eine Detektoren-Anzahl der oben angegebenen vorteilhaften Detektoren-Anzahlen enthalten. In vorteilhafter Weise gibt es bei dem Messgerät bei mindestens einer Eigenschaft der Detektoren mind. eine weitere Gruppenanzahl aus der obigen Menge vorteilhafter Gruppenanzahlen, die mind. eine Detektoren-Anzahl der oben angegebenen vorteilhaften Detektoren-Anzahlen enthalten. Besonders vorteilhaft gibt es bei dem Messgerät, bei mindestens einer Eigenschaft der Detektoren, beispielsweise mind. 3 Gruppen annähernd-gleicher-Detektoren mit mind. je 4 Detektoren. In vorteilhafter Variante ist bei mindestens einer Eigenschaft der Detektoren zusätzlich mind. eine Gruppe annähernd-gleicher- Detektoren mit mind. 5 Detektoren vorhanden. In weiterer vorteilhafter Variante gibt es bei mindestens einer Eigenschaft der Detektoren zusätzlich mind. 4 Gruppen annähernd-gleicher-Detektoren mit je 2 Detektoren. In einer bevorzugten Variante decken die Detektoren eines Intervalls nicht die gesamte Breite des Intervalls ab. Das heißt, bei Detektoren, die einem Intervall zugeordnet sind, streuen die Werte der Eigenschaft nicht so stark, bzw. unterscheiden sie sich die Werte nicht so stark, dass die volle Bandbreite des Intervalls erforderlich ist, damit diese Detektoren dem Intervall zuordnen werden können. Fig.15 zeigt ein Beispiel mit drei Detektoren deren Umwandlungsfaktoren oberhalb der unteren Grenze des Intervalls und unterhalb der oberen Grenze des Intervalls liegen. In einer stärker bevorzugten Variante decken die Detektoren eines Intervalls die gesamte Breite des Intervalls ab. Das heißt, bei Detektoren, die einem Intervall zugeordnet sind, streuen die Werte der Eigenschaft so, bzw. unterscheiden sie sich die Werte so stark, dass die volle Bandbreite des Intervalls erforderlich ist, damit alle Detektoren dem Intervall zuordnen werden können. In einer bevorzugten Variante besitzt das Messgerät insgesamt mind. 2 Detektoren. In weiter bevorzugten Varianten besitzt das Messgerät beispielsweise mindestens 4, bis zu 8, bis 16, bis zu 20 oder mehr als 20 Detektoren.

Begriffserläuterung der Begriffe „Sensorik-Komponenten mit annähernd-gleichen-Eigenschaften“ und „Sensorikkomponenten mit nicht-annähernd-gleichen-Eigenschaften“

Unter Sensorikkomponenten werden Komponenten des Messgeräts oder Sensors verstanden. Insbesondere sind Emmitter und Detektoren Komponenten des Sensors. Das hier beanspruchte Messgerät zur Messung von Substanzen oder Parametern zur Bestimmung physiologischer Zustände des Menschen kann in einer bevorzugten Ausführung neben den zuvor als gleich beschriebenen Sensorik-Komponenten auch Sensorik-Komponenten enthalten, die sich bei mind. einer technischen Eigenschaft von diesen annähernd-gleichen-Sensorik-Komponenten unterscheiden. Sensorik-Komponenten gelten als nicht-annähernd-gleiche Sensorik-Komponenten, wenn der Wert einer technischen Eigenschaft nicht innerhalb der Intervalllänge eines Intervalls von annähernd-gleichen-Sensorik-Komponenten liegt, sondern beispielsweise außerhalb des Intervalls, beispielsweise in einer Intervall-Lücke. Ein Beispiel für einen nicht-annähernd-gleichen Emmitter in einer Lücke von Intervallen annähernd-gleicher-Emitter zeigt Fig. 14c, bei der der nicht-annähernd-gleiche Emmitter eine Peakwellenlänge von 580nm hat.

Das hier beanspruchte Messgerät besitzt beispielsweise in bevorzugter Variante bei mind. einer Eigenschaft sowohl annähernd-gleiche-Sensorik-Komponenten als auch Sensorik Komponenten, die sich im vorgenannten Sinn von den annähernd-gleichen-Sensorik-Komponenten bei mind. einer Eigenschaft unterscheiden. Beispiele dafür sind anhand der Peakwellenlänge und Halbwertsbreiten von Emmitern in den Figuren 14c und 14d gezeigt. Fig. 14c zeigt einen einzelnen nicht-annähernd-gleichen Emmitter zwischen zwei Intervallen von annähernd-gleichen-Emittern und Fig. 14d zeigt zwei einzelne nicht-annähernd-gleiche Emmitter, zwischen denen sich ein Intervall mit annähernd-gleichen-Emittern befindet. In einer weiteren bevorzugten Variante besitzt das Messgerät im vorgenannten Sinn beispielsweise bei mind. einer Eigenschaft nur annähernd-gleiche-Emitter und annähernd-gleiche-Detektoren. In einer weiteren bevorzugten Variante besitzt das Messgerät im vorgenannten Sinn beispielsweise bei mind. einer Eigenschaft annähernd-gleiche-Emitter und nicht-annähernd-gleiche Detektoren, bzw. annähernd-gleiche-Detektoren und nicht-annähernd-gleiche Emmitter. Ein Beispiel für die Kombination von annähernd-gleichen Emittern und nicht-annähernd-gleichen Detektoren zeigt die Fig. 16a.

In Fig. 16a sind zwei nicht-annähernd-gleiche Detektoren (2.4 und 2.5) zu sehen, die sich hinsichtlich ihrer Peakwellenlänge (2b) unterscheiden. Die Peakwellenlängen der beiden Detektoren sind als gepunktete Linien bei 580nm und 940nm eingezeichnet. Eingezeichnet als gestrichelte Flächen sind in Fig. 16a die 4 Intervalle für die Halbwertsbreiten (1b) annähernd-gleicher Emmitter, wie sie in Fig. 14a gezeigt sind. Der Vorteile aus dieser Kombination ist deutlich zu erkennen. Die relative Empfindlichkeit, mit der die Photonen der annähernd-gleichen Emmitter detektiert werden, ist für alle Emmitter hoch, da sich die Wellenlängenbereiche für das Absorbieren von Photonen so breit sind, dass sie sich trotz unterschiedlicher Peakwellenlängen (2b) der beiden

Detektoren (2.4 und 2.5) trotzdem noch überschneiden. Die Photonen des 1. Intervalls der annähernd-gleichen Emitter werden mit einer relativen Empfindlichkeit von mind. 0,72 detektiert, die Photonen des zweiten Intervalls mit mind. 0,9, die Photonen des dritten Intervalls mit 0,7 und die Photonen des vierten Intervalls mit mind. 0,98. In einer weiteren bevorzugten Variante besitzt das Messgerät im vorgenannten Sinn beispielsweise bei mind. einer Eigenschaft annähernd-gleiche-Emitter und annähernd-gleiche-Detektoren und/oder bei einer weiteren Eigenschaft annähernd-gleiche-Emitter und/oder nicht-annähernd-gleiche Detektoren und/oder bei der weiteren Eigenschaft nicht-annähernd-gleiche Emitter und annähernd-gleiche-Detektoren.

Dem Fachmann ist aus der Beschreibung klar, dass sich im vorgenannten Sinne aus der Kombination von annähernd-gleichen- und nicht-annähernd-gleichen Sensorik-Komponenten beispielsweise hinsichtlich der Anzahl der jeweiligen Eigenschaften, der Intervalllänge für annähernd-gleiche-Sensorik-Komponenten, der Kombination von Intervallen zur Abdeckung eines Bereichs oder des kompletten Wellenlängenbereichs von UV bis Infrarot, eine Vielzahl von Varianten ergeben, die annähernd-gleiche- und/oder nicht-annähernd-gleiche Sensorik-Komponenten besitzen und die für den jeweiligen Anwendungsfall die Messgenauigkeit und/oder Wiederholgenauigkeit und/oder Vergleichbarkeit der Ergebnisse beim Messen von Parametern und/oder Substanzen und/oder physiologischen Zuständen des Menschen verbessern.

In einer bevorzugten Variante werden für eine bestimmte Breite des Wellenlängenbereichs bzw. den gesamten Wellenlängenbereich von UV bis Infrarot im oben genannten Sinn die Intervalle annähernd-gleicher- Emitter und die Intervalle annähernd-gleicher-Detektoren miteinander kombiniert. In einer bevorzugten Ausführung verfügt das Messgerät hinsichtlich der Summe aus Emitter und Detektoren über insgesamt bis zu 6 und in einer weiteren bevorzugten Variante über in Summe insgesamt bis zu 9 Emitter und Detektoren, die im vorgenannten Sinn entweder als annähernd-gleiche-Sensorik-Komponenten gelten und/oder sich in mind. einer technischen Eigenschaft von den als gleich geltenden Sensorik-Komponenten unterscheiden. In anderen bevorzugten Ausführungsvarianten verfügt das Messgerät im vorgenannten Sinn über eine Summe aus Emittlern und Detektoren von 10 bis 16, 17 bis 30, 31 bis 50, 51 bis 70, 71 bis 100 oder bei über 100. In den vorgenannten Ausführungsvarianten werden Emitter, die mehrere Wellenlängen emittieren können als so viele Emitter gezählt, wie sie Wellenlängen emittieren. Z.B. RGB-Emitter werden als 3 Emitter gezählt. Im Vorgenannten bedeutet „Summe von Emittlern und Detektoren“, dass bei Addition der Anzahl von Emittlern mit der Anzahl der Detektoren der Summenwert beider Komponenten zusammen z.B. 10 beträgt. Es ist also ausdrücklich nicht gemeint, dass die Summe der Emitter die Anzahl 10 ergibt und die Summe der Anzahl der Detektoren ebenfalls 10 beträgt.

Welche Ausführungsform zu bevorzugen ist kann auch vom gewählten Einsatzzweck abhängen. Beispielsweise können Geräte so ausgelegt sein, dass sie eine größere Menge an Funktionen oder eine höhere Genauigkeit aufweisen und deswegen etwas höhere Preise erzielen. In solchen Geräten sind vorteilhafterweise mehr Komponenten integriert. Andere Geräte sollen ggf. möglichst klein, stromsparend oder möglichst kostengünstig ausgelegt sein. In solchen Fällen können Varianten mit einer geringeren Anzahl Emitter und Detektoren vorteilhaft sein.

In vorteilhafter Ausgestaltung ist die Anzahl der Emitter größer als die Anzahl der Detektoren. Durch diesen Ansatz lässt sich in vorteilhaften Varianten bei gleichem technischem Aufwand eine bessere Messqualität erreichen. Vorteilhafterweise ist die Anzahl der Emitter mindestens doppelt so groß, wie die Anzahl der Detektoren. In alternativer vorteilhafterer Ausgestaltung ist die Emitteranzahl mindestens 3-mal so groß, wie die der Detektoren. In alternativer vorteilhafterer Ausgestaltung ist die Emitteranzahl mindestens 4-mal so groß, wie die der Detektoren.

In einer vorteilhaften Variante sind zumindest einige Detektoren so ausgelegt, dass sie für mehrere Wellenlängenintervalle von Gruppen annähernd-gleicher Emitter empfindlich sind. Eine vorteilhafte Variante weist eine Emitteranzahl innerhalb der Wellenlängenintervalle für die die genannten Detektoren empfindlich sind auf, die größer ist, als die Hälfte der Zahl an Wellenlängenintervallen der Emitter multipliziert mit der Anzahl der für diese Wellenlängenintervalle empfindlichen Detektoren. In alternativer vorteilhafter Variante ist die Anzahl Emitter zumindest gleich der Zahl an Wellenlängenintervallen der Emitter multipliziert mit der Anzahl der für diese Wellenlängenintervalle empfindlichen Detektoren. In alternativer vorteilhafter Variante ist die Anzahl Emitter zumindest gleich der doppelten oder dreifachen Zahl an Wellenlängenintervallen der Emitter multipliziert mit der Anzahl der für diese Wellenlängenintervalle empfindlichen Detektoren. Welches Verhältnis zwischen Emitter und Detektoranzahl optimal ist hängt unter anderem von den Raumverhältnissen und dem technischen Aufwand ab, der zwischen Emittlern und Detektoren besteht. In einer vorteilhaften Variante einer Ausgestaltung ist der technische Aufwand eines Emitters geringer als der eines Detektors.

Es ist in vielen Fällen vorteilhaft, wenn die Anzahl der Emitter die Anzahl der Detektoren nicht zu sehr übersteigt. In vorteilhafter Ausgestaltung ist die Anzahl der Detektoren kleiner als die Anzahl der Emitter geteilt durch 20. In alternativer vorteilhafter Ausgestaltung ist die Detektorenanzahl kleiner als die Anzahl der Emitter geteilt durch 10. In alternativer vorteilhafter Ausgestaltung ist die Detektorenanzahl kleiner als die Anzahl der Emitter geteilt durch 7. In alternativer vorteilhafter Ausgestaltung ist die Detektorenanzahl kleiner als die Anzahl der Emitter geteilt durch 5. In alternativer vorteilhafter Ausgestaltung ist die Detektorenanzahl kleiner als die Anzahl der Emitter geteilt durch 4. In alternativer vorteilhafter Ausgestaltung ist die

Detektorenanzahl kleiner als die Anzahl der Emitter geteilt durch 3. In einer vorteilhaften Variante ist zumindest eine Teilgruppe annähernd-gleicher Detektoren so ausgelegt, dass sie für mehrere Wellenlängenintervalle von Gruppen annähernd-gleicher Emitter empfindlich sind. In vorteilhafter Ausgestaltung ist die Zahl der Emitter, die in einem Wellenlängenintervall liegen, für welches der Detektor empfindlich ist kleiner, als die Anzahl der Detektoren dieser Teilgruppe multipliziert mit der Anzahl der Wellenlängenintervalle, für die Detektoren der Teilgruppe empfindlich sind. In alternativer vorteilhafter Variante ist die Zahl der Emitter, die in einem Wellenlängenintervall liegen, für welches der Detektor empfindlich ist kleiner, als die doppelte Anzahl der Detektoren dieser Teilgruppe multipliziert mit der Anzahl der Wellenlängenintervalle, für die Detektoren der Teilgruppe empfindlich sind. Die oben angegebenen Regeln zur Begrenzung der Anzahl an Emittlern bieten insbesondere Vorteile bei Geräten, die nur eine begrenzte Größe aufweisen dürfen, weil diese Wearables oder handliche portable Geräte sein sollen. Die in diesem Text angegebenen Regeln zur Begrenzung der Anzahl an Emittlern bieten insbesondere Vorteile bei Geräten, die nur eine begrenzte Größe aufweisen dürfen, weil diese an Messstellen begrenzter Größe angewendet werden sollen. Beispiele für Messstellen können sein: Finger, Hand, Handballen, Handfläche, Handrücken, Handgelenk, Arm, Gesicht, Wange, Ohr, Ohr läppchen, Stirn, Auge, Brust, Fuß, Fußsohle, Po, Bein. Die oben angegebenen Regeln zur Begrenzung der Anzahl an Emittlern bieten vor allem Vorteile für Geräte, die nur begrenzte Kosten ausweisen sollen. Insbesondere für Geräte, die zur Verwendung durch Endkunden oder Konsumenten vorgesehen sind. In vorteilhafter Ausführung nutzt das hier beschriebene System, die in den Patenten EP 3013217; EP 3175783; US 10,416,079; US 11,08,5876, US 11,662,309 und den Anmeldungen US 18/203,359, EP 4005469A1 beschriebene MSRRS Messtechnik, um mit Hilfe der Sensorik Komponenten den physiologischen Zustand des Individuums durch Messung verschiedener Parameter und/oder Substanzen, abzuschätzen.

In einer vorteilhaften Ausführung erfolgt die Bestimmung der Stoffkonzentrationen transkutan in unterschiedlichen Tiefen der menschlichen Haut bis hinein ins Blut. Wobei inhomogen verteilte Substanzen und homogen verteilte Substanz detektiert werden. In vorteilhafter Ausführung kann dabei die Konzentration einer Substanz sowohl im Blut einer Person als auch in anderen Teilen des Gewebes z.B. in der Gewebeflüssigkeit, ermittelt werden. In vorteilhafter Ausgestaltung lässt sich aus den Konzentrationsmesswerten einer Substanz im Blut und in anderen Teilen des Gewebes ein Rückschluss auf die Veränderung der Konzentrationen schließen.

In vorteilhafter Variante können Substanzkonzentrationen in Abhängigkeit der Tiefe, also dem Abstand zur Hautoberfläche ermittelt werden. In vorteilhafter Variante können aus Unterschieden der Stoffkonzentration in Abhängigkeit der Tiefe Rückschlüsse auf die Dynamik der

Konzentrationswerte oder auf das Verhalten der Person gezogen werden. In vorteilhafter Variante können z.B. Zeitpunkte und Auswirkungen einzelner Mahlzeiten erfasst werden und der Nutzer kann dazu Feedback erhalten. In alternativer Variante kann die Auswirkung sportlicher oder körperlicher Betätigung oder die Auswirkung eines Aufenthalts in Sonnenlicht oder anderer Bestrahlung ermittelt werden.

Annähernd gleiche Eigenschaften von Emitter-Detektor Paaren

In einer bevorzugten Ausprägung werden nicht nur Gruppen technischer Eigenschaften von Emittlern oder Detektoren gebildet. Es ist auch vorteilhaft bestimmte Eigenschaften, die sich nur im Paar zwischen Emitter und Detektoren definieren lassen, so zu wählen, dass Gruppen annähernd gleicher Paare entstehen. In besonders bevorzugter Variante werden Emitter-Detektor Paare gebildet, die einen annähernd gleichen Abstand aufweisen. In vorteilhafter Variante werden Emitter-Detektor Paare gebildet, die im Zusammenwirken der Emissionscharakteristik des Emitters mit der Detektionscharakteristik des Detektors eine annähernd gleiche Wellenlängencharakteristik aufweisen. In vorteilhafter Variante werden Emitter-Detektor Paare gebildet, die im Zusammenwirken der Emissionsrichtcharakteristik des Emitters mit der Detektionsrichtcharakteristik des Detektors eine annähernd gleiche durchschnittliche Photoneneindringtiefe in eine Probe aufweisen. Bevorzugt wird dazu eine durchschnittliche Probe oder eine Referenzprobe genutzt. Die zu annähernd gleichen Emittlern und annähernd gleichen Detektoren beschriebenen vorteilhaften Varianten und Ausgestaltungen können auf annähernd gleiche Emitter-Detektor Paare übertragen werden und stellen dann vorteilhafte Ausgestaltungen dar. In Fig. 13 ist ein Emitter Detektor Abstand (1c) gezeigt. In vorteilhafter Variante weist eine Gruppe an annähernd gleichen Emitter Detektor Abständen Intervalle auf, die im Bereich zwischen 1mm und 3mm, oder zwischen 2mm und 4,5mm, oder zwischen 4mm und 6mm, oder zwischen 5mm und 10mm, oder zwischen 8mm und 18mm liegen. In vorteilhafter Ausgestaltung gibt es eine zweite Gruppe an annähernd gleichen Emitter Detektor Abständen, die in einem zweiten der oben genannten Bereiche liegt. In besonders bevorzugter Variante gibt es eine dritte und/oder eine vierte Gruppe an annähernd gleichen Emitter Detektor Abständen, die in einem zweiten der oben genannten Bereiche.

Messablauf

In einer bevorzugten Ausführung werden zur Messung von Parametern oder Substanzen oder physiologischen Zuständen eines Individuums die Emitter des Messgeräts jeweils einzeln und in einer bestimmten Reihenfolge nacheinander angeschaltet. Die Reihenfolge kann variieren. In einer

ebenfalls bevorzugten Ausführung werden zur Messung von Parametern oder Substanzen oder physiologischen Zuständen eines Individuums von den Emittern des Messgeräts jeweils immer zwei Emitter gleichzeitig angeschaltet. Die Reihenfolge, welche zwei Emitter zuerst und welche anschließend angeschaltet werden, kann variieren. Analog zum Vorangegangenen werden in ebenfalls bevorzugten Ausführungen jeweils drei Emitter, jeweils vier Emitter oder jeweils 5 Emitter gleichzeitig angeschaltet. Die Reihenfolge welche drei, vier oder fünf Emitter jeweils zuerst und welche drei, vier, oder fünf Emitter danach angeschaltet werden, kann variieren.

In einer bevorzugten Ausführung handelt es sich, bei den zwei, drei, vier oder 5 Emittern, die jeweils zusammen angeschaltet werden, um jeweils annähernd-gleiche-Emitter, die sich beispielsweise in ihrer Peakwellenlänge oder Schwerpunktwellenlänge unterscheiden aber einem Intervall angehören. In einer weiteren bevorzugten Variante gehören die jeweils zwei, drei, vier oder 5 Emittern jeweils mehr als einem Intervall an. In einer weiteren bevorzugten Ausführung handelt es sich bei den oben beschriebenen Varianten um jeweils nicht-annähernd-gleiche Emitter. Die Verteilung der Emitter über den Wellenlängenbereich von Ultraviolett bis Infrarot ist so gestaltet, dass in einer bevorzugten Variante die Unterschiede in der Peakwellenlänge oder Schwerpunktwellenlänge beispielsweise mehr als 50nm betragen. In weiteren bevorzugten Varianten betragen die Unterschiede beispielsweise mehr als 75nm, mehr als 100nm, mehr als 150nm oder mehr als 200nm. In bevorzugter Ausführung können die beschriebenen Methoden zur Aktivierung der Emitter kombiniert werden. In vorteilhafter Variante ergibt sich eine Aktivierungssequenz, in der es Zeitpunkte gibt, in denen nur ein Emitter aktiviert ist und es Zeitpunkte gibt, in denen mehrere Emitter aktiviert sind.

In vorteilhafter Variante sind in der Aktivierungssequenz Zeitpunkte vorhanden, in denen kein Emitter aktiviert ist. Solche Zeitpunkte erlauben es den Einfluss von Lichtquellen zu erfassen, die nicht zu den Emittern gehören. Ein Beispiel ist Sonnenlicht. In bevorzugter Variante werden bei Emittern mit einer Wellenlänge, die von der zu messenden Probe stark absorbiert werden und deswegen nicht weit durch die Probe laufen mehrere Emitter gleichzeitig aktiviert. In vorteilhafter Variante werden beim Messen menschlicher Haut mehrere Emitter im Wellenlängenbereich kleiner 575nm gleichzeitig aktiviert. In vorteilhafter Variante haben gleichzeitig aktivierte Emitter im Wellenlängenbereich kleiner 575nm einen Abstand auf einer gemeinsamen Ebene bezogen auf den jeweiligen Mittelpunkt der Emitter von mehr als 5, oder alternativ mehr als 7 oder alternativ mehr als 9 oder alternativ mehr als 11 Millimeter. In bevorzugter Variante werden Emitter mit einer Wellenlänge, die über 600nm liegt, bei der Messung menschlichen Gewebes zumindest zu einem Zeitpunkt der Messequenz einzeln aktiviert. In bevorzugter Variante werden mehrere Emitter gleichzeitig aktiviert. Dadurch ist es möglich die am Detektor messbare Lichtintensität im

Vergleich zur sequentiellen Aktivierung einzelner Emitter zu erhöhen, so dass der Detektor in einen Arbeitsbereich kommt, in dem er genauer arbeitet. In vorteilhafter Variante werden mehrere Emitter aktiviert, die zu einem Detektor einen nahezu gleichen Abstand haben. In vorteilhafter Variante werden zusätzlich weitere Emitter aktiviert, die einen größeren Abstand haben als die vorgenannten Emitter. Durch den größeren Abstand üben diese Emitter keinen störenden Einfluss auf die Messung aus. In vorteilhafter Variante ist es möglich eine Anordnung zu wählen, so dass die in diesem Abschnitt beschriebenen vorteilhaften Situationen auch für einen zweiten Detektor oder in vorteilhafter Variante sogar für 3, 4 oder noch mehr Detektoren gelten.

Beschreibung Messgerät - Verteilung der Sensor-Komponenten

In bevorzugter Ausführung besitzt das Messgerät eine Sensorfläche, die bei der Messung verschiedener Parameter und/oder Substanzen und/oder physiologischer Zustände des Menschen einen direkten Kontakt mit der äußeren Schicht der Haut aufweist. In einer bevorzugten Ausführung besteht dieser Hautkontakt nicht durchgängig während der gesamten Messdauer. In einer alternativen bevorzugten Ausführung besteht dieser Hautkontakt während der gesamten Messdauer. In einer weiteren bevorzugten Ausführung wechseln sich Kontakt und Nichtkontakt während einer Messung ab. In bevorzugter Variante wird dem Nutzer signalisiert wann er den Kontakt herstellen oder unterbrechen soll. In einer weiter bevorzugten Variante hat nur ein Teil der Sensorfläche während der gesamten Messdauer fortwährend Kontakt mit der äußeren Schicht der Haut. In einer weiter bevorzugten Variante hat ein Teil der Sensorfläche während der gesamten Messdauer nicht fortwährenden Kontakt mit der äußeren Schicht der Haut.

Unter Sensorflächenelement wird ein dreidimensionales Bauteil (3) mit einer bestimmten Stärke verstanden, welches eine Oberfläche aufweist, die eine Kontaktfläche zur Probe hat. Das Material des Sensorflächenelements kann transparent, weniger transparent, transluzent, streuend oder abhängig vom Wellenlängenbereich absorbierend sein. Das Sensorflächenelement kann aus einem oder mehreren einzelnen Bauteilen bestehen, die in einer bevorzugten Variante eine Einheit bilden können. Teile des Sensorflächenelements können aus intransparentem Material bestehen. In vorteilhafter Ausgestaltung weist das Sensorflächenelement ausreichend transparente Materialien auf, so dass das Licht jedes für die Messung verwendeten Emitters in die Probe eindringen kann. In vorteilhafter Ausgestaltung weist das Sensorflächenelement ausreichend transparente Materialien auf, so dass das jeder für die Messung von Licht welches die Probe durchlaufen hat verwendete Detektor, von aus der Probe austretendem Licht erreicht werden kann. In vorteilhafter Variante weist das Sensorflächenelement ausreichend intransparente Materialien auf, so dass Licht durch die zu messende Probe laufen muss, um von einem ausgewählten Emitter zu einem

ausgewählten Detektor zu gelangen. In vorteilhafter Ausgestaltung gilt der voranstehende Satz für über 50% der möglichen Paarungen von Emittlern und Detektoren, noch vorteilhafter für über 80%. In vorteilhafter Variante existieren jedoch Paarungen von Emittlern und Detektoren, bei denen das Licht nicht durch die Probe laufen muss, um vom Emitter zum Detektor zu gelangen.

Wenn an einigen Stellen dieses Dokuments vom dreidimensionalen Sensorflächenelement oder nur von Sensorflächenelement gesprochen wird, dann handelt es sich immer um das zuvor beschriebene Bauteil. In einer bevorzugten Ausführung besitzt dieses dreidimensionale Bauteil in Richtung der Seite des Hautkontakts eine Wölbung. In einer stärker bevorzugten Ausführung ist die Wölbung konkav, in einer weiteren bevorzugten Ausführung ist die Wölbung konvex. Figuren 2 und 2a zeigen ein Beispiel für eine konvexe Wölbung des dreidimensionalen Bauteils der Sensorfläche (3), die Figuren 3 und 3a zeigen Beispiele für eine konkave Wölbung des dreidimensionalen Bauteils der Sensorfläche. In einer weiteren bevorzugten Ausführung besitzt das dreidimensionale Bauteil konkave und konvexe Wölbungen, die einander aber nicht gegenüber liegen. Bezogen auf die zweidimensionale Ausdehnung (3a) des Sensorflächenelements (3), dargestellt in Fig. 1a, wird diese Größe von der Anordnung und/oder Platzierung der Emitter und Detektoren bestimmt. In einer bevorzugten Ausführung wird die Größe und Form der zweidimensionalen Ausdehnung des Sensorflächenelements, von der Fläche bestimmt, die die Emitter und Detektoren zusammen als Bauteile beanspruchen, wenn sie z.B. auf einer gemeinsamen Leiterplatte (PCB) des Messgeräts angebracht sind bzw. sich auf einer gemeinsamen Ebene befinden (3b). Fig. 1a zeigt an einem Beispiel die Unterschiede der zweidimensionalen Ausdehnung des Sensorflächenelements (3a) zur zweidimensionalen Ausdehnung der Fläche, die Emitter und Detektor auf einer gemeinsamen Ebene (z.B. PCB) haben (3b). In einer bevorzugten Variante ist die Leiterplatte bzw. die gemeinsame Ebene auf der Emitter und/oder Detektoren montiert sind für Photonen unpassierbar, bzw. nahezu unpassierbar. In einer ebenfalls bevorzugten Variante kann die Leiterplatte bzw. die gemeinsame Ebene komplett oder teilweise z.B. elektrisch beheizt oder gekühlt werden, z.B. dadurch, dass die Platine Heizschlangen oder Kühlschlangen besitzt. Alternativ kann dies durch Peltierelemente erreicht werden. In bevorzugter Ausführung ist die Leiterplatte für Licht undurchlässig gestaltet, indem das Licht durch Metallschichten, vorzugsweise aus Kupfer, Gold oder Lot, abgeschirmt wird. In alternativer Form wird die Leiterplatte undurchsichtig gemacht, indem intransparenter Lötstopplack oder intransparente Bedruckung verwendet wird. In alternativer Variante ist das Basismaterial der Leiterplatte intransparent. In besonders vorteilhafter Variante werden die obigen Methoden kombiniert, so dass zum Teil metallische Flächen vorhanden sind und dort wo aus Isolationsgründen keine metallischen Flächen sein können werden die anderen Methoden genutzt. In vorteilhafter

Ausgestaltung ist die Oberfläche der Leiterplatte schwarz. In alternativer vorteilhafter Ausgestaltung ist die Oberfläche der Leiterplatte weiß, z.B. um die Lichtausbeute zu erhöhen.

In weiteren bevorzugten Varianten ist die zweidimensionale Ausdehnung des Sensoroberflächenelements (3a) um bis zu 5% größer, um bis zu 15% größer, um bis zu 30% größer, um bis zu 100% größer, um bis zu 200% größer, um bis zu 400% größer oder um bis zu 800% größer als die Fläche (3b), die die Emitter und Detektoren als Bauteile beanspruchen, wenn sie z.B. auf einer gemeinsamen Leiterplatte (6) (PCB) angebracht sind. In einer bevorzugten Variante ist das dreidimensionale Sensorflächenelement so gestaltet, dass Emitter und Detektoren bei der Messung nicht im direkten Kontakt mit der Haut stehen. Das wird in einer bevorzugten Ausführung dadurch erreicht, dass das dreidimensionale Sensorflächenelement durchgehende Öffnungen (3.2) im Bereich der Emitter und Detektoren hat. Die Form dieser Öffnungen kann unterschiedlich sein. In einer bevorzugten Variante sind die Öffnungen rechteckig, in weiteren bevorzugten Varianten sind sie quadratisch oder rund oder haben als quadratische bzw. rechteckige Öffnung abgeschrägt Ecken oder bestehen aus einem Mix aus den vorgenannten Öffnungen. Die Figuren 4 und 4a zeigen Beispiele für die geometrischen Formen der Öffnung (3.2) sowie die Abschrägung einer Öffnung in Schnitt und Draufsicht. Öffnungen für Licht können auch mit transparenten Elementen verschlossen ausgeführt sein.

In einer bevorzugten Variante ist das dreidimensionale Sensorflächenelement (3) so gestaltet, dass das Emittieren und Detektieren von Photonen durch das dreidimensionale Bauteil hindurch erfolgen kann. Das Volumen kann transparent sein, so dass Photonen nahezu ungehindert und ohne merkliche Streuung das Volumen passieren können. In einer bevorzugten Ausführung ist dieses Volumen weniger transparent bzw. diffus und Photonen werden durch das Material des Volumens so gestreut, dass sie beim Verlassen des Volumens in nahezu alle möglichen Raumrichtung, d.h. ohne Vorzugsrichtung in die Haut eindringen. Dies kann z.B. durch Streukörper erreicht werden, die Bestandteil des Volumens sind oder in dieses bewusst eingebracht werden. Dem Fachmann sind aber auch andere Methoden zur Beeinflussung der Bewegungsrichtung der Photonen bekannt (siehe z.B. Patent EP 3175783B1 oder EP 3013217B1).

In einer anderen bevorzugten Ausgestaltung wird das Material für das Sensorflächenelement so gewählt, dass nur Photonen bestimmter Wellenlängenbereiche dieses Material passieren können. Es kann ein Material gewählt werden, welches für verschiedene Wellenlängen unterschiedliche Absorptions- und/oder Streueigenschaften besitzt. In einer anderen bevorzugten Ausgestaltung werden die Photonen beim Passieren des Volumens durch die Gestaltung und die Materialwahl gebündelt, sodass sie beim Verlassen des Volumens z.B. in einer oder mehreren Vorzugsrichtungen in die äußere Schicht der Haut eintreten. Das Material kann beispielsweise

entsprechend linsenförmig gestaltet sein. Alternative Möglichkeiten der Beeinflussung der Richtung der emittierten Photonen liegen z.B. in der Verwendung von spiegelnden Flächen, Prismen, optischen Gittern, gekrümmten Oberflächen insbesondere an Übergängen zwischen Materialien verschiedener optischer Dichte. Weitere Möglichkeiten bestehen darin die Bewegungsrichtung von Photonen durch Verwendung von Material, welches nicht transparent ist einzuschränken. Dies kann in vorteilhafter Ausgestaltung auch durch mehrere nicht transparente Materialien erfolgen. Insbesondere ist auch eine Anordnung möglich, in der nicht nur ein, sondern mehrere Wege für Photonen existieren, um von ihrem Entstehungsort bis zur Probe zu gelangen. Beispielsweise, indem aus einer Anordnung, die möglicherweise aus mehreren transparenten Elementen und möglicherweise mehreren nicht transparenten Elementen besteht, mehrere Kanäle für die Photonen entstehen. Die transparenten Elemente und die nicht transparenten Elemente sind in vorteilhafter Variante dabei so verbunden, dass sie einen strukturierten Festkörper ergeben. In vorteilhafter Variante können dabei strukturierte Materialien eingesetzt werden, wie sie von Sichtschutzfolien für Laptopbildschirme bekannt sind, die den Betrachtungswinkel einschränken. Aber auch Materialien und Anordnungen, wie sie von Lichtfelddisplays bekannt sind können verwendet werden. In einer stärker bevorzugten Ausführung enthält das dreidimensionale Sensorflächenelement (3) dreidimensionale Bauteile (5), deren Material so gewählt ist, dass es für Photonen unpassierbar oder zumindest nahezu unpassierbar ist. Fig.5 und Fig.5a zeigen solche Bauteile (5) in Schnitt und Draufsicht. Es wird außerdem gezeigt, dass die Bauteile (5) auch Abschrägungen haben können. Auch andere Formgebungen sind möglich. Die einzelnen Bauteile (5) können zu einem monolithischen, zusammenhängenden Bauteil (5b) verbunden sein, wie in Fig.9b dargestellt ist. Als Material für die Bauteile kommen z.B. Metalle, Aluminium, Keramiken, Gläser oder Kunststoffe in Frage. In ebenfalls bevorzugter Weise können diese Bauteile in allen Ausführungen des Messgeräts vorhanden sein. In Fig. 1a, 4a, 5a, 6a sind Anordnungen gezeigt, in denen Emitter und Detektoren in einer regelmäßigen rechteckigen Anordnung angeordnet sind. Es sind allerdings auch andere Anordnungen möglich. Diese können regelmäßig oder unregelmäßig sein. Eine vorteilhafte Anordnung positioniert Emitter und/oder Detektoren auf einer oder mehreren Kreisbahnen. In einer bevorzugten Ausführung sind die Dicke und Platzierung der unpassierbaren, bzw. nahezu unpassierbaren Teile so gewählt, dass sie die unter dem Sensorflächenelement befindlichen Emitter und Detektoren räumlich so voneinander trennen, dass emittierte Photonen die Detektoren nicht innerhalb des Messgeräts erreichen können. Die Figuren 6, 7 und 8 zeigen Beispiele, wie die Emitter und Detektoren durch die Bauteile (5) voneinander separiert sind. Die räumliche Trennung von Emitter und Detektor kann in einer bevorzugten Ausführung so gestaltet sein, dass im Zusammenhang mit dem dreidimensionalen

Sensorflächenelement in sich umschlossene Räume entstehen, die in ihrer geometrischen Grundform runden, rechteckigen oder quadratischen Volumina entsprechen, die wie zuvor beschrieben, abgeschrägte Ecken oder Kanten haben können. In alternativer Ausführungsform können die Volumina zusätzliche Ausbuchtungen enthalten oder eine andere Form, auch eine unregelmäßige, aufweisen. Die Fig.5 zeigt den Verbund von Bauteil (3) mit Bauteil (5), der zu komplett umschlossenen Räumen führt, in denen sich Emittter (1) und Detektoren (2) befinden. Dabei können Hohlräumen (8) über den jeweiligen Sensorik Bauteilen entstehen, die beispielsweise mit Luft gefüllt sind. Dabei ist in einer bevorzugten Ausführung die Breite der für Photonen unpassierbaren Teile (5) größer als die Breite der transparenten Teile des Sensorflächenelements (3). Die in Folge des Breitenunterschieds sich ergebende Stufe zwischen beiden Körpern, kann sich in einer bevorzugten Ausführung auf der Seite der Sensorfläche befinden, die beim Messen der Haut zugewandt ist. Fig.6b zeigt ein entsprechendes Beispiel. In einer weiteren Ausführung kann sich die Stufe auf der Unterseite befinden. Damit ist die Seite des dreidimensionalen Bauteils (3) gemeint, die nicht der Haut zugewandt ist. Die Stufe kann eine vorteilhafte formschlüssige Kraftübertragung gewährleisten und so beim Auflegen der Probe auf die transparenten Teile auftretende Kräfte auf die nicht transparenten Teile ableiten. In dieser Variante können z.B. die transparenten Teile des Sensorflächenelements (3) und die für Photonen unpassierbaren Bauteile (5) eine glatte oder nahezu glatte Oberfläche auf der hautzugewandten Seite bilden. Die Fig.5 zeigt ein entsprechendes Beispiel.

In einer bevorzugten Variante bilden die transparenten Teile des Sensorflächenelements (3) und die für Photonen unpassierbaren Bauteile (5) eine formschlüssige Einheit, die die Stabilität dieser Einheit verbessern. In bevorzugter Variante zu Figur 6 sind die transparenten Sensorflächenelemente (3) und nicht transparenten Elemente (5) so gestaltet, dass sie zueinander keine Ecken bzw. Kanten auf der der Haut zugewandten Seite bilden. So ist die Oberfläche leichter zu reinigen. In vorteilhafter Variante wird durch eine solche Anordnung erreicht, dass die Haut bei normalem Andruck nicht in direkten Kontakt mit den transparenten Elementen (3) kommt. Dadurch wird die Verschmutzung und Abnutzung der Oberflächen der transparenten Elemente (3) reduziert. In einer vorteilhaften Variante ist die Anordnung so gestaltet, dass z.B. bei Auflegen der Hand auf den Sensor die Andruckkraft der Haut auf den Sensor bei dem für den Messvorgang vorgesehenen Andruck entweder im Wesentlichen oder ausschließlich auf den Bereich, der nicht transparenten Elemente 5 wirkt. Dadurch ergibt sich in dem Kontaktbereich zwischen Haut und Anordnung ein höherer Andruck, der den Anteil des Lichts reduziert, der nicht in die Probe eingedrungen ist. Damit können Lichtanteile, die z.B. entlang einer Hautfalte vom Emittter zum Detektor gelangt sind, ohne in die Haut einzudringen, reduziert werden.

In einer vorteilhaften Variante ist die Anordnung so gestaltet, dass die Haut bei normalem Andruck nicht in direkten Kontakt mit dem transparenten Sensorflächenelementen (3) kommt. Dadurch ergibt sich eine definierte Kontaktsituation oder Kontaktart zwischen Haut und Oberfläche der transparenten Elemente (3). Der Einfluss der Kontaktart kann dadurch deutlich reduziert werden, was zu genaueren Ergebnissen führt. Unter Kontaktart ist dabei zu verstehen, ob die Haut in direktem Kontakt zur transparenten Oberfläche steht, oder ob diese durch eine dünne Flüssigkeitsschicht, die z.B. aus Wasser oder Schweiß oder Fett oder einer Mischung dieser Substanzen bestehen kann. Eine weitere Kontaktart ist das Vorhandensein einer dünnen Luftschicht. Durch die Oberflächenstruktur der Haut kommt es oft auch zu Mischformen der Kontakte, die z.B. in den Rillen und Falten der Haut eine andere Kontaktart aufweisen als auf den anderen Hautbereichen. Da unterschiedliche Kontaktarten insbesondere im Bereich der transparenten Elemente (3) einen signifikanten optischen Einfluss haben, der die Messung stören kann, ist durch die genannte Formgebung der Messanordnung eine genauere Messung möglich, da die Störeinflüsse durch die Kontaktart reduziert werden. In vorteilhafter Variante kommt die Haut bei einem Andruck der stärker ist als der für die Messung vorgesehene Andruck mit den Oberflächen der transparenten Elemente (3) in Kontakt. Dies kann an den optischen Messdaten erkannt werden und der Nutzer erhält ein Feedback, dass er einen zu starken Druck auf die Sensorfläche ausübt.

In alternativer vorteilhafter Variante wird der Andruck über die optisch gemessene Menge Blut im Gewebe abgeschätzt. In vorteilhafter Alternative können beide Methoden kombiniert werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführung ist die Dicke der für Photonen unpassierbaren Teile (5) so groß, dass sich auf der Haut zugewandten Seite und der Haut abgewandten Seite jeweils eine Stufe (3.3) gegenüber dem dreidimensionalen Volumen der Sensorfläche (3) ergibt. In Fig.6 sind die beiden Stufen zu erkennen. In Abhängigkeit der Stärke von (3) kann dabei wieder ein Hohlraum (8) über den Sensorik-Komponenten entstehen, der beispielsweise mit Luft gefüllt ist. Die sich ergebenden umschlossenen Räume können in einer bevorzugten Variante jeweils einen Emitter oder einen Detektor enthalten. In einer weiteren bevorzugten Variante befinden sich jeweils mehr als ein Emitter und/oder jeweils mehr als ein Detektor in einzelnen oder in mehreren oder in allen der Räume. Fig.7 zeigt ein Beispiel für zwei Emittier (1) und zwei Detektoren (2) in jeweils einem gemeinsamen Raum, der aus den Bauteilen (5) und dem Sensorflächenelement (3) gebildet wird. In einer vorteilhaften Sichtweise wird ein RGB-Emitter oder ein anderer Emitter, der in mehreren Wellenlängenbereichen Photonen emittieren kann, nicht als ein Emitter, sondern als mehrere Emittier betrachtet. Figuren 7 und 7a zeigen ein Beispiel für jeweils 2 Emittier bzw. 2 Detektoren in einem umschlossenen Raum. In einem umschlossenen Raum können mehrere

Emitter und oder mehrere Detektoren angeordnet sein. Die umschlossenen Räume können einzelne oder mehrere Öffnungen (3.2) im Sensorflächenelement (3) haben. Fig.7 zeigt ein Beispiel für eine Öffnung (3.2) im Sensorflächenelement.

Unter einem umschlossenen Raum kann in vorteilhafter Variante auch ein Raumbereich verstanden werden, der von nicht transparentem Material oder Haut umschlossen ist. Ein solcher Raumbereich kann für die Sensorauslegung von Bedeutung sein, da Photonen diesen nur verlassen bzw. in diesen eintreten können, wenn sie dabei die Haut durchqueren. Da dies für ein Messgerät, welches optische Eigenschaften der Haut vermisst ein wichtiger Aspekt ist, werden Emmitter und/oder Detektoren vorteilhafterweise in solchen umschlossenen Räumen angeordnet. Fig.9b zeigt eine Variante, bei der die Bauteile (5) zu einer Einheit (5b) verbunden sind, die keine transparenten Teile des Sensorflächenelements (3) besitzen. Es ergeben sich in Bauteil (5b) deshalb dreidimensionale Öffnungen (3.2). Die Einheit mit den dreidimensionalen Öffnungen (3.2) kann nachträglich auf die Leiterplatte (6) aufgebracht werden. Der Vorteil einer solchen Lösung besteht darin, dass keine Lichtverluste z.B. in Folge der Absorption durch das transparente Sensorflächenelemente entstehen. In einer bevorzugten Ausführung kann die Einheit (5b) aber auch Teil des Gehäuses des Messgeräts sein. In vorteilhafter Variante wird die Leiterplatte (6) in das Gehäuse eingelegt und mit der Einheit (5) oder (5b) so verbunden, dass Photonen nicht von einem von Leiterplatte (6) und Bauteil (5) und der aufgelegten Haut (4) umschlossenen Raum in der anderen wandern können, ohne durch die Haut zu laufen. Der Vorteil dieser Lösung besteht darin, das Gehäuse und Sensorflächenelement in einem Fertigungsschritt hergestellt werden können, was die Fertigungskosten senkt. Fig.8 zeigt, dass beispielsweise die Öffnungen (3.2) aus Fig.9b auch in einem zweiten Arbeitsschritt mit transparentem Material des dreidimensionalen Sensorflächenelements (3) gefüllt oder vergossen werden können, sodass die Sensorik-Komponenten von diesem Material umschlossen sind und eine ebene, homogene Oberfläche in Richtung Haut (4) entsteht. Infolge der Oberflächenspannung des Vergussmaterials können die Oberflächen der vergossenen Öffnungen beispielsweise konkav gekrümmt sein. Andere Krümmungen oder Welligkeit der Oberflächen sind auch möglich.

Es ist anzumerken, dass das Sensorflächenelement auch aus einem oder mehreren transparenten Elementen (3) und einem oder mehreren nicht transparenten Elementen bestehen kann. Ebenso können die nicht transparenten Elemente (5) getrennte oder ein verbundenes Element sein. Dies macht die sprachlich korrekte Nutzung von Einzahl und Mehrzahl in der Beschreibung schwierig. Die Benutzung der Einzahl soll daher im Zusammenhang mit dieser Beschreibung nicht als einschränkend gesehen werden. Für den Fachmann ist klar, dass die erfindungsgemäße Funktion in der Regel auch durch mehrere Elemente erbracht werden kann. Umgekehrt gilt, dass bei der

Verwendung der Mehrzahl die mehreren Elemente oft auch zu einem zusammengefasst werden können und dass mit dem dann entstehenden einem Element die erfindungsgemäße Funktion erbracht werden kann. Insofern ist auch die Verwendung der Mehrzahl nicht als Einschränkung dafür zu sehen, dass nicht auch ein einzelnes Element Verwendung finden kann.

In einer anderen bevorzugten Variante enthalten die umschlossenen Räume jeweils einen Hohlraum (8) der mit Gas, beispielsweise Luft, gefüllt ist. (vgl. Fig. 5, 6, 7). In einer besonders bevorzugten Ausführung wird beispielsweise im Spritzgussverfahren eine Einheit (9) hergestellt, die aus dem dreidimensionalen Volumen des Sensorflächenelements (3), dass eine bestimmte Stärke (3.1) hat und den für Photonen zumindest nahezu unpassierbaren Bauteilen (5) besteht. Diese Einheit (9) kann nachträglich auf die Leiterplatte mit den Emittlern und Detektoren so aufgebracht werden, dass Emitter und Detektoren in umschlossenen Räumen sitzen. Die Bauteile (5) und die Stärke des dreidimensionalen Sensorflächenelements (3.1) sind dann so dimensioniert, dass es beim Aufsetzen der Einheit (9) auf die Leiterplatte nicht zu Kollisionen mit den Emittlern (1) und Detektoren (2) kommt. Fig. 9 und Fig. 9a zeigen ein entsprechendes Beispiel. Der Vorteil dieser Lösung besteht darin, dass die Einheit (9) als 2k-Bauteil in einem Arbeitsschritt gefertigt werden kann und es gegenüber dem Verguss z.B. nicht zu Wölbungen des Volumens des Sensorflächenelements (3) infolge beim Verguss kommt. In einer bevorzugten Ausführung ist die Einheit (9) so mit der Leiterplatte verbunden, dass auch die Kontaktstelle (6.1) zwischen Leiterplatte (6) und Einheit (9) für Photonen nahezu unpassierbar ist. Die Verbindung zwischen Leiterplatte (6) und Einheit (9) kann beispielsweise durch flüssiges Kleben erfolgen oder durch ein beidseitiges Klebeband oder durch Anschmelzen und Verpressen des für Photonen nahezu unpassierbaren Materials mit der Leiterplatte oder durch Anschrauben an die Leiterplatte.

In Fig. 7 zeigen die gestrichelten Linien das Emittieren der Photonen, ihre Wanderung durch die Haut und das Erreichen des Detektors. Beim Messen passiert ein Teil der von den Emittlern (1) emittierten Photonen das dreidimensionale Bauteil des Sensorflächenelements (3), dringt über die äußere Schicht der Haut (4.1) in die Haut (4) ein, wandert in ihr und verlässt sie z.B. an einer anderen Stelle der Haut und überwindet oder durchläuft im vorgenannten Sinn das dreidimensionale Bauteil des Sensorflächenelements (3) erneut. Dies erfolgt entweder durch Öffnungen im Sensorflächenelement (3.2) oder durch Passieren des Materials des dreidimensionalen Sensorflächenelements (3). Anschließend gelangt ein Teil der Photonen zu einem Detektor (2) des Messgeräts und wird dort detektiert. Aus Menge und Wellenlänge der Photonen, die den oben beschriebenen Weg vom Emitter zum Detektor zurücklegen und nicht absorbiert oder zu anderen Orten gestreut werden, kann auf die optischen Eigenschaften der gemessenen Probe geschlossen werden. Aus der Kombination der Ergebnisse der Messungen

verschiedener Kombinationen von Emittlern und Detektoren, können bei vorteilhaften Anordnungen Schlüsse auf die, in der Haut und dem darunterliegenden Gewebe vorhandenen Substanzen und deren Konzentration gezogen werden. In einer ebenfalls bevorzugten Variante können sich über einer Einheit (5b), zusätzliche, für Photonen nahezu unpassierbare dreidimensionale Bauteile (5a) befinden, die Öffnungen (3.2) haben, die Photonen passieren können. Diese Öffnungen können als Fenster bezeichnet werden. Fig.10 zeigt ein Beispiel. In einer ebenfalls bevorzugten Variante kann sich in den Fenstern ein für Photonen passierbares Material befinden, z.B. das Material des dreidimensionalen Sensorelements (3). Fig.10b zeigt eine solche Variante. Wie in Fig.10b erkennbar, kann in einer ebenfalls bevorzugten Variante die Dicke des für Photonen passierbaren Materials (3) der Dicke der zusätzlichen für Photonen nahezu unpassierbaren Bauteile (5a) entsprechen, sodass die der Haut zugewandte Seite eine glatte und/oder ebene Oberfläche hat. Die Fenster können z.B. oder sie können beliebige Muster ausbilden. Wie Fig. 10a in einer bevorzugten Variante zeigt, können die zusätzlichen Bauteile (5a), die Öffnungen (3.2) haben, Kontakt mit dem dreidimensionalen Sensorflächenelement (3) haben. In einer ebenfalls bevorzugten Variante befinden Sie sich die Bauteile (5a) in einem definierten Abstand über aus transparentem Material gebildeten Teilen des Sensorflächenelement (3). Die zusätzlich angeordneten Bauteile (5a) können zusammen eine monolithische Einheit bilden.

In einer bevorzugten Variante kann diese zusätzliche monolithische Einheit ein separates Bauteil sein, dass jeweils nur bei bestimmten Messungen auf die Sensorfläche aufgelegt wird. Dabei kann es direkt auf der Sensorfläche aufliegen oder sich in einen definierten Abstand über der Sensorfläche befinden. Der Vorteil dieser Lösung besteht darin, dass sich bestimmte Substanzen, die sich z.B. in einer bestimmten Tiefe innerhalb der Probe, hier Haut bzw. Gewebe, befinden, genauer detektiert werden können, weil die Geometrie der Öffnungen (3.2) dazu führt, dass die Photonen nur unter bestimmten Winkeln in die Probe eindringen und so im Mittel die Hautschichten durchlaufen, in der sich die Substanzen vornehmlich befinden. Die Genauigkeit der Detektion dieser Substanzen wird damit verbessert.

In einer bevorzugten Variante kann für jede zu detektierende Substanz eine speziell auf diese Substanz abgestimmte monolithische Einheit (5a) existieren, die jeweils dann auf das Messinstrument im Bereich der Sensorik aufgesetzt wird, wenn diese Substanz gemessen wird. Wie zuvor beschrieben können in einer bevorzugten Ausführung die Fenster in den zusätzlichen Bauteilen (5a) so gestaltet und angeordnet sein, dass Photonen das Messgerät nur noch unter begrenzenden Winkeln verlassen können, um in die Haut einzudringen. Dies gilt analog, wenn Photonen vom Detektor detektiert werden. Sie erreichen den Detektor nur unter begrenzenden Winkeln, die durch die Gestaltung der Fenster in den zusätzlichen Bauteilen (5a) vorgegeben sind.

In den Fig. 10, 10a und 10b sind derartige begrenzende Winkel als gestrichelte Linie eingezeichnet. In einer bevorzugten Variante sind zusätzliche Bauteile (5a) so gestaltet und angeordnet, dass sie sich mit einem definierten Abstand parallel zueinander auf den Bauteilen (5) befinden. Die Figuren Fig. 12 und 12a zeigen einen solchen Fall. Die sich ergebenden Abstände zwischen den zusätzlichen Bauteilen können unterschiedlich sein, so dass sich z.B. schlitzartige Fenster ergeben. Die Anordnung schränkt die Richtungen, in denen Photonen von der Messeinrichtung ausgesendet werden auf bestimmte Raumwinkelbereiche ein. In einer Ausgestaltungsform reduziert die Anordnung die Abstrahlung in bestimmten Raumwinkelbereichen. Ein Beispiel zeigen die Figuren 12 und 12a. Zur Verdeutlichung ist dort eine Windrose mit vier Himmelsrichtungen eingezeichnet. Verlaufen die schlitzartigen Fenster in Nord-Süd Richtung, so ist insbesondere die Abstrahlung in Ost-West Raumwinkelbereiche eingeschränkt. Verlaufen die schlitzartigen Fenster in Ost-West Richtung, so betrifft die Einschränkung insbesondere die Raumwinkelbereiche in Nord-Süd Richtung. Dem Fachmann ist klar, dass je nach Anordnung der zusätzlichen Bauteile die Einschränkungen in der Abstrahlung auch in alle anderen dazwischen liegenden Richtungen erfolgen kann. In einer bevorzugten Ausführung kann sich ein transparentes Bauteil (7) über den zusätzlichen Bauteilen (5a) befinden, dass beim Messen in Kontakt mit der Haut (4) steht. Die Figuren 11 und 12b bis 12e zeigen entsprechende Beispiele. Die Materialstärke des Bauteils (7) kann so ausgelegt sein, dass sich ein gemeinsamer Hohlraum (8) ergibt, innerhalb dem sich die für Photonen unpassierbaren Bauteile (5, 5a) und die Emitter (1) und Detektoren (2) befinden. Dies ist beispielsweise in den Figuren 12b, 12b2, 12c und 12c2 zu sehen. In einer weiteren bevorzugten Ausführung sind die zusätzlichen Bauteile (5a) in das Volumen des Bauteils (7) integriert. Beispiele sind in den Figuren 12b1, 12b4 und 12c1, 12c4 zu sehen. In einer weiteren bevorzugten Variante befindet sich ein transparentes dreidimensionales Bauteil (3), welches Teil des Sensorflächenelements ist, über den Emitttern (1) und Detektoren (2), sodass sich die zusätzlichen Bauteile (5a) und das Bauteil (7) über diesem Teil (3) des Sensorflächenelement befinden. Entsprechende Beispiele sind in den Figuren 12b3, 12b5 und 12c3, 12c5 dargestellt.

In alternativer Variante sind die zusätzlichen Bauteile (5a) nicht parallel. In anderer alternativer Ausführungsform haben die zusätzlichen Bauteile (5a) eine andere Formgebung als die gezeichnete rechteckige. Für den in Bereichen der Optik ausgebildeten Fachmann ist leicht berechenbar, welche Formgebung welche Auswirkung auf die Richtung der Photonen hat, die diese Anordnung durchwandern können und welche Photonenrichtungen eine solche Anordnung nicht durchwandern können. Auf diesem Weg ergeben sich zahlreiche alternative Ausgestaltungsformen, mit denen die Abstrahlrichtung der Photonen beeinflusst werden kann.

Durch eine Beeinflussung der Abstrahlrichtung nehmen die Photonen andere Wege durch das zu messende Gewebe. In einer vorteilhaften Variante werden dadurch für die Messung besonders vorteilhafte Wege eingestellt. In alternativer vorteilhafter Variante werden auch Wege eingestellt, mit denen nicht die Messgröße besonders gut erfasst werden kann, sondern mit denen die Messung störende Effekte beurteilt werden können. Aus diesem Grund ist es besonders vorteilhaft, wenn verschiedene Wege der Photonen eingestellt werden können. In vorteilhafter Variante wird dies auch dadurch erreicht, dass unterschiedliche Beeinflussungen der Abstrahlrichtungen vorgesehen sind. In vorteilhafter Variante werden Bauteile (5a) zur Beeinflussung der Abstrahlrichtung eines Emitters genutzt, die aber im Zusammenwirken mit zwei verschiedenen Detektoren unterschiedliche Wirkungen haben. Z.B. wird eine Anordnung, die Photonen relativ flach in Richtung Westen emittieren kann im Zusammenspiel mit einem Detektor, der westlich des Emitters liegt, Photonen empfangen, die vor allem flach durch die Probe gelaufen sind. Während ein Detektor im Norden des Emitters vorzugsweise Photonen empfängt, die tiefer in das Gewebe eingedrungen sind. Einrichtungen zur Beeinflussung der Abstrahlcharakteristik können analog auch zur Beeinflussung der Empfangscharakteristik von Detektoren verwendet werden. Die physikalischen Zusammenhänge und vorteilhaften Ausführungsvarianten gelten entsprechend als erfindungsgemäß, ohne hier explizit beschrieben zu sein.

In einer bevorzugten Ausführung kann das Bauteil (5a) das transparente Bauteil (7) so durchbrechen, dass es Photonen unmöglich oder nahezu unmöglich ist, innerhalb der Materialstärke des Bauteils (7) zu wandern, um auf diesem Weg die Detektoren zu erreichen, ohne zuvor die Haut passiert zu haben. Die Figuren 12d, 12d1, 12d2 zeigen entsprechende Beispiele.

Das Bauteil (7) kann z.B. aus Kunststoff oder Glas bestehen oder aus jedem anderen Material, das Photonen passieren können, es kann optische Eigenschaften haben, die z.B. Photonen nur in bestimmten Vorzugsrichtungen und/oder bestimmter Wellenlängen passieren lässt, es kann sich um eine Linse handeln, die die Photonen gezielt lenkt, das Material kann opak oder streuend sein, das Bauteil kann thermische Eigenschaften haben und beispielsweise elektrisch beheizbar sein oder temperatenausgleichend wirken, um beispielsweise beim Messen jeweils vergleichbare Temperaturen zwischen Haut und Messgerät herzustellen. Das Bauteil (7) kann sich auch über allen anderen beschriebenen Varianten des Messgeräts befinden.

In einer bevorzugten Variante kann Bauteil (7) in Richtung der Probe, z.B. der Haut, eine konkave, dreidimensionale Wölbung besitzen, die in ihrer Formgebung z.B. als Positionierhilfe für eine Hand wirkt, so dass ein Nutzer, der zum Messen Hautkontakt mit dem Sensor haben will, die Messung immer am gleichen Hautareal oder zumindest nahezu am gleichen Hautareal, durchführt, wenn er seine Hand in einer vorgegebenen und z.B. bildlich und/oder schriftlich dem Nutzer

vermittelten Weise, an der Positionierhilfe ausrichtet. Die Formgebung von Bauteil (7) in den Figuren 12c bis 12c5 deuten diese Auswölbung an. In einer bevorzugten Variante dient die dreidimensionale Wölbung nicht nur als Positionierhilfe, sondern verhindert durch die konkave Auswölbung z.B. das Verkratzen des Sensors, wenn das Messinstrument mit der Sensorseite z.B. auf einem Tisch aufliegt bzw. so gelagert wird. In einer bevorzugten Variante weist der Sensor eine konvexe Auswölbung auf. Diese ist in den Figuren 12d und 12d1 bis 12d5 gezeigt.

In einer ebenso bevorzugten Variante kann sich eine Positionierhilfe, bestehend aus transparentem und/oder für Photonen nahezu unpasrierbaren Material, als separates Bauteil auf dem Bauteil 7 oder dem Bauteil 5, 5a oder 5b befinden. In einer bevorzugten Variante ist die Positionierhilfe dreidimensional so ausgeformt, dass sie verhindert, dass beim Messen Umgebungslicht seitlich in die Probe eindringt, z.B. in die Haut im Bereich der Handkante, Haut und Gewebe durchwandert, die Detektoren erreicht und damit das Messergebnis beeinflusst. In einer ebenso bevorzugten Variante ist die Positionierhilfe demontierbar und kann vom Nutzer z.B. vor einer Messung auf die Sensorseite des Messinstrument-Gehäuses aufgebracht und z.B. auch nach der Messung wieder abgenommen werden. Fig.35 zeigt ein Beispiel. In einer bevorzugten Variante erfolgt bei demontierbarer Positionierungshilfe die Fixierung auf der Sensorseite des Messinstruments so, dass die Positionierhilfe z.B. über Dorne verfügt, die in kleine Öffnungen im Messinstrument eingeführt werden und dort z.B. reversibel einrasten. Für den Fachmann ist klar, dass auch andere Arten der reversiblen Fixierung der Positionierhilfe auf der Sensorseite möglich sind, z.B. die Fixierung über Magnete. In einer bevorzugten Variante kann die Positionierhilfe, anders als in Fig.35 dargestellt, auch eine gebogene Kontur haben, die beispielsweise der Kontur der Hand zumindest angenähert ist und sie kann auch seitlich abfallende und/oder ansteigende Flanken besitzen. In einer bevorzugten Variante ist die dreidimensionale Positionierhilfe kein separates Bauteil, das beispielsweise auf die Bauteile (5) oder (5a) aufgesetzt wird, sondern ist Bestandteil der Bauteile (5) oder (5a). In einer bevorzugten Variante ist die dreidimensionale Positionierhilfe Bestandteil des Gehäuses des Messinstruments. Infolge der für Photonen unpasrierbaren oder nahezu unpasrierbaren Bauteile (5) und (5a) können Detektoren in vorteilhafter Ausgestaltung nur Photonen eines Emitters erfassen, die die Haut bzw. den menschlichen Körper in einer bestimmten Tiefe und Laufrichtung passiert haben. In Abhängigkeit von der Wellenlänge der emittierten Photonen, der geometrischen oder räumlichen Platzierung der Emitter und Detektoren, ihrer Anzahl und der jeweiligen Eintrittsrichtung der Photonen in die Messstelle/Kontaktstelle an der Haut, sind die Lichtwege der Photonen unterschiedlich.

Die Lichtwege hängen auch von der gemessenen Haut ab. In der Regel sind Messgeräte so konstruiert, dass sie Lichtwege beinhalten, die für alle oder durchschnittliche Hauttypen eine

ausreichende Messgenauigkeit erbringen. In besonders vorteilhafter Ausgestaltung besitzt der Sensor zusätzliche Lichtwege, die die Messung bestimmter Hauttypen optimieren. In besonders vorteilhafter Ausgestaltung besitzt der Sensor zusätzliche Lichtwege, die die Messgenauigkeit bei besonders hoher Konzentration einer bestimmten Substanz ermöglichen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung besitzt der Sensor zusätzliche Lichtwege, die die Messgenauigkeit bei besonders geringer Konzentration einer bestimmten Substanz ermöglichen.

Die Anordnung kann für die in den drei vorangehenden Abschnitten beschriebenen Zwecke so ausgeführt sein, dass besonders kurze Lichtwege und/oder Lichtwege mit besonders hoher Detektionsintensität vorgesehen sind für Wellenlängenbereiche von Substanzen, in denen die Substanz eine starke Absorption aufweist und/oder für Wellenlängenbereiche, in denen ein bestimmter Hauttyp eine stärkere Absorption aufweist. In zuvor beschriebenen Varianten können die für Photonen zumindest nahezu unpassierbaren Bauteile (5, 5a) so angeordnet und gestaltet werden, dass damit der Winkel der Photonen beim Eintritt in die Kontaktfläche der Haut und damit die Laufrichtung der Photonen in der Haut gezielt beeinflusst wird. Auf diese Weise kann beeinflusst werden, welche Menge an Photonen steil oder flach in die Haut eintreten und im Mittel in flachen oder in größeren Tiefen durch die Haut laufen, bevor sie aus dieser austreten, und sofern vorhanden, das dreidimensionale Bauteil des Sensorflächenelements erneut passieren und dann von den Detektoren des Sensors erfasst werden. Aufgrund dieser Beeinflussung kann auch der Detektor (2) nur Photonen detektieren, die unter bestimmten Raumwinkeln aus der Haut austreten und unter bestimmten Winkeln die Sensorflächenelemente passieren und den Detektor erreichen. Die jeweiligen Winkel für das Emittieren und Detektieren können unterschiedlich sein. Ein Beispiel zeigen Fig.10, 10a und 10b. Über die zuvor beschriebene Beeinflussung des Winkels beim Emittieren hinausgehende Beeinflussung des Eintrittswinkels der Photonen in die Haut, kann sich aus dem Bauteil (7) ergeben. Dies kann z.B. mit der Linsenfunktion oder eventuellen Streukörpern in diesem Bauteil erreicht werden. Beim Detektieren wirkt sich die, durch Bauteil (7) eventuell hervorgerufene Beeinflussung des Winkels in der Menge an detektierbaren Photonen aus, die den Detektor unter einem bestimmten Winkel erreichen. Dabei begrenzen die Bauteile (5) und (5a) die Winkelbereiche, aus denen ein großer Prozentsatz der eintreffenden Photonen detektiert werden kann. Beispiele für den steilsten Winkel sind in den Figuren 10 und 10a als gestrichelte Linie eingezeichnet. In den Figuren 10, 10a und 10b wird dabei davon ausgegangen, dass Photonen, die auf die Bauteile 5 oder 5a auftreffen absorbiert werden. Dies ist der Fall für eine vorteilhafte Ausgestaltungsvariante, bei der die Bauteile 5 und 5a aus stark absorbierendem z.B. schwarzem Material bestehen. In alternativer Ausgestaltungsform können auch Materialien

zum Einsatz kommen, in denen Photonen reflektiert werden, die auf das Bauteil 5 oder Bauteil 5a auftreffen. Es ergeben sich dann andere Winkelbereiche für die emittierten Photonen.

Verteilung der Emitter und Detektoren

Bei einer bevorzugten technischen Ausführung sind die Emitter (1) und Detektoren (2) annähernd gleichmäßig im Bereich der Sensorfläche verteilt, so dass sich sowohl unterschiedliche Emitter-Detektor Abstände als auch redundante Emitter-Detektor Abstände ergeben. Emitter-Detektor Abstände werden in einer vorteilhaften Variante auf der Ebene der Sensorfläche als direkte Linie vom Mittelpunkt einer dieser Komponenten zum Mittelpunkt der anderen Komponente, gemessen. Fig. 13a zeigt unterschiedliche Abstände zwischen Emitter und Detektor. Sie sind als Distanzpfleile 1c1 bis 1c4 in eingezeichnet. Die Abstände 1c1 und 1c4 sind identisch und können als redundante Abstände bezeichnet werden. Bei gewölbter Sensorfläche wird die Wölbung bei der Abstandsbestimmung in vorteilhafter vereinfachender Variante nicht berücksichtigt. Wie in Figur 13 dargestellt, ergibt sich in dieser Variante der Abstand (1c) zwischen Emitter und Detektor wie folgt: Fällt ein Lot durch den Mittelpunkt eines Emitters auf die Leiterplatte (6), bzw. die gemeinsame Ebene, auf der sich Emitter und Detektor befinden. Fällt ein zweites Lot durch den Mittelpunkt eines Detektors auf die Leiterplatte (6) bzw. die gemeinsame Ebene, auf der sich Emitter und Detektor befinden. Der Abstand wird bestimmt durch den Abstand dieser beiden parallelen Lotgeraden. In vorteilhafter Betrachtungsweise ist der Emitter-Detektor-Abstand (1c) eine charakteristische Größe für den Weg, den die Photonen vom Emitter zum Detektor zurücklegen. Unter dem Begriff Lichtweg kann deswegen in entsprechendem Zusammenhang in diesem Dokument der Abstand von Emitter zum Detektor gemeint sein.

In alternativer vorteilhafter Variante ist der Abstand von Emitter zu Detektor als kürzeste Linie des transparenten Bereichs der Kontaktoberfläche zur zu messenden Probe definiert auf den der Emitter wirkt zu dem transparenten Bereich der Kontaktoberfläche zur zu messenden Probe auf den der Detektor wirkt. In alternativer vorteilhafter Variante ist der Abstand von Emitter zu Detektor über die räumliche Ausdehnung der Lichtwege einer durchschnittlichen oder typische Probe definiert. Diese räumliche Ausdehnung ergibt sich dadurch, welche Wege die Photonen, die es vom Emitter zum Detektor schaffen, zurückgelegt haben. Jedes Photon folgt dabei einem eigenen Weg, der durch statistische Methoden simuliert werden kann. Die Lichtweglänge wird dann aus der durchschnittlichen Länge dieser Wege ermittelt. Alternativ wird die Lichtweglänge über den Abstand des Schwerpunkts der Austrittsorte aus der Messeinrichtung der Photonen, die es vom Emitter zum Detektor schaffen, zum Schwerpunkt der Eintrittsorte der Photonen, die es vom Emitter zum Detektor schaffen, in die Messeinrichtung für jedes Emitter-Detektor-Paar

bestimmt. Die Verwendung der verschiedenen Definitionen erlaubt teilweise eine physikalisch präzisere Darstellung und teilweise eine einfach nachvollziehbarere aber physikalisch auch stärker vereinfachte Betrachtung. Eine solche Variation in den Abstandsdefinitionen zur Auslegung vergleichbarer Sensoren ist bekannt und auch schon an anderer Stelle publiziert und üblich. Die beschriebenen vorteilhaften Anordnungen sind unter mehreren dieser Definitionen sinnvoll anwendbar.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführung sind Emitter und Detektoren, die vorzugsweise der Detektion einer bestimmten Substanz dienen, so verteilt, dass bei den Abstandslängen zwischen Emitter-Detektor jeweils die Abstandslängen überwiegen, die zur Detektion dieser Substanz den größten Beitrag leisten. Die vorteilhaften Abstandslängen sind in einer bevorzugten technischen Ausführung um bis zu 10% höher, in einer anderen bevorzugten Ausführung um bis zu 20% höher, in einer weiteren Ausführung um bis zu 30% höher und in einer besonders bevorzugten um bis zu 40% höher und in ganz besonders bevorzugten Ausführungen um bis zu 50% höher, um bis zu 100% höher, um bis zu 200% höher, um bis zu 400% höher als die weniger bedeutsamen Abstandslängen. In einer bevorzugten Ausführung ergeben sich aus der Anzahl und Verteilung der Emitter und Detektoren in Summe insgesamt mindestens 50 Lichtwege, in einer weiteren bevorzugten Ausführung mindestens 100 Lichtwege. In stärker bevorzugten Ausführungen ergeben sich mindestens 200, mindestens 400, mindestens 800, mindestens 1600 Lichtwege, wobei sich mehr als ein Emitter in einem zuvor beschriebenen umschlossenen Raum befinden können. In einer bevorzugten Ausführung verfügt das Messgerät in Summe über insgesamt bis zu 6 und in einer weiteren bevorzugten Variante über in Summe insgesamt bis zu 9 Emitter und Detektoren, die im vorgenannten Sinn entweder als annähernd-gleiche Sensorik-Komponenten gelten und/oder sich in mind. einer technischen Eigenschaft von den als annähernd-gleich geltenden Sensorik-Komponenten unterscheiden. Im vorgenannten Sinn verfügt das Messgerät in anderen bevorzugten Ausführungsvarianten in Summe über insgesamt 10 bis 16, in weiteren bevorzugten Ausführungsvarianten liegt die Summe aus Emitter und Detektor zwischen 17 und 30, in anderen besonders bevorzugten Ausführungsvarianten liegt die Summe aus Emitter und Detektor zwischen 31 und 50, in weiteren bevorzugten Ausführungsvarianten liegt die Summe aus Emitter und Detektor zwischen 51 und 70, in weiteren bevorzugten Ausführungsvarianten liegt die Summe aus Emitter und Detektor zwischen 71 und 100, in zusätzlich bevorzugten Ausführungsvarianten liegt die Summe aus Emitter und Detektor bei über 100. In den genannten Ausführungsvarianten werden RGB-Emitter als 3 Emitter gezählt. Vergleichbares gilt für andere Emitter, die verschiedene Wellenlängen emittieren können.

Durch gezielte Gestaltung und gezielte Kombination der oben genannten Einflussfaktoren kann der Sensor auf die zu messenden Substanzen gezielt ausgerichtet werden. In besonders vorteilhafter Ausführung wird die Kombination der Emitter, Detektoren und deren Wellenlängenbereiche und deren Emitter-Detektor-Abstände so gewählt, dass zumindest 2, vorzugsweise 3, in noch vorteilhafterer Weise 4 oder 5 oder mehr als 5 unterschiedliche Substanzen gemessen werden können. In vorteilhafter Ausführung werden dabei einige, der für eine Substanz vorgesehenen Lichtwege, auch zur Bestimmung oder zur Verbesserung der Genauigkeit der Bestimmung von mind. einer weiteren Substanz verwendet. In einer bevorzugten Ausführung werden die Emitter zur Messung in einer bestimmten Reihenfolge nacheinander eingeschaltet werden, sodass zur gleichen Zeit jeweils nur ein Emitter Photonen aussendet. In einer ebenfalls bevorzugten Ausführung können gleichzeitig mehr als ein Emitter zur Messung einer Substanz eingeschaltet werden. Die Zusammensetzung der Emitter-Gruppen, die jeweils nacheinander eingeschaltet werden, als auch die Anzahl der zu einer Gruppe gehörenden Emitter, kann variieren. Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass innerhalb einer Messsequenz die nachfolgenden Faktoren Einfluss auf die Genauigkeit der Detektion einer Stoffkonzentration haben: Reihenfolge, Dauer, Lichtintensität und Häufigkeit des Einschaltens der jeweiligen Emitter. In vorteilhafter Variante wird eine Messsequenz gewählt, in der dieselbe Kombination eines Emitters mit einem Detektor mehrfach aktiviert wird und dabei der gleiche Lichtweg gemessen wird. In vorteilhafter Variante wird dabei auch ein zeitlicher Verlauf von zeitlich veränderbaren Stoffkonzentrationen, wie sie z.B. durch den menschlichen Puls oder Herzschlag verursacht wurden erfasst. In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird eine mehrfache Messung des gleichen Lichtwegs durchgeführt, um diesen unter veränderlichen Bedingungen zu ermitteln und die Messergebnisse der verschiedenen Bedingungen in eine optimierte Berechnung eines Ergebnisses einfließen zu lassen. Beispielsweise wird der Lichtweg zuerst bei einer Temperatur gemessen und anschließend mindestens ein zweites Mal bei einer anderen Temperatur. Durch diese Maßnahme können Temperaturabhängigkeiten der Emitter und Detektoren gezielt ausgenutzt werden. In besonders vorteilhafter Variante wird dabei ausgenutzt, dass Emitter teilweise eine temperaturabhängige Wellenlängencharakteristik aufweisen. Auf diesem Weg kann gezielt mehr Information ermittelt werden. Eine insbesondere vorteilhafte Variante ermittelt auf diesem Weg die wellenlängenabhängige Veränderung der Messergebnisse eines Lichtwegs. Die so ermittelte Steigung der Absorption in Abhängigkeit der Wellenlänge kann zur Korrektur und zur Optimierung von Messergebnissen genutzt werden.

Die Veränderung der Temperatur wird in einer vorteilhaften Variante durch Aktivierung der Emitter hervorgerufen. In vorteilhafter Variante wird die Temperaturerhöhung durch mehrfache

Aktivierung des Emitters und/oder eines weiteren Emitters in räumlicher Nähe bewirkt. In alternativer besonders energiesparender vorteilhafter Variante wird die Erwärmung durch Auflegen eines Körpers mit annähernd bekannter Temperatur erzeugt. In vorteilhafter Variante wird die Temperaturerhöhung durch Auflegen der Probe erzeugt, die als lebendes menschliches Gewebe Temperaturen von über 30 und typischerweise unter 40 Grad Celsius aufweist. In vorteilhafter Variante ergibt sich so zumindest bei Messungen, die mit üblicher Raumtemperatur beginnen, ein auswertbarer Gradient. In alternativer vorteilhafter Variante wird die Temperaturänderung durch Abwärme weiterer Elektronikkomponenten erreicht. In vorteilhafter Variante wird der Emitter um eine Temperatur von mindestens 0,1 Grad Celsius erhöht. In noch vorteilhafterer Weise um mindestens 1 Grad Celsius, um mindestens 10 Grad Celsius, um mindestens 50 Grad Celsius.

Als Messesequenz gilt in vorteilhafter Variante ein definierter Teil einer Messung. D.h. Messungen können aus einer oder mehreren Messesequenzen bestehen, zwischen denen der Kontakt zwischen Sensor und Haut nicht unterbrochen wird. Zur genauen Bestimmung von Substanzen kann es notwendig sein, dass mehrere Messungen mit ihren jeweiligen Messesequenzen nacheinander durchgeführt werden. Die Messesequenzen können so gestaltet sein, dass eine Sequenz nur der Detektion einer Substanz gilt und dabei beispielsweise nur bestimmte Emitter für eine bestimmte Dauer mit einer gewählten Lichtintensität und in einer bestimmten Reihenfolge nacheinander eingeschaltet werden. Für jede Substanz kann die Messesequenz unterschiedlich gestaltet sein. Eine vorteilhafte Variante ist eine Messesequenz zu verwenden, die mehrere Substanzen messen kann.

Bei der Durchführung mehrerer Messesequenzen oder gar abgeschlossener Messungen kann es zu Bleaching-Effekten kommen, die sich auf die Genauigkeit der Konzentrationsbestimmung von Stoffen auswirkt. Diese Wirkung kann zwischen den Substanzen unterschiedlich sein. Ist die Konzentration einer Substanz in einer bestimmten Tiefe des Hautareals, das vom Messgerät erfasst wird, gering, wirkt der bleaching Effekt auf das Signal-Rausch-Verhältnis stärker und reduziert, im Unterschied zu einer höheren Konzentration, die Genauigkeit der Messung ebenfalls stärker bzw. macht die korrekte Detektion der Substanz unmöglich. Eine andere Ursache für die Schwierigkeit eine Konzentration zu messen, kann darin bestehen, dass Substanzen vorwiegend in bestimmten Hautschichten oder im Blut verteilt sind. Müssen deshalb tiefer liegende Hautschichten oder gar Blutgefäße analysiert werden, kann die Notwendigkeit bestehen das Signal-Rauschverhältnis für die langen Lichtwege zu verbessern, damit auch geringe Konzentrationen gut detektierbar sind.

Überraschenderweise konnte festgesellt werden, dass durch gezieltes Anpassen und/oder gezielte Kombination von Anschaltdauer und/oder Lichtintensität und/oder Häufigkeit der Anschaltung

bestimmter Emitter innerhalb einer Messequenz, sowie der Reihenfolge des Anschaltens der Emitter innerhalb einer Messequenz, sich der Bleaching-Effekt nicht negativ oder nur geringfügig negativ auf die Detektion von Substanzen auswirkt. Hat die gezielte Anpassung einer Messequenz Einfluss auf die Genauigkeit der Konzentrationsbestimmung einer anderen Substanz, die in einer darauffolgenden Messequenz detektiert werden sollen, wird die angepasste Messequenz in vorteilhafter Variante als letzte Sequenz einer Messung durchgeführt. In vorteilhafter Variante kann auch ein gezieltes Bleaching zur präzisen Bestimmung von Substanzen, die sich unter dem Einfluss bestimmter Wellenlängen zersetzen gezielt eingesetzt werden. Dabei wird mindestens ein Lichtweg gezielt mehrfach gemessen. Zumindest einmal vor der Aktivierung der Bleaching Sequenz und anschließend noch einmal nach der Bleaching Sequenz. In vorteilhafter Variante auch einmal oder mehrmals zwischendrin. Während der Bleaching-Sequenz wird in vorteilhafter Variante mit Emittlern geeigneter Wellenlänge die teilweise Zersetzung einer bestimmten Substanz in der Haut erreicht.

Die meisten Substanzen sind im Körper des Menschen inhomogen verteilt. Das gilt nicht nur für Konzentrationsunterschiede innerhalb eines Hautareals, sondern auch für den Vergleich zwischen verschiedenen Hautarealen des Menschen. In einer bevorzugten Ausführung kann deshalb die Anschaltdauer der Emitter, ihre Lichtintensität, sowie die Reihenfolge und die Häufigkeit des Anschaltens der Emitter, für jeden Nutzer und jedes Hautareal individuell festgelegt werden.

Eine individuelle Festlegung der Einflussfaktoren erfolgt in vorteilhafter Variante, indem zunächst festgestellt wird, wie stark ein Hautareal bzw. eine Person von einer empirisch ermittelten Standardeinstellung abweicht. Deshalb sollte innerhalb einer Messung vorteilhafterweise die erste Messequenz dieser Standardeinstellung entsprechen. Über die Analyse der einzelnen Lichtwege wird in vorteilhafter Variante das Verhältnis der am Detektor detektierbaren Lichtmenge zwischen unterschiedlich langen Lichtwegen ermittelt und die Abweichung zum empirischen Standard bestimmt. In einer bevorzugten Variante werden bei dieser Messequenz alle Emitter und Detektoren des Messgeräts verwendet. Als Lichtweg wird hier, entsprechend vorausgegangenen Definitionen, beispielsweise der Abstand zwischen Emitter und Detektor oder der wahrscheinlichste Pfad, den ein Photon vom Emitter zum Detektor zurücklegt, verstanden. In vorteilhafter Variante wird in einer zweiten Messequenz in Abhängigkeit von der Abweichung eine auf das Messareal bzw. die Person zugeschnittene, individuelle Anpassung der Einflussfaktoren vorgenommen. Diese kann für alle zu detektierende Substanzen die gleiche sein. Es ist aber auch möglich, dass die Anpassung für die einzelnen Substanzen unterschiedlich ist und die Detektion jeder Substanz über eine eigenen Messequenz erfolgen muss, bei der z.B. nur

bestimmte Emitter angeschaltet werden. Die Reihenfolge der substanzbezogenen Messsequenzen wird dann beispielsweise im Hinblick auf den geringstmöglichen Bleaching-Effekt festgelegt.

In vorteilhafter Variante wird die Messung über eine App, die z.B. auf Smartphone oder Smartwatch läuft, gesteuert. Sobald die App die individualisierten Einstellungen erhalten hat, fordert sie beispielsweise den Nutzer auf, den Hautkontakt zum Sensor erneut herzustellen. Die Folgemessung mit den individualisierten Messsequenzen startet beispielsweise automatisch, sobald der wiederhergestellte Hautkontakt von der App registriert wurde. In einer bevorzugten Variante kann die App die individualisierten Einstellungen selbst ermitteln. Durch die Individualisierung der Messung, im Hinblick auf die in ihr enthaltenen Messsequenzen, ist in vorteilhafter Variante für jeden Nutzer eine für die korrekte Konzentrationsbestimmung optimierte Messung möglich. Es ist möglich, dass der für die Individualisierung notwendige Rechenaufwand nicht auf dem Messgerät selbst stattfindet, sondern auf einem externen Server vorgenommen wird. In einer bevorzugten Variante sendet das Messgerät, z.B. mit Hilfe einer speziellen App, die spektralen Daten der Standard-Messsequenz an einen Server und empfängt vom Server die Einstellungen für die individuell zugeschnittenen Messsequenzen, die dort z.B. mit Hilfe von KI ermittelt wurden. Das Versenden der Daten über das Internet an den externen Server kann beispielsweise vom Messgerät aus selbst erfolgen, in alternativer vorteilhafter Variante übermittelt das Messgerät Daten an den Server, indem es diese an eine App überträgt. Die App kann in vorteilhafter Variante auf einem Smartphone oder einer Smartwatch oder einem anderen Gerät mit Internetzugang laufen. Die Daten können in vorteilhafter Variante über ein Mobilfunknetz versendet werden. In alternativer vorteilhafter Variante können die Daten über WLAN oder LAN oder auf weiteren heute gängigen oder zukünftig neu verfügbaren Kommunikationskanälen zum Server transportiert werden.

In einer besonders bevorzugten Variante sendet das Messgerät die Daten per WIFI oder Bluetooth z.B. an ein mobiles Gerät (z.B. Smartphone oder Tablet), das sie dann per Mobilfunk (z.B. 4G, 5G) über das Internet an den externen Server versendet oder in dem es ein vorhandenes WIFI-Netzwerk nutzt, um die Daten zu verschicken. In einer bevorzugten Ausführung werden die Daten für das Versenden jeweils verschlüsselt. In einer ebenfalls bevorzugten Variante sendet der Server die Einstellungen für die individuell zugeschnittenen Messsequenzen verschlüsselt auf gleichem Weg an eine App auf dem mobilen Gerät zurück. Dabei sendet der Server in vorteilhafter Ausgestaltung die Einstellungen immer nur an das Gerät, das ihm die Daten geschickt hat.

In einer bevorzugten Variante können mit Hilfe der Individualisierung der Messung auch die Einflüsse bestimmter Hauteigenschaften auf das Messergebnis ausgeglichen werden. Das gilt beispielsweise für Hauttyp, Hautflecken, Falten, Narben oder Rauheit der Haut.

In einer ebenfalls bevorzugten Variante wird die korrekte Erfassung der Konzentration einer Substanz dadurch verbessert, dass innerhalb einer Messung die Anzahl der Wiederholung zumindest von Teilen der individuellen Messprozedur verändert wird. Dabei wird in vorteilhafter Variante zunächst eine Standardeinstellung gewählt, die z.B. 1, 2, 3, 4, 5 oder mehr Wiederholungen der Messprozedur umfasst. Für jede einzelne Messprozedur wird in einer vorteilhaften Ausgestaltung dann die Konzentration der Substanz berechnet und die Abweichung der Einzelergebnisse voneinander festgestellt. Ist die Abweichung zu groß, wird der Nutzer aufgefordert eine weitere Messung mit einer bestimmten Zahl von Messprozeduren durchzuführen. Wie der Fachmann weiß, lassen sich Messfehler teilweise durch mehr Messungen reduzieren, d.h. mehr Messungen führen zu einer geringeren Standardabweichung des aus allen Teilmessungen gewonnenen Gesamt-Messergebnisses. Aus diesem Grund könnte von vornherein die Anzahl der Messprozeduren oder sogar die Anzahl von Messungen erhöht werden, um sicher ein korrektes Ergebnis zu erzielen. Der Vorteil der vorgenannten Prozedur besteht jedoch darin, dass nicht mehr Messesequenzen oder komplette Messungen durchgeführt werden müssen, als für den individuellen Fall notwendig ist. Die Anzahl der notwendigen Messesequenzen innerhalb einer Messung kann sich zwischen den Individuen unterscheiden. Mit der genannten vorteilhaften Vorgehensweise spart der Nutzer also Zeit. Die genannte vorteilhafte Vorgehensweise reduziert jedoch gleichzeitig Messfehler, die durch Bleaching infolge einer zu hohen Anzahl von Messungen entstehen können. In vorteilhafter Variante wird die Menge der durchgeführten Messungen so berechnet, dass eine ausreichende Zahl von Messungen zur Erreichung einer angestrebten Genauigkeit erreicht wird, aber gleichzeitig ein Bleaching vermieden wird.

In vorteilhafter Variante wird mindestens eine Anzahl von wiederholten Messungen pro Lichtweg durchgeführt, die 1, 2, 4, 8, 16, 32 oder in vorteilhaftester Variante 64 übersteigt. In vorteilhafter Variante wird die Anzahl der Wiederholungen pro Lichtweg auf einen Wert begrenzt, so dass diese nicht den Wert von 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 oder 1024 übersteigt. Da nahezu alle Substanzen in Haut und Gewebe inhomogen verteilt sind, kann die Konzentration von Messstelle zu Messstelle schwanken. In einer bevorzugten Ausführung wird im Rahmen dieser Erfindung die Größe des Sensors und die Platzierung der Emitter und Detektoren deshalb so gewählt, dass die Sensorgröße einen repräsentativen Ausschnitt der inhomogenen Verteilung erfassen kann, sodass es bei einem neuen in Kontakt bringen des Sensors mit der Haut zu gleichen Messergebnissen kommt, sofern sich die Konzentration der Substanz nicht aus physiologischen Gründen verändert hat.

Für die Alltagsnutzung ist eine entsprechend gewählte Größe des Sensors/Sensorfläche von großem Vorteil, weil bei einer Wiederholungsmessung die Höhe der gemessenen Konzentration nahezu nicht von der inhomogenen Verteilung beeinflusst wird, sodass innerhalb der

Fehlertoleranz der Messung ein verändertes Messergebnis auf physiologische Veränderungen rückführbar ist. In vorteilhafter Variante weist die Messanordnung deswegen eine Größe des Montagebereiches optoelektronischer Komponenten von mindestens 100mm² auf. In alternativer vorteilhafter Variante weist die Messanordnung deswegen eine Größe des Montagebereiches optoelektronischer Komponenten von mindestens 225mm² auf. In alternativer vorteilhafter Variante weist die Messanordnung deswegen eine Größe des Montagebereiches optoelektronischer Komponenten von mindestens 400mm² auf. Die Größe des Montagebereiches optoelektronischer Komponenten wird dabei definiert als die Fläche des kleinsten Kreises oder kleinsten Quadrats, in die die auf die Platine der Messeinrichtung projizierten Emitter und Detektorchips alle hineinpassen. In vorteilhafter Variante berücksichtigt die Fläche des kleinsten Kreises oder kleinsten Quadrats die notwendige Leitungsführung für die Ansteuerung der Emitter- und Detektorchips und/oder die notwendigen Kontaktflächen auf der Platine zur Anbringung der Emitter- und Detektorchips. Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass bei einer bestimmten Größe der Sensorfläche und durch gezielte Gestaltung der oben genannten Messsequenz-Anpassung, in Verbindung mit der Wahl des Zeitpunkts für die erste Wiederholungsmessung, bereits die Dynamik der Veränderung einer Stoffkonzentration bestimmt werden kann. Das bedeutet, dass die zukünftigen Werte der Stoffkonzentration bei vorteilhaften Varianten der Erfindung prognostizierbar sind.

Die Sensorfläche, die bei einer Messung Kontakt mit der Haut hat, sollte in einer vorteilhaften Variante zwischen 0,5cm² und 10cm² liegen. In einer bevorzugten Ausführung hat die Sensorfläche eine Größe von max. 1cm², in einer weiteren bevorzugten Ausführung eine Größe von mind. 1,5cm², in einer ebenfalls bevorzugten Ausführung von mind. 2cm², in einer mehr bevorzugten Ausführung von mind. 2,25cm² und in stärker bevorzugten Ausführungen mind. 4cm². Die Größe der Sensorfläche (3a) des Messgeräts beträgt in einer bevorzugten Ausführung deshalb beispielsweise max. 10mm x 10mm, in einer weiteren bevorzugten Ausführung mind. 12mm x 12mm, in einer stark bevorzugten technischen Ausführung mind. 15mm x 15mm, in einer ganz besonders stark bevorzugten technischen Ausführung mind. 20mm x 20mm. Sie kann in Anhängigkeit der Detektionsaufgabe auch mind. 25mm x 25mm betragen. In Fig. 1a ist an einem Beispiel gezeigt, was unter der Größe der Sensorfläche (3a) zu verstehen ist. Für spezielle Anwendungen kann die bevorzugte Sensorfläche auch max. 8mm x 8mm betragen, in einer besonders bevorzugten Ausführung kann sie max. 6mm x 6mm oder maximal 25mm x 25mm betragen. Dem Fachmann ist klar, dass die Sensorfläche keine quadratische Form haben muss. Sie kann zum Beispiel rechteckig, rund oder annähernd rund sein, sie kann aber auch eine andere beliebige Form haben.

Messung von Substanzen

Es konnte festgestellt werden, dass das oben beschriebene Messgerät bei vorteilhafter Ausgestaltung die differenzierte Analyse von unterschiedlichen Substanzen ermöglicht. Dazu zählen beispielsweise die Konzentrationsmessung von Karotinoiden in Gewebe und Blut des Menschen, wobei zwischen der Konzentration von Lutein, Zeaxanthin, β -Cryptoxanthin, α -Karotin, β -Karotin, Lycopin unterschieden werden kann. Bei Messungen an Menschen ist die Einzelmessung der Karotinoide wichtig, weil sich beispielsweise die Aufnahme von β -Karotin und Lutein gegenseitig behindern. Für jedwede Übermittlung von Informationen an den Nutzer, beispielsweise die Mitteilung von Messergebnissen, gilt, dass diese Information in bevorzugter Ausführung als Zahlenwert und/oder als Grafik und/oder als Textinformation, z.B. verbunden mit entsprechenden Ratschlägen, auf dem Display des Messgeräts oder einem Gerät, das mit dem Messgerät kommuniziert ausgegeben werden kann und/oder dem Nutzer als Audioinformation vorgelesen und/oder als Video präsentiert werden kann. Die Signalisierung an den Nutzer kann auch auf anderen bekannten Wegen erfolgen. Dies gilt auch für die anderen Textstellen, in denen auf eine Kommunikation mit dem Nutzer eingegangen wird. Dies beinhaltet unter anderem auch die Nutzung von Symbolen und Farben, Lichtsignalen oder einem anderen durch menschliche Sinne erfassbaren Signal. Dabei ist es insbesondere vorteilhaft ein Signal zu verwenden, welches sichtbar, hörbar, fühlbar, riechbar oder schmeckbar ist. Auch eine direkte Informationsübertragung ins Gehirn oder Nervensystem wäre denkbar, sobald diese technisch weit genug ausgereift ist.

Insbesondere wäre im Hinblick auf die Ernährung eine Verbindung zu einer Einrichtung zur Beeinflussung des Appetitzentrums vorteilhaft, sobald diese technisch möglich ist. Auch eine indirekte Kommunikation ist möglich, indem z.B. Gegenstände im Umfeld des Nutzers ein bestimmtes automatisches Verhalten aufweisen. Beispiele dafür sind:

- Kühlschrankschranktüren oder Schranktüren, die sich öffnen oder verriegeln
- Eine Obstschale, die das optimale Obst dem Nutzer zudreht oder das weniger optimale Obst wegdreht oder abdeckt
- Eine Küchenmaschine mit Rezepten, die besonders geeignete Rezepte bevorzugt präsentiert
- Eine Einkaufs-App, die besonders geeignete Rezepte vorschlägt. Dieser Funktionsumfang kann z.B. auch als Online-Shop oder Zusatzservice für einen solchen implementiert werden
- Alternativ zur Beeinflussung von Nahrungsmitteln in einer der obengenannten Weisen können auch Medikamente oder Nahrungsergänzungsmittel verarbeitet werden, z.B. in dem diese individuell dosiert aus einem Spender automatisch dosiert werden.

- Denkbar sind auch Getränke- oder Smoothie-, oder andere Lebensmittel-Automaten, die eine automatische Zugabe von Zutaten oder Substanzen durch die berechneten Empfehlungen steuern.
- Denkbar ist auch dem Nutzer kleine elektrische Stromstöße zu verpassen, wenn er sich entgegen den Empfehlungen verhält
- Denkbar ist auch eine indirekte Kommunikation z.B. zum Lebenspartner oder zu einem Familienmitglied oder einer Vertrauensperson im Freundeskreis oder einer medizinischen Vertrauensperson wie z.B. dem Hausarzt oder den Ernährungsberater auf eine der genannten Arten

Die obengenannten Varianten können als indirekte Signalisierung zum Nutzer verstanden werden. Sie können auch als unterstützende Systeme zur Verhaltensänderung aufgefasst werden.

In vorteilhafter Variante können die Kommunikations-, Signalisierungs- und/oder Verhaltensänderungsunterstützungsmethoden oder deren Komponenten in alle Varianten der Vorrichtung integriert sein, die ein Ergebnis oder eine Empfehlung oder eine andere Information zum Nutzer oder zu einer mit dem Nutzer in Verbindung stehenden Person kommuniziert.

Individuelle Verstoffwechselung

Mit Hilfe der spektroskopischen Messung konnte überraschenderweise festgestellt werden, dass mit dem hier beschriebenen Messgerät bei vorteilhafter Ausgestaltung die individuelle Verstoffwechselung von Nahrung bestimmbar ist. Um aus der Konzentrationsmessung von Stoffen, die auch in einem Nahrungsmittel enthalten sind, die physiologisch bedingte individuelle Verstoffwechselung zu bestimmen, werden in vorteilhafter Variante vom Nutzer Zusatzinformationen erfasst und informationstechnisch verarbeitet.

In einer bevorzugten Variante werden z.B. Informationen beim Nutzer erfasst, die unabhängig von der Verstoffwechselung oder zumindest teilweise unabhängig von der Verstoffwechselung Einfluss auf die gemessene Höhe der Konzentration einer Substanz im Körper haben können. In einer bevorzugten Ausführung kann es sich bei den Informationen z.B. um einzelne oder mehrere der nachfolgenden handeln: Lebensstil bzw. Lebensgewohnheiten wie beispielsweise Rauchen, Alkoholkonsum, Schlafdauer, Aufenthaltsdauer in der Sonne, Nutzung von Solarium, Intensität sowie Häufigkeit und Dauer körperlicher Belastung z.B. durch Sport, privater und beruflicher Stress. Als sinnvoll zu erfassende Information gilt z.B. auch die Art und Weise wie Nahrungsmittel vom Nutzer verzehrt werden, ob beispielsweise roh, gegart, gekocht, püriert, oder ob Obst und Gemüse beispielsweise als Smoothie z.B. mit Öl verzehrt wurden, etc. In einer bevorzugten Ausführung wird die Stärke ihres Einflusses auf die Konzentrationsbestimmung beispielsweise

dadurch ermittelt, dass die Messergebnisse einer Vielzahl von Nutzern unter den vorgenannten Gesichtspunkten miteinander verglichen werden, um z.B. mit Hilfe von künstlicher Intelligenz einen mittleren Einfluss auf die Konzentrationsbestimmung zu bestimmen. Berücksichtigung finden in einer bevorzugten Variante dabei auch allgemeine wissenschaftliche Erkenntnisse über Verstoffwechselungsprozesse im menschlichen Körper.

Soll bei einem konkreten Nutzer die individuelle Verstoffwechselung einer bestimmten Substanz bestimmt werden, wird er in einer bevorzugten Ausführung zunächst aufgefordert die verzehrte Menge des Nahrungsmittels oder der Substanz, z.B. in Gramm, z.B. der App mitzuteilen, die mit dem Messgerät kommuniziert. In einer bevorzugten Variante kann z.B. durch manuelle Eingabe, Spracheingabe oder Upload eines Fotos der verzehrten Menge erfolgen. Auch das Scannen von Codes auf Verpackungen ist eine vorteilhafte Variante. Auch die Übernahme von Daten einer Waage ist eine vorteilhafte Ausgestaltung. In einer vorteilhaften Variante kann die aufgenommene Nahrungsmenge gewogen werden und/oder die Veränderung des Körpergewichts durch die Nahrungsaufnahme z.B. über eine Waage bestimmt werden. Die Daten können z.B. in der App selbst oder mittels Datentransfer z.B. auf einem Server gespeichert und/oder verarbeitet werden. In einer bevorzugten Variante wird der Nutzer aufgefordert ebenfalls möglichst viele der oben genannten Zusatzinformationen einzugeben.

In einer bevorzugten Ausführung wird er nach der Nahrungsaufnahme aufgefordert, mit dem hier beschriebenen Messgerät Messungen an der Haut zur Konzentrationsbestimmung dieser Substanz in Blut und Gewebe durchzuführen und diese in bestimmten Zeitabständen zu wiederholen. In einer bevorzugten Variante im Abstand von max. 2 Stunden, max. 4 Stunden, max. 6 Stunden, max. 8 Stunden, max. 12 Stunden. In weiteren ebenfalls bevorzugten Varianten betragen die Abstände regelmäßiger empfohlener Messungen max. 24 Stunden, max. 36 Stunden, max. 2 Tagen, max. 4 Tagen, max. 1 Woche, max. 2 Wochen und mehr als 2 Wochen. In bevorzugter Ausführung wird nach der Nahrungsaufnahme eine Serie mit mehreren Messungen in zeitlichem Abstand durchgeführt. Bevorzugt wird eine zwischenzeitliche Nahrungsaufnahme der Substanz berücksichtigt. Mit Hilfe der Messergebnisse aus mehreren der in den vorhergehenden Absätzen genannten Zeitabstände kann z.B. auch eine verzögerte Anreicherung im Gewebe erfasst werden. Um die Messgenauigkeit zu verbessern, werden in einer bevorzugten Variante zum jeweiligen Messzeitpunkt mehrere Messungen hintereinander durchgeführt und bewertet, um z.B. durch Mittelwertbildung und/oder Ausreißererkennung die Genauigkeit der Messung zu verbessern. In einer weiteren bevorzugten Variante wird die Messgenauigkeit durch die Nutzung der zuvor beschriebenen individuellen Messsequenzen verbessert. In einer bevorzugten Variante werden mind. 3, mind. 5 oder mind. 10 aneinander anschließende Wiederholungsmessungen zu den

jeweiligen Messzeitpunkten durchgeführt, wobei die Messzeitpunkte z.B. die oben vorgenannten Abständen haben. In weiteren bevorzugten Varianten werden zu den jeweiligen Messzeitpunkten max. 20 Wiederholungsmessungen, max. 30 Wiederholungsmessungen oder mehr als 30 Wiederholungsmessungen durchgeführt, um z.B. die Messgenauigkeit noch weiter zu verbessern. In einer bevorzugten Variante wird z.B. für einen konkreten Nutzer aus seinen Informationen zur aufgenommenen Menge der gemessenen Substanz und/oder den von ihm gegebenen Zusatzinformationen und/oder den zu verschiedenen Messzeitpunkten erzielten Messergebnissen und/oder unter Berücksichtigung des mit Hilfe einer Vielzahl von Nutzern ermittelten mittleren Einflusses der Verstoffwechselung auf das Messergebnis, die individuelle Verstoffwechselung der Substanz für diesen konkreten Nutzer mit Hilfe unterschiedlicher mathematischer Verfahren berechnet. In einer bevorzugten Variante können daraus z.B. die Mengen, z.B. in Gramm berechnet werden, die der Nutzer verzehren sollte, damit in seinem Körper sich die Substanz in einer gewünschten Konzentration anreichert. In einer bevorzugten Variante wird die Berechnung jeweils erneut durchgeführt, sobald sich die Datenbasis der Berechnung verändert, z.B. wenn der Nutzer zusätzliche und/oder neue Informationen z.B. über die App abspeichert oder z.B. neue wissenschaftliche Erkenntnisse über Verstoffwechselungsvorgänge vorliegen.

In einer bevorzugten Lösung wird bei den Berechnungen zur individuellen Verstoffwechselung einer Substanz auch berücksichtigt, ob gleichzeitig Substanzen aufgenommen wurden, die die Aufnahme einer anderen Substanz behindern. In vorteilhafter Variante wird so ein nutzerindividuelles Modell erstellt, welches zumindest eine grobe, in vorteilhafter Variante eine gute Prognose erlaubt, welche Nahrungsmittel sich wie auf die im Gewebe des Nutzers auftretenden Konzentrationen von mindestens einer gewünschten Substanz auswirken.

Die folgenden Abschnitte beschreiben vorteilhafte Ausgestaltungen, bei denen durch die Messung mit dem beschriebenen Gerät gewonnene Informationen über eine oder mehrere Substanzen im Körper des Nutzers und deren aus mehreren Messungen ermittelter zeitlicher Verlauf und ggf. unter Hinzunahme weiterer Informationen eine für den Nutzer nutzbringende Information ermittelt wird. Diese Information kann in vorteilhafter Variante eine Verhaltensempfehlung und/oder eine Ernährungsempfehlung sein. In einer weiteren bevorzugten Variante wird durch Vergleich von Messergebnissen unterschiedlicher Messzeitpunkte festgestellt, ob es eine individuelle Sättigungskurve bei sich wiederholender Aufnahme einer Substanz gibt und welcher Gradient zwischen Aufnahme und gemessener Konzentration im Gewebe und Blut besteht. Das Ergebnis ist eine verbesserte Berechenbarkeit und somit eine Prognostizierbarkeit der individuellen Verstoffwechselung von Substanzen der Nahrung. In einer bevorzugten Lösung wird in Verbindung mit der berechneten individuellen Verstoffwechselung ein Vergleich zwischen der

Konzentrationsmenge von zwei oder mehr Substanzen durchgeführt, wenn deren Verhältnis gesundheitliche Relevanz besitzt. Ein Beispiel dafür ist das anzustrebende Verhältnis von Omega 3 Fettsäuren zu Omega 6 Fettsäuren oder die Wirkung von Lebensmitteln hinsichtlich ihrer glykämischen Last, oder allgemein die Reduzierung gesundheitlicher Risiken, wenn bestimmte Bestandteile der Nahrung in ausreichender Menge im Körper vorhanden sind.

Die Ergebnisse der Konzentrationsbestimmung der verschiedenen Substanzen, ob infolge gemeinsamer Messung oder durch Einzelmessungen der verschiedenen Substanzen dieser Substanzklasse, werden in einer bevorzugten Variante auf dem Messgerät gespeichert und/oder über das Internet an einen externen Server übertragen, gespeichert und miteinander so verrechnet, dass für den Nutzer ein individueller Grad der gegenseitigen Behinderung bei ihrer Aufnahme bzw. Verstoffwechselung z.B. von Carotinoiden bestimmt werden kann.

An der gegenseitigen Behinderung bei der Verstoffwechselung können zwei Substanzen, z.B. zwei Karotinoide, aber auch mehr als zwei Substanzen beteiligt sein. In ihrer wechselseitigen Beeinflussung können sie die Aufnahme bzw. Verstoffwechselung bestimmter anderer Substanzen entscheidend beeinflussen. Dieser funktionale Zusammenhang gilt natürlich nicht nur für Karotinoide, sondern auch für andere Substanzen der Ernährung.

In einer bevorzugten Variante wird der individuelle Grad der jeweiligen Behinderung beispielsweise ermittelt, indem zunächst die gemessenen Konzentrationen mit gesundheitlichen Empfehlungen zur Konzentrationsmenge im menschlichen Körper verglichen werden. Sollten Defizite oder zu hohe Konzentrationen festgestellt werden, werden in einer vorteilhaften Ausführung beispielsweise zunächst die Konzentrationen der Substanzen, die sich in der Aufnahme und Verstoffwechselung gegenseitig behindern, miteinander verglichen und z.B. mathematisch bewertet. In einer vorteilhaften Ausführung kann daraus der individuelle Grad der gegenseitigen Behinderung bestimmt werden. Dies können beispielsweise die Karotinoide sein. In einer bevorzugten Ausführung wird eine Berechnungsformel angewendet, in die die gesundheitlichen Sollwerte für die betrachteten Substanzen eingehen. Das Ergebnis der Formel kann eine Kennzahl für die Ausgewogenheit der individuellen Ernährung sein. Insbesondere der karotinoiden Ernährung oder der Aufnahme einer der anderen oben bereits genannten Stoffe. In vorteilhafter Variante kann diese Methode analog auch für andere, sich in der Verstoffwechselung gegenseitig behindernde Substanzen der Ernährung angewendet werden.

Mit Hilfe dieser Kennzahl können in einer bevorzugten Ausgestaltung Individuen trotz Berücksichtigung ihrer individuellen Verstoffwechselung miteinander verglichen werden. Dieser Vergleich wird in einer bevorzugten Ausführung beispielsweise in Form einer Grafik dem Nutzer auf seinem mobilen Gerät, das die Messergebnisse z.B. vom Server übermittelt bekommt,

angezeigt. Diese Information hilft ihm einzuschätzen, wo er im Vergleich mit einer Referenzgruppe liegt. Im Allgemeinen ist bekannt, dass derartige Vergleiche Menschen anspornen Verhaltensänderungen vorzunehmen, die ihr Risiko für eine Erkrankung minimieren.

Eine Änderung in der Zusammensetzung der verzehrten Obst- und Gemüsesorten kann infolge der individuellen Verstoffwechselung ausreichen, um das Verhältnis von sich gegenseitig behindernden Substanzen, z.B. zwei Karotinoiden zueinander zu verbessern, ohne dass die insgesamt verzehrte Menge an Obst und Gemüse geändert werden muss. In vorteilhafter Variante wird eine solche Änderung der Ernährung aus den ermittelten Messwerten und Nutzereingaben ermittelt und dem Nutzer vorgeschlagen. In einer bevorzugten Variante kann z.B. dem Nutzer des Messgeräts zusammen mit der Anzeige des Ergebnisses auch mitgeteilt werden, welche Obst- und Gemüsesorten er alternativ verzehren soll, damit sich bei gleicher Gesamtmenge an Obst und Gemüse ein besseres Verhältnis der Konzentrationen, beispielsweise von Karotinoiden untereinander, einstellt.

Auf die unterschiedlichen Informationen, die dem Nutzer des Messgeräts über die Mitteilung des Messergebnisses hinaus, zusätzlich gegeben werden können und wie dies erfolgen kann, wird weiter unten näher eingegangen.

In einer weiteren bevorzugten Variante kann dem Nutzer z.B. auch eine zeitliche Trennung für die Aufnahme, der sich gegenseitig behindernden Substanzen vorgeschlagen werden. Beispielsweise können ihm in einer bevorzugten Variante für seine Mittagsmahlzeit Rezepte vorgeschlagen werden, die Gemüse oder Obst mit hohen Konzentrationen eines bestimmten Karotinoids enthalten (z.B. Karotten/Beta Karotin oder Tomaten/Lycopin), während ihm für das Abendessen oder die Mittagsmahlzeit des nächsten Tages beispielsweise Rezepte genannt werden, die dieses Karotinoid nur in geringer Konzentration enthält, dafür aber eine hohe Konzentration des anderen Karotinoids enthalten, z.B. Lutein. In einer vorteilhaften Ausführung kann es sich alternativ auch um entsprechende Nahrungsergänzungsmittel handeln. Die zeitliche Trennung bei der Aufnahme sich behindernder Substanzen wird in einer bevorzugten Ausführung über einen Zeitraum von mindestens 4 Wochen beibehalten, wobei dem Nutzer über den gewählten Zeitraum entsprechende Rezeptvorschläge für die jeweiligen Mahlzeiten vorgeschlagen werden. Nach dem Verzehr werden in einer bevorzugten Variante jeweils mehrere Messungen zur Bestimmung der Konzentration von z.B. Beta Karotin und Lycopin mit dem hier beanspruchten Messgerät durchgeführt. In einer bevorzugten Variante besteht zwischen den Messungen ein festlegbarer zeitlicher Abstand. In bevorzugten Varianten beträgt er max. 2 Stunden, max. 4 Stunden, max. 8 Stunden oder max. 12 Stunden. Die Messergebnisse werden gespeichert und die Konzentrationshöhe für beide Substanzen, z.B. Beta Karotin und Lycopin, über den Zeitraum von

mind. 4 Wochen bestimmt, um die Auswirkung der zeitlich versetzten Aufnahme zu bestimmen. In einer vorteilhaften Variante wird dem Nutzer der Konzentrations-Verlauf z.B. in einer Grafik dargestellt und z.B. über eine App ausgegeben. In Abhängigkeit vom Ergebnis kann in einer bevorzugten Variante die Menge der Nahrung oder Nahrungsergänzung, die die beiden Substanzen enthalten erhöht und/oder der zeitliche Abstand zwischen dem Verzehr verändert werden, um die Konzentration der beiden Substanzen, z.B. Beta Karotin und Lycopin, bestmöglich auf ein Niveau zu bringen, das den größtmöglichen gesundheitlichen Nutzen hat. In einer weiteren bevorzugten Variante kann die zeitliche Trennung zwischen dem Verzehr von Nahrungsmitteln und/oder Nahrungsergänzung, die in der Verstoffwechselung sich gegenseitig behindernden Substanzen enthalten, beispielsweise über mehr als 12 Stunden gestreckt werden. In weiteren Varianten z.B. über mehr als 24 Stunden, über mehr als 36 Stunden oder mehr als 48 Stunden.

Im Hinblick auf die unterschiedliche gesundheitliche Wirkung bestimmter Substanzen, z.B. Karotinoide, bestehen bei Individuen unterschiedliche Präferenzen, was den Defizitausgleich durch Verzehr entsprechender Lebensmittel/Nahrungsergänzung betrifft. So kann es beispielsweise sein, dass Nutzer unbedingt die Konzentration einer bestimmten Substanz erhöhen wollen, weil dies Einfluss auf die Entwicklung einer bestimmten Krankheit hat, unabhängig davon, dass dadurch andere Substanzen vermindert aufgenommen werden. Das gilt beispielsweise für das Krankheitsbild der Makuladegeneration, bei der unbedingt genügend Lutein und Zeaxanthin aufgenommen werden muss, um dem Krankheitsbild angemessen begegnen zu können. Eine vorteilhafte Variante des Systems kann deswegen so eingestellt werden, dass ausgegebene Empfehlungen Krankheitsbilder berücksichtigen oder die individuell einstellbaren Ziele für Substanzkonzentrationen vorgebar sind.

In einer bevorzugten Variante werden die an den Nutzer ausgegebenen Unterstützungen wie z.B. die Auswahl der Obst- und Gemüsesorten, die die Substanzen enthalten, die zu verzehrende Menge an Obst und Gemüse sowie der Vorschlag entsprechender Rezepte und/oder Nahrungsergänzung über Algorithmen generiert. In einer bevorzugten Variante wird auch die Anzahl der erforderlichen Konzentrationsmessungen zur Bestimmung der tatsächlich verstoffwechselten Mengen und ihr zeitlicher Abstand mit Hilfe dieser Algorithmen berechnet. In einer bevorzugten Variante nutzt dieser Algorithmus auch vergleichbare Daten anderer Nutzer, die z.B. mit Hilfe einer App an einen externen Server übermittelt und dort anonymisiert gespeichert wurden, um diese Berechnung durchführen zu können. In vorteilhafter Variante werden für die Algorithmen bestimmte Formen der künstlichen Intelligenz (KI) genutzt, um dem Nutzer diese Vorschläge unterbreiten zu können. In einer bevorzugten Variante wird auf Basis der verzehrten Mengen an Obst und Gemüse bzw. Nahrungsergänzung und der Messergebnisse eine Prognose erstellt und dem Nutzer mitgeteilt, die

zeigt, wie hoch die Konzentrationen zu einem in der Zukunft liegenden Zeitpunkt sein werden. Auf Basis der dabei verarbeiteten Daten können unter Anpassung der verzehrten Menge und des Zeitpunkts für die zeitversetzte Aufnahme sich behindernder Substanzen alternative Prognosen berechnet werden.

Messung des Wassergehalts von Haut und Gewebe

In einer bevorzugten Variante des oben beschriebenen Messgeräts konnte überraschenderweise festgestellt werden, dass der Wassergehalt in der Haut bzw. im Gewebe bei Kontakt des Messgeräts mit der Haut nicht-invasiv gemessen werden kann. Überraschenderweise konnte dabei in einer bevorzugten Ausführung festgestellt werden, dass beispielsweise bestimmt werden kann, wann der Mensch trinken sollte, um z.B. eine optimale kognitive Leistung zu ermöglichen, oder um negative Folgen auf andere Körperfunktionen (z.B. Stuhlgang) und/oder Organe (z.B. Nieren) zu verhindern. In alternativer vorteilhafter Variante kann die Wirkung von Feuchtigkeitscremes zur Straffung der Haut überprüft werden.

Messung von Körperfettanteil und BMI

In einer bevorzugten Variante konnte überraschenderweise festgestellt werden, dass mit dem oben beschriebenen Messgerät der Körperfettanteil messbar ist. Die Messung kann an unterschiedlichen Körperstellen durchgeführt werden. In einer bevorzugten Ausführung findet die Messung an der Innenseite der Hand im Bereich des Handballens statt. Mit Hilfe dieser Messung ist es beispielsweise möglich die Wirkung von Diäten sehr frühzeitig zu erkennen. Für den Nutzer ist das von großem Vorteil, da er so die Qualität einer Diät prüfen kann, bevor auf der Waage eine Gewichtsreduzierung sichtbar ist. Erkennbare Erfolge einer Diät erhöhen die Motivation diese fortzuführen, während im anderen Fall die Diät nicht fortgeführt werden muss. Auf Grundlage des Messergebnisses können Nutzer beispielsweise auch bei der Zusammenstellung ihrer Nahrung unterstützt werden. Darauf wird an anderer Stelle dieses Dokument näher eingegangen.

In vorteilhafter Variante kann die Messung einen Wert ausgeben, der mit dem BMI korreliert. So kann z.B. folgende Aussage getroffen werden: Der gemessene Fettanteil entspricht einer durchschnittlichen Person mit einem BMI von X. Wobei x für den Zahlenwert der Vergleichsgruppe steht. Der Body-Mass-Index (BMI) ist eine gängige Maßzahl für die Klassifizierung des Körpergewichts eines Menschen in Relation zu seiner Körpergröße. Er ermöglicht die Zuordnung des eigenen Körpergewichts in die Kategorien: Untergewicht, Normalgewicht, Übergewicht, extremes Übergewicht (Adipositas) und massive Adipositas. Ein

Nachteil des BMI ist, dass bei der Körpermasse nicht zwischen Fett- und Muskelmasse unterschieden wird.

Überraschenderweise konnte in einer bevorzugten Ausführung festgestellt werden, dass mit dem hier beschriebenen Messgerät eine Messung am Handballen möglich ist, deren Ergebnis beispielsweise mit dem BMI korrelierende Kennzahlen sind, die Muskelmasse und Körpergewicht durch Fett besser berücksichtigen. Damit ist erstmalig eine schnelle und einfache Bestimmung der Fettspeicherung möglich, die für das Gewichtsmanagement von Bedeutung ist, denn Menschen, die beispielsweise eine Diät machen, wollen Fett und nicht Muskelmasse verlieren. In einer bevorzugten Ausführung wird diese neue BMI- Bestimmung „BMI 2.0“ genannt.

In bevorzugter Ausführung sind die Basis für die spektroskopische Bestimmung des BMI, Algorithmen, die z.B. auf Basis neuronaler Netze mit Hilfe von KI entwickelt wurden. Fig.45 zeigt z.B. eine Korrelation von $R=0,61$ zwischen dem traditionell berechneten BMI ($\text{kg/m}^2 = \text{Körpergewicht (in kg) geteilt durch Körpergröße (in Meter) zum Quadrat}$) und den durch spektroskopische Messung vorhergesagten BMI. Ein bekannter Nachteil des BMI ist, dass hohe Muskelmasse zu einem hohen BMI führt. Deswegen ist der BMI kein idealer Indikator zur Erkennung einer zu energiereichen Ernährung. Die Messung des Anteils von Fettgewebe in der Unterhaut und im Muskelgewebe durch ein nichtinvasives optisches Verfahren weist diesen Nachteil in vorteilhafter Ausgestaltung nicht auf. Eine vorteilhafte erfindungsgemäße Messeinrichtung kann deswegen für die Beobachtung der Auswirkungen der Energieaufnahme und des Energieverbrauchs des Körpers sehr vorteilhaft eingesetzt werden.

Überraschenderweise konnte in einer weiteren bevorzugten Variante festgestellt werden, dass es mit Hilfe von KI möglich ist Algorithmen zu erzeugen, mit denen das Viszeralfett (in cm^2) und die Skelettmuskelmasse (in kg/m^2) getrennt voneinander bestimmen werden kann, wenn mit dem hier beanspruchten Messgerät optische Messdaten z.B. am Handballen erhoben werden.

Messung von Glukose

In einer bevorzugten Variante des oben beschriebenen Messgeräts konnte überraschenderweise festgestellt werden, dass die Glukose-Konzentration im Blut bei Kontakt des Messgeräts mit der Haut nicht-invasiv gemessen werden kann.

In einer weiteren bevorzugten Variante konnte überraschenderweise festgestellt werden, dass die Glukose-Konzentration auch im Gewebe z.B. in der Zwischenzellflüssigkeit des Unterhautfettgewebes, gemessen werden kann.

Überraschenderweise kann die Bestimmung der Glukose-Konzentration im Blut und im Gewebe durch Messung am Handballen erfolgen. Überraschenderweise konnte dabei festgestellt werden,

das in vorteilhafter Ausgestaltung mit Hilfe der Glukose-Messung das Entstehen von Entzündungen z.B. Hautentzündungen prognostiziert werden kann. In einer bevorzugten Lösung wird dazu über einen bestimmten Zeitraum das Auf- und Ab der Glukose-Werte durch Messungen vor und nach den Mahlzeiten bestimmt, um auf diesem Weg das Minimum und Maximum des individuellen Glukose Spiegels zu erfassen incl. der Zeitspanne zwischen dem Auftreten der minimalen und maximalen Glukosewert und/oder des Verlaufs zwischen dem minimalen und maximalen Glukosewert. Unter Nutzung dieser Daten und den entsprechenden Daten anderer Nutzer wird der Nutzer mit Hilfe von KI-Verfahren einer Risikoklasse für das Entstehen von Entzündungen, z.B. Hautentzündungen, zugeordnet. Dabei können zusätzliche Kriterien wie z.B. Alter und Geschlecht berücksichtigt werden.

Um die Genauigkeit der Messung zu verbessern, werden in einer bevorzugten Variante vor und direkt nach den Mahlzeiten jeweils mehrere aneinander anschließende Wiederholungsmessungen durchgeführt. In einer bevorzugten Variante werden mind. 2, 3, 4 oder 8 Wiederholungsmessungen durchgeführt. In einer weiteren bevorzugten Variante werden direkt nach den Mahlzeiten in bestimmten Abständen mind. 2 Messungen, mind. 4 Messungen, mind. 8 Messungen, mindestens 12 Messungen durchgeführt. In einer ebenso bevorzugten Variante beträgt der Abstand zwischen den Messungen max. 1 Minute, max. 2 Minuten, max. 4 Minuten, max. 6 Minuten, max. 8 Minuten oder max. 10 Minuten. In einer bevorzugten Ausführung beträgt der Zeitraum, über den durch Messungen der Anstieg und Abfall der Werte vor und nach den Mahlzeiten verfolgt wird, beispielsweise mind. einen Tag. In einer weiteren bevorzugten Ausführung beträgt dieser Zeitraum beispielsweise mind. 2 Tage. In einer stärker bevorzugten Ausführung beträgt der Zeitraum beispielsweise mind. 3 Tage. In einer noch stärker bevorzugten Ausführung beträgt der Zeitraum beispielsweise mind. 1 Woche und bei der am stärksten bevorzugten Ausführung beträgt er Zeitraum beispielsweise mind. 2 Wochen, um das durchschnittliche Auf- und Ab der Glykose-Werte des Messenden zu bestimmen. In vorteilhafter Variante werden bezogen auf jede Risikoklasse, der ein Nutzer zugeordnet werden kann, Maßnahmen zur Reduzierung der maximalen Ausschläge des Auf- und Ab der Glykose-Werte bestimmt. Unter Berücksichtigung des oben beschriebenen Verfahrens zur Bestimmung der individuellen Verstoffwechselung zählen zu den Maßnahmen in vorteilhafter Variante beispielsweise Vorschläge zu den zu verzehrenden Lebensmitteln bzw. den Bestandteilen der Nahrungsaufnahme. Diese können z.B. anhand ihres glykämischen Index und/oder den Zeitpunkt und/oder die Häufigkeit der Nahrungsaufnahme an einem Tag, mit Hilfe eines Algorithmus berechnet und ausgegeben werden. In vorteilhafter Variante werden Vorschläge für Anzahl und Zeitpunkt der Einnahme von Malzeiten aus dem Zeitpunkt und Ergebniswert der Glukose-Messung ermittelt. Die Umsetzung der Vorschläge durch

den Messenden wird beispielsweise anhand der nachfolgenden Glukose-Messungen überprüft. Die dabei festgestellten Unterschiede im Glukose-Wert können beispielsweise zu einer Neuuzuordnung in eine niedrigere Risikoklasse führen. Auf diese Weise kann das Risiko für das Auftreten von Entzündungen nach und nach reduziert werden.

Messung von Glukose, C-reaktives Protein, Cortisol, Alpha Linolensäure und Prognose für das Entstehen von Entzündungen

In einer bevorzugten Ausführung des oben beschriebenen Messgeräts konnte festgestellt werden, dass eine oder mehrere der Substanzkonzentrationen von C-reaktivem Protein, Cortisol und Alpha Linolensäure mit dem Messgerät nicht-invasiv gemessen werden kann, wenn der Sensor während der Messung zumindest zeitweise direkten Hautkontakt hat.

In einer ebenfalls bevorzugten Variante finden die Messungen von Glukose, C-reaktivem Protein, Cortisol und Alpha Linolensäure im Bereich des Handballens statt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführung konnte überraschenderweise festgestellt werden, dass beispielsweise bei gleichzeitiger Messung von Glukose und C-reaktivem Protein, entsprechend dem im Kapitel „Messung von Glukose“ beschriebenen Verfahren die Zuordnung in eine Risikoklasse für das Auftreten zukünftiger Entzündungen, z.B. Hautentzündungen, exakter erfolgen kann. In einer weiteren bevorzugten Ausführung konnte überraschenderweise festgestellt werden, dass beispielsweise bei gleichzeitiger Messung von Glukose, C-reaktivem Protein und Cortisol, entsprechend dem im Kapitel „Messung von Glukose“ beschriebenen Verfahren nicht nur die Zuordnung in eine Risikoklasse für das Auftreten zukünftiger Entzündungen, z.B. Hautentzündungen, möglich ist, sondern auch eine annähernde Prognose des Zeitpunkts bzw. des Zeitraums für Auftreten und Stärke der Entzündung, möglich wird. In einer weiteren bevorzugten Ausführung konnte überraschenderweise festgestellt werden, dass beispielsweise bei gleichzeitiger Messung von Glukose, C-reaktivem Protein, und Alpha Linolensäure, entsprechend dem im Kapitel „Messung von Glukose“ beschriebenen Verfahren, die Zuordnung in eine Risikoklasse für das Auftreten zukünftiger Entzündungen, z.B. Hautentzündungen, sowie die Prognose des Zeitpunkts oder des Zeitraums für Auftreten und Stärke der Entzündung, exakter erfolgen kann.

In den zuvor beschriebenen bevorzugten Varianten zur Verbesserung Zuordnung in eine Risikoklasse sowie die Prognose über den Zeitpunkt/Zeitraum für Auftreten und Stärke der Entzündung werden die jeweiligen Messungen für die einzelnen Substanzen entweder kurz hintereinander durchgeführt oder die entsprechenden optischen Daten werden im Rahmen einer gemeinsamen Messung zusammen erhoben. In alternativer bevorzugter Ausführungsform, werden

die in diesem Kapitel beschriebenen Messverfahren nur für eine Teil der Substanzen nicht invasiv optisch durchgeführt. Ein anderer Teil der Messungen erfolgt auf anderem Wege.

In einer weiteren bevorzugten Variante können die Messungen der verschiedenen Substanzen auch mit unterschiedlichen Messverfahren zeitnah nacheinander erhoben werden, z.B. max. innerhalb eines Monats, max. innerhalb einer Woche, besser max. innerhalb eines Tages max. oder noch besser max. innerhalb einer Stunde. Wie zuvor beschrieben bilden auch in diesem Fall die individuellen Messergebnisse und die entsprechenden Daten anderer Nutzer die Basis zu Anwendung von Verfahren der künstlichen Intelligenz, um die Prognose für das Entstehen und die Stärke von Entzündungen für einen in der Zukunft liegenden Zeitpunkt zu erstellen.

Messung von AGE und Glukose

In einer bevorzugten Ausführung des oben beschriebenen Messgeräts konnte festgestellt werden, dass die Konzentration von Advanced Glycation End-Products (AGEs) bei Kontakt des Messgeräts mit der Haut nicht-invasiv gemessen werden kann. In vorteilhafter Ausgestaltung wird die Vorrichtung dafür so ausgelegt, dass nicht nur von den Emitttern emittierte Photonen von den Detektoren detektiert werden können, sondern dass auch Photonen detektiert werden können, die aus Fluoreszenzeigenschaften in der zu messenden Probe entstehen, nachdem die Probe durch Licht zur Fluoreszenz angeregt wurde. Überraschenderweise konnte in einer bevorzugten Variante festgestellt werden, dass bei gleichzeitiger Messung von AGEs und Glukose beispielsweise die zukünftige Konzentration der AGE prognostiziert werden kann. In einer bevorzugten Variante werden dazu beispielsweise jeweils Messungen im Abstand von max. einer Woche, im Abstand von max. 2 Wochen, im Abstand von max. 3 Wochen, im Abstand von max. 4 Wochen, im Abstand von max. 2 Monaten oder im Abstand von mehr als 2 Monaten durchgeführt. In bevorzugten Varianten werden zu den vorgenannten Abständen beispielsweise jeweils mind. 2 solcher Messungen, jeweils mind. 4 solcher Messungen, jeweils mind. 8 solcher Messungen oder jeweils mehr als 10 solcher Messungen durchgeführt. Diese Messungen können in einer bevorzugten Variante beispielsweise jeweils direkt nacheinander erfolgen. In weiteren bevorzugten Varianten können diese Messungen beispielsweise mit einem Abstand von max. 10 Minuten, im Abstand von 10 bis zu 30 Minuten, im Abstand von 30 bis zu 60 Minuten, im Abstand von 60 bis zu 90 Minuten oder im Abstand von 90 bis zu 120 Minuten erfolgen. In weiteren bevorzugten Varianten können die Messungen beispielsweise jeweils vor jeder Mahlzeit und jeweils nach jeder Mahlzeit, direkt nach dem Aufstehen und kurz vor dem Schlafengehen erfolgen. In einer bevorzugten Variante werden beispielsweise die bei den Messungen generierten

Konzentrationen von AGEs und Glukose miteinander verrechnet, um den Einfluss der jeweils aktuellen Glukose-Konzentration auf die Veränderung der AGE-Konzentration zu bestimmen.

In einer bevorzugten Variante wird zur Optimierung des Berechnungsverfahrens ein Teil der Datenmenge benutzt, um den anderen Teil der Datenmenge vorherzusagen. Das Berechnungsverfahren kann durch Vergleich von Vorhersage und tatsächlich gemessener Ergebnisse so lange verändert werden, bis eine zufriedenstellende Vorhersage, der Messwerte erreicht wird. In vorteilhafter Variante erfolgt dies automatisch durch Algorithmen. In besonders vorteilhafter Variante durch KI Methoden wie z.B. neuronale Netze.

In einer bevorzugten Variante wird für die Ergebnisse eine Vorhersagegüte bestimmt. Diese wird dem Nutzer mitgeteilt. Die Vorhersagegüte sagt beispielsweise aus mit welcher Wahrscheinlichkeit ein vorhergesagte Wert einem Wert zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Zukunft entspricht. Dabei kann es sich beispielsweise um AGE-Werte handeln. In vorteilhafter Variante wird das Ergebnis jeder neuen Messung wird mit dem Ergebnis des prognostizierten Werts verglichen. In einer bevorzugten Variante wird die Prognose eines Wertes unter Berücksichtigung eines anderen Messwertes optimiert. Beispielsweise wird die Prognose eines AGE-Wertes durch die Berücksichtigung eines zeitlich zugehörigen Glukose-Messwerts optimiert. In einer bevorzugten Variante wird der zeitliche Verlauf der gemessenen Werte und der prognostizierten Werte in einer gemeinsamen Grafik dargestellt. Dies kann beispielsweise für AGE Werte erfolgen. Wie zuvor beschrieben, werden in einer bevorzugten Variante dem Nutzer Vorschläge unterbreitet, wie unter Berücksichtigung der individuellen Verstoffwechselung durch Veränderung von Ernährungs- und Lebensstil (z.B. Ernährungsbestandteile, Zeitpunkt der Nahrungsaufnahme, körperliche Aktivität) der aktuelle Glukose-Wert so beeinflusst wird, dass die gemessenen AGE-Werte gesundheitsrelevante Schwellenwerte nicht überschreiten.

Gewichtsmanagement – Messung von Glukose, Körperfettanteil und Wassergehalt von Haut und Gewebe

Für ein erfolgreiches Ernährungs- und Gewichtsmanagement ist es u.a. sinnvoll die Glukosekonzentration im Blut oder in der Zwischenzellflüssigkeit des Gewebes zu kontrollieren. Körperfett wird nicht oder wird nur teilweise abgebaut, wenn genügend Energie in Form von Glukose im Blut vorhanden ist. Da Glukose und Insulin nach einer Mahlzeit in ähnlichem Ausmaß ansteigen und Insulin die Lipolyse blockiert, wird Fett nicht verbrannt bzw. verstoffwechselt. Daraus folgt, dass das mit der Mahlzeit gleichzeitig aufgenommene Fett zumindest teilweise in den Fettzellen gespeichert wird. Das führt zur Gewichtszunahme bei gleichzeitiger Ausdehnung der vorhandenen Fettzellen.

Ist wenig Glukose im Blut, weil zuvor das Insulin die Glukose zur Energiezufuhr in die Körperzellen transportiert hat oder weil die Kalorienzufuhr gestoppt wurde, baut der Körper zunächst seine Glykogenreserven ab. Glykogen ist eine Form von Kohlenhydraten, die in den Muskeln und der Leber gespeichert wird (ca. 300-400g). Bei der Energiegewinnung durch Glykogen wird Wasser freigesetzt, das aus dem Körper ausgeschwemmt wird. Das führt auf der Waage zwar zu einer messbaren Gewichtsabnahme, hat aber nichts mit einem erfolgreichen Gewichtsmanagement und dem Abbau überflüssiger Pfunde zu tun hat. Trotz Bewegung bewirkt das Leeren der Glykogenspeicher eine Reduzierung des Abbaus der im Körper vorhandenen Fettreserven. Die Gewichtsabnahme durch Fettverbrennung ist entsprechend gemindert.

In einer bevorzugten Ausführung konnte überraschenderweise festgestellt werden, dass beispielsweise bei zeitgleicher Messung des Blutzucker-, Wasser- und Fettwerts (siehe vorherige Kapitel) ein individueller Korridor bestimmt werden kann, innerhalb dem es zu einer Abnahme des Körpergewichts kommt (Nettogewichtsabnahme), ohne dass die später auf der Waage feststellbare Gewichtsreduzierung vom Wasserverlust verfälscht wird. Dies ist für den Nutzer von großer Bedeutung, da er bislang nicht zwischen Wasserverlust und tatsächlicher Gewichtsreduktion unterscheiden kann.

Weiterhin variiert das Gewicht des Magen- und Darminhaltes, was eine Bestimmung des Körpergewichts zu einer ungenauen Ausgangsbasis für eine Diät zum Zweck der Körperfettreduktion macht. In vorteilhafter Variante wird eine nicht invasive optische Messung mit einer der erfindungsgemäßen Ausführungsformen zur Fortschrittskontrolle einer Diät verwendet.

Gleichzeitig kann in einer bevorzugten Ausführung beispielsweise ein Korridor für den Zeitpunkt bestimmt werden, bei dem es zielführend und effektiv ist, die Fettverbrennung durch körperliche Betätigung, beispielsweise Bewegung, in Gang zu setzen. Das heißt, der Nutzer wird informiert, wann er eine sportliche Aktivität starten soll, damit durch die Bewegung die größte Reduzierung von Körperfett erfolgt.

In einer bevorzugten Ausführung erfolgt die Bestimmung des zuvor beschriebenen individuellen Korridors für die Fettverbrennung beispielsweise durch gezielte mathematische Berechnung unter Nutzung der Blutzuckerwerte, die z.B. entsprechend der im Kapitel „Messung Glukose“ beschriebenen Vorgehensweise erhoben werden. In bevorzugter Variante berücksichtigt die Berechnung die Nutzung des Wassergehalt- und/oder Körperfettanteil, die z.B. zusammen mit der Glukose Messung in gemeinsamen Messungen bestimmt werden. Innerhalb des Korridors können mit Hilfe weiterer mathematischer Verfahren, z.B. auf Basis von KI, Bereiche identifiziert werden, bei denen beispielsweise die Nettogewichtsabnahme besonders vorteilhaft ist. Die Identifizierung

der einzelnen Bereiche kann in einer bevorzugten Ausführung beispielsweise über spezielle Kennzahlen erfolgen, die das Verhältnis der einzelnen Messwerte zueinander beschreiben.

Überraschenderweise hat sich in einer bevorzugten Ausführung herausgestellt, das mit Hilfe der Messung der oben genannten drei Substanzen (Blutzucker, Wassergehalt, Körperfettanteil) über einen Algorithmus die Prognose, der sich später tatsächlich einstellenden Gewichtsreduktion möglich wird. In einer bevorzugten Ausführung wird die Prognose besonders genau, wenn zusätzlich zu den oben genannten drei Substanzen, beispielsweise die zeitliche Dauer des Aufenthalts im Korridor bestimmt wird, denn je länger sich der Körper in diesem individuellen Korridor befindet, desto größer ist die Nettogewichtsabnahme. In vorteilhafter Variante wird die Bestimmung der zukünftigen Nettogewichtsabnahme noch exakter, wenn beispielsweise der zeitliche Aufenthalt in den Bereichen für unterschiedliche Gewichtsabnahme bestimmt und in die Berechnung einbezogen wird.

Da sich der Körperfettanteil gegenüber dem Blutzucker- und Wassergehalt langsamer verändert, konnte in einer bevorzugten Ausführung überraschenderweise festgestellt werden, dass aus dem Verhältnis von Fett zu Blutzucker- und Wassergehaltswert, beispielsweise der Zeitraum retrospektiv berechnet werden kann, indem sich der Körper in dem individuellen Korridor für die Gewichtsreduktion befunden hat. Dazu werden die im Messgerät oder auf einem externen Medium (z.B. einem Server, der die Daten z.B. über eine App per Internet erhält) gespeicherten Messwerte, analysiert. Vorzugsweise erfolgt die retrospektive Berechnung des Zeitraums beispielsweise unter Einbeziehung einer oder mehrerer Messungen, die zuvor innerhalb des Korridors stattgefunden haben. Die Möglichkeit der retrospektiven Berechnung ist eine vorteilhafte Variante und stellt einen erheblichen Kundennutzen dar, da es dabei keiner kontinuierlichen Bestimmung und/oder kontinuierlichen Analyse der drei Substanzen und des zeitlichen Aufenthalts im Korridor bedarf, um die zukünftige Nettogewichtsreduzierung zu prognostizieren.

In einer bevorzugten Variante werden Wiederholungsmessungen in einem Takt von max. 3 Stunden durchgeführt. In weiteren bevorzugten Varianten werden sie in einem Takt von max. 2-Stunden, in einem Takt von max. 1-Stunde, in einem Takt von max. 30 Minuten, in einem Takt von max. 20 Minuten, in einem Takt von max. 10 Minuten oder in einem minütlichen Takt durchgeführt. Wird diese Messtaktung an mehreren Tagen oder über einen längeren Zeitraum wiederholt, so kann beispielsweise die Nettogewichtsabnahme für unterschiedlich lange Zeiträume hochgerechnet werden. In einer bevorzugten Variante kann die Nettogewichtsabnahme, die sich aus der Beibehaltung der aktuellen Verhaltensweisen des Nutzers ergibt, beispielsweise hochgerechnet werden für den Zeitraum von bis zu 1, 2, 3 oder 4 Wochen. In weiteren bevorzugten Varianten für einen Zeitraum von bis zu 2, 3, 4, 5, 6 Monaten, in weiteren bevorzugten Varianten

für einen Zeitraum von 7, 8, 9, 10, 11 Monaten und in ebenso bevorzugten Varianten für einen Zeitraum bis zu 1, 2, 3 und mehr Jahren oder analog auch für andere Zeitpunkte und Zeitspannen. Gegenüber dem Stand der Technik ist damit ein erheblicher Gewinn des Kundennutzen gegeben, da die physiologischen Zustände eine Gewichtsabnahme quantifizierbar machen, bevor sie auf der Waage sichtbar wird. Dabei handelt es sich um eine objektive Gewichtsabnahme, die beispielsweise nicht von der Messgenauigkeit der Waage oder der Auflösung des Messergebnisses auf der Waage abhängt. Dies ist ein erheblicher Vorteil, denn der Kunde benötigt dann keine teure Personenwaage mehr, die Gewichts differenzen im Grammbereich mit einem sehr geringen Messfehler anzeigen kann, um eine motivationsfördernde Gewichtsabnahme frühzeitig zu bemerken.

In einer ebenfalls bevorzugten Ausführung konnte festgestellt werden, dass es auch möglich ist den Korridor durch die nicht zeitgleiche Messung von Blutzucker, Wassergehalt und Körperfettanteil zu bestimmen. Allerdings hat sich herausgestellt, dass auf diese Weise der Korridor nur mit geringerer Genauigkeit bestimmt werden kann. Der Vorteil besteht bei dieser Ausführungsvariante darin, dass die Messeinrichtung kostengünstiger gestaltet werden kann.

Stark abfallende Glukosewerte

Bekannterweise kommt es in den ersten zwei Stunden nach einer Mahlzeit zu einem Ansteigen und anschließenden Fallen des Blutzuckerwertes. Wie wissenschaftliche Untersuchungen zeigen (z.B. Postprandial glycaemic dips predict appetite and energy intake in healthy individuals. in: Nat Metab. 2021 April 01; 3(4): 523–529. doi:10.1038/s42255-021-00383-x), kommt es bei einigen Personen 2-4 Stunden nach einem Höhepunkt des Zuckerwertes zu einem stark abfallenden Blutzuckerspiegel, bevor der Wert wieder ansteigt. Davon betroffene Personen haben ein stärkeres Hungergefühl und nahmen über den Tag im Durchschnitt 300 Kalorien mehr zu sich, als Personen deren Blutzuckerspiegel nicht so stark abfällt. Dieses Verhalten kann innerhalb eines Jahres zu einer Gewichtszunahme von 10 kg führen. Für ein nachhaltiges Gewichtsmanagement ist es deshalb beispielsweise förderlich Personen darüber zu informieren, ob sie zur Gruppe mit stark abfallenden Zuckerwerte gehören und deshalb mehr Kalorien zu sich nehmen als andere. Für die Ermittlung dieser Personengruppe wird eine vorteilhafte Variante der Erfindung genutzt, die eine auf diese Fragestellung optimierte Messprozedur und/oder Visualisierung des Blutzuckerspiegels beinhaltet. Eine bevorzugte Vorgehensweise zur Identifizierung von Personen mit stark abfallendem Zuckerwert ist z.B. folgende:

Vor dem Durchführen einer Glukosemessung können Nutzer auf dem User Interface der Mess-App den Zeitraum angeben, der nach der Mahlzeit vergangen ist. In alternativer Variante wird der

Zeitpunkt, an dem die letzte oder auch weitere Mahlzeiten eingenommen wurde, eingegeben oder anderweitig erfasst. In einer bevorzugten Ausführung kann dies beispielsweise über ein Auswahlménú erfolgen oder durch händische oder verbale Eingabe des Zeitraums. Oder auch über die Betätigung einer Schaltfläche der App kurz vor oder nach der Mahlzeit. Zusätzlich besteht in einer weiteren bevorzugten Variante die Möglichkeit die Komponenten der vorausgegangenen Mahlzeit beispielsweise durch Eingabe, Auswahl oder durch Digitalfotografie zu dokumentieren. In einer bevorzugten Variante steuert die Mess-App die Durchführung der Messung mit dem oben beschriebenen Messgerät. Sie kann sich z.B. auf einem mobilen Gerät (z.B. Smartphone, Tablet) befinden, das mit Hilfe der App die Daten von dem Messgerät abrufen und sie an einen zentralen Server zur Berechnung und/oder Datenspeicherung weiterleitet. Der Datentransfer kann über das Internet erfolgen, mit dem sich das mobile Gerät z.B. automatisch verbinden kann, z.B. über Einwahl in ein existierendes WIFI-Netzwerk oder das mobile Versenden von Daten z.B. über Mobilfunk. Die auf dem Server gespeicherten Messdaten einer bevorzugten Anzahl von Nutzern werden auf zeitlich abfallende Zuckerwerte analysiert. Mit Hilfe von z.B. KI werden Risikostufen für die Zugehörigkeit zur Gruppe der Nutzer mit stark abfallenden Zuckerwerten definiert. Jedem Nutzer wird eine der Stufen zugewiesen. Da die Zuordnung zu einer Stufe auch von der Anzahl der Zuckermesswerte abhängt, die für den Benutzer gespeichert sind, kann sich die Zuordnung im Laufe der Zeit verändern. Gleichzeitig wird die Wahrscheinlichkeit für eine korrekte Zuordnung mit mehr Messungen höher. Dem Nutzer wird in vorteilhafter Variante die Wahrscheinlichkeit für eine korrekte Zuordnung mitgeteilt. In alternativer Variante erfolgt die Zuordnung nicht zu Risikostufen, sondern stufenlos.

Hat der Nutzer Informationen zu den Komponenten seiner Mahlzeit oder Digitalfotos seiner Mahlzeiten in der App hinterlegt, werden in bevorzugter Ausgestaltung bei der Zuordnung in eine Risikostufe jeweils auch die Komponenten einer Mahlzeit oder die fotografierten Mahlzeiten mit angezeigt, die den stärksten Beitrag zum prognostizierten Abfall der Zuckerwerte geleistet haben.

Messung von Alpha Linolensäure, Arachidonsäure, Linolsäure

In einer bevorzugten Ausführung kann mit dem hier beschriebenen Messgerät die Konzentration einer oder mehrerer der folgenden Substanzen gemessen werden: von Alpha Linolensäure (Omega 3), Arachidonsäure (Omega 6) und/oder Linolsäure (Omega 6). In einer weiter bevorzugten Ausführung erfolgt das Detektieren der Säuren gleichzeitig innerhalb einer Messung, die aus mehreren Messsequenzen bestehen kann.

In einer zusätzlich bevorzugten Ausführung erfolgt die Messung der jeweiligen Säurekonzentration in unterschiedlichen Tiefen der Haut bis hinein ins Blut. Die Bestimmung der

verschiedenen Tiefen-Konzentrationen für die einzelnen Säuren erfolgt in einer bevorzugten Ausführung gleichzeitig während einer Messung, die mehrere Messsequenzen haben kann. Die Basis dafür ist die gezielte Analyse von Daten, die von Emitter – Detektor Paaren mit zur entsprechenden Tiefe korrespondierenden Lichtwegen stammen.

Messung von Carotinoiden

Mit Hilfe des hier beschriebenen Messgeräts ist es in vorteilhafter Ausgestaltung möglich die Konzentration von Carotinoiden im menschlichen Körper zu messen. Für die MSRRS Methode ist das bereits in Patent US 11,085,876 B2 beschrieben. Wird die MSRRS Methode in Verbindung mit den hier beschriebenen Eigenschaften des erfindungsgemäßen Messgeräts benutzt, kann die Konzentration der verschiedenen Carotinoide genauer bestimmt werden als mit der MSRRS Methode allein. In einer bevorzugten Ausführung ist es mit dem Messgerät möglich die Konzentration von Alpha-Carotin, Beta-Carotin, Lutein, Alpha-Carotin, Gamma-Carotin, Beta-Cryptoxanthin, Zeaxanthin und Lycopin zu detektieren. In einer weiteren bevorzugten Variante können mit Hilfe entsprechender Algorithmen die vorgenannten Carotinoide im Blut und in der Haut (Gewebe) jeweils einzeln und/oder gemeinsam gemessen und die Ergebnisse einzeln und/oder gemeinsam auf dem Display eines Ausgabegeräts angezeigt werden.

In einer ebenfalls bevorzugten Ausführung kann bei Messung der Carotinoide im Blut bereits am selben Tag, z.B. nach wenigen Stunden der Beitrag einer Nahrungsaufnahme zur Steigerung des Carotinoid-Niveaus und damit zur Steigerung des Antioxidativen Niveaus im Körper festgestellt werden, während die Anreicherung von Carotinoiden in der Haut bzw. im Gewebe nicht am selben Tag, oftmals z.B. erst nach mehreren Wochen, messbar ist.

In einer bevorzugten Ausführung wird bei Messungen, die der Bestimmung der Carotinoid-Konzentration dienen und die z.B. am Handballen des Menschen durchgeführt werden, die Messungengenauigkeit in der Konzentrationsbestimmung geringer indem die Berechnung der Carotinoid-Konzentrationen unter Berücksichtigung der Messergebnisse von C-reaktives Protein und/oder Cortisol erfolgt, die gleichzeitig und/oder zeitlich versetzt durchgeführt werden oder durchgeführt wurden. In einer bevorzugten Ausführung wird eine bessere Wiederholungsgenauigkeit der Carotinoid-Messung erreicht, indem die Konzentrationsberechnung der Carotinoid-Messung unter Einbeziehung der Messergebnisse von C-reaktiven Protein und/oder Cortisol erfolgt.

In einer bevorzugten Ausführung kann bei Ernährungs- und Verhaltensumstellungen, die der Verbesserung der Carotinoid-Werte dienen, der Anstieg der Carotinoid-Konzentration früher nachgewiesen werden, wenn beispielsweise gleichzeitig C-reaktives Protein und/oder Cortisol gemessen wird und in der Carotinoid-Konzentrationsberechnung berücksichtigt wird.

Überraschenderweise ergab sich in einer bevorzugten Variante auch, dass die Abweichung zwischen vorhergesagter Carotinoid-Konzentration und später tatsächlich gemessener Carotinoid-Konzentrationen, geringer ausfällt, wenn bei der Trendermittlung beispielsweise die Messergebnisse der gleichzeitig durchgeführten Messung des C-reaktiven Proteins und/oder Cortisols berücksichtigt werden. Bezüglich der Anzahl der zur Trendberechnung erforderlichen Messungen, der zeitlichen Abstände zwischen den einzelnen Messzeitpunkten und der zeitlichen Unterschiede zwischen den Messungen, gelten in einer bevorzugten Ausführung analog die beschriebenen Bedingungen zur Berechnung der zukünftigen Konzentration von Fettsäuren.

In einer bevorzugten Variante können bei der spektroskopischen Messung die zuvor genannten Substanzen auch im Durchlichtverfahren gemessen werden. Entgegen der Reflexionsspektroskopie befinden sich bei diesem Verfahren die Emitter und Detektoren nicht auf einer gemeinsamen Ebene, so dass die Messung nur an bestimmten Körperstellen möglich ist (z.B. Fingerkuppe, Ohr läppchen). In einer vorteilhaften Variante kann der Nutzer durch die Messung im Blut die für ihn optimale Nahrung unter Berücksichtigung seiner individuellen Stoffwechselung ermitteln. In einer bevorzugten Variante gelten als Nahrungsaufnahme in diesem Zusammenhang auch Flüssigkeiten und Nahrungsergänzungsmittel, in denen z.B. Carotinoide bzw. Antioxidantien enthalten sind. Stellt der Nutzer beispielsweise fest, dass bestimmte Nahrungsmittel keinen oder nur minimalen Einfluss auf die Carotinoid-Konzentration im Blut haben, kann er sie sofort gegen andere austauschen und so seine Ernährung schnell optimieren. Eine vorteilhafte Variante einer digitalen und automatisierten Ernährungs- und Verhaltensberatung basiert auf Algorithmen. In vorteilhafter Variante nutzen die Algorithmen, die Ergebnisse der Konzentrationsbestimmung eines oder mehrerer Biomarker, z.B. der Carotinoide. In vorteilhafter Variante berechnen die Algorithmen individuelle Ernährungsvorschläge. Vorzugsweise führen diese beim Nutzer zu einer Erhöhung der Konzentration mindestens eines Biomarkers. Ernährungsvorschläge können vorzugsweise Kochrezepte, die Art und Weise der Zubereitung von Essen, den Zeitpunkt der Nahrungsaufnahme, die Angebote von Mahlzeiten in Restaurants beinhalten. Vorzugsweise werden die ermittelten Vorschläge um Änderungsvorschläge zum Lebensstil des Nutzers ergänzt.

In einer bevorzugten Ausführung werden zur Bestimmung der individuellen Stoffwechselung eines oder mehrerer Biomarker, Messungen am Körper des Nutzers durchgeführt, mit denen der Einfluss mindestens einer ersten Mahlzeit und/oder Nahrungsaufnahme und/oder Verhaltensweise auf die Höhe der Konzentration des Biomarkers ermittelt wird.

In einer bevorzugten Ausführung werden zur Bestimmung der individuellen Stoffwechselung eines oder mehrerer Biomarker, Messungen am Körper des Nutzers durchgeführt, mit denen der

Einfluss mindestens einer zweiten Mahlzeit und/oder Nahrungsaufnahme und/oder Verhaltensweise auf die Höhe der Konzentration des Biomarkers ermittelt wird. Bei dem Biomarker kann es sich vorzugsweise um einen einzelnen oder um mehrere Biomarker handeln, beispielsweise um ein oder mehrere Karotinoide. In einem vorteilhaften Verfahren wird mit Hilfe mathematischer Verfahren ermittelt, ob eine der beiden Mahlzeiten/Verhaltensweisen die Konzentration des Biomarkers stärker erhöht als die andere. In einer weiteren bevorzugten Variante stellt die erste Mahlzeit/Verhaltensweise das Vergleichsnormal dar, mit der die zweite Mahlzeit/Verhaltensweise verglichen wird. In einer bevorzugten Variante kann das Vergleichsnormal zu jedem Zeitpunkt ermittelt werden. In einer bevorzugten Variante kann das Vergleichsnormal auch nach der zweiten Mahlzeit/Verhaltensweise ermittelt werden. In einer bevorzugten Variante werden nicht-invasive Messungen zur Bestimmung Konzentration des Biomarkers durchgeführt. In bevorzugter Weise können bei Nutzung eines spektroskopischen Systems, z.B. dem hier beschriebenen Messinstrument, für die Konzentrationsbestimmung ausschließlich Rohdaten bestimmter Lichtwege ausgewertet werden, wobei z.B. einzelne Lichtwege gewichtet in die Auswertung einbezogen werden können. In einer bevorzugten Variante werden zur Auswertung der durch Messung erhobenen Messdaten und zur Bestimmung der Konzentration des Biomarkers bzw. der Biomarker, mathematische Algorithmen eingesetzt. In einer bevorzugten Ausführung können die Algorithmen mit Hilfe von künstlicher Intelligenz entwickelt werden. In einer bevorzugten Variante kann es sich bei der ersten Mahlzeit/Verhaltensweise um eine Mahlzeit/Verhaltensweise handeln, die der Nutzer selbst auswählt, weil er z.B. die Mahlzeit besonders gerne und/oder häufiger isst als andere Mahlzeiten und/oder weil es sich um eine für ihn typische oder häufig durchgeführte Verhaltensweise handelt. In einer bevorzugten Variante kann es sich bei der zweiten Mahlzeit/Verhaltensweise z.B. um Vorschläge der automatisierten Ernährungs- und Verhaltensberatung handeln. In einer bevorzugten Ausführung kann es sich um Mahlzeiten/Verhaltensweisen handeln, die der Nutzer unabhängig von den Vorschlägen ermittelt und durchführt. In einer bevorzugten Ausführung werden am Körper des Nutzers jeweils Messungen vor und nach der ersten Mahlzeit/Verhaltensweise durchgeführt. In einer bevorzugten Ausführung werden am Körper des Nutzers jeweils Messungen vor und nach der zweiten Mahlzeit/Verhaltensweise durchgeführt. In einer bevorzugten Variante kann es sich bei den Messungen um eine oder mehrere Messabschnitte handeln, wobei jeder Messabschnitt eine oder mehrere Einzelmessung umfasst. In bevorzugter Weise kann durch die Anzahl der Messabschnitte und der Einzelmessungen die Genauigkeit der Konzentrationsbestimmung erhöht werden.

In einer bevorzugten Variante wird kurz vor der ersten und kurz vor der zweiten Mahlzeit/Verhaltensweise mind. 1 Messung durchgeführt. In ebenfalls bevorzugten Varianten werden mind. 2, mind. 4, mind. 6 Messungen oder mehr als 6 Messungen zur Bestimmung der Konzentration eines oder mehrerer Biomarker durchgeführt. In bevorzugten Varianten werden maximal 15 Minuten oder maximal 30 Minuten oder max. 1, 2, 3, 4, 5 oder mehr als 5 Stunden nach der ersten Mahlzeit/Verhaltensweise Messungen zur Bestimmung der Konzentration eines oder mehrerer Biomarker durchgeführt. In bevorzugten Varianten werden maximal 15 Minuten oder maximal 30 Minuten oder max. 1, 2, 3, 4, 5 oder mehr als 5 Stunden nach der zweiten Mahlzeit/Verhaltensweise Messungen zur Bestimmung der Konzentration eines oder mehrerer Biomarker durchgeführt. In einer bevorzugten Variante kann die Anzahl der Messungen, die zu einem der vorgenannten Messzeitpunkt durchgeführt werden, der Anzahl der Messungen entsprechen, die vor der Mahlzeit/Verhaltensweise durchgeführt werden.

In einer bevorzugten Ausführung kann der Nutzer aufgefordert werden, außer der ersten und/oder zweiten Mahlzeit, keine weitere Nahrung über den Zeitraum der Messungen zu sich zu nehmen oder Flüssigkeiten zu trinken die Biomarker enthalten, deren Konzentration bestimmt werden soll. In bevorzugter Weise werden für die erste Mahlzeit /Verhaltensweise die durch Einzelmessungen ermittelte Höhe der Stoffkonzentration, getrennt nach Messungen vor und nach der Mahlzeit mit Hilfe mathematischer Verfahren miteinander verrechnet.

In bevorzugter Weise werden für die zweite Mahlzeit /Verhaltensweise die durch Einzelmessungen ermittelte Höhe der Stoffkonzentration, getrennt nach Messungen vor und nach der Mahlzeit mit Hilfe mathematischer Verfahren miteinander verrechnet. In bevorzugter Weise kann die mathematische Verrechnung dadurch erfolgen, dass z.B. ein arithmetisches Mittel oder eine lineare Regression oder eine nicht lineare Regression berechnet wird.

In bevorzugter Weise werden für die erste Mahlzeit/Verhaltensweise die Verrechnungsergebnisse vor der Mahlzeit/Verhaltensweise mit den Verrechnungsergebnissen nach der Mahlzeit/Verhaltensweise einander gegenübergestellt und mathematisch bewertet. In bevorzugter Ausführung ermittelt die Bewertung, ob die Stoffkonzentration eines oder mehrere Biomarker nach der ersten Mahlzeit/Verhaltensweise höher ist als vor der ersten Mahlzeit/Verhaltensweise. In bevorzugter Weise wird dieses Ergebnis Bewertungsergebnis genannt. In bevorzugter Weise werden für die zweite Mahlzeit/Verhaltensweise die Verrechnungsergebnisse vor der Mahlzeit/Verhaltensweise mit den Verrechnungsergebnissen nach der Mahlzeit/Verhaltensweise einander gegenübergestellt und mathematisch bewertet, ob sich die ermittelten Stoffkonzentrationen in ihrer Höhe unterscheiden. In bevorzugter Ausführung ermittelt die Bewertung, ob die Stoffkonzentration eines oder mehrere Biomarker nach der zweiten

Mahlzeit/Verhaltensweise höher ist als vor der zweiten Mahlzeit/Verhaltensweise. In bevorzugter Weise wird dieses Ergebnis Bewertungsergebnis genannt. In einer bevorzugten Variante werden die Bewertungsergebnisse der ersten und der zweiten Mahlzeit/Verhaltensweise einander gegenübergestellt und mathematisch ermittelt ob, die erste Mahlzeit/Verhaltensweise oder die zweite Mahlzeit/Verhaltensweise die Stoffkonzentration eines oder mehrerer Biomarker stärker erhöht. In einer bevorzugten Ausführung wird bei der Feststellung, ob die erste Mahlzeit/Verhaltensweise oder die zweite Mahlzeit/Verhaltensweise die Stoffkonzentration stärker erhöht hat auch das Niveau der Stoffkonzentration vor den beiden Mahlzeiten berücksichtigt. In einer bevorzugten Ausführung kann durch diese Berücksichtigung der Einfluss ausgeglichen werden, den die Höhe einer Stoffkonzentration auf die Steigerung der Stoffkonzentration durch eine Mahlzeit/Verhaltensweise hat.

In bevorzugter Ausführung beinhaltet das System eine Komponente, die den Einfluss des Verhaltens des Nutzers auf einen Biomarker eines Nutzers modelliert. In bevorzugter Ausgestaltung erfolgt die Modellierung mit Hilfe eines mathematischen Modells. Vorzugsweise besteht dieses aus mehreren mathematischen Formeln. Vorzugsweise ist das Modell in Software implementiert. In vorteilhafter Variante ist das Modell mit Softwaremethoden der künstlichen Intelligenz implementiert und/oder erstellt. In bevorzugter Ausführung beinhaltet das System eine Komponente, die den Einfluss der Aufnahme bestimmter Nahrung auf einen Biomarker eines Nutzers modelliert. In bevorzugter Ausführung werden Parameter dieses Modells im Lauf der Zeit optimiert, um das Modell in bessere Übereinstimmung mit der Realität zu bringen. Vorzugsweise wird damit die Nutzbarkeit des Modells zu Vorhersage und/oder Planungszwecken verbessert. In bevorzugter Ausführung wird das Modell genutzt, um die Entwicklung von Biomarkern in Abhängigkeit von Verhaltensweisen des Nutzers und/oder Nahrungsaufnahme spezifischer Nahrung zu prognostizieren. In bevorzugter Ausführung wird das Modell genutzt, um zu ermitteln, welche Handlungs- und/oder Ernährungsvorschläge erstrebenswerte Auswirkung auf die Biomarker und/oder Kennzahlen und/oder Ziele des Nutzers haben. In bevorzugter Ausführung wird das Modell genutzt, um eine Planung an Handlungen und/oder Nahrungsaufnahmen zu erstellen. In bevorzugter Variante wird die Planung automatisiert erstellt. In alternativer Variante wird die Planung durch den Nutzer erstellt und das Modell zeigt dem Nutzer die Auswirkungen an. In alternativer Variante wird der Plan interaktiv erstellt. Vorzugsweise erfolgt die Planerstellung dann zum Teil mit automatisiert erstellten Vorschlägen und zum Teil durch manuelle Eingaben und/oder manuelles Anfordern alternativer automatischer Vorschläge.

In bevorzugter Ausführung nutzt das Modell Daten anderer Nutzer. In bevorzugter Ausführung wird das Modell mit Daten anderer Nutzer initialisiert. Vorzugsweise kann das Modell so bereits

zu Planungs- oder Prognosezwecken genutzt werden, bevor Messdaten des Nutzers vorliegen. Vorzugsweise berücksichtigt das Modell Zutaten für Rezepte. Vorzugsweise wird für einzelne Zutaten ein Modell für deren Auswirkungen auf Biomarker und/oder Substanzkonzentrationen, die am Nutzer gemessen werden können, erstellt. Vorzugsweise berücksichtigt das Modell weiterhin die Zubereitung der Zutaten und/oder deren Zusammenwirken. Vorzugsweise werden die Zutaten aufgenommener Nahrung gespeichert. Vorzugsweise wird der Zeitpunkt der Aufnahme gespeichert. Vorzugsweise wird die zeitliche Entwicklung mindestens eines Parameters gespeichert. Dieser Parameter ist vorzugsweise ein durch Messung bestimmbarer Wert. Vorzugsweise wird aus dem zeitlichen Verlauf der Nahrungsaufnahme bestimmter Nahrung und dem zeitlichen Verlauf des Parameters das Modell zur Vorhersage des Parameters präzisiert.

Vorzugsweise werden Modelle erstellt, die individuell für einen Nutzer gelten. Vorzugsweise werden Modelle erstellt, die für bestimmte Nutzergruppen gelten. Vorzugsweise werden Nutzergruppen danach gebildet, dass die Nutzer einer Gruppe gut durch ein bestimmtes Modell repräsentiert werden können. Vorzugsweise erlaubt der Vergleich nutzerindividueller Modelle die Übertragung von Information von einem Nutzer auf einen anderen. Vorzugsweise können Rezepte, die für einen Nutzer förderlich waren einem anderen Nutzer mit ähnlichem Modell vorgeschlagen werden. Vorzugsweise erlaubt das Modell eine Prognose und/oder Planung die die Optimierung mehrerer Biomarker und/oder Messwerte und/oder Kennzahlen ermöglicht.

Vorzugsweise erlaubt das Modell aus der Eingabe der für einen zukünftigen Zeitraum zum Verzehr geplanten Rezepte unter Verwendung bekannter Informationen, wie z.B. aktueller Messwerte und kürzlich aufgenommener Nahrung, die Entwicklung von Messwerten wie z.B. der Carotinoidkonzentration zu prognostizieren und anzuzeigen. Vorzugsweise ist das Modell dabei nutzerindividuell. Beispielsweise liefert das Modell eines Nutzers, der Carotinoide in diesen Rezepten besonders gut aufnehmen kann eine höhere Carotinoidkonzentrationsprognose als sie ein durchschnittlicher Nutzer erhält. In vorteilhafter Variante besitzt das Modell auch nutzerübergreifende Anteile. Diese Anteile werden für alle Nutzer oder für bestimmte Nutzergruppen gelernt. Durch die größere Zahl Nutzer können diese Modelle in vorteilhafter Ausgestaltung schneller lernen und haben Informationen zu einer größeren Zahl an Zutaten und/oder Rezepten.

In vorteilhafter Variante werden nutzerübergreifende Modelle mit nutzerspezifischen Modellen verbunden, um die Vorteile der individuellen Modellierung mit denen der nutzerübergreifenden Modellierung zu verbinden. In vorteilhafter Ausgestaltung wird dies realisiert, indem für einen individuellen Nutzer die Abweichungen zu einem nutzerübergreifenden Modell erlernt werden. In vorteilhafter Variante werden Algorithmen der KI oder neuronale Netze verwendet. In

vorteilhafter Ausgestaltung werden für einen individuellen Nutzer Modellparameter gespeichert. In vorteilhafter Ausgestaltung gibt es Modellparameter, die charakterisieren, wie groß die Speicher eines Nutzers für bestimmte Substanzen sind. In vorteilhafter Ausgestaltung gibt es einen Modellparameter, der für einen Speicherort festhält, wie voll der Speicher ist. Vorzugsweise ist der Füllstand substanzspezifisch. Vorzugsweise sind für Substanzen mehrere Speicherorte modelliert. Vorzugsweise ist ein Speicherort das Verdauungssystem, insbesondere Magen und Darm. Vorzugsweise ist ein weiterer Speicherort das Blut. Vorzugsweise ist ein weiterer Speicherort das Fettgewebe. Vorzugsweise ist ein weiterer Speicherort die Leber. Vorzugsweise wird nicht nur die Speicherung von Fett im Fettgewebe betrachtet. Vorzugsweise wird auch die Speicherung von Carotinoiden im Fettgewebe betrachtet. Vorzugsweise ist ein weiterer Speicherort das Muskelgewebe. Vorzugsweise ist ein weiterer Speicherort die Gewebeflüssigkeit. Vorzugsweise ist ein Speicherort die Haut. In vorteilhafter Ausgestaltung gibt es Modellparameter, die charakterisieren, wie groß die maximale Aufnahmegeschwindigkeit eines Nutzers für bestimmte Substanzen ist. In vorteilhafter Ausgestaltung gibt es Modellparameter, die charakterisieren, wie groß der Verbrauch eines Nutzers für bestimmte Substanzen ist. Vorzugsweise wird der Verbrauch situationsbedingt erfasst und/oder gespeichert. In vorteilhafter Ausgestaltung gibt es Modellparameter, die charakterisieren, wie die Interaktion bestimmter Substanzen bei einem Nutzer ist. Vorzugsweise, wie stark sich bestimmte Substanzen in der Aufnahme behindern. In vorteilhafter Ausgestaltung gibt es Modellparameter, die charakterisieren, welchen Einfluss die Nahrungszubereitung eines Nutzers hat. Vorzugsweise wird ermittelt, ob ein Nutzer bei selbstgekochten Gerichten bestimmte Abweichungen zu Durchschnittsnutzern zeigt. Vorzugsweise wird ermittelt, ob der Nutzer mehr oder weniger Öl im Zubereitungsprozess verwendet. Vorzugsweise wird ermittelt, ob der Nutzer längere oder kürzere Kochzeiten im Zubereitungsprozess verwendet.

Vorzugsweise wird dem Nutzer auf Basis der ermittelten Modellparameter ein Feedback gegeben. Vorzugsweise erhält er Informationen über das für ihn erstellte Modell. Vorzugsweise lassen sich aus dem Modell Erklärungen für Kennzahlentwicklungen ableiten. Vorzugsweise werden Handlungsempfehlungen für den Nutzer erstellt. Beispiel: Nutze weniger Öl beim Kochen, um Kalorien zu sparen. Vorzugsweise sind diese Handlungsempfehlungen dann nicht mehr pauschal, wie oft im Stand der Technik, sondern individuell und durch Daten fundiert. Vorzugsweise ist der Einfluss einer Verhaltensänderung durch das Modell quantifizierbar. Die Ergebnisse, die bezogen auf die erste Mahlzeit/Verhaltensweise (Vergleichsnormal) erzielt werden, sind in einer bevorzugten Variante die Vergleichsgröße zur Beurteilung aller zukünftigen Mahlzeiten.

Beispiel für den Vergleich einer Mahlzeit/Verhaltensweise mit dem Vergleichsnormal

In einer bevorzugten Variante teilt der Nutzer der App mit, dass er bei der nächsten Nahrungsaufnahme/Verhaltensweise prüfen möchte, wie diese die Stoffkonzentration eines oder mehrerer Biomarker, z.B. die Stoffkonzentration der Carotinoide, im Körper, z.B. im Blut, beeinflusst. In einer bevorzugten Variante kann dies z.B. durch Betätigung eines Buttons erfolgen. In einer weiteren bevorzugten Ausführung kann der Nutzer auch den exakten oder ungefähren Zeitpunkt nennen, an dem die Einnahme der Mahlzeit und/oder das Durchführen der Verhaltensweise erfolgen soll. In bevorzugter Ausführung kann dies z.B. dadurch erfolgen, dass eine App einen Timer einblendet, an dem der Nutzer die Zeit bis zur Mahlzeit/Verhaltensweise einstellen kann. In einer ebenfalls bevorzugten Weise kann der Nutzer den Zeitpunkt auch sprachlich mitteilen, indem er das Mikrofon des Geräts nutzt, auf dem die App installiert ist. Je nachdem wieviel Zeit bis zur Mahlzeit/Verhaltensweise verbleibt, fordert ihn die App in bevorzugter Weise auf, eine bestimmte Anzahl von Messungen vor der Mahlzeit/Verhaltensweise durchzuführen, um das aktuelle Niveau vor der Mahlzeit/Verhaltensweise zu bestimmen. In dem Moment, in dem der Nutzer mit dem Essen beginnt, teilt er der App in einer bevorzugten Variante mit, dass die Nahrungsaufnahme der Mahlzeit jetzt startet. In bevorzugter Ausführung kann mit Hilfe dieser Information der Zeitpunkt für das Auftauchen bzw. Ankommen der Karotinoide im Blut exakter bestimmt werden. In einer bevorzugten Variante teilt der Nutzer der App zusätzliche Informationen mit. In einer bevorzugten Variante kann es sich um eine oder mehrere Informationen zur Nahrungsaufnahme des Gerichts handeln. In einer weiteren bevorzugten Gestaltung kann der Nutzer die Informationen z.B. schriftlich über die Tastatur oder mündlich über das Mikrofon des Geräts eingeben, auf dem die App gespeichert ist. In bevorzugter Weise kann es sich bei den Informationen um eine oder mehrere der folgenden handeln: Informationen über die wesentlichen Zutaten des Gerichts, Informationen zur jeweiligen Menge der Zutaten, Informationen, ob die Nahrung ungekocht, gekocht oder gegart verspeist wird, Informationen, ob die Nahrung zusammen mit Öl aufgenommen wird. In einer weiteren bevorzugten Ausführung kann die Angabe zu der Mahlzeit und ihren Bestandteilen mit Hilfe von Fotos und/oder Videos erfolgen. In bevorzugter Weise verwendet der Nutzer für die Erzeugung der Fotos und/oder Videos z.B. die Kamera des Geräts, auf dem die App installiert ist (z.B. ein Tablet oder ein Smartphone). In bevorzugter Weise verwendet der Nutzer eine separate Kamera, die die Aufnahmen an das Gerät mit der App weiterleitet. In bevorzugter Weise können diesen Fotos und/oder Videos z.B. mit Hilfe von Algorithmen der Bilderkennung ausgewertet und die Bestandteile der Nahrung und deren jeweiligen Mengen ermittelt werden. In einer bevorzugten Variante werden die Fotos

und/oder Videos z.B. automatisch gespeichert. In bevorzugter Weise findet die Speicherung auf dem Anzeigegerät und/oder einem externen Server statt.

In einer weiteren bevorzugten Variant hat der Nutzer nach dem Essen die Möglichkeit, die Mahlzeit im Hinblick auf unterschiedliche vorgegebene und/oder eigene Kriterien zu bewerten. In einer bevorzugten Variante kann die Bewertung in Form von Symbolen, z.B. Sterne und/oder schriftlich und/oder durch Aufzeichnung verbaler Aussagen erfolgen. In bevorzugter Weise erfolgt die Speicherung auf dem Gerät, auf dem die App gespeichert ist. In einer bevorzugten Variante finde die Speicherung auf einem separaten Server statt. In einer bevorzugten Variante erfolgt dies mit Hilfe der App. In einer bevorzugten Variante werden nach der Mahlzeit Messungen am Körper des Nutzers durchgeführt. In bevorzugter Weise führt der Nutzer die Messungen selbst durch. In einer weiteren bevorzugten Variante werden die Messungen durch eine dritte Person durchgeführt. In bevorzugter Weise wird der Zeitpunkt für die Durchführung entsprechender Messungen durch die App gesteuert. In bevorzugter Weise gibt die App dem Nutzer z.B. einen akustischen, optischen oder taktilen Hinweis, wenn die Durchführung einer Messung erfolgen soll. In einer bevorzugten Variante wird der Zeitpunkt für die Durchführung der einzelnen Messung oder der Messungen mit Hilfe eines Algorithmus ermittelt. Entsprechend der Nahrungszusammensetzung der Mahlzeit berechnet der Algorithmus in bevorzugter Weise in welcher Zeitspanne die Verstoffwechselung stattfindet. In bevorzugter Weise berechnet der Algorithmus, wann die in der Nahrung enthaltene Substanzkonzentration eines oder mehrerer Biomarker im Körper, beispielsweise im Blut, ankommen und/oder messbar sind. Um die Datenbasis zur Berechnung dies Zeitpunkts für das Ankommen der Substanzkonzentration im Körper, z.B. im Blut, zu vergrößern, benutzt der Algorithmus in bevorzugter Weise nicht nur die Messdaten des Nutzers, sondern auch entsprechende Messdaten anderer Nutzer. In bevorzugter Variant kann der Algorithmus auch Messdaten und/oder Informationen nutzen, die nicht mit dem Messsystem erhoben wurden und beispielsweise aus Publikationen stammen.

In bevorzugter Weise werden Daten und/oder Messdaten des Nutzers und die nicht vom Nutzer stammenden Daten und/oder Messdaten, vom Algorithmus unterschiedlich behandelt. In bevorzugter Weise können die Daten und/oder Messdaten des Nutzers z.B. gewichtet in die nutzerspezifische Berechnung für den Verstoffwechselungsprozess und/oder das Ankommen der Stoffkonzentration eines oder mehrerer Biomarker im Körper eingehen. In bevorzugter Ausführung kann der Algorithmus mit zunehmender Menge an nutzerspezifischen Daten und/oder Messdaten, eine für den Nutzer genauer werdende Vorgabe machen, wann der Nutzer Messungen nach einer Mahlzeit durchführen soll. In bevorzugter Weise ermöglicht der Algorithmus aus dem ihm zur Verfügung gestellten Daten zeitlich zu bestimmten, wann eine Stoffkonzentration, z.B.

die der Karotinoide, im Körper des Nutzers, z.B. im Blut, ansteigen wird. In bevorzugter Weise ermöglicht der Algorithmus aus dem ihm zur Verfügung gestellten Daten zu errechnen, wann eine Stoffkonzentration, z.B. die der Karotinoide, im Körper des Nutzers, z.B. im Blut, zeitlich ihre maximale Konzentrationshöhe erreicht. In bevorzugter Weise ermöglicht der Algorithmus aus dem ihm zur Verfügung gestellten Daten zu errechnen wie lange eine Stoffkonzentration, z.B. die der Karotinoide, im Körper des Nutzers, z.B. im Blut, auf ihrem Höhepunkt verharret. In bevorzugter Weise ermöglicht der Algorithmus aus dem ihm zur Verfügung gestellten Daten zu errechnen wann und/oder wie stark eine Stoffkonzentration, z.B. die der Karotinoide, im Körper des Nutzers, z.B. im Blut, nach dem Höhepunkt abzufallen beginnt. In bevorzugter Weise ermöglicht der Algorithmus aus dem ihm zur Verfügung gestellten Daten zu errechnen wann eine Stoffkonzentration, z.B. die der Karotinoide, im Körper des Nutzers, z.B. im Blut, nachdem sie ihrem Höhepunkt erreicht hat und abzufallen beginnt, ein Niveau erreicht hat, auf dem sie verharret. In bevorzugter Weise ermöglicht der Algorithmus aus dem ihm zur Verfügung gestellten Daten die zeitliche Spanne zu errechnen, die ohne zusätzliche Nahrungsaufnahme eines oder mehrerer Biomarker, vom Ankommen der Stoffkonzentration, über Anstieg und Abfall der Stoffkonzentration vergeht. In einer bevorzugten Variante kann auf Basis zuvor genannter Berechnungen die Anzahl der Messungen, die der Nutzer im Anschluss an eine Nahrungsaufnahme durchführt, nach und nach reduziert werden.

In einer bevorzugten Ausführung kann die Darstellung von Informationen, beispielsweise die Präsentation der Messergebnisse, die Präsentation der Berechnungsergebnisse, die Präsentation von Fotos oder Videos oder anderer zuvor beschriebenen Informationen auf dem Bildschirm des Geräts erfolgen, auf dem die App installiert ist. In bevorzugter Ausführung kann die Präsentation auch auf anderen Geräten erfolgen. In einer bevorzugten Ausführung kann der Nutzer selbst festlegen, wo und/oder in welcher Form die Ergebnisdarstellung erfolgen soll. In einer bevorzugten Variante kann der Nutzer beispielsweise wählen zwischen grafischer und/oder tabellarischer Darstellung, ob die jeweiligen Mahlzeiten über Bilder und/oder Textbeschreibungen verfügen sollen, ob der Unterschied zwischen dem Vergleichsnormal und Mahlzeit 2 als qualitatives oder quantitatives Ergebnis präsentiert werden soll. In einer bevorzugten Variante können in einer vereinfachten Darstellung z.B. Pfeile darauf verweisen, wie Mahlzeit 2 gegenüber dem Vergleichsnormal abschneidet. In einer bevorzugten Variante kann z.B. ein aufsteigender Pfeil bedeutet, dass Mahlzeit 2 die Stoffkonzentration im Körper, z.B. im Blut des Nutzers stärker verbessert als das Vergleichsnormal.

In bevorzugter Weise kann der Winkel eines nach oben gerichteten Pfeils die Stärke der höheren Stoffkonzentration im Unterschied zum Vergleichsnormal anzeigen. In bevorzugter Variante

kann ein abfallender Pfeil das Gegenteil anzeigen. In einer bevorzugten Variante kann ein waagrechtter Pfeil anzeigen, dass kein eindeutiger Unterschied zwischen Vergleichsnormal und Mahlzeit 2 festgestellt werden konnte. In bevorzugter Weise kann analog das Ergebnis z.B. auch mit Hilfe der Zeichen „+“, „-“, „~“, dargestellt werden, wobei mehrere Plus- oder Minuszeichen den Grad des Unterschieds anzeigen können und das Zeichen „~“ genutzt wird, wenn kein eindeutiger Unterschied festgestellt werden konnte. In einer weiteren bevorzugten Variante kann die Veränderung der Stoffkonzentration des Vergleichsnormals vor und nach der Mahlzeit/Verhaltensweise und/oder die analoge Veränderung bei Mahlzeit 2, als absoluter Wert oder als prozentualer Unterschied ausgegeben werden. In einer bevorzugten Variante kann ausgegeben werden um wieviel Prozent sich die Veränderung beim Vergleichsnormal gegenüber der Veränderung bei Mahlzeit 2 unterscheidet. In einer bevorzugten Variante kann dem Nutzer anhand gespeicherter Daten eine zeitlich differenzierte Anzeige dieser Daten präsentiert werden. In einer bevorzugten Variante enthalten die Informationen jeweils das Datum der Speicherung. In einer bevorzugten Ausführung können dem Nutzer weitere Informationen bereitgestellt werden. In bevorzugter Variante können beispielsweise folgende Informationen bereitgestellt werden: welche Mahlzeit/Nahrung hat der Nutzer wann zu sich genommen, welche Mahlzeiten wurden von der automatisierten Ernährungs- und Verhaltensberatung vorgeschlagen, wie gut haben diese Mahlzeiten dem Nutzer geschmeckt, welche Mahlzeiten empfiehlt der Nutzer zum erneuten Verzehr, welche Kosten sind mit den Mahlzeiten/Verhaltensweisen verbunden, welche gesundheitlich relevanten Bestandteile haben Mahlzeiten, wie stark haben Mahlzeiten/Verhaltensweisen die Stoffkonzentration von Biomarkern, z.B. Karotinoide, im Körper, z.B. im Blut des Nutzer erhöht, welche der gespeicherten Daten hat der Nutzer mit Dritten geteilt, z.B. über soziale Netzwerke.

Initialisierung – Anlegen eines User-Profiles in der App

Wie zuvor an verschiedenen Stellen beschrieben, ermöglicht das hier offenbarte Messgerät und die Verfahren zur Durchführung der Messung die Bestimmung physiologischer Zustände eines Individuums bzw. die Messung der Konzentration von Substanzen im menschlichen Körper. Um die Aufgabe des Messgeräts, das gesundheitliche Wohlergehen des Nutzers zu fördern, vollständig erfüllen zu können, werden dem Nutzer in vorteilhafter Variante auf Grundlage der Messergebnisse noch zusätzlich Verhaltensvorschläge, Empfehlungen, Hilfen oder Unterstützungen schriftlich, akustisch oder als Video präsentiert, die ihm z.B. helfen seine Messergebnisse und sein Wohlergehen bzw. Wohlbefinden zu verbessern. In einer weiteren vorteilhaften Variante können dem Nutzer auch ohne vorherige Messung z.B. allgemeine

Verhaltensvorschläge, Empfehlungen, Hilfen oder Unterstützungen präsentiert werden. Dies kann in einer vorteilhaften Variante dadurch geschehen, dass der Nutzer z.B. der App, die mit dem Messgerät kommuniziert, ein Problem verbal, z.B. umgangssprachlich, z.B. in ganzen Sätzen, schildert, nachdem er z.B. einen entsprechenden Button in der App aktiviert hat. Mit Hilfe von Spracherkennung und KI werden dann z.B. die in den Ressourcen der App gespeicherten Verhaltensvorschläge, Empfehlungen, Hilfen etc. analysiert und passende Vorschläge, Empfehlungen, Hilfen etc. dem Nutzer ausgegeben. In einer vorteilhaften Ausführung kann dem Nutzer im Zuge der Präsentation der allgemein Verhaltensvorschläge, Empfehlungen etc. geraten werden zur Validierung und zur Anpassung der Vorschläge auf den individuellen Zustand des Nutzers, entsprechende Messungen mit dem offenbarten Messgerät durchzuführen. In einer weiteren vorteilhaften Variante kann dem Nutzer auch geraten werden zusätzlich oder ausschließlich validierend Messungen mit anderen Messgeräten durchzuführen und die Ergebnisse z.B. in der App abzuspeichern, die mit dem hier offenbarten Messgerät kommuniziert. In einer vorteilhaften Ausführung kann es sich bei den allgemeinen oder nutzerspezifischen Verhaltensvorschlägen, Empfehlungen etc. auch um Aufbau, in Gang setzen und Aufrechterhalten einer Verbindung zu Experten oder Institutionen handeln, die die Beratung und/oder physische und/oder mentale Hilfe bzw. Unterstützung übernehmen und dabei gegebenenfalls auch zusätzliche Hilfsmittel einsetzen. In einer bevorzugten Variante kann der Nutzer festlegen, welche Zusatzinformationen, Unterstützungen, Hilfen etc. er in welchem Zusammenhang erhalten will. In einer weiteren vorteilhaften Variante kann der Nutzer dem technischen System z.B. der App bestimmte Präferenzen, Vorlieben, Anforderungen oder Bedarfe durch Eingabe mitteilt, die allein oder zusammen mit den Messergebnissen dazu beitragen, dass Verhaltensvorschläge, Empfehlungen, Hilfen, Unterstützungen bzw. Hilfsmittel sehr zielgenau definiert bzw. eingesetzt werden, um das gesundheitliche Wohlergehen des Nutzers langfristig zu fördern und zu erhalten. In einer vorteilhaften Ausführung kann der Nutzer seine Präferenzen, Vorlieben, Bedarfe oder Anforderungen über Eingabefelder festlegen, die inhaltlich z.B. in einer Art Baumstruktur organisiert sind, die über- und untergeordnete Themenbereiche oder Begriffe enthält. Die Präferenzen, Vorlieben, Bedarfe oder Anforderungen können schriftlich eingegeben und/oder durch Anklicken, Markieren z.B. von Checkboxes ausgewählt werden. Dabei stellt sich für den Nutzer unter Umständen ein semantisches Problem, das in der Baumstruktur das Auffinden des Ortes für die Eingabe erschwert. Beispielsweise gehört in der Ernährung der Begriff „Tomate“ in die Kategorie „Gemüse“ oder „rotes Gemüse“. Wenn ein Nutzer „Tomaten“ aber der Kategorie „Obst“ zuordnet, wird er diesen Begriff in der Baumstruktur unter „Obst“ nicht finden, um z.B. seine Präferenz für „Tomaten“ zu hinterlegen. Um dieses Problem zu lösen, kann es den Begriff

oder die Kategorie „Tomate“ sowohl unter „Obst“ wie unter „Gemüse“ geben. Das heißt, eine Kategorie oder ein Begriff kann in mehr als einem Strang der Baumstruktur vorkommen. Sobald der Nutzer eine Eintragung/Auswahl vorgenommen hat, wird diese Eintragung/Auswahl automatisch in die anderen Stränge der Baumstruktur übernommen, in denen die Kategorie bzw. der Begriff ebenfalls vorkommt. Gleiches gilt, wenn der Nutzer seine Präferenz verändert oder löscht.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführung kann die Eingabe der Präferenz, Vorlieben, Bedarfe etc. auch verbal erfolgen. Dazu kann der Nutzer z.B. einen Button in der App drücken und seine Präferenz mündlich äußern, z.B. auch umgangssprachlich, z.B. in ganzen Sätzen. Mit Hilfe von KI und Spracherkennung sucht z.B. die App die entsprechende Kategorie bzw. kreiert sie, wenn eine entsprechende Kategorie bislang fehlt, nimmt im Eingabefenster die schriftliche Eingabe vor oder aktiviert das entsprechende Auswahlfeld. In einer ebenfalls bevorzugten Variante wird der Nutzer gebeten die Eintragung zu bestätigen, um eventuelle Fehler bei der Spracherkennung und Zuordnung auszuschließen. Die bestätigte Präferenz wird wie bei der händischen Eingabe automatisch in die anderen Stränge der Baumstruktur übernommen, in denen die gleiche Kategorie bzw. der gleiche Begriff vorkommt oder in Zukunft vorkommen soll. In einer vorteilhaften Lösung kann der Nutzer, zum Beispiel innerhalb der App, Basiseinstellungen vornehmen, die dauerhaft bestimmte Anforderungen an alle zukünftigen Empfehlungen, Hilfen, Unterstützungen etc. stellen, die ihm gegeben werden. In einer weiteren vorteilhaften Variante kann er Anforderungen an Empfehlungen, Hilfen, Unterstützungen festlegen, die nur für eine bestimmte Dauer gelten, z.B. für den Augenblick, einen oder mehrere Tage, Wochen oder Monate. In einer weiteren bevorzugten Variante können dauerhafte Basiseinstellung und zeitlich begrenzte Einstellungen auf dem Prinzip der Ausschließung und/oder der Einschließung basieren. Zu den Basiseinstellungen gehören z.B. auch soziodemographische Daten des Nutzers wie Alter, Geschlecht, Gewicht, Größe etc. Werden dem Nutzer beispielsweise Ernährungsvorschläge z.B. in Form von Rezepten oder im Restaurant angebotener Gerichte unterbreitet, so kann er in der Basiseinstellung z.B. Ausschließungen aber auch Vorlieben dauerhaft festlegt. So kann er beispielsweise in einer Kategorie „Allergien“ z.B. seine Weizenallergie hinterlegen, oder er kann in der Kategorie „Ernährungsgrundsatz/Ernährungsstil“ z.B. Veganer eintragen, oder er kann z.B. in einer Kategorie „grundsätzliche Abneigung gegenüber bestimmten Zutaten oder Bestandteilen des Gerichts“ z.B. Knoblauch und Zwiebeln hinterlegen. Andererseits kann er auch Angaben zu bestimmten Vorlieben machen, so könnte er beispielsweise in einer Kategorie „Vorlieben“ Spaghetti als Sättigungsbeilage eintragen. Alle Vorschläge, die ihm unterbreitet werden, dürfen dann keinen Weizen, kein Fleisch oder Fisch, keine aus Tieren oder Tierextrakten hergestellte

Produkte, keinen Knoblauch und keine Zwiebeln enthalten. Während Rezepte oder Gerichte mit Spaghetti als Sättigungsbeilage vorzugsweise vorgeschlagen werden.

Hat der Nutzer an einem bestimmten Tag besonders Appetit z.B. auf eine bestimmte Zutat eines Rezepts oder Gerichts, so kann er Einschließungen formulieren, so dass die Vorschläge ein und/oder mehrere gewünschte Lebensmittel z.B. Möhren und/oder Spinat enthalten müssen. In vorteilhafter Variante kann diese Anforderung auf eine bestimmte Dauer begrenzt sein. In einer bevorzugten Variante kann eine zeitlich begrenzte Anforderung auch einer oder mehreren Basiseinstellungen widersprechen, die dann für diesen Zeitraum außer Kraft gesetzt werden. So könnte z.B. ein Veganer ausnahmsweise für ein bestimmtes Essen die Präferenz „Fisch bis 100g“ eintragen. Trotz der in der Basiseinstellung gewählten Kategorie „Veganer“, würden ihm dann nur Rezepte oder Gerichte vorgeschlagen, die alle bis zu 100g Fisch enthalten, aber ansonsten der Kategorie „Veganer“ genügen. In einer ebenfalls bevorzugten Ausführung können z.B. Ausschlüsse quantitativ begrenzt werden, so dass z.B. nur Rezeptvorschläge oder Gerichte ausgeschlossen werden, die mehr als z.B. 10g Weizen enthalten. Analog kann der Nutzer bei den Einschließungen festlegen, dass ihm nur Rezepte oder Gerichte vorgeschlagen werden, die z.B. eine Mindestmenge, z.B. 100g Möhren und/oder z.B. 50g Spinat, enthalten. In einer weiteren bevorzugten Variante kann der Nutzer z.B. die ihm gemachten Vorschläge bewerten, nachdem er sie umgesetzt oder bei z.B. Rezepten gekocht und das Gericht verspeist hat. Die Bewertung kann z.B. auf einer Ordinal-, Intervall- oder Verhältnisskala der Zufriedenheit erfolgen, die z.B. von „völlig inakzeptabel“ oder „nicht nochmals vorschlagen“ bis „im höchsten Maß akzeptabel“ geht. In einer ebenfalls bevorzugten Variante wird die Bewertung gespeichert und bei Vorschlägen in der Zukunft berücksichtigt. In einer weiteren bevorzugten Variante kann der Nutzer z.B. in der App einstellen, ob ihm auch Vorschläge oder ausschließlich Vorschläge unterbreitet werden, denen er in der Vergangenheit eine bestimmte Bewertung gegeben hat oder deren Bewertung innerhalb einer bestimmten Spanne liegt. Wie überraschenderweise festgestellt werden konnte kann mit den vorgenannten Möglichkeiten, das Wohlergehen/Wohlbefinden von Nutzern nachhaltig verbessert werden. Die oben genannten Zusatzinformationen, Empfehlungen, Hilfen etc. die ohne Messung oder auf Grundlage einer Messung, die mit dem hier beanspruchten Messgerät oder anderen Messegeräten durchgeführt wurden und z.B. über eine spezielle App in vorteilhafter Variante bereitgestellt, eingeleitet oder aufrechterhalten werden kann, betreffen oder enthalten beispielsweise die nachfolgenden Aspekte. Dabei können mehrere oder Teile der genannten Aspekte Anwendung finden:

- Bereitstellung der Historie der Empfehlungen, Hilfen etc. und/oder Messergebnisse einzelner oder mehrerer Messparameter z.B. in Form einer Auflistung der entsprechenden

Empfehlungen, Hilfen etc. und/oder Einzelmesswerte mit Zeitstempel oder als grafische Darstellung der Verläufe über der Zeit,

- Festlegung und Speicherung der Nutzer-Präferenzen z.B. in der App, die mit dem Messgerät kommuniziert z.B. bezüglich Ernährung, Gesundheit, Sport und Bewegung, Freizeitverhalten oder beruflicher Erfordernisse
- Darstellung von gesundheitlichen Limits für die Konzentration der einzelnen Messparameter oder der Kombination von Messparametern, Bewertung der Präferenzen, die der Nutzer hinsichtlich bestimmter Messparameter festlegen kann,
- Ermittlung und Darstellung des Erfüllungswerts, der sich für die Präferenzen ergibt, wenn der Nutzer z.B. Empfehlungen umsetzt, z.B. einzelne Nahrungsmittel oder komplette Mahlzeiten wählt oder zu sich nimmt,
- Darstellung der Trendaussagen für die Entwicklung einzelner Messwerte oder die Kombination mehrerer Messwerte, z.B. auf Basis von Messergebnissen.
- Vergleich der erzielten Messergebnisse mit z.B. Mittelwerten oder Median von Referenzgruppen (unterteilt z.B. nach Alter und/oder Geschlecht und/oder Schulbildung und/oder Beruf) auf regionaler Ebene (z.B. Heimatstadt oder Bundesland des Nutzers), nationaler Ebene (Nationalstaat des Nutzers), internationaler Ebene (z.B. Kontinent, weltweit)), Zusammenfassung aller Ergebnisse zu Wochen-, Monats- oder Jahresberichten,
- Möglichkeit der Weiterleitung von Ergebnissen und/oder Empfehlungen, Hilfen etc., z.B. automatisch oder nach Bestätigung durch den Nutzer, an Nutzergruppen in Sozialen Netzwerken, an Follower in sozialen Netzwerken, an Einzelpersonen z.B. Hausarzt, Freunde, Familienmitglieder, an nationale oder internationale Institutionen z.B. Krankenhaus, Statistik Ämter, Gesundheitsministerium, WHO,
- Möglichkeit des Nutzers zusammen mit den Messergebnissen und/oder Empfehlungen, Hilfen etc. auch erläuternde Sprachnachrichten an ausgewählte Personen oder Institution über die App des Messgeräts zu versenden,
- Zugriff auf bestimmte Datenbanken, z.B. mit Hilfe zur Verfügung gestellter Suchalgorithmen, um den Nutzer Informationen zu Verfügung zu stellen, z.B. zu gesundheitsrelevanten Themen, z.B. Rezepte, wissenschaftliche Publikationen, Erfahrungsberichte von Betroffenen, z.B. durch digitale Eingabe von Suchfragen oder verbal geäußerte Abfragen,
- Möglichkeit des Nutzers in zeitlich frei definierbaren Abständen z.B. eine Erinnerungsmail oder WhatsApp Nachricht zu erhalten, wenn z.B. aufgrund vorhandener Messergebnisse oder anderer Informationen eine erneute Messung sinnvoll ist.

- Informationen über das Vorhandensein von im Umkreis des Nutzers sich befindenden Experten beispielsweise zu Gesundheit und ernährungsbezogenen Fragen oder zu rechtlichen Fragen, die sich beispielsweise aus der Ernährung oder dem Bezug von Lebensmitteln oder dem Besuch von Restaurants ergeben können.
- Informationen zu einer oder mehreren Institutionen folgender Liste: aus den Bereichen Gesundheit und Ernährung, z.B. Gesundheitsämter, Ministerien, Verbraucherzentralen incl. möglicher Ansprechpartner.
- Automatische Terminvereinbarung z.B. mit Ärzten, Ernährungsberatern, Gesundheitsexperten. In vorteilhafter Ausgestaltung dann wenn Messergebnisse bestimmte Limits überschreiten oder andere Informationen auf Veränderungen hinweisen, die sich auf das gegenwärtige oder zukünftige Wohlbefinden des Nutzers auswirken können.
- Automatisierte Bereitstellung von einer oder mehreren aktuellen Informationen aus folgender Liste: zu Öffnungszeiten und Urlaubs- oder Krankheit bedingter Nichtverfügbarkeit von z.B. Ärzten, gesundheits- und/oder ernährungsbezogenen Experten oder Experten für rechtliche Fragen, die sich beispielsweise aus der Ernährung oder dem Bezug von Lebensmitteln oder dem Besuch von Restaurants ergeben können.
- Automatisierte Erinnerung an die Durchführung und Einhaltung von einem oder mehreren folgender Aktivitäten: sportlichen Aktivitäten, Entspannungsübungen oder Ruhephasen, Einleiten einer Messung, Termine z.B. bei Arzt oder Beratungsstellen.
- Bereitstellung von individualisierten Ratschlägen zur Verbesserung der Messergebnisse unter Berücksichtigung von einem oder mehreren folgender Parameter: der Präferenzen, Vorlieben, Ernährungsstile des Nutzers, seiner Messhistorie und regionaler und jahreszeitlicher Verfügbarkeit von Lebensmitteln.
- Bereitstellung von Informationen z.B. zu Lage und Öffnungszeiten von Einkaufsmöglichkeiten von Produkten z.B. Lebensmitteln, z.B. in Lebensmittelgeschäften, auf Wochenmärkten, in Hofläden im Umkreis des Nutzers. In vorteilhafter Variante unter Berücksichtigung von einem oder mehreren folgender Parameter: Qualität (beispielsweise Bioprodukte), Kosten, Entfernung, Erreichbarkeit und Parkmöglichkeit z.B. für Auto oder Fahrrad.
- Bereitstellung von Informationen über Verpflegungsmöglichkeiten aus einer oder mehreren der folgenden Kategorien: Restaurants, Fast Food Restaurants, Imbiss-Stationen, Lieferketten von Lebensmitteln und deren Angeboten

- Bereitstellung z.B. einer Datenbank in die Restaurants ihre aktuellen Gerichte in schriftlicher Beschreibung, z.B. mit allen Zutaten, und als Foto einstellen können und auf die z.B. die App bei der Auswahl von nutzerbezogenen Vorschlägen zugreift.
- Möglichkeit der Integration von Fotos, die Nutzer von ihrem Essen im Restaurant gemacht haben, in die zuvor genannte Datenbank. Bildanalyse dieser Fotos hinsichtlich der Zutaten, z.B. incl. Berechnung der jeweiligen Zutatenmengen (z.B. in Gramm), des Brennwertes, der Vitamine und anderer zutatenpezifischen Eigenschaften des Gerichts. Angabe der Kosten des Gerichts und Bewertung der Qualität des Essens durch den Nutzer, der das Foto eventuell mit Kommentaren in die Datenbank hochgeladen hat. Das Hochladen von Fotos in die Datenbank kann z.B. über die App erfolgen, die mit dem Messgerät kommuniziert.
- Automatisierte Bestellung von Produkten und/oder Dienstleistungen, die der Nutzer benötigt wie beispielsweise Zutaten z.B. für Kochrezepte, die der Nutzer für seine Mahlzeiten auswählt und die ihm nach Hause gebracht werden.
- Automatisierte Überwachung der Nahrungsvorräte des Nutzers z.B. hinsichtlich ihres Haltbarkeitsdatums oder ihrer Verfügbarkeit, z.B. über die Quantifizierung der bislang verzehrten Lebensmittel
- Bereitstellung von aktuellen Informationen über Produkte, die für den Nutzer von Bedeutung sind, beispielsweise hinsichtlich der Sonderangebote von Geschäften im Umkreis des Nutzers. Bei den Produkten kann es sich z.B. um Nahrungsmittel handeln.
- Möglichkeit der Speicherung von externen Daten z.B. eigene Gesundheitsdaten wie beispielsweise Laborberichte, Messergebnisse andere Messverfahren.
- Bereitstellung von Informationen zu Erholung und Freizeit, wenn z.B. das Messergebnis auf eine physische oder mentale Erschöpfung oder hohen psychischen und/oder körperlichen Stress hinweist. Dies kann z.B. die Präsentation aktueller Urlaubsangebote einschließen, z.B. Last Minute Angebot für Pauschalreisen, unbelegte Ferienwohnungen, freie Zimmer in Hotels, Privatzimmer, Campingplätze incl. aller Anreisemöglichkeiten z.B. mit Flugzeug, Auto, Bahn, Fahrrad, Wandern. Unter dem Begriff „automatisiert“, z.B. im Zusammenhang mit Bereitstellung, Erinnerung, Bestellung oder Überwachung, wird im Rahmen dieser Offenbarung eine Aktion verstanden, die der Nutzer in einer aktuellen Situation nicht durch eigenes Handeln auslösen muss, sondern die das System, z.B. eine App selbsttätig mit Hilfe eines entsprechenden Algorithmus auslöst. In einer bevorzugten Ausführung muss der Nutzer diese „automatisierte Aktion“ dem System, z.B. der App, zu einem früheren Zeitpunkt erlaubt haben. In einer ebenso bevorzugten Variante kann das System diese Aktionen dem Nutzer immer vorschlagen, wenn bestimmte Bedingungen

gegeben sind, wobei in diesem Fall der Nutzer die Durchführung der Aktion dann jeweils aktuell freigeben muss.

Dem Fachmann ist klar, dass auch die Kombination der vorgenannten Aspekte möglich ist, um den Nutzer spezielle, auf seine Präferenzen und Bedürfnisse zugeschnittene Maßnahmen oder Angebote zu unterbreiten, und diese Angebote z.B. mit Hilfe nachfolgender Messungen auf ihre Wirkung zu prüfen und gegebenenfalls entsprechend angepasst neu vorzuschlagen.

Zur Berechnung bestimmter Werte, Generierung individueller Ratschläge zur Verbesserung von Messergebnissen oder der Bereitstellung von Zusatzinformationen, kann es einzelfallbezogener zusätzlicher Informationen bedürfen, die z.B. über die App nachgefragt werden können. Dazu zählen beispielsweise Alter, Geschlecht, Größe, Gewicht, Beruf, Standort des Nutzers, aber auch Daten zu bestimmten Krankheiten, die auf die Messergebnisse oder ihre Interpretation Einfluss haben wie beispielsweise Diabetes. In vorteilhafter Ausgestaltung weist die App deswegen Eingabemöglichkeiten für mehrere dieser Parameter auf. In einer bevorzugten Variante zählen zu Zusatzinformationen auch die zuvor im Zusammenhang mit der Bestimmung der individuellen Verstoffwechselung benötigten Informationen. Dies sind beispielsweise Lebensstil bzw. Lebensgewohnheiten wie beispielsweise Rauchen, Alkoholkonsum, Schlafdauer, aktueller Aufenthalt in der Sonne, Nutzung von Solarium, Intensität sowie Häufigkeit und Dauer körperlicher Belastung z.B. durch Sport. Die in diesem Zusammenhang geltenden datenschutzrechtlichen Bestimmungen können länderspezifisch bei der Nutzung berücksichtigt werden. In einer bevorzugten Lösung kann der Nutzer diese Informationen, sofern er dies wünscht, beispielsweise einmalig bei der Konfiguration der App, die das Messgerät zur Erfüllung seiner Aufgaben nutzt, eingeben. Dieser Vorgang kann direkt nach dem Herunterladen der App zur Nutzung des Messgeräts aus dem App Store stattfinden. In einer weiteren bevorzugten Lösung kann dies auch später erfolgen. Der Nutzer kann die notwendigen Eingaben jederzeit verändern, ergänzen oder Löschen. Die Eingabe solcher Daten kann der Nutzer z.B. in der App vornehmen, die z.B. die hierfür notwendige Tastatur einblendet oder die den Sprachassistenten aktiviert, damit der Nutzer die Daten mündlich mitteilen kann. Die App kann z.B. auf einem Gerät gespeichert sein, das mit dem Messgerät kommuniziert und Messdaten und andere Informationen z.B. an einen zentralen Server versendet, damit sie dort ausgewertet und z.B. auch gespeichert werden.

Wird ein Messgerät von mehreren Personen benutzt z.B. von anderen Familienmitgliedern, muss die Messung einer Person zugeordnet werden können. Dies kann z.B. durch Anlegen von Nutzerprofilen erfolgen, die vor jeder Messung ausgewählt werden können. Im Nutzerprofil können neben dem selbst gewählten Namen (Alias) auch die zuvor beschriebenen persönlichen

Informationen der Zusatznutzer hinterlegt werden. In bevorzugter Variante identifiziert das Messgerät den Nutzer automatisch anhand gemessener optischer Eigenschaften, die es erlauben den Nutzer von anderen Nutzern zu unterscheiden. In bevorzugter Variante meldet der Sensor, welcher Nutzer erkannt wurde, so dass eine nachträgliche Korrektur möglich ist. In vorteilhafter Variante meldet das System, wenn keine Erkennung des Nutzers möglich war und gibt ggf. mögliche passende Nutzer zur Auswahl. Generell gilt, dass je häufiger sich eine Person misst, je genauer sind physiologische Zustände und deren Veränderungen erfassbar, sodass darauf aufbauend auch Ratschläge, z.B. über die App, gezielter gegeben werden können. Der Nutzer kann in vorteilhafter Variante deshalb in seinem Nutzer-Profil eine Funktion auswählen, bei der ihn die App auffordert, eine Messung durchzuführen. Diese Einstellung kann individuell auf den Nutzer zugeschnitten sein und an dessen Vorlieben angepasst werden.

Im Hinblick auf die Analyse, ob ein Nutzer zur Gruppe der Personen mit stark abfallenden Blutzuckerwerten gehört, ist dies besonders vorteilhaft, weil in vorteilhafter Variante der User dann zu bestimmten Zeitpunkten und in einem bestimmten Rhythmus zur Durchführung von Messungen aufgefordert wird, die die Detektion stark abfallender Werte am wahrscheinlichsten macht. Für die Auswahl des Zeitpunkts zur Durchführung einer Messung, kann sich die App in einer bevorzugten Ausführung beispielsweise auf die Analyse vorangegangener Messungen stützen, als auch auf Zeiten, bei denen der User typischerweise bestimmte Aktionen durchführt, z.B. Mahlzeiten einnimmt. In einer ebenfalls bevorzugten Variante kann der Nutzer die typischen Zeitpunkte für die Einnahme von Mahlzeiten z.B. auch in seinem Nutzer-Profil hinterlegen. In bevorzugter Variante können Nutzeraktivitäten mit der Messung verknüpft werden. So kann der Nutzer beispielsweise nach jeder Mahlzeit eine Messung durchführen. Damit kann der Nutzer dem System mitteilen, wann er Mahlzeiten zu sich genommen hat, wenn das System diesen Zusammenhang kennt. Sind in einer zugeordneten Datenbank genügend und/oder genügend aktuelle Messergebnisse vorhanden, die eine Eigenschaft des Nutzers ermitteln, so kann die App in vorteilhafter Variante die Messung weiterer Daten unterbinden. Dies kann vorteilhafterweise durch Weglassen von Teilen der Messsequenz erfolgen. Dies kann durch Kommunikation oder auch Unterlassung von Kommunikation erfolgen. Ist z.B. die Zuordnung des Nutzers zur Gruppe mit stark abfallenden Blutzuckerwerten erfolgt, wird er in vorteilhafter Variante von dieser Funktion der App nicht mehr zur Durchführung von Messungen zur Klärung dieses Aspekts aufgefordert. Die Aufforderung zur Durchführung einer Messung kann bei geöffneter App über die App direkt erfolgen. Ist die App z.B. auf dem Smartphone nicht geöffnet, kann beispielsweise der Server diese Mitteilung per SMS, als Mail oder über soziale Netzwerke an den Nutzer versenden. In alternativer Ausgestaltung kann eine Push Nachricht erzeugt werden.

Für eine bevorzugten Variante gilt, dass Messergebnisse und/oder bereitgestellte Zusatzinformationen angemessen visualisiert, aufgearbeitet und mit unterstützenden Hinweisen angereichert werden, damit sie ohne Spezialkenntnisse vom Messenden genutzt und in Alltagshandlungen umgesetzt werden können. In einer bevorzugten Variante kann dies beispielsweise dadurch geschehen, dass die vorgenannten Ergebnisse und/oder Zusatzinformationen in unterschiedlichem Detaillierungsumfang zur Verfügung gestellt werden und der Nutzer die Möglichkeit hat bei Bedarf den Grad der Detaillierung zu wählen. In einer besonders bevorzugten Variante wird dem Nutzer des Messgeräts zusätzlich mitgeteilt, wie hoch der Messwert einer bestimmten Substanz wäre, beispielsweise bestimmter Karotinoide oder wieviel täglich an Obst- und Gemüse aufgenommen werden müsste, wenn der Nutzer bestimmte Verhaltensweise ändern würde. In vorteilhafter Variante werden dazu einer oder mehrere der im Zusammenhang mit der individuellen Verstoffwechselung ermittelten mittleren Einflüsse von beispielsweise Rauchen, Alkoholkonsum, Schlafdauer, Aufenthalt in der Sonne etc. genutzt.

In einer bevorzugten Variante kann der Nutzer dazu beitragen, dass mit dem Messgerät zukünftig zusätzliche Messparameter z.B. Biomarker in Blut und Gewebe, gemessen werden können. Dazu kann der User z.B. in der App eine Funktion wählen, über die er Messwerten einträgt, die bei ihm mit anderen Messverfahren ermittelt werden. Wenn der Nutzer das Messergebnis des anderen Messverfahrens direkt nach Durchführung der Messung erhält, kann er zeitnah eine Messung mit dem hier beschriebenen Messgerät durchführen. Dabei spielt es in einer bevorzugten Variante keine Rolle welchen Biomarker er mit dem hier beschriebenen Messgerät misst. In bevorzugter Weise werden bei einer solche Messung optische Rohdaten über einen weiten Spektralbereich aufgenommen, auch wenn für die konkrete Messung nur ein bestimmter Teil zur Bestimmung des Biomarkers genutzt wird. Zusammen mit den optischen Rohdaten können die vom Nutzer eingegebenen und mit anderen Messverfahren ermittelten Messwerten z.B. an einen Server übermittelt und als Referenzwert zusammen mit den optischen Rohdaten gespeichert werden. Bei den externen vom Nutzer eingegebenen Messwerten kann es sich auch um qualitative Daten handeln, beispielsweise solche die die momentane Befindlichkeit des Nutzers betreffen. Handelt es sich bei den externen Daten z.B. um Laborwerte aus einer Blutentnahme, so erhält der Nutzer die Werte meist erst einige Tage nach der Blutentnahme. In vorteilhafter Variante bietet die App eine Möglichkeit die Ergebnisse nachträglich einzugeben. Hat er aber zeitnah zur Blutentnahme eine Messung mit dem eigenen Messgerät gemacht und teilt z.B. der Mess-App mit, dass er die Blutmessergebnisse nach Erhalt nachträglich einträgt, können diese Daten auf dem Server den optischen Rohdaten z.B. anhand ihres Zeitstempels zugeordnet werden. Auf diese Weise können auch die nachgetragenen Blutmessdaten als Referenzwerte für die Entwicklung von Algorithmen

zur Messung neuer Biomarker genutzt werden. Wenn der Nutzer zustimmt, können in diesem Zusammenhang noch weitere nutzerspezifische Informationen wie z.B. Alter, Geschlecht, Größe, Gewicht des Nutzers zur Algorithmus-Entwicklung genutzt werden.

Sobald eine ausreichende Zahl von Referenzwerten vorliegen, weil auch andere Nutzer entsprechende Werte übermittelt haben, kann auf dem Server z.B. eine KI-basierte Analyse der entsprechenden optischen Messwerte durchgeführt werden, die versucht den Biomarker spektroskopisch zu bestimmen. Sollte es möglich sein, einen Algorithmus zu entwickeln, der die spektroskopische Messung des Referenzwertes bzw. des Biomarkers ermöglicht, kann eine neue Messfunktion z.B. durch ein automatisches Update der Mess-App zur Verfügung gestellt werden. Dies kann in vorteilhafter Ausgestaltung für Nutzer die Messungen beigetragen haben kostenlos erfolgen, z.B. um den Nutzer zur Eingabe dieser Daten zu motivieren, während für alle anderen Nutzer diese neue Messfunktion kostenpflichtig ist.

Unterstützung des Users hinsichtlich gesundheitsbewusster Ernährung

In einer bevorzugten Variante werden auf Basis der mit dem hier beschriebenen Messgerät durchgeführten Messungen dem Nutzer beispielsweise Substanzen oder Lebensmittel für den Verzehr vorgeschlagen, die dazu beitragen, die in Blut und/oder Gewebe vorhandenen Konzentrationen bestimmter Stoffe (z.B. Carotinoide) und/oder gemessenen physiologischen Zustände des Nutzers zu stabilisieren und/oder zu erhöhen bzw. zu verbessern.

In einer besonders bevorzugten Variante werden dem Nutzer die noch zu verzehrenden Mengen an bestimmten Lebensmitteln vorgeschlagen. Fig.17 zeigt beispielsweise eine Information zur Menge an Obst und Gemüse z.B. in Gramm, die der Nutzer am Tag der Messung noch verzehren sollte, um Empfehlungen, z.B. der WHO oder staatlicher Institutionen, anerkannter Vereinigungen oder Fachverbänden, z.B. der „Deutschen Gesellschaft für Ernährung“ oder eigenen Vorgaben zu genügen. Die eigenen Vorgaben können z.B. in der App hinterlegt werden. In einer besonders bevorzugten Variante werden dem Nutzer detaillierte Informationen zu Mengen einzelner Obst- und Gemüsesorten gegeben, die er verzehren sollten und die es ermöglichen den Zielwert, der sich aus einer vom Nutzer gewählten Präferenz ergibt oder der von relevanten Institutionen oder Personen vorgeschlagen wird, zu erreichen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführung wird dem Nutzer zusätzlich mitgeteilt, innerhalb welchen Zeitraums er Zielwert erreichen kann, wenn er der Empfehlung zum Verzehr der Obst- und Gemüsemengen folgt. In einer bevorzugten Ausführung basiert die Bestimmung des Zeitraums auf bereits gesammelten Erkenntnissen zum Verstoffwechselungsprozeß des Nutzers

und/oder auf Daten, die z.B. bei vergleichbaren Nutzern erhoben wurden und/oder auf Ergebnissen, die in wissenschaftlichen Studien erzielt wurden.

In einer ebenfalls bevorzugten Variante werden dem Nutzer insbesondere Lebensmittel oder Rezepte mit Lebensmitteln zum Verzehr vorgeschlagen, die Inhaltsstoffe enthalten, bei denen das Messgerät auch Defizite gegenüber Zielwerten festgestellt hat. Dazu können beispielsweise Omega 3 und Omega 6 Fettsäuren oder bestimmte Vitamine zählen. In einer alternativen Variante können die festgestellten Defizite auch mit anderen Messgeräten ermittelt worden sein. Der Nutzer kann diese Defizite dann selbst z.B. der App mitteilen. In einer weiteren bevorzugten Variante orientieren sich die zum Verzehr vorgeschlagenen Substanzen oder Lebensmittel und deren Mengen z.B. an den Präferenzen des Nutzers innerhalb welchen Zeitraums sich die bei ihm gemessenen Konzentrationen und/oder physiologischen Zustände verändern sollen.

In einer weiteren bevorzugten Variante kann der Nutzer beispielsweise in der App des Messgeräts Kategorien von Veränderungsgeschwindigkeiten vorgeben. Hauptkategorien können beispielsweise eine „schnelle Veränderung“ oder eine „moderate Veränderung“ sein. Bei einer schnellen Veränderung ist die für den Verzehr vorgeschlagene Menge einer Substanz höher bzw. ist z.B. der Verzicht größer als bei der moderaten Veränderung.

In einer weiteren bevorzugten Variante orientieren sich z.B. die Vorschläge für Substanzen oder Lebensmittel und die jeweils zu verzehrende Menge an allgemein anerkannten und/oder aufgrund wissenschaftlicher Studien bestätigten Sollmengen dieser Substanzen in Blut oder Gewebe des Menschen und/oder sie orientieren an den von anerkannten Institutionen befürworteten Verzehrsmengen und/oder sie orientieren sich z.B. an den durchschnittlichen Konzentrationen dieser Substanzen, die mit dem Messgerät in einer für den Nutzer relevanten Vergleichsgruppe gemessen wurden und/oder an Zielwerten, die der Nutzer selbst definiert hat. Auch eine Kombination der genannten Zielwertquellen ist möglich. In einer bevorzugten Variante kann es auch mehrere Zwischenstufen zur Erreichung von Zielwerten geben, die das festgestellte Defizit ausgleichen. Die Zwischenstufen können z.B. als Motivationsstützen wirken, weil der Nutzer jeweils ein Erfolgserlebnis hat, wenn er einzelne Zwischenstufen erreicht. In einer bevorzugten Variante bestimmt der Nutzer welche Zielwerte für den Vergleich herangezogen werden.

In einer weiteren besonders bevorzugten Variante werden dem Nutzer z.B. nicht nur einzelne Substanzen und/oder Lebensmittel, sondern auch komplette Rezepte für die Nahrungsaufnahme eines Tages vorgeschlagen. In einer ebenfalls bevorzugten Variante können dem Nutzer z.B. auch Vorschläge unterbreitet werden, die seine gesamte Lebensführung bzw. seinen gegenwärtigen Lebensstil betreffen. Dazu zählt auch der Ernährungsstil, z.B. der Wechsel zur vegetarischen oder veganen Lebensweise, oder Vorschläge zur Verbesserung der Work-Life-Balance, z.B. durch

Neuorganisation der Arbeitswelt des Nutzers und/oder seiner Arbeitszeiten, oder Vorschläge zur aktiven Gestaltung der Freizeit, z.B. durch Eintritt in Sportvereine oder Vereinigungen wie z.B. die Freiwillige Feuerwehr. In einer bevorzugten Lösung können dem Nutzer auch mehrere Substanzen und/oder Lebensmittel bzw. mehrere komplette Rezepte vorgeschlagen werden, aus denen er das jeweils gewünschte auswählen kann. In einer weiteren bevorzugten Lösung werden ihm z.B. jeweils immer neue Rezepte vorgeschlagen, solange er sich nicht für ein Rezept entscheidet. Alternativ werden in vorteilhafter Variante Nahrungsergänzungsmittel vorgeschlagen. In einer ebenfalls besonders bevorzugten Variante verteilen sich die anhand detektierter Stoffkonzentration für die Nahrungsaufnahme eines Tages vorgeschlagenen Mengen an Substanzen und/oder Lebensmittel auf drei Hauptmahlzeiten: Frühstück, Mittagessen und Abendessen. In einer weiteren bevorzugten Variante verteilt sich die Menge nicht nur auf die drei Hauptmahlzeiten, sondern auch auf einen oder mehrere zusätzliche Snacks, die z.B. im Anschluss an eine Mahlzeit oder zwischen den Mahlzeiten eingenommen werden können. In einer weiteren bevorzugten Variante können auch Gerichte vorgeschlagen werden, die in einem Restaurant angeboten werden, das sich in einer vom Nutzer selbst gewählten maximalen Entfernung zu seinem Standort befindet. In einer weiteren bevorzugten Variante wird unter Nutzung von mindestens einem Messwert eines Biomarkers oder einer Substanz festgelegt, welche Stoffe und/oder Lebensmittel in welcher Menge zum Verzehr vorgeschlagen werden. Bei der Messung kann es sich z.B. um die Messung der Glukosekonzentration handeln. In einer weiteren bevorzugten Variante kann der Vorschlag z.B. auch die Zeitspanne im Laufe des Tages betreffen, zu der die Stoffe und/oder Lebensmittel verzehrt werden sollen.

Bei bestimmten Substanzen kann es vorkommen, dass eine Substanz die Aufnahme und/oder die Verstoffwechselung einer anderen Substanz behindert. Ein Beispiel dafür ist Betakarotin und Lutein. Hat ein Nutzer in beiden Substanzen ein Defizit, so steht er vor dem Problem, dass eine gleichzeitige Aufnahme beider Stoffe weniger effizient ist. In vorteilhafter Ausgestaltung werden Empfehlungen erstellt, bei denen Substanzen, die sich gegenseitig behindern in ausreichendem zeitlichem Abstand zur Aufnahme empfohlen werden. In vorteilhafter Variante werden empfohlene Rezepte so ausgewählt, dass ein passender zeitlicher Abstand eingehalten wird. Mehrere und in bevorzugter Variante alle in dieser Beschreibung genannten Substanzen, deren Konzentration in Blut und Gewebe des Nutzers gemessen wurden und die entsprechend in der nutzerspezifischen Datenbank gespeichert sind, werden in vorteilhafter Ausgestaltung bei der Generierung von Vorschlägen für einzelne Lebensmittel, Rezeptvorschläge von Mahlzeiten oder im Restaurant angebotener Gerichte, berücksichtigt. In vorteilhafter Ausgestaltung werden Substanzen, die ausschließlich oder vornehmlich vom menschlichen Körper selbst hergestellt

werden, berücksichtigt, indem Nahrungsempfehlungen ermittelt werden, die dem Körper die für die körpereigene Herstellung notwendigen Rohstoffe bereitstellen. In vorteilhafter Variante werden deswegen für Rezepte/Restaurantgerichte, die in ihnen jeweils enthaltenen Mengen an den relevanten Substanzen mit ausreichender Genauigkeit erfasst und angegeben. In einer bevorzugten Variante kann die Ermittlung der jeweiligen Menge dieser Substanzen z.B. Carotinoide im Grünkohl z.B. mit Rückgriff auf Informationen aus dem Internet erfolgen oder beispielsweise durch gezielte Recherche in speziellen Datenbanken, wobei für die notwendigen Suchalgorithmen bzw. für die Formulierung der Suchkriterien z.B. KI (künstliche Intelligenz) genutzt wird.

Die Analyse der Inhaltsstoffe einer Mahlzeit, die ein Nutzer zu sich nimmt, kann auch über Software zur Bildanalyse erfolgen. Der Nutzer kann dann zur Eingabe der Inhaltsstoffe seine Mahlzeit fotografieren. Die Software bestimmt durch Bilderkennung die Nahrungskomponenten z.B. Kartoffeln, Erbsen, Möhren, bestimmt und quantifiziert ihre Inhaltsstoffe, speichert das Ergebnis z.B. in einer Datenbank auf die z.B. die App des Messgeräts zugreifen und auf einem Anzeigegerät, z.B. Smartphone/Tablet, ausgeben kann. In einer bevorzugten Variante werden dem Nutzer nicht nur die Informationen selbst, sondern auch die Suchalgorithmen oder Recherchestrategien zur Verfügung gestellt, so dass er die ihn interessierenden Inhalte immer wieder selbst ermitteln kann, um die ihn interessierende Information immer aktuell zu halten. In einer vorteilhaften Ausgestaltung kann der Nutzer jede andere Art von Kennwerten, die für sein Wohlbefinden von Bedeutung sind und die er z.B. von dritter Seite erhält, in der App abspeichern. Sie können dann bei der Festlegung der individuellen Präferenzen, der Auswahl von Substanzen oder bei der Ermittlung von Vorschlägen für Rezepte oder Gerichte berücksichtigt werden. Die Berücksichtigung dieser Kennwerte gilt auch hinsichtlich der Bewertung der vom Nutzer aus den Vorschlägen ausgewählten Substanzen, Rezepten oder Gerichten. In einer anderen bevorzugten Variante kann die Ermittlung der jeweiligen Menge eines Stoffes durch Nutzung einer vom Nutzer selbst erstellten Datenbank erfolgen, auf die die App des Messgeräts Zugriff hat, und in die Ergebnisse von vorausgegangenen Internetrecherchen gespeichert wurden.

Wenn der Ausgleich von gemessenen Defiziten, z.B. wegen physiologischer Abhängigkeiten, durch Verhaltensänderung oder Ernährungsumstellung nicht gleichzeitig möglich ist, folgen die dem Nutzer vorgeschlagenen Maßnahmen, in einer bevorzugten Variante, einer in der App vorgegebenen Hierarchie des Defizitausgleichs. Diese Hierarchie kann z.B. auf allgemeinen medizinischen Erkenntnissen basieren, die für die meisten Menschen gelten. In einer weiteren bevorzugten Variante basiert die Hierarchie auf den vom Nutzer vorgegebenen Präferenzen.

In einer besonders bevorzugten Variante enthalten die Vorschläge beispielsweise auch Angaben zu allgemeinen, gesundheitlichen, wirtschaftlichen, sozialen oder umweltbezogenen Aspekten,

wie z.B. CO₂-Bilanz, oder Aufwand und Kosten für die Beschaffung von Substanzen, Lebensmittel oder Zutaten der Rezepte oder den Preis, die für ein Gericht, das auf der Speisekarte eines Restaurants ausgewiesen ist. In vorteilhafter Variante sind auch Lieferkosten für Lebensmittel oder die Gerichte eines Restaurants angegeben. Dabei kann z.B. hinsichtlich der Ermittlung der CO₂-Bilanz unterschieden werden welche Transportmittel (z.B. Fahrrad, Auto, Motorroller) für die Lieferung benutzt werden. In anderen ebenfalls bevorzugten Varianten wird in den Vorschlägen der insgesamt notwendige Aufwand quantifiziert, den der Nutzer bei der Realisierung der Vorschläge hat. Dazu gehört beispielsweise der zeitliche Aufwand der z.B. für die Beschaffung und Zubereitung von Lebensmittel oder das Kochen der Rezepte erforderlich ist. Dabei wird in vorteilhafter Variante der Aufwand berechnet, der beim Einkaufen in den von der App vorgeschlagenen Verkaufsstellen oder Lebensmittelgeschäften oder beim Besuch der Restaurants entsteht, die von der App vorgeschlagen werden. Sollte sich der Nutzer für andere Geschäfte oder Restaurants entscheiden, kann dieser Aufwand ebenfalls berechnet werden.

Aufwand kann in unterschiedlichen Einheiten abgebildet werden, z.B. zeitlich in Minuten, finanziell in Geld, z.B. Euro, psychischer Stress als Belastungswert ordinal oder intervallskaliert. Für ein Gesamturteil können die einzelnen Aufwände beispielsweise in eine Geldeinheit z.B. Euro umgerechnet werden.

Darüber hinaus wird in einer weiteren bevorzugten Variante auch der ökologische Fußabdruck quantifiziert, der sich z.B. aus der Herstellung des Lebensmittels, seinem Transport und seiner Lagerung bei der Verkaufsstelle, dem Aufsuchen der Verkaufsstelle oder der Anlieferung durch einen Bringdienst, sowie dem Energieaufwand für Zubereitung des Essens und die eventuelle Entsorgung von Essensresten ergibt. In einer bevorzugten Variante werden die Daten des ökologischen Fußabdrucks auch in die Bewertung der vorgeschlagenen Rezepte oder Restaurantgerichte aufgenommen und dem Nutzer z.B. in der Übersichtstabelle für die ausgewählten Gerichte eines Tages als eigenständige Kennzahl dargestellt. In einer ebenfalls bevorzugten Variante ist der ökologische Fußabdruck Teil einer größeren/umfassenderen Kennzahl.

In bevorzugter Variante enthält das System eine Planungshilfe. Vorzugsweise unterstützt diese den Nutzer bei der Ernährungsplanung. Vorzugsweise kann die Planungshilfe Pläne abspeichern und anzeigen. Vorzugsweise kann der Nutzer geplante Vorkommnisse eintragen. Vorzugsweise sind die geplanten Vorkommnisse Nahrungsaufnahmen. Vorzugsweise sind die geplanten Vorkommnisse die Aufnahme von Nahrungsergänzungsmitteln und/oder Medikamenten. Vorzugsweise kann das System die Erreichung von Zielen und/oder Kennzahlen aufgrund der geplanten Vorkommnisse prognostizieren. Vorzugsweise ermittelt die Planungshilfe Vorschläge

für geplante Vorkommnisse. Vorzugsweise kann der Nutzer diese annehmen oder ablehnen. Vorzugsweise wird bei Ablehnung ein alternativer Vorschlag erstellt. Vorzugsweise berücksichtigt die Planungshilfe bei der Ermittlung von Vorschlägen die gesetzten Ziele. Vorzugsweise verwendet die Planungshilfe dazu Optimierungsalgorithmen.

Kennzahlen z.B. Ernährungsqualität

In einer bevorzugten Variante werden vom System eine oder mehrere Kennzahlen berechnet. In vorteilhafter Variante ist eine Kennzahl eine Zahl, die angibt, wie gut ein Ziel erfüllt wird. In vorteilhafter Variante beschreiben die Kennzahlen die Erreichung von Ernährungszielen. In besonders vorteilhafter Variante werden Kennzahlen bezüglich einem oder mehrerer folgender Kategorien gebildet: Ernährung, Gesundheit, Fitness, Bewegung, Kosmetik, Medikamentendosierung. In besonders vorteilhafter Variante werden Kennzahlen bezüglich einem oder mehrerer folgender Aspekte gebildet: Gewichtsmanagement, Antioxidantenversorgung, Entzündungsparameter, Nährstoffe, Fettsäuren, Obstkonsum, Gemüsekonsum, vegetarische Ernährung, vegane Ernährung, Ernährungsvielfalt, Vermeidung ungesunder Lebensmittel, Allergenvermeidung, Zuckervermeidung, Salzreduktion, Alkoholkonsum, Drogenkonsum.

In vorteilhafter Weise ergibt sich eine Kennzahl, aus dem Verhältnis von Ziel zu Zielerreichung. In vorteilhafter Weise wird die Zielerreichung mit Hilfe eines Messgeräts, vorzugsweise des in diesem Text beschriebenen Messgeräts. In vorteilhafter Variante können auch Größen nicht gleicher Einheiten ins Verhältnis gesetzt werden. Beispielsweise kann eine Kennzahl zur Ernährungsqualität aus dem Verhältnis der Menge an Obst und/oder der Menge an Gemüse, die von einer Person verzehrt wird oder ihr zum Verzehr vorgeschlagen wird, zur Stoffkonzentration eines Biomarkers, z.B. Antioxidantien, z.B. Karotinoide, der im Körper einer Person gemessen wird, gebildet werden. In vorteilhafter Variante kann zu einem oder mehreren Zielen eine bzw. mehrere Zeitdauern festgelegt werden, in der diese Ziele erreicht werden sollen. In alternativer vorteilhafter Variante kann zu einem oder mehreren Zielen eine bzw. mehrere Geschwindigkeiten festgelegt werden, in der diese Ziele erreicht werden sollen. In vorteilhafter Variante können die Geschwindigkeiten in Stufen festgelegt werden. In besonders vorteilhafter Ausgestaltung sind diese Stufen an der Belastung und/oder dem erforderlichen Engagement des Nutzers orientiert. Beispielsweise moderate, drastische Ernährungsumstellung, allmähliche Ernährungsumstellung.

In vorteilhafter Variante wird die Zielerreichung nicht direkt gemessen, sondern durch Messung einer Substanzkonzentration abgeschätzt, aus deren Ergebnis eine Aussage zur Zielerreichung abgeleitet werden kann. Beispielsweise werden Ziele zum Verzehr von Obst und Gemüse von Gesundheitsorganisationen oder Regierungen meist in Mengeneinheiten an zu verzehrendem

Gemüse angegeben, z.B. in Gramm. Die zur Überprüfung der Zielerreichung verwendete Größe ist in vorzugsweise die Karotinoidkonzentration im Körper des Nutzers. In besonders vorteilhafter Ausgestaltung ist die zur Zielerreichung verwendete Messgröße für Wohlbefinden oder Gesundheit des Nutzers ein relevanterer Wert als der Wert der Zielgröße. Beispielsweise ist beim Verzehr von Gemüse die verzehrte Menge weniger relevant als die vom Gemüse stammende Nährstoffmenge, die ins Blut aufgenommen wurde.

In bevorzugter Variante erhält der Nutzer Vorschläge für Rezepte und/oder Gerichte und/oder Nahrungsergänzungsmittel. Vorzugsweise berücksichtigen die Vorschläge eine oder mehrere Kennzahlen. Vorzugsweise wird der zeitliche Verlauf der Kennzahlen berücksichtigt. Vorzugsweise wird dem Nutzer eine prognostizierte Kennzahlentwicklung angezeigt.

In bevorzugten Varianten ergibt sich der Zielwert aus der Festlegung einer nationalen Behörde, aus der Festlegung einer internationalen Behörde, aus der Festlegung einer medizinischen Institution oder aus überlieferten Traditionen zur Ernährung. In einer bevorzugten Variante ist dieser Zielwert der von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung vorgegebene Wert. In einer ebenfalls bevorzugten Variante unterscheidet die Empfehlung nach Obst und Gemüse. In einer anderen bevorzugten Variante legt der Nutzer selbst den Zielwert fest, den es zu erreichen gilt. In bevorzugter Variante erhält der Nutzer eine Information welchen Beitrag ein Gericht und/oder ein Rezept zur Erreichung von einem oder mehreren Ziele beiträgt. In bevorzugter Variante wird angezeigt Anteil einer Zielerreichung für eine bestimmte Zeitspanne von einem Gericht und/oder Rezept erbracht wird. In einer bevorzugten Variante können Ziele in Unterziele aufgeteilt werden. Besonders bevorzugt werden Unterziele für einzelne Mahlzeiten gebildet. Beispielsweise Frühstück, Mittagessen, Abendessen, Snack, Getränke. In bevorzugter Variante kann der Beitrag von Nahrungsergänzungsmitteln zur Zielerreichung berücksichtigt werden.

In einer bevorzugten Variante kann eine Mahlzeit und/oder Snack und/oder Getränk und/oder Nahrungsergänzung das Defizit einer anderen Mahlzeit innerhalb einer Zeitspanne ausgleichen.

In bevorzugter Variante können bei Vorliegen mehrerer Ziele Prioritäten festgelegt werden. Der Hintergrund wird an folgendem Beispiel verdeutlicht: Ergibt die Messung des Biomarkers, der den Verzehr von Obst und Gemüse repräsentiert, dass die Konzentration des Biomarkers im Körper des Nutzers nicht dem Zielwert von z.B. 650 Gramm Obst und Gemüse entspricht, muss der Nutzer sein Ernährungsverhalten umstellen. Die Ursache kann die zu geringe Aufnahme von Obst und Gemüse sein, aber auch die individuelle Verstoffwechselung, so dass der relevante Biomarker, z.B. Karotinoide, nur unvollständig vom Körper aufgenommen wurde. Es kann z.B. aber auch an der geringen Qualität oder an der fehlenden Frische des verspeisten Obstes und Gemüses liegen. Den Vorteil einer festlegbaren Zielerreichungsgeschwindigkeit zeigt folgendes

Beispiel: Je größer das durch Messung festgestellte Defizit bezogen auf den Zielwert ist, je mehr muss der Nutzer sein Ernährungsverhalten umstellen. Ist die erforderliche Ernährungsumstellung zu groß, scheitern viele Nutzer. Um die Umstellung zu erleichtern und das Scheitern zu verhindern, kann der Nutzer versuchen den Zielwert erst nach und nach zu erreichen, indem er gegenüber seinem bisherigen Verhalten täglich nur etwas mehr an Obst und Gemüse zu sich nimmt. Das heißt, die zusätzliche Verzehrmenge ist geringer als das durch Messung festgestellte tägliche Defizit. Über einen längeren Zeitraum betrachtet wird aber selbst bei geringeren zusätzlich zugeführten Mengen an Obst und Gemüse die Differenz immer geringer, bis letztlich die durch Messung festgestellte Menge dem Zielwert entspricht.

In einer bevorzugten Variante wird auf Basis einer oder mehrerer Messungen abgeschätzt, inwieweit der Nutzer ein oder mehrere Ziele erreicht hat. Vorzugsweise erhält der Nutzer diese Information. In alternativer bevorzugter Variante wird auf Basis einer oder mehrerer Messungen abgeschätzt, wie weit der Nutzer von der Erreichung eines oder mehrerer Ziele entfernt ist. Vorzugsweise erhält der Nutzer diese Information. In bevorzugter Variante kann die Erfüllung eines Ziels in Prozent angegeben werden. Wird ein Zielwert übererfüllt, dann kann dies in einer bevorzugten Variante durch die Vergabe eines zusätzlichen Symbols dokumentiert werden, z.B. durch die Vergabe von Sternen. Je mehr Sterne, je größer ist die Übererfüllung. Die Übererfüllung kann aber beispielsweise auch prozentual ausgedrückt werden.

Fig.18 zeigt als Beispiel die Kennzeichnung mit „3 Sternen“ als Zeichen der Übererfüllung. Der Erfüllungsgrad ist geringer als z.B. 100%, wenn noch Obst und Gemüse zu verzehren wäre bzw. weniger als 650 Gramm vom Nutzer verzehrt wurden. In bevorzugter Variante wird nicht empfohlen zusätzlich Obst und Gemüse zu essen, sondern andere Nahrungsmittel zu ersetzen. In einer bevorzugten Variante kann der Nutzer eine allmähliche Vergrößerung der täglichen Obst- und Gemüsemenge als Ziel zur Erreichung des Zielwertes vorgeben. Diese Präferenz kann als „langsame“ Verbesserung zur Erreichung des Zielwerts definiert sein.

In einer weiteren bevorzugten Variante kann der Nutzer als Ziel vorgeben, dass er die durch die Messung ermittelte Menge an Obst und Gemüse zu sich nehmen will. Diese Präferenz kann als „moderate“ Verbesserung zur Erreichung des Zielwerts definiert sein. In einer weiteren bevorzugten Variante kann der Nutzer als Ziel vorgeben, dass er zusätzlich mehr als die aktuell durch Messung ermittelte Menge an Obst und Gemüse zu sich nehmen will, z.B. die doppelte Menge oder mehr als die doppelte Menge. Diese Präferenz kann als „schnelle“ Verbesserung zur Erreichung des Zielwerts definiert sein. In einer weiteren bevorzugten Variante sollte bei der „schnellen“ Verbesserung die tägliche Menge an Obst und Gemüse über dem Messwert aber

unterhalb der doppelten Menge liegen. In einer weiteren bevorzugten Variante liegt bei der „schnellen“ Verbesserung die tägliche Menge an Obst und Gemüse oberhalb des Zielwerts.

In einer bevorzugten Variante gibt es mehr als eine Kategorie für die Geschwindigkeit, mit der der Sollwert erreicht werden soll. In einer bevorzugten Variante gibt es keine festgelegten Kategorien für die Geschwindigkeit, mit der der Sollwert erreicht werden soll. In einer bevorzugten Ausführung ermittelt und bewertet die App, wie gut die ausgewählten Rezepte oder Gerichte den vom Nutzer selbst vorgegeben Zielen und/oder den aus medizinischer Sicht bzw. von Experten oder Institutionen vorgeschlagenen Empfehlungen entsprechen. Figur 17b zeigt ein Beispiel für die Wahl des Zielwerts. Figur 17c zeigt ein Beispiel für die Festlegung der Geschwindigkeit zur Zielerreichung bzw. für die Geschwindigkeit der Verhaltensänderung.

In einer bevorzugten Variante kann die individuelle Verstoffwechselung bei der Bewertung der in Rezepten oder Gerichten enthaltenen Menge an Obst und Gemüse berücksichtigt werden. Wenn das Prioritätsziel des Nutzers für die Geschwindigkeit z.B. 250 Gramm beträgt, kann z.B. die in Rezepten bzw. Gerichten enthaltene Menge an Obst und Gemüse mit einem individuellen Verstoffwechselungsfaktor für die jeweiligen Obst- und Gemüsesorten multipliziert werden. Die sich daraus ergebende korrigierte Grammzahl kann dann die Basis für die dem Nutzer automatisiert vorgeschlagenen Rezepte bzw. Gerichte sein.

In einer bevorzugten Variante kann die korrigierte Grammzahl z.B. in der App angezeigt werden. In einer ebenfalls bevorzugten Variante, bei der dem Nutzer Rezepte oder Gerichte nicht automatisiert vorgeschlagen werden, sondern er Rezepte oder Gerichte z.B. eigenhändig sucht und auswählt, kann die korrigierte Grammzahl die Basis für die Bestimmung des Erfüllungsgrades der ausgewählten Rezepte bzw. Gerichte sein. Das heißt, die korrigierte Grammzahl dient der Beurteilung, wie gut das ausgewählte Rezept bzw. Gericht, das vom Nutzer selbst gewählte Geschwindigkeitsziel erfüllt. Der Erfüllungsgrad wird dem Nutzer angezeigt. In vorteilhafter Variante wird in Fällen, in denen keine ausreichende Anzahl an Rezepten oder Gerichten automatisiert vorgeschlagen werden können, die die korrigierte Grammzahl an Obst und Gemüse erreichen und deshalb auch solche vorgeschlagen werden müssen, die dem gewählten Geschwindigkeitsziel nicht ganz genügen, ebenfalls der Erfüllungsgrad für jedes Rezept bzw. Gericht ausgegeben.

Historie Erfüllungsgrad

In einer weiteren bevorzugten Variante kann dem Nutzer auch ein Zeitverlauf von Informationen zu seiner Ernährung angezeigt werden. Die kann einer oder mehrere Werte folgender Liste sein: Erfüllungsgrad der Ernährungsqualität, Zielwerte, bestimmte Istwerte, Messergebnisse,

Nährstoffwerte. In vorteilhafter Variante können Momentanwerte und/oder zeitliche Mittelwerte gezeigt werden. Fig.22 zeigt ein Beispiel der Anzeige einer Werthistorie. In vorteilhafter Variante können historische und/oder zukünftige Werte angezeigt werden. In einer weiteren bevorzugten Variante beträgt der Betrachtungszeitraum der Historie mindestens 14 oder 30 Tage oder etwa einen Monat, wobei die verzehrte oder in Rezepten/Gerichten ausgewählte Menge an Obst und Gemüse und die Menge an Obst und Gemüse, die durch Messung ermittelt wurde und die noch verzehrt werden muss, um den Zielwert zu erreichen, beispielsweise in einem gemeinsamen X-Y Diagramm grafisch dargestellt wird. In einer bevorzugten Variante kann der Betrachtungszeitraum auch größer oder kleiner sein als 30 Tage. In bevorzugten Ausführungen beträgt er zwischen 30 und 60 Tagen, zwischen 60 bis 90 Tagen, zwischen 90 bis 180 Tagen, zwischen 180 Tagen und einem Jahr oder mehr als 1 Jahr.

In weiteren bevorzugten Ausführungen beträgt der Betrachtungszeitraum zwischen 20 und 30 Tagen, zwischen 10 und 30 Tagen, zwischen 5 und 30 Tagen oder zwischen 1 und 5 Tagen. In einer besonders bevorzugten Variante legt der Nutzer selbst fest, wie groß der Betrachtungszeitraum ist. In einer bevorzugten Variante ist die ausgewählte oder verzehrte Menge an Obst und Gemüse beispielsweise als Balkendiagramm dargestellt und der Messwert für die noch zu verzehrende Menge als auf den Balken liegende Kurve.

In einer bevorzugten Variante stellt in einem X-Y Diagramm die X-Achse die Zeit z.B. in Tagen dar, während auf der Y-Achse die Menge an Obst und Gemüse z.B. in Gramm aufgetragen ist. In einer bevorzugten Variante sind die in Rezepten oder Gerichten enthaltenen Mengen an Obst und Gemüse z.B. als Balken dargestellt. In einer bevorzugten anderen Variante sind die mit dem Messgerät gemessenen Werte für die zusätzlich zu verzehrenden Mengen an Obst und Gemüse als Linien im selben Diagramm dargestellt. In einer bevorzugten Variante ist der Zielwert/Sollwert für die täglich Menge an Obst- und Gemüse z.B. als gestrichelte horizontale Linie über den gesamten Betrachtungszeitraum der Grafik eingetragen und benannt. In einer bevorzugten Variante zeigt die Höhe der Balken die in Rezepten oder Gerichten enthaltenen Mengen an Obst und Gemüse an. Ist der Zielwert/Sollwert als gestrichelte Linie eingezeichnet, dann ist direkt erkennbar, ob die an einem Tag verspeisten Gericht zusammen den Sollwert über- oder unterschreiten. In einer weiteren bevorzugten Variante schneidet die X-Achse die Y-Achse bei dem vom Nutzer gewählten Sollwert bzw. bei einem in der App voreinstellbaren Sollwert. Balken, die bezogen auf den Schnittpunkt nach unten zeigen, verdeutlichen, dass die Mahlzeiten dieses Tages in Summe den Zielwert nicht erreicht haben. Balken, die vom Schnittpunkt nach oben gehen zeigen die Übererfüllung des Sollwerts an.

In einer bevorzugten Variante unterscheiden sich beide Balkenrichtungen auch farblich. Für den Fachmann ist klar, dass statt Balken und Linien auch jede andere Darstellungsform für die Historie der „Ernährungsqualität“ gewählt werden kann. Dazu zählen z.B. Strich-Punkt-Linien, Punktdiagramm oder Kombinationen von Linien- und Säulen- und Punktdiagramm. In einer bevorzugten Variante ist die Menge an Obst und Gemüse, die die ausgewählten Rezepte oder Gerichte des Tages enthalten auch als digitaler Zahlenwert in der Grafik eingetragen. In einer bevorzugten Variante ist auch der Messwert für die Obst und Gemüse Menge, die der Nutzer noch zu verzehren hat oder die er verzehrt hat, als Zahlenwert für jede Messung eingetragen.

In einer bevorzugten Ausführung ist der Wert eine negative Zahl, wenn die in Rezepten oder Gerichten enthaltene Menge an Obst und Gemüse geringer ist als der Sollwert. Überschreitet die enthaltene Menge den Sollwert, so ist der Wert der Zahl positiv.

In einer weiteren bevorzugten Variante kann sich in der Grafik der Historie die Fläche unterhalb des Sollwerts von der Fläche oberhalb des Sollwertes farblich unterscheiden.

In einer weiteren bevorzugten Variante wird die grafische Darstellung der Historie zur „Ernährungsqualität“ multimedial unterstützt. Dies kann z.B. durch Bilder, Videos oder gesprochenen Text erfolgen. Dabei kann es sich z.B. um Fotos des Gerichts oder des enthaltenen Obstes und Gemüses und/oder Videos der Zubereitung des Essens handeln und/oder um Kommentare zum Gericht bzw. zu dem Obst und Gemüseanteil, die der Nutzer zu einem früheren Zeitpunkt z.B. in einer Datenbank hinterlegt hat, die mit der App kommuniziert, die ihm die Grafik der Historie präsentiert. In einer bevorzugten Variante können die Kommentare schriftlich über eine Tastatur eingeben oder als Sprachnachricht aufgezeichnet werden oder als Sprachaufnahme aufgezeichnet und als schriftlicher Kommentar ausgegeben werden. In einer bevorzugten Variante wird die multimediale Unterstützung z.B. dadurch aktiviert, dass der Nutzer auf seinem Anzeigegerät z.B. den Wert oder den Tag anklickt, über den er Zusätzliches erfahren möchte. In einer weiteren bevorzugten Variante kann es einen speziellen Button geben, der die Ausgabe aktiviert. In einer weiteren bevorzugten Variante kann der Wunsch nach Ausgabe zusätzlicher Informationen auch sprachlich geäußert werden, nachdem z.B. ein entsprechender Aktivierungsbutton gedrückt wurde.

In einer ebenfalls bevorzugten Variante enthält das Diagramm zur Historie der „Ernährungsqualität“ auch eine statistische Aussage welche Tendenz sich bezogen auf alle einzelnen Tagesergebnisse ergibt. Im Diagramm kann z.B. über einen gewählten Betrachtungszeitraum der Mittelwert für das Unter- bzw. Überschreiten der täglichen Sollwerte an Obst und Gemüse angegeben sein und/oder der Mittelwert für das Einhalten der Priorität zur Geschwindigkeit der Verhaltensänderung kann ebenfalls angezeigt werden. In einer bevorzugten

Variante kann auch jedes andere Maß für die zentrale Tendenz verwendet werden, beispielsweise der Median aller Einzelergebnisse. In einer ebenfalls bevorzugten Variante kann die zentrale Tendenz auch als Kommentar in schriftlicher Form ausgedrückt werden. In einer ebenfalls bevorzugten Variante kann die Beschreibung der zentralen Tendenz auch ausschließlich oder zusätzlich über Bilder, Video oder als sprachliche Ausgabe erfolgen. In einer weiteren bevorzugten Variante kann dies z.B. zusätzlich auch durch Farben ausgedrückt sein. So kann es beispielsweise unter der Grafik der Historie eine farbige Fläche geben, die z.B. den schriftlichen Kommentar enthält. Dabei können z.B. grüne Farbtöne eine Erfüllung der Nutzerziele symbolisieren, z.B. gelbe eine knappe Nichterreichung und rote z.B. eine deutliche Nichterreichung anzeigen.

In einer ebenfalls bevorzugten Variante ist in der Historie der „Ernährungsqualität“ beispielsweise der Beginn des Betrachtungszeitraums und das Datum der letzten Messung bzw. der letztmalig ausgewählten Rezepte bzw. Gerichte, und/oder das aktuelle Datum des Aufrufens der Historie angegeben. In einer ebenfalls bevorzugten Variante sind auch die Sollwerte für die oben genannten zwei Ziele zur Ernährungsqualität angegeben. Damit ist z.B. der Zielwert von z.B. 650 Gramm an Obst und Gemüse und die Geschwindigkeit für das Erreichen des Ziels gemeint, das heißt die Menge an Obst und Gemüse, die dieser Geschwindigkeit entspricht.

Fig.22 zeigt ein Beispiel für die Darstellung der Historie der Ernährungsqualität über 30 Tage. Die X-Achse schneidet die Y-Achse bei dem Wert 0. Der erste Tag der Aufzeichnung ist hier der 02.08.2022. Er wird in der Grafik als „Beginn“ bezeichnet. Die letzte Messung bzw. Auswahl von Gerichten wurde 16 Tage später durchgeführt. Das Datum, zu dem die Historie zur Ernährungsqualität in der App z.B. aufgerufen bzw. angezeigt wurde ist im Beispiel der 20.08.2022. Er wird in der Grafik als „Heute“ bezeichnet. Die vom Nutzer gewählte Priorität zur Geschwindigkeit der Verhaltensänderung ist in einem separaten Feld unterhalb der Grafik angegeben. Der Nutzer hat die Priorität „moderat“ gewählt. Die in den Rezepten bzw. Gerichten enthaltenen Mengen an Obst und Gemüse sind als senkrechter Balken dargestellt, die Messergebnisse für die noch zu verzehrende Menge als durchgehende Linie. Das durch den Nutzer zu erreichende Soll an täglichem Obst- und Gemüsekonsum, ist durch eine gestrichelte waagrechte Linie dargestellt, die die Y-Achse beim Wert 650g schneidet. Der Sollwert ist zusätzlich am Rand der Grafik schriftlich benannt („DGE-Empfehlung 650g/tägl.“). Über den Messzeitraum von 16 Tagen hat der Nutzer die Priorität zur Geschwindigkeit der Verhaltensänderung (gewählt „moderat“) im Durchschnitt übererfüllt, während der Messwert des Biomarkers zeigt, dass im Körper noch kein Äquivalent von 650g Obst und Gemüse angereichert wurde. Beides ist unterhalb der Grafik in einem separaten Feld schriftlich ausgewiesen.

Es wird deutlich, dass die „moderate“ Priorität bei 10 Tagen, an denen die verzehrte Menge an Obst und Gemüse den Sollwert von 650g im Durchschnitt überschreiten, nicht ausreicht damit sich unter dem Einfluss der individuellen Verstoffwechselung im Körper des Nutzers eine Konzentration des Biomarkers aufbaut, die dem Wert von 650g Obst und Gemüse entspricht. Für den Nutzer ist das auch ein Hinweis auf die Qualität seiner Verstoffwechselung.

Kennzahl Gewichtsmanagement

In einer bevorzugten Variante enthält die App eine weitere Kennzahl, die den Nutzer darüber informiert, ob die ausgewählten Rezepte bzw. die aufgenommene Nahrung seinen Präferenzen nach Gewichtsabnahme, Gewichtszunahme oder Beibehalten des gegenwärtigen Körpergewichts (innerhalb frei definierbarer Grenzen) entsprechen. In einer bevorzugten Variante wird diese Kennzahl als „Gewichtsmanagement“ bezeichnet. In einer weiteren bevorzugten Variante kann der Nutzer in der App festlegen, ob er sein Gewicht beibehalten will oder es reduzieren möchte oder es erhöhen will. Dabei kann er für die Gewichtsreduktion bzw. Gewichtszunahme Ziele festlegen. In einer bevorzugten Variante kann der Nutzer in der App beispielsweise die Kategorie „moderat“ auswählen, bei der er z.B. seinen durchschnittlichen Energieverbrauch um 250 kcal/Tag unterschreiten oder bei Gewichtszunahme um 250kcal/Tag überschreitet. Er kann aber beispielsweise auch die Kategorie „stark“ wählen, bei der er seinen Kalorienbedarf beispielsweise jeweils um 500 kcal/Tag unter- oder überschreiten sollte. Anhand dieser Ziele werden die vom Nutzer ausgewählten Gerichte durch die App bewertet. Ein entsprechendes Bewertungsergebnisbeispiel ist in Fig.18 zu sehen.

In einer bevorzugten Variante bezieht sich die Kategorie „moderat“ bei Gewichtsabnahme und Gewichtszunahme auf eine Unterschreitung/Überschreitung des durchschnittlichen Energieverbrauchs auf einen Wert zwischen 50 kcal/Tag bis 350 kcal/Tag und in der Kategorie stark auf eine Unterschreitung/Überschreitung von 350 kcal bis 600 kcal. In einer bevorzugten Variante gibt es mehr als zwei Kategorien für die Gewichtsabnahme und Gewichtszunahme. In einer weiteren bevorzugten Variante gibt es für die Gewichtsabnahme und Gewichtszunahme eine unterschiedliche Anzahl von Kategorien. In einer ebenfalls bevorzugten Variante unterscheiden sich in den Kategorien jeweils die Zielwerte für die Gewichtsabnahme und Gewichtszunahme.

In einer weiteren bevorzugten Variante gibt es keine vorab festgelegten Kategorien.

In einer weiteren bevorzugten Variante wird als Zielwert eine feste Größe vorgegeben, die aus medizinischer Sicht das dauerhafte Wohlbefinden des Nutzers am besten fördert. Der Nutzer kann die Zielwerte jederzeit seinen eigenen Präferenzen anpassen. In einer weiteren bevorzugten Variante kann der Nutzer auch ein dynamisches Ziel für seine Gewichtsreduzierung bzw.

Gewichtszunahme formulieren, bei der die Gewichtsveränderung auf einer zeitlichen Achse in einer definierbaren Anzahl von Tagen größer oder kleiner wird. In einer ebenfalls bevorzugten Variante kann der Nutzer in der App die Zielwerte für Gewichtszunahme und Gewichtsabnahme selbst definieren. Dem Fachmann ist klar, dass der Energieverbrauch auch in Kilojoule (Kj) ausgedrückt werden kann.

Fig.17a zeigt ein Beispiel, wie der Nutzer des Messgeräts in der App, die mit dem Messgerät kommuniziert, seine Präferenz zum Gewichtsmanagement festlegen kann. In diesem Beispiel kann er zwischen 5 Kategorien wählen. Im Beispiel hat er eine moderate Reduzierung seines Körpergewichts gewählt. Das Ziel ist, dass der Brennwert der ausgewählten Gerichte pro Tag 250kcal geringer ist als sein durchschnittlicher Energieverbrauch pro Tag. Der Nutzer kann in der App die entsprechende Kategorie auswählen, indem er z.B. einen Haken setzt, einen Button anklickt oder in einem Feld einen Eintrag macht. Im vorliegenden Beispiel hat er ein „X“ in das Feld „Körpergewicht moderat reduzieren“ eingetragen. Für die Berechnung der Kennzahl ermittelt die App für alle vorgeschlagenen Rezepte oder Restaurantangebote, die ein Nutzer für einen Tag auswählt, den Brennwert in kcal und vergleicht die Summe mit dem durchschnittlichen Kalorienbedarf bzw. durchschnittlichen Energieverbrauchs dieses Nutzers pro Tag. In einer bevorzugten Variante erfolgt die Ermittlung des durchschnittlichen Kalorienbedarfs bzw. des durchschnittlichen Energieverbrauchs mit Hilfe eines anerkannter Berechnungsverfahrens. Es können beispielsweise folgende Berechnungsverfahren verwendet werden: Harris-Benedict Verfahren, Mifflin und St. Jeor Verfahren, Verfahren nach WHO & Food Agricultural Organisation der Vereinten Nationen. Da die Berechnungsverfahren nicht den exakt gleichen Kalorienbedarf ermitteln, kann der Nutzer in einer bevorzugten Variante festlegen, welches Berechnungsverfahren zur Anwendung kommen soll. In einer weiteren bevorzugten Variante macht die App einen Vorschlag, den der Nutzer zustimmen oder ablehnen kann.

In einer weiteren bevorzugten Variante werden mehrere oder alle Verfahren zur Berechnung benutzt, indem beispielsweise mit Hilfe eines Maßes der zentralen Tendenz (z.B. Mittelwert, Median), aus den berechneten Berechnungsergebnissen der tägliche Kalorienbedarf/Verbrauch des Nutzers ermittelt wird. In einer weiteren bevorzugten Variante wird bei der Ermittlung des Kalorienbedarfs bzw. des durchschnittlichen Energieverbrauchs auch der Verbrauch an kcal bei Verzehr und Verstoffwechseln der Nahrung berücksichtigt.

Fig. 19a zeigt ein Beispiel für die Darstellung einer Ergebnisseite der Berechnung des individuellen durchschnittlichen Energieverbrauch pro Tag. Die Berechnung erfolgt anhand der vom Nutzer selbst eingegeben Daten (z.B. Geschlecht, Alter, Gewicht, Aktivitäten). In diesem Beispiel wurde der tägliche Energieverbrauch in kcal als Mittelwert von vier Berechnungsformeln ermittelt. Er

beträgt in diesem Beispiel 2049,69 kcal. In einer bevorzugten Variante wird er z.B. im unteren Teil der Figur in einem separaten Feld ausgewiesen. Die Bezeichnung für des Felds kann z.B. wie folgt lauten: „Mittelwert aus den verschiedenen Berechnungen zum täglichen Energieverbrauch in kcal“. In einer bevorzugten Variante sind die Berechnungsergebnisse für „Grundumsatz“, „Leistungsumsatz“ und „Energieverbrauch“ der vier Berechnungsverfahren blockweise nebeneinander dargestellt. In einer bevorzugten Ausführung kann der Nutzer aber auch eine der vier Berechnungsverfahren für die Berechnung seines Energieverbrauchs auswählen, indem er z.B. einen Haken setzt, einen Button anklickt oder in einem Feld einen Eintrag macht. Im vorliegenden Beispiel muss er ein „X“ in das zugehörige Feld eingetragen. Der Wert wird dann in dem oben bezeichneten Feld als Ergebnis angezeigt. Der erläuternde Text wird entsprechend der gewählten Berechnungsformel angepasst. Trifft der Nutzer keine Auswahl, wird in einer bevorzugten Variante der Mittelwert aus allen vier Berechnungsverfahren verwendet.

In bevorzugter Variante werden Informationen weiterer Sensoren wie z.B. eines Bewegungssensors und/oder Sensoren für Körpertemperatur und/oder Sensoren für Umgebungstemperaturen und/oder Sensoren für Schweißbildung in die Ermittlung des Körperenergieverbrauchs mit einbezogen. In einer weiteren bevorzugten Variante drückt die Kennzahl, analog zur Ernährungsqualität, den Erfüllungsgrad für das vom Nutzer gewählte Ziel aus. Dabei wird im Hinblick auf die Präferenz der durchschnittliche Kalorienbedarf bzw. Energieverbrauch des Nutzers mit der tatsächlichen Kalorienaufnahme verglichen, die sich aus dem Brennwert, der für einen Tag ausgewählten Rezepten bzw. Restaurantgerichten ergibt. Das Ergebnis wird als Erfüllungsgrad z.B. in Prozent ausgerückt. Die Übererfüllung eines Zielwerts beim Gewichtsmanagements wird in einer bevorzugten Variante z.B. analog zur Ernährungsqualität dargestellt: Je mehr Sterne, desto größer ist die Übererfüllung des Zielwerts. Ein Beispiel zeigt Fig.18. Durch die gewählten Mahlzeiten übererfüllt der Nutzer das Ziel einer moderaten Gewichtsreduzierung. Der Erfüllungsgrad weist 100% aus und zusätzlich wurden drei Sterne für die Übererfüllung vergeben.

Historie Gewichtsmanagement

In einer weiteren bevorzugten Variante wird dem Nutzer auch eine Historie des Erfüllungsgrads des Gewichtsmanagements angezeigt. Ein Beispiel dafür zeigt Fig.19. In diesem Fall ist die Historie in Form eines X-Y Diagramms dargestellt, wobei auf der X-Achse die Zeit und auf der Y-Achse der Energiegehalt der Rezepte bzw. Gerichte eines Tages aufgetragen ist. Die X-Achse schneidet die Y-Achse beim Wert Null. Werte im Minusbereich zeigen, dass die durch Mahlzeiten aufgenommene Menge an kcal niedriger ist als der durchschnittliche Energiebedarf des Nutzers.

Positive Wert und Balken, die vom Schnittpunkt nach oben gehen zeigen, dass die durch Mahlzeiten aufgenommene Energie den Energiebedarf überstiegen hat. In einer bevorzugten Variante schneidet die X-Achse die Y-Achse bei dem Wert 0,00, sodass positive Werte die Gewichtszunahme und negative Werte die Gewichtsreduzierung abbilden, das heißt, Balken der Gewichtszunahme gehen nach oben, Balken der Gewichtsreduzierung gehen nach unten. Eine umgekehrte Richtung der Y-Achse ist ebenso möglich. Dem Fachmann ist klar, dass analog zur Ernährungsqualität die Darstellung der Historie zum Gewichtsmanagement in unterschiedlichen Farben und Hintergründen erfolgen kann, exakte Zahlenwerte enthalten sein können, die Darstellung grafisch und multimedial und durch Kommentare/Aussagen von Experten oder Freunden unterstützt sein kann, der Betrachtungshorizont der Historie unterschiedlich sein kann und bei der Ernährungsqualität erwähnten Aspekte analog auch für das Gewichtsmanagement gelten.

Fig.19 zeigt ein Beispiel für die Darstellung der Historie des Gewichtsmanagements bezogen auf das Verhältnis von kcal Aufnahme, durch den Verzehr der ausgewählten Gerichte, zum täglichen Energiebedarf eines Nutzers. Die Figur zeigt das der Nutzer an 10 Tagen Rezepte bzw. Gerichte eines Restaurants ausgewählt hat und dabei im Durchschnitt 456kcal/Tag weniger zu sich genommen hat als sein durchschnittlicher Energiebedarf beträgt. Dies ist unterhalb der Grafik in einem separaten Feld als „aktueller Durchschnitt -456“ dargestellt. Sein selbst gestecktes Ziel von -250 kcal/Tag wurde damit übererfüllt. In Fig.18 wurden für das Gewichtsmanagement deshalb zusätzlich auch 3 Sterne vergeben. Auf der X-Achse ist in Fig.19 der Betrachtungszeitraum in Tagen dargestellt und auf der Y-Achse die kcal Reduzierung bzw. Erhöhung gegenüber dem täglichen Energiebedarf des Nutzers. Die X-Achse schneidet die Y-Achse bei dem Wert 0. In der Grafik ist das Nutzerziel der Reduzierung der Kilokalorie-Aufnahme um 250 kcal pro Tag auch als durchgehende gestrichelte Linie über den gesamten Betrachtungszeitraum von 30 Tagen eingetragen. Eingetragen ist auch, wann mit der Aufzeichnung der Historie begonnen wurde und zu welchem Datum die Historie gezeigt wird. Dies ist jeweils in einem separaten Feld unterhalb der Grafik gezeigt und mit „Beginn 02.08.2022“ bzw. „Heute 20.08.2022“ bezeichnet. Unterhalb der Grafik befindet sich auch ein schriftlicher Kommentar zur durchschnittlichen Erfüllung des Ziels. Er lautet in diesem Beispiel: "Im Durchschnitt ist Deine kcal Reduzierung sehr viel besser als Dein 4-Wochen Ziel".

Kennzahl Healthy Food Relation

In einer bevorzugten Variante enthält die App eine weitere Kennzahl, die in bevorzugter Variante hier beispielsweise „Healthy Food Relation“ genannt wird. Darunter ist folgendes zu verstehen:

Die mit der Nahrung aufgenommene Energie (Kalorien) in Form von Kohlehydraten, Fetten und Proteinen, dient dem Körper zur Aufrechterhaltung der Körperfunktionen (Atmung, Herzschlag, Gehirntätigkeit etc.). Die Energieerzeugung erfolgt im Wesentlichen unter Zufuhr von Sauerstoff durch Verbrennung von Fettsäuren und Kohlehydraten (aerober Stoffwechsel). Dabei entstehen freien Radikale. Sind sie im Übermaß vorhanden entsteht oxidativer Stress, der als Mitauslöser für eine Vielzahl von Krankheiten gilt. Weil die in Obst und Gemüse enthaltenen Antioxidantien (Vitamine, Karotinoide etc.) frei Radikale neutralisieren können, ist es wichtig dem Körper entsprechende Mengen an Obst und Gemüse zuzuführen. Das Verhältnis von Obst und Gemüse zum Brennwert der Mahlzeiten, ausgedrückt in Kilokalorien (kcal) oder Kilojoule (Kj), offenbart deshalb die langfristige gesundheitliche Wirkung der Ernährung. Es ist deshalb ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung der vom Nutzer ausgewählten oder ihm vorgeschlagenen Gerichte.

Bezogen auf alle Mahlzeiten eines Tages, für die Rezepte oder Restaurantgerichte vorgeschlagen werden, gibt sie an, wieviel Kalorien (kcal) beispielsweise auf ein Gramm Obst + Gemüse entfallen (Gramm/kcal). In einer bevorzugten Variante können zusätzlich weitere Parameter berücksichtigt werden, die z.B. die Zubereitungsart berücksichtigen. Beispielsweise die Temperatur, mit der Gerichte zubereitet werden, weil niedrigere Temperaturen beispielsweise die Vitamine in Obst und Gemüse schonen. In einer bevorzugten Variante erreicht die Healthy Food Relation einen prozentualen Wert von 100%, wenn auf 1 Gramm an Obst und Gemüse 1 kcal entfällt, d.h. dass das Verhältnis zwischen beiden den Wert 1 erreicht.

Das Verhältnis von 1 stellt in einer bevorzugten Variante gleichzeitig das Ziel dar, das der Nutzer bei seiner Ernährung erreichen sollte. In einer weiteren bevorzugten Lösung kann das Ziel auch größer oder kleiner als 1,0 sein. In weiteren bevorzugten Lösungen liegt das Ziel zwischen 0,8 und 1,0 zwischen 0,6 und 0,8, zwischen 0,4 und 0,6 oder 0,2 und 0,4. In weiteren bevorzugten Lösungen liegt das Ziel zwischen 1,0 und 1,2, zwischen 1,2 und 1,4, zwischen 1,4 und 1,6 oder zwischen 1,6 und 2,0. In einer bevorzugten Variante ist der Zielwert keine konstante Größe, sondern kann sich über einen Betrachtungszeitraum verändern. In einer bevorzugten Variante steigt der Zielwert über dem Betrachtungszeitraum an. In einer weiteren bevorzugten Variante verringert sich der Zielwert über den Betrachtungszeitraum. In einer bevorzugten Variante kann der Nutzer z.B. in der App selbst festlegen, welches Ziel er hinsichtlich der Kennzahl „Healthy Food Relation“ erreichen will. Entsprechend der oben genannten Zielgrößen kann der Wert zwischen 0,2 und 2,0 liegen. In einer weiteren bevorzugten Variante wird als Ziel eine Größe festgelegt, die aus medizinischer Sicht das dauerhafte Wohlbefinden des Nutzers am besten fördert. Der Nutzer kann die Zielgröße jederzeit seinen Präferenzen anpassen. In einer weiteren bevorzugten Variante wird als Ziel eine Größe festgelegt, die mit einem niedrigen Wert beginnt

und diesen nach und nach erhöht. Der Nutzer kann die Zielgröße jederzeit seinen Präferenzen anpassen. Für die Kennzahl „Healthy Food Relation“ gilt analog, was für die Ernährungsqualität und das Gewichtsmanagement bezogen auf die Übererfüllung der Ziele gesagt wurde: In einer bevorzugten Variante weist die Kennzahl einen Wert von 100% aus, wobei z.B. die Übererfüllung mit zusätzlichen Sternen angezeigt wird. Je mehr Sterne, desto höher ist der Grad der Übererfüllung. In Fig.18 beträgt der Erfüllungsgrad beispielsweise 63,1%. In einer bevorzugten Variante wird dem Nutzer in der App auch die Historie für die Healthy Food Relation angezeigt.

Historie Healthy Food Relation

In einer weiteren bevorzugten Ausführung wird die Historie z.B. als Balkendiagramm dargestellt, bei der auf der X-Achse die Zeit und auf der Y-Achse das Verhältnis Gramm an Obst und Gemüse zum Brennwert in kcal der für den Tag ausgewählten Rezepte oder Restaurantgerichten dargestellt ist. Der Schnittpunkt der X-Achse mit der Y-Achse ist bei 0,00 Gramm/kcal. In einer weiteren bevorzugten Ausführung ist der Schnittpunkt der X-Achse mit der Y-Achse auf dem Zielwert, den der Nutzer erreichen sollte. Ist der Zielwert für das Verhältnis von Gramm an Obst und Gemüse zu kcal beispielsweise 1,00, dann liegt der Schnittpunkt bei 1,00. Entspricht der Schnittpunkt der X-Achse mit der Y-Achse dem Zielwert, dann beginnen in vorteilhafter Variante die Balken am Zielwert und gehen für Werte größer dem Zielwert nach oben und für Werte kleiner dem Zielwert nach unten. In einer bevorzugten Variante unterscheiden sich die Balken, die ein Gramm/kcal Verhältnis von kleiner als dem Ziel anzeigen, farblich von den Balken, die ein Gramm/kcal Verhältnis von größer als dem Ziel anzeigen.

In einer weiteren bevorzugten Variante haben die Balken die ein Verhältnis von kleiner als dem Ziel anzeigen eine erste Farbe, z.B. eine bläuliche Farbe, während die Balken, die ein Verhältnis von größer als dem Ziel anzeigen eine zweite Farbe haben, z.B. eine grünliche Farbe. In einer bevorzugten Variante werden zusätzlich zu den Balken die Werte für jeden Balken angezeigt, z.B. als digitaler Wert über dem Balken. Für den Fachmann ist klar, dass statt der Darstellung als Balkendiagramm auch jede andere Darstellungsform für die „Healthy Food Relation“ gewählt werden kann. Dazu zählen z.B. Liniendiagramm, Punktdiagramm oder Kombinationen von Linien- und Säulendiagramm. In einer ebenfalls bevorzugten Variante beträgt der Betrachtungszeitraum Werte, wie sie bereits für andere Kennzahlen genannt wurden. In einer besonders bevorzugten Variante legt der Nutzer selbst fest, wie groß der Betrachtungszeitraum ist. In einer weiteren bevorzugten Variante ist in diesem Betrachtungszeitraum die Fläche des Diagramms, die ein Gramm/kcal Verhältnis von <1 zeigen, z.B. farblich von der Fläche des Diagramms unterschieden, die ein Gramm/kcal Verhältnis ≥ 1 zeigen. In einer ebenso

bevorzugten Variante hat die Fläche mit einem Verhältnis von <1 eine erste Farbe, z.B. eine rötliche Farbe, während die Fläche mit einem Verhältnis von ≥ 1 eine zweite Farbe hat, z.B. eine bläuliche Farbe. In einer weiteren bevorzugten Variante wird die grafische Darstellung der „Healthy Food Relation“ multimedial auf Wegen unterstützt, die bereits bei anderen Kennzahlen genannt wurden. In einer weiteren bevorzugten Variante wird für den Betrachtungszeitraum eine durchschnittliche Erfüllung der Healthy Food Relation berechnet und in der App angezeigt. Dies kann auf Wegen erfolgen, die bereits bei anderen Kennzahlen genannt wurden.

Fig.23 zeigt ein Beispiel für die Darstellung der Historie der „Healthy Food Relation“. In dieser Darstellung ist auf der X-Achse die Zeit in Tagen dargestellt. In diesem Beispiel ist der Betrachtungszeitraum 30 Tage. Die gestrichelte Linie in der Grafik zeigt den Zielwert, den der Nutzer erreichen sollte, wobei natürlich auch jede andere Darstellung für den Zielwert benutzt werden kann. Er liegt im vorliegenden Beispiel bei 1,00. Der Beginn des Betrachtungszeitraums, im Beispiel der 02.08.2022, und der Tag, an dem die Grafik präsentiert wird, im Beispiel der 20.08.2022, sind z.B. unterhalb der Grafik in separaten Feldern angegeben. Die Grafik zeigt, dass der Nutzer nicht an allen Tagen des Betrachtungszeitraums Rezepte oder Gerichte eines Restaurants ausgewählt hat. Die letzte Auswahl hat am 16. Tag des Betrachtungszeitraums stattgefunden. Im vorliegenden Beispiel ist der 16. Tag zwei Tage vor dem Datum, an dem die Grafik präsentiert wird. Dies muss nicht unbedingt der Fall, da der Nutzer sich die Graphen auch zu jedem anderen Zeitpunkt ansehen kann. In der Darstellung wird deutlich, dass der Nutzer sein Ziel von 1,0 im Verhältnis Obst/Gemüse-Konsum zu Brennwert (kcal) der ausgewählten Mahlzeiten deutlich verfehlt. Der Durchschnitt liegt bei 0,6. Er ist in einem separaten Feld unterhalb der Grafik angezeigt und mit „aktueller Durchschnitt 0,6“ bezeichnet. Ein entsprechender Bewertungskommentar findet sich ebenfalls unterhalb der Grafik. Im vorliegenden Fall lautet er: „Im Durchschnitt ist das Verhältnis von Obst+Gemüse-Konsum zum Brennwert (kcal) Deiner Mahlzeiten deutlich schlechter als Dein Zielwert“.

Kennzahl ORAC-Wert

Eine weitere Kennzahl, mit der vorgeschlagene Lebensmittel, Rezepte oder in Restaurants angebotene Gerichte bewertet werden können, ist der ORAC-Wert. ORAC steht für "Oxygen Radical Absorbance Capacity", also die Fähigkeit, Sauerstoffradikale abzufangen. Der Wert gibt an, wie viele freie Radikale pro Gramm Saft oder Frucht neutralisiert werden können, er beschreibt also eine chemische Eigenschaft des gemessenen Lebensmittels. In einer bevorzugten Variante wird für die von der App für den Verzehr eines Tages vorgeschlagenen Lebensmittel, Rezepte oder in Restaurant angebotenen Mahlzeiten der jeweilige ORAC-Wert ermittelt. In einer bevorzugten

Variante werden die Werte aus öffentlich zugänglichen Datenbanken entnommen bzw. aus Datenbanken, für die ein Zugriff gewährt wird.

In einer bevorzugten Variante werden bei der Berechnung des ORAC-Werts für Ernährungsbestandteile des Rezepts bzw. Gerichts, die nicht verfügbar sind, die Ernährungsbestandteile nicht berücksichtigt. In einer weiteren bevorzugten Ausführung wird dem Nutzer mitgeteilt bei wie vielen Bestandteilen eines Rezepts bzw. Gerichts keine Ermittlung des ORAC-Werts möglich ist und wie stark dies die Ermittlung des ORAC-Werts des Rezepts bzw. Gerichts beeinflusst. Dazu können beispielsweise Vertrauensklassen definiert werden und die Zuordnung zu diesen Vertrauensklassen erfolgt dadurch, dass das Gewicht (in Gramm) der nicht ORAC-bewerteten Bestandteile ins Verhältnis gesetzt wird zum Gewicht der bewerteten Bestandteile eines Rezepts bzw. Gerichts.

In einer bevorzugten Variante wird dieser Wert nicht zusammen mit allen anderen Kennzahlen in einer gemeinsamen Gesamtschau in der App dargestellt, sondern nur als Zusatzinformation dem interessierten Nutzer zur Verfügung gestellt. In Figur 18 ist der ORAC-Wert deshalb nur im oberen Teil der Grafik und nicht im unteren Teil der Grafik gezeigt, wo die Erfüllung der verschiedenen Ziele dargestellt ist. In einer weiteren bevorzugten Variante gilt dies auch für die Historie der ORAC-Werte. In einer weiteren bevorzugten Variante wird der ORAC-Wert zusammen mit allen anderen Kennzahlen in einer gemeinsamen Gesamtschau in der App dargestellt. In einer weiteren bevorzugten Variante gilt dies auch für die Historie der ORAC-Werte. In einer ebenfalls bevorzugten Variante wird als Empfehlung für den Nutzer die Aufnahme von 7.000 μmol TE pro Tag angenommen. In einer weiteren bevorzugten Variante wird als Empfehlung für die Nutzer die Aufnahme von 5.000 μmol TE pro Tag angenommen. In einer bevorzugten Variante kann der Nutzer selbst festlegen wieviel μmol TE die von ihm ausgewählten Rezepte oder Gericht für den Zeitraum von einem Tag haben sollen.

Historie ORAC-Werte

In einer bevorzugten Variante wird dem Nutzer auch eine Historie der ORAC-Werte über einen vom Nutzer wählbaren Betrachtungszeitraum angeboten. Für die Darstellung der Historie gilt analog, was zuvor im Zusammenhang mit der Historie anderer Kennzahlen (z.B. Ernährungsqualität) beschrieben wurde. Dies betrifft z.B. den Betrachtungszeitraum, die graphische Darstellung der Werte je Tag, die farbliche Darstellung, die Art der Angabe von Sollwerten, die Darstellung als Diagramm, die Erfüllung der Sollwerte über den Betrachtungszeitraum etc. Figur 24 zeigt ein Beispiel für die Historie der ORAC-Werte als Balkendiagramm. Der Betrachtungszeitraum beträgt 30 Tage. Auf der X-Achse sind die Tage als

Balken dargestellt, an denen der Nutzer Rezepte bzw. Gerichte ausgewählt hat. Auf der Y-Achse ist für diese Tage die mit den Rezepten/Gerichten verbundene Höhe der ORAC-Werte abzulesen. Die X-Achse schneidet die Y-Achse bei dem Wert 0. Der Zielwert, in diesem Beispiel 7.000 $\mu\text{mol TE}$, ist als gestrichelte Linie über den gesamten Betrachtungszeitraum von 30 Tagen dargestellt und in Wort und Zahl in der Grafik auf Höhe der gestrichelten Linie eingetragen. In einem Feld unterhalb der Grafik ist für die 10 Tage, an denen der Nutzer Rezepte bzw. Gerichte ausgewählt hat, der ORAC-Mittelwert als „Aktueller Durchschnitt pro Tag 13.816“ eingetragen. Ebenfalls unterhalb der Grafik befindet sich in einem separaten Feld die Bewertung der Überschreitung des Ziels. Sie ist mit „Im Durchschnitt wurde der Sollwert von 7.000 $\mu\text{mol TE/Tag}$ deutlich überschritten“. Im Nachbarfeld ist die prozentuale Überschreitung mit „Plus 97%“ eingetragen. Das Datum für den Beginn des Betrachtungszeitraums ist unterhalb der Grafik mit „Beginn 02.08.2023“ vermerkt. Das Datum, an dem die Historie zum ORAC-Wert aufgerufen wurde, ist in einem separaten Feld unterhalb der Grafik mit „Heute 20.08.2023“ ausgewiesen.

User Interface für Auswahl und Bewertung von Vorschlägen der App

Figur 18 zeigt ein Beispiel für das User Interface einer App, die mit dem Messgerät kommuniziert, und die dem Nutzer für einen Tag Rezeptvorschläge bzw. Angebote eines Restaurants für Frühstück, Hauptgerichte, und einen Snack auf einem technischen System mit Bildschirm vorstellt. Die Rezeptvorschläge oder die Gerichte der in der Umgebung befindlichen Restaurants können in einer bevorzugten Lösung z.B. von einer Internetseite oder aus einer Datenbank abgerufen werden, auf die die App Zugriff hat. Bei dem technischen System kann es sich beispielsweise um ein Smartphone, ein Tablet oder den Bildschirm eines Computers handeln. In einer vorteilhaften Anwendung kann über die gleiche App z.B. das Messgerät gesteuert werden, indem z.B. über WIFI, Bluetooth oder USB Konnektivität die Verbindung zum Messgerät hergestellt wird, z.B. der Start einer Messung veranlasst wird, z.B. der Datentransfer zwischen Messgerät und technischem System erfolgt, z.B. der Fortschritt der Messung optisch und/oder akustisch ausgegeben wird, z.B. die Weiterleitung der mit der Messung erfassten Daten über das Internet an einen externen Server durch Nutzung eines in der Umgebung befindlichen Netzwerks oder über mobilen Datentransfer z.B. G4 oder G5 erfolgt, z.B. das vom Server zurückgesendete Berechnungsergebnis zur Konzentration der gemessenen Substanz empfangen und auf dem Bildschirm des technischen Systems ausgegeben wird und z.B. Fehlermeldungen hinsichtlich Messung und/oder Datentransfer und/oder Fehler bei der Bestimmung/Berechnung der Konzentration ausgegeben werden. In einer weiteren vorteilhaften Anwendung handelt es sich bei der App z.B. um eine separate App, der der Nutzer aber erlaubt auf seine Messergebnisse

zuzugreifen. In vorteilhafter Variante handelt es sich bei dem Messgerät um ein nicht invasives Messgerät, welches vorteilhafterweise auf Basis optischer Prinzipien funktioniert, wie weiter oben beschrieben. In vorteilhafter Variante können mit diesem Messgerät mehrere Körpersubstanzen oder deren Konzentrationen, die von der App verarbeitet werden können, erfasst werden. In vorteilhafter Variante erfolgt die Präsentation neuer Ernährungsvorschläge automatisch in einem Takt, den der Nutzer bestimmt. Durch diese Individualisierung des Präsentations-Rhythmus hat der Nutzer die Möglichkeit sich mit den Vorschlägen jeweils angemessen auseinanderzusetzen. Ein individueller Zeitpunkt für die Vorstellung neuer Vorschläge kann in einer vorteilhaften Ausführung vom Nutzer angefordert werden z.B. durch kurzes Anklicken oder Antippen der Oberfläche des Bildschirms. In einer vorteilhaften Ausführung werden die Rezepte oder Gerichte eines Restaurants z.B. schriftlich beschrieben und beispielsweise durch ein oder mehrere Bilder zusätzlich erläutert. In Fig.18 befindet sich in der Spalte „Mahlzeit“ beispielsweise eine Kurzbeschreibung des Gerichts. In einer vorteilhaften Ausführung kann das komplette Rezept am Bildschirm dargestellt und/oder über einen angeschlossenen Drucker ausgedruckt werden.

In einer vorteilhaften Variante ermöglicht die App z.B. die Anzeige/Ausdruck der einzelnen Zutaten des Gerichts bzw. bei Rezepten auch die Menge jeder Zutat für eine frei wählbare Anzahl von Personen, die Art und Dauer der Zubereitung des Gerichts, wie lange nichtverzehrte Teile des Gerichts gekühlt gelagert werden können, Anzeige/Ausdruck eines Einkaufszettels, die Möglichkeit die Zutatenliste zu ergänzen, die Möglichkeit die Zutaten bei einem Geschäft oder Bringdienst zu bestellen und anliefern zu lassen, die jeweiligen Gerichte nach dem Verzehr individuell zu bewerten, die Gerichte auf eine Favoritenliste zu setzen, die Gerichte auf der Favoritenliste nach bestimmten Kriterien zu priorisieren, die erneute automatische Präsentation nach einer frei wählbaren Zeitspanne zu wiederholen. Bei in Restaurants angebotenen Gerichten kann entweder automatisch ein Tisch für einen bestimmten Tag und eine bestimmte Uhrzeit reserviert werden oder das Gericht über einen Bringdienst für einen bestimmten Tag und eine bestimmte Uhrzeit geordert werden.

In einer vorteilhaften Ausführung wird der Nutzer, ohne sich die Zutaten im Detail anzeigen zu lassen, bei jedem vorgeschlagenen Rezept/Gericht beispielsweise darüber informiert, ob es sich um ein vegetarisches oder veganes Angebot handelt, welche Mengen (z.B. in Gramm) an Gemüse, Obst, Fisch, Fleisch enthalten sind, wieviel Zeit er für die Zubereitung benötigt, welchen Brennwert (z.B. in kcal) und welchen ORAC-Wert das Rezept/Gericht hat, ob der Verzehr, aller, für diesen Tag vorgeschlagenen Gerichte, sein Körpergewicht beeinflusst. Die beispielhafte Fig. 18 zeigt entsprechende Spalten, in denen für jedes Rezept oder Gericht eines Restaurants die jeweiligen Mengen ausgewiesen sind. Beispielsweise steht der Brennwert in kcal in der Spalte

„Gericht“. In einer vorteilhaften Ausführung kann der Nutzer bestimmen, für welche Mahlzeiten, wie z.B. Frühstück, Hauptgerichte, Snack, er Vorschläge bekommen will. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass er am Bildschirm einzelne oder alle Mahlzeiten markiert, z.B. in Form eines Kreuzes oder eines Hakens. In Fig. Fig. 18 fehlt beispielsweise ein Kreuz neben der Kategorie Snack, so dass für diese Mahlzeit kein Rezept oder Restaurant-Gericht vorgeschlagen wird. In einer vorteilhaften Variante kann der Nutzer der App mitteilen, für welche Gerichte er keine weiteren Vorschläge sehen möchte, z.B. dadurch, dass er die Nummer eines vorgeschlagenen Rezepts oder Restaurantgerichts in der Spalte „Auswahl“ eingibt. Bei Antippen oder Anklicken der entsprechenden Spalte öffnet die App z.B. einen Editor, über den die Eingabe der Rezeptnummer erfolgen kann.

In Fig. Fig. 18 ist ein Beispiel gezeigt, bei dem in der Spalte „Auswahl“ jeweils Rezeptnummern stehen, so dass für die Kategorien Frühstück und Hauptgerichte keine neuen Vorschläge unterbreitet werden. In der Zeile „Tagesbilanz“ ist dargestellt, wieviel Gramm an Gemüse, Obst, Fisch oder Fleisch die Gerichte für diesen Tag in Summe enthalten. In dieser Zeile ist ebenfalls der ORAC-Wert aller Gerichte in $\mu\text{mol TE}$ angegeben und das der Nutzer bei dieser Auswahl gegenüber seinem durchschnittlichen täglichen Energieverbrauch 759 kcal weniger zu sich nimmt. In der letzten Spalte der „Tagesbilanz-Zeile“ ist deshalb der Wert „-759 kcal“ angegeben. In der Spalte „Auswirkung auf Dein Körpergewicht“ steht deshalb auch der Eintrag „Du nimmst ab“. In einer bevorzugten Variante kann es z.B. unterhalb des Bereichs der Vorschläge für die Rezepte oder Gerichte eines Tages, einen zweiten Bereich geben, der automatisch die Bewertung aller Vorschläge oder ausgewählten Rezepte/Restaurantgerichte anzeigt.

In einer weiteren bevorzugten Variante erfolgt die Bewertung der Vorschläge, wie zuvor in dieser Beschreibung bereits detailliert beschrieben, z.B. unter Berücksichtigung der Messergebnisse des Nutzers, den vom ihm gewählten Präferenzen und der ermittelten individuellen Verstoffwechselung von Inhaltsstoffen, die in den Zutaten der Rezepte/Gerichte enthalten sind. In Fig. 18 werden z.B. die einzelnen Kennzahlen „Gewichtsmanagement“, „Ernährungsqualität“ und „Healthy Food Relation“ folgenden Kategorien zugeordnet: „Wie gut entsprechen die Gerichte Deinen gewählten Präferenzen“ und „Wie gut unterstützen die Gerichte Dein langfristiges Wohlbefinden“. Im Hinblick auf die gemeinsame, synergetische Wirkung aller Kennzahlen ist unter „Erfüllungsgrad insgesamt“ in diesem Beispiel das Gesamtergebnis des Tages für den Nutzer mit 87,7% angezeigt. In einer bevorzugten Variante beträgt der höchste „Erfüllungsgrad insgesamt“ 100%. In einer bevorzugten Variante kann bei Übererfüllung der Wert über 100% liegen. In einer ebenfalls bevorzugten Variante werden bei Übererfüllung 100% angezeigt, aber zusätzlich z.B. Sterne vergeben, die den Grad der Übererfüllung verdeutlichen. Je mehr Sterne, je

größer ist die Übererfüllung. In einer anderen bevorzugten Variante wird der „Erfüllungsgrad insgesamt“ nicht als Prozentzahl ausgegeben, sondern z.B. als aufsteigender Zahlenwert, wobei eine größere Zahl einen höheren Erfüllungsgrad anzeigt.

In einer bevorzugten Variante können unterschiedliche mathematische Verfahren bzw. Algorithmen zur Berechnung der Kennzahl „Erfüllungsgrad insgesamt“ genutzt werden. Dazu zählen beispielsweise Mittelwerts- oder Medianberechnung und Verfahren, bei denen die Kennzahlen gewichtet in die Berechnung eingehen aber auch komplexe mathematische Verfahren sind zur Ermittlung der Kennzahl „Erfüllungsgrad insgesamt“ möglich. In einer bevorzugten Variante kann das Feld, in dem die jeweiligen Ergebnisse numerisch angezeigt werden, farblich gestaltet sein, so dass anhand der Farbe erkennbar ist, welche Bedeutung die numerische Zahl hat. In einer bevorzugten Variante werden z.B. die Ampelfarben rot, grün, gelb zur Charakterisierung verwendet, wobei grüne Farben ein positives Bewertungsergebnis anzeigen, rote Farben ein negatives Bewertungsergebnis und gelbe Farben ein kritisches aber noch nicht negatives Bewertungsergebnis. In einer ebenfalls bevorzugten Variante zeigen z.B. hellere oder dunklere Töne der Farben grün, rot, gelb Abstufungen innerhalb des Bewertungsergebnisses an. Beispielsweise kann ein dunkler Grünton für ein besonders positives Bewertungsergebnis stehen, ein heller Grünton für ein mittleres positives Ergebnis und ein sehr heller Grünton für ein gerade noch positives Ergebnis. In einer weiteren bevorzugten Variante kann der Nutzer die aktuelle Auswahl der Rezepte/Restaurantgerichte speichern.

In einer ebenso bevorzugten Variante ist dies beispielsweise im User Interface über die Betätigung eines Buttons möglich. In der Fig.18 ist es der Button „Tagesbilanz speichern“, der sich z.B. in einem Bereich unterhalb der „Vorschläge für Mahlzeiten eines Tages“ befinden kann. In einer bevorzugten Variante kann sich der Nutzer anschließend für einen weiteren Tag Rezepte/Gerichte vorschlagen lassen, In einer bevorzugten Variante muss er dazu beispielsweise einen weiteren Button drücken. In Fig.18 ist dies der Button „Monitoring neu beginnen“. In einer bevorzugten Variante gibt er dann in einem Datumsfeld das jeweilige Datum ein, indem er es über ein Drop-Down Menu auswählt oder direkt über einen Editor z.B. in einem separaten Feld eingibt. Fig. 18 zeigt in bevorzugter Weise, dass die Gerichte, in diesem Beispiel für den 20.08.2022, ausgewählt wurden. In einer bevorzugten Variante macht die App den Nutzer darauf aufmerksam, dass bei Auswahl der Gerichte für einen in der Zukunft liegenden Tag, die aktuell vorhandenen Messergebnisse zur Beurteilung der Rezepte/Gerichte verwendet werden. Das bedeutet, dass das Bewertungsergebnis anders ausfallen kann, wenn sich die Messergebnisse bis zu dem Tag, an dem der Nutzer die Rezepte kocht bzw. die Restaurantgerichte verspeist, verändern können. In einer bevorzugten Variante kann der Nutzer seine täglichen Mahlzeiten für einen Zeitraum von bis zu

einer Woche auswählen und festlegen. In weiteren bevorzugten Varianten für einen Zeitraum von bis zu zwei Wochen, von bis zu drei Wochen, von bis zu vier Wochen. In einer weiteren bevorzugten Variante werden die Beurteilungen der ausgewählten Rezepte oder in Restaurants angebotenen Speisen für mehrere Tage oder Wochen beispielsweise in einer Übersichtsgrafik oder Tabelle dargestellt, die für jeden Tag z.B. alle in Grafik 18 enthaltenen Angaben enthält. In einer weiteren bevorzugten Variante werden die Ergebnisse von jeweils neu durchgeführten Messungen beispielsweise automatisch auf alle Tagesauswahlen an Rezepten/Gerichte, die nach dem Messzeitpunkt liegen, angewendet. Dadurch entsprechen die in der Übersichtsgrafik enthaltene Bewertungsergebnisse immer dem aktuellen Zustand des Nutzers. In einer besonders bevorzugten Variante werden eventuelle Veränderungen in den Bewertungsergebnissen entsprechend markiert, sodass beispielsweise der Nutzer die Auswahl der Rezepte/Gerichte für bestimmte, in einer Übersichtsgrafik enthaltene Tage, neu vornehmen kann. In einer weiteren bevorzugten Variante kann der Nutzer entscheiden, ob Bewertungsergebnisse anhand von neuen Messwerten aktualisiert werden sollen.

Historie z.B. Erfüllungsgrad insgesamt

Zu einer Kennzahl kann in vorteilhafter Ausgestaltung eine Historie zur Kennzahl angegeben werden. In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung kann eine Prognose erstellt und angezeigt werden. In vorteilhafter Ausgestaltung kann die Übersichtlichkeit für den Nutzer erhöht werden, indem Kennzahlen zu einer Übersichtskennzahl zusammengefasst werden. In vorteilhafter Ausgestaltung gibt es mehrere Übersichtskennzahlen. Vorzugsweise eine Kennzahl für die Interessenskategorie des Nutzers. Übersichtskennzahlen können in vorteilhafter Ausgestaltung wiederum zu einer Kennzahl zusammengefasst werden. Eine Kennzahl, die alle anderen Kennzahlen zusammenfasst, kann z.B. „Erfüllungsgrad insgesamt“ genannt werden.

In einer bevorzugten Variante können Kennzahlen als Balkendiagramme dargestellt werden. In vorteilhafter Ausgestaltung können sich die Balken von Kennzahlen in Abhängigkeit von ihrer Höhe untereinander farblich unterscheiden. In einer bevorzugten Variante hat der Balken für einen Wert bis 50% z.B. die Farbe 1, der Balken für einen Wert bis 75% z.B. die Farbe 2 und der Balken für einen Wert über 75% z.B. die Farbe 3. In einer bevorzugten Variante sind zu jedem Tagesergebnis auch die für diesen Tag ausgewählten Rezepte bzw. Gerichte angezeigt. In einer bevorzugten Variante werden dazu z.B. die Nummern, der in Fig. 18 bezeichneten Gerichte, in der Reihenfolge Frühstück, Hauptgericht, Snack angezeigt. Hat der Nutzer z.B. an einem Tag ein Frühstück, zwei Hauptgerichte und einen Snack gewählt, werden insgesamt 4 Zahlen angezeigt, die z.B. durch eine senkrechte Linie voneinander getrennt sind. In einer bevorzugten Variante

befindet sich dieser Zahlenblock unterhalb der Balken, wenn die X-Achse die Y-Achse bei 0% trifft und die Werte der Y-Achse aufsteigend sind. In einer bevorzugten Variante kann auf dem Anzeigegerät, z.B. ein Tablet oder ein Smartphone, das mit der App kommuniziert und auf dem die Grafiken ausgegeben werden, durch Antippen der jeweiligen Nummer das Gericht optisch dargestellt werden und/oder per Audio oder Video angezeigt werden. Dabei kann es sich z.B. um Fotos des Essens oder Videos der Zubereitung des Essens handeln oder um die Liste der Zutaten oder um Kommentare, die der Nutzer zu einem früheren Zeitpunkt z.B. in einer Datenbank hinterlegt hat, die mit der App kommuniziert, die ihm die Grafiken präsentiert.

In einer weiteren bevorzugten Variante kann der Wunsch nach Ausgabe zusätzlicher Informationen zu einer Nummer eines Rezepts oder Gerichts oder aller Gerichte/Rezepte eines Tages auch sprachlich geäußert werden, nachdem z.B. ein entsprechender Aktivierungsbutton gedrückt wurde. In einer weiteren bevorzugten Variante wird für den Betrachtungszeitraum eine durchschnittliche Erfüllung des „Erfüllungsgrads insgesamt“ berechnet und in der App angezeigt. Die durchschnittliche Erfüllung kann z.B. durch Worte beschrieben sein und/oder als Wert numerisch ausgegeben werden und/oder multimedial, z.B. durch Bilder, Videos, gesprochener Text, z.B. auf Anforderung des Nutzers, unterstützend erklärt werden. In einer besonders bevorzugten Variante kann statt der durchschnittlichen Erfüllung auch ein beliebiges andere Maß einer Tendenz benutzt werden, um darzustellen, wie die Entwicklung eines Erfüllungsgrades und/oder einer Kennzahl über den Betrachtungszeitraum zu beurteilen ist. In Fig.21 ist ein Beispiel für die Historie des „Erfüllungsgrads insgesamt“ dargestellt. Es handelt sich um ein Balkendiagramm, dass die Historie über den Betrachtungszeitraum von 30 Tagen darstellt. Auf der X-Achse sind die einzelnen Tage des Betrachtungszeitraums und auf der Y-Achse der Erfüllungsgrad bezogen auf alle seine Ziele angegeben. Der max. Wert des Erfüllungsgrades, den er an einem Tag erreicht hat, liegt bei 97%, der niedrigste Wert bei 53%. Insgesamt liegen Ergebnisse über einen Zeitraum von 16 Tagen vor. Allerdings hat der Nutzer nur an 10 Tagen Gerichte/Rezepte ausgewählt, wobei er nur an 4 Tagen jeweils vier Mahlzeiten ausgewählt bzw. zu sich genommen hat. Im Durchschnitt hat er seit dem 2.8.2022 mit den ausgewählten Mahlzeiten seine gesteckten Ziele zu 76,1% erreicht. Dieser Wert ist in einem separaten Feld unter der Grafik als „aktueller Durchschnitt 76,1%“ ausgegeben. Der Start der Aufzeichnung des Erfüllungsgrades ist in einem separaten Feld ebenfalls unter der Grafik als „Beginn 02.08.2022“ angezeigt.

Historie der Messwerte am Beispiel der Carotinoide

Für mehrere oder bevorzugt alle Substanzen, die mit dem Messgerät messbar sind, kann in vorteilhafter Variante über einen festlegbaren Betrachtungszeitraum eine Historie aller

Messergebnisse/Messwerte ausgegeben werden. Dies kann für jede Substanz einzeln erfolgen oder für mehr als eine Substanz z.B. in einer gemeinsamen Grafik. Die Historie der Messergebnisse wird am Beispiel der Carotinoide, die in Haut und im Blut gemessen werden können, in Fig. 20 dargestellt. Die Messwerte der Carotinoide können z.B. als Äquivalent für die zu verzehrende Menge an Obst und Gemüse gelten. Die gemessenen Werte können in einer bevorzugten Variante über einen vom Nutzer wählbaren Betrachtungszeitraum in einer Grafik auf dem Tablet oder dem Smartphone ausgegeben werden, mit dem die App, die die Messung steuert, kommuniziert.

Für die beispielhafte Darstellung der Historie der Carotinoide gelten analog, alle zuvor beschriebenen Details zur Darstellung von Historien, sofern ihre Anwendung für die Darstellung der Carotinoide sinnvoll und möglich ist.

In einer weiteren bevorzugten Variante sind in der Grafik weitere Bereiche des Messwerts, z.B. durch sich unterscheidende Linien markiert. Beispielsweise die Bereiche die z.B. von Experten, Mediziner oder staatlichen Institutionen oder vom Nutzer selbst als kritisch und/oder als im Zielbereich betrachtet werden. In einer bevorzugten Variante wird der Carotinoid-Messwert, der z.B. die Carotinoid-Konzentration z.B. in Haut, Gewebe, Blut angibt z.B. in willkürlichen Einheiten aufgetragen, die z.B. von Null bis 12 gehen. In einer ebenfalls bevorzugten Variante werden die Carotinoid-Messwerte z.B. in nmol/g Haut oder einer anderen Einheit ausgewiesen, die z.B. typischerweise bei medizinischen Anwendungen verwendet werden. In einer bevorzugten Variante können in der Grafik z.B. zwei Carotinoid-Messwerte dargestellt werden, wobei ein Wert die Konzentration in Haut und Gewebe und der andere die Konzentration im Blut darstellt. Beispielsweise kann ein Wert als Balken und der andere als Linie ausgegeben werden. Der Vorteil dieser Unterscheidung ist, dass Verhaltensänderungen im Blut innerhalb von Stunden sichtbar sind, während die Konzentrationsänderungen in Haut und Gewebe erst in größeren Zeitabständen sichtbar werden. Beide Informationen sind für den Nutzer sehr hilfreich, weil er damit schneller lernt wie, welche Verhaltensweisen ihm helfen selbstgesteckte Ziele zu erreichen. Die Grafik für die Historie der Messwerte kann in einer bevorzugten Variante auch eine Kurve für die Tendenz der Messwerte enthalten, die z.B. über einen bestimmten Zeitraum die erwartete, zukünftige Entwicklung der Messwerte abbildet. In vorteilhafter Variante sind die Messwerte dabei Carotinoide oder andere vom Sensor messbare Substanzkonzentrationen. In einer weiteren bevorzugten Variante kann z.B. auch ein Mittelwert und/oder ein Wert der Tendenz für einen oder mehrere in der Grafik enthaltenen Messwerte ausgegeben werden. In einer ebenfalls bevorzugten Ausführung kann es sich dabei um eine Zahl handeln und/oder eine schriftliche Beurteilung. In einer bevorzugten Variante befinden sich beide z.B. in separaten Feldern unterhalb der Grafik.

In einer bevorzugten Ausführung kann auf dem Anzeigegerät, das z.B. ein Tablet oder ein Smartphone sein kann, und auf dem sich die App befindet, die die Messung steuert und die spektralen Messwerte zur Auswertung z.B. an einen externen Server versendet, durch Anklicken der separaten Felder, noch zusätzlich erläuternde Informationen an den Nutzer ausgegeben werden, z.B. in Form von Bildern, Sprache oder Videos. Fig.20 zeigt ein Beispiel für die Historie der Carotinoid-Messwerte. Dieses Beispiel eines Balkendiagramms enthält 10 Messwerte, verteilt auf einen Zeitraum von 18 Tagen, wobei auf der X-Achse die Zeit und auf der Y-Achse die gemessenen Carotinoid-Werte aufgetragen sind. In einer bevorzugten Ausführung stehen die einzelnen Messwerte zusätzlich als Zahl über dem jeweiligen Balken. Zusätzlich ist in einer bevorzugten Variante ein Bereich oberhalb einer Grenze markiert, bei der der Nutzer Nahrungsergänzungsmittel reduzieren bzw. absetzen soll. Der Betrachtungszeitraum für die Historie geht in diesem Beispiel über einen Zeitraum von 32 Tagen. Der Mittelwert der 10 Messwerte beträgt 5,25. In einer bevorzugten Variante ist als Bewertung des Mittelwerts in einem separaten Feld folgendes vermerkt: „Dein durchschnittlicher Carotinoid-Wert liegt nur etwas über dem Mittelwert – die Werte zeigen aber eine steigende Tendenz“.

Der Beginn der Aufzeichnung der Carotinoid-Werte ist mit Datum 02.08.2022 angegeben, das Datum für Betrachtung der Historie mit „Heute 20.08.2022“.

Sensor und Gehäuse Messinstrument

Ein kompletter Sensor zur Detektion z.B. von Biomarkern oder physiologischen Zuständen, besteht in vorteilhafter Weise aus einer Vielzahl von zuvor beschriebenen Emittlern (1) und Detektoren (2), die sich in einer bevorzugten Variante auf einer gemeinsamen Leiterplatte befinden und in umschlossenen Räumen sitzend so zueinander angeordnet sind, dass sich ein möglichst kompakter und flächenmäßig kleiner Sensor (20) ergibt, der die Biomarker oder physiologischen Zustände mit hoher Messgenauigkeit und Wiederholgenauigkeit misst. Ein Beispiel für einen solchen Sensor ist in den Fig.36 und Fig.36a dargestellt. Im Hinblick auf die Übersichtlichkeit werden in Fig. 36 nur die Position der Detektoren (2) und in Fig.36a nur die Position der Emitter bezeichnet. Emitter und Detektoren sitzen jeweils in Aussparungen Einheit (5b), die aus einem Material besteht, das für Photonen nahezu unpassierbar ist. Um die Detektoren und Emitter erkennen zu können, sind in diesen Figuren die transparenten Teile der Sensorflächenelemente (3), die sich in einer bevorzugten Variante in den Aussparungen befinden, um den Sensor z.B. vor Feuchtigkeit zu schützen, nicht dargestellt.

Es wird deutlich, dass die Aussparungen unterschiedliche geometrische Abmessungen haben und sich eine unterschiedliche Anzahl von Emittlern und Detektoren in den jeweiligen Aussparungen

befinden. In einer bevorzugten Ausführung befinden sich z.B. bei diesem Sensor-Beispiel bis zu 12 Emitter in einer Aussparung der Einheit (5b). Dabei gilt, dass ein Emitter, der Photonen in drei unterschiedlichen Wellenlängenbereichen emittieren kann, als drei Emitter gezählt wird. Dieser Emitter ist mit (1.3) bezeichnet. Die Nummerierung (1.1) bedeutet, dass es sich um einen Emitter handelt, der Photonen in einem Wellenlängenbereich emittiert.

Emitter und Detektoren sitzen in einer bevorzugten Variante jeweils in eigenen, voneinander getrennten Aussparungen, sodass beim Messvorgang, wenn die Hand auf dem Sensor liegt, die emittierten Photonen durch die Haut wandern müssen, um vom Detektor detektiert werden zu können. Eine Ausnahme bilden die Aussparungen in den vier Ecken des Sensors. Wie die Figuren 36 und 36a zeigen, befindet sich in diesen Aussparungen entweder ein Emitter, der Photonen eines Wellenlängenbereichs (1.1) oder Photonen von drei Wellenlängenbereichen (1.3) emittiert und jeweils ein Detektor (2). Ein Grund für diese Anordnung ist, dass sie Platz spart, denn jede zusätzliche Aussparung vergrößert die Sensorgeometrie, da zwischen jeder Aussparung ein Steg aus dem Material der Einheit (5b) benötigt wird. Ein weiterer Vorteil ist, dass mit dieser Anordnung das von der Probe reflektierte Licht detektiert werden kann. In einer bevorzugten Variante können auf diese Weise z.B. Informationen über den Hauttyp, die Struktur oder die Rauheit der Haut gesammelt werden. Bei einer Messsequenz, bei der die LEDs nacheinander angeschaltet werden, können in alternativer Variante die Lichtwege zwischen einem Emitter und einem Detektor, die in einer gemeinsamen Aussparung sitzen, unberücksichtigt bleiben.

In einer bevorzugten Ausführung zeigt Fig.36a, dass der Sensor z.B. über mehr als 4 oder 8 oder 9 Emitter (1.3) verfügen kann, die Photonen in drei voneinander getrennten Wellenlängenbereichen emittieren und 28 Emitter (1.1), die Photonen nur eines Wellenlängenbereichs emittieren. In vorteilhafter Variante ist in einer Aussparung ein Temperatursensor (40) angebracht.

In einer bevorzugten Variante zeigt Fig.36 als Beispiel, dass sich auf dem Sensor mehrere Detektoren befinden. Vorteilhaft sind 4 oder mehr, insbesondere 8 oder mehr einkanalige Detektoren (2). In vorteilhafter Variante besteht der Sensor zusätzlich aus mindestens einem mehrkanaligen Detektor (2.4). 1-kanalig bedeutet, dass der Detektor Photonen über einen Wellenlängenbereich detektieren kann. In vorteilhafter Variante ist dies ein breiter Wellenlängenbereich, so dass der Detektor von mehreren Emittoren unterschiedlicher Wellenlängencharakteristik abgesendetes Licht detektieren kann. Mehrkanalig bedeutet, dass der Detektor z.B. über 3, 4, 8 oder mehr unterschiedliche Wellenlängenbereiche verfügt, in denen Photonen detektiert werden können. In vorteilhafter Ausgestaltung wird für jeden Wellenlängenbereich ein Wert für die in diesem Bereich gemessene Lichtintensität ausgegeben.

Fig.35 und Fig.35a zeigt ein Beispiel für das Gehäuse eines Messgeräts (30) mit integriertem Sensor (20) zur Messung von Biomarkern und/oder physiologischen Zuständen des Nutzers. In einer bevorzugten Version verfügt das Messgerät über verschiedene Signal-Anzeigen (S1a, S1b, S1c) und/oder eine Positionierhilfe (P) zum korrekten Auflegen der Hand beim Messen. In einer bevorzugten Ausführung ist die Positionierhilfe demontierbar.

In einer bevorzugten Variante besitzt das Messgerät als Signal-Anzeige z.B. eine WIFI-Funktions- und/oder WiFi Signalstärkeanzeige (S1a). Diese kann z.B. durch Blinken das Übertragen von Datenpaketen z.B. an ein Smartphone anzeigen. In vorteilhafter Variante beinhaltet das Gerät eine Anzeige, die z.B. den Fortschritt der Messung sichtbar macht (S1b) und/oder eine Statusanzeige (S1c). In vorteilhafter Variante zeigt eine Anzeige Information zur Stromversorgung. Dazu können gehören Ladezustand einer Batterie oder eines Akkus, die Information ob geladen wird und/oder die Information, ob Strom von einer externen Stromquelle bereitsteht.

Der Sensor (20) mit seinen Emittlern und Detektoren und der dazugehörigen Elektronik kann in einer bevorzugten Variante als eigenständiges Bauteil in das Gehäuse (30) eingebaut werden. Er besteht aus Elementen aus Material, das für Photonen nahezu unpassierbar ist (5) und transparenten Teilen der Sensorflächenelemente (3), die für Photonen passierbar sind. Die transparenten Teile der Sensorflächenelemente und zumindest ein Teil der nicht transparenten Teile können zu einer Einheit 9 zusammengefügt und fest verbunden sein. Die Sensorflächenelemente (3) befinden sich vorzugsweise jeweils an Stellen, bei denen sich die Emittler und Detektoren befinden, die auf einer gemeinsamen Leiterplatte angebracht sind. Wie zuvor schon in Fig.9 gezeigt, reicht das für Photonen nahezu unpassierbare Material 5 vorzugsweise bis auf die Leiterplatte. Die Dicke des Sensorflächenelements (3) ist vorzugsweise so dimensioniert ist, dass es zu keinen Kollisionen mit den auf der Leiterplatte befindlichen Emittlern und Detektoren kommt. Einheit (9) kann vorzugsweise ein Spritzgussteil sein. Einheit (9) kann vorzugsweise mit Klebeband und/oder Klebstoff mit der Leiterplatte verklebt werden. Vorzugsweise ist der Klebstoff bzw. das Klebeband für Photonen nahezu unpassierbar. Durch die Verklebung von Einheit (9) mit der Leiterplatte, befinden sich die Emittler und Detektoren vorzugsweise in allseitig umschlossenen Räumen. Der Sensor kann bei der Montage des Messgeräts in das Gehäuse z.B. mit einer Kleberaupe eingeklebt oder ein Klebeband innerhalb des Gehäuses mit dem Gehäuse so verklebt sein, dass keine Feuchtigkeit zwischen Sensor und Gehäuse eindringen kann. In einer bevorzugten Variante verfügt das Messgerät (30) über einen Anschluss, z.B. eine USB-Buchse. Dies ermöglicht in vorteilhafter Variante ein Ladegerät zum Laden der Batterie des Messgeräts anzuschließen und/oder einen Anschluss zur Übertragung der Messdaten z.B. an ein Smartphone. In einer ebenfalls bevorzugten Ausführung verfügt das

Messgerät über Bedienelemente. In vorteilhafter Variante sind eines oder mehrere oder alle der folgenden Bedienfunktionen vorhanden: Einschalten, Ausschalten, Messung starten, Funkverbindung koppeln, Werksauslieferungszustand wiederherstellen. Die nachfolgende Beschreibung umfasst weitere Ausführungsformen und Methoden. Diese können mit den anderen in diesem Text dargestellten Vorrichtungen und Methoden kombiniert werden.

Integration des Sensors in Alltagsgegenstände z.B. in ein Smartphone

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird der Sensor in einen Gegenstand integriert, welcher vom Nutzer im Alltag regelmäßig genutzt wird. In vorteilhafter Ausführung weist dieser Gegenstand zumindest eine weitere Funktion auf. Besonders vorteilhaft ist die Integration in elektronische Geräte. Besonders vorteilhaft in solche mit Display oder Kommunikationsmöglichkeit zu Geräten mit Display. Besonders geeignete Geräte sind Smartphone, Smartwatches, Computer, Computerperipherie oder Zusatzgeräte für vorgenannte Geräte. Besonders vorteilhaft ist die Integration in Geräte, die bereits optische Emmitter oder optische Detektoren enthalten. In vorteilhafter Variante können die im Gerät für andere Anwendungen genutzten Emmitter auch für die erfindungsgemäße Sensorfunktionalität verwendet werden. In vorteilhafter Variante können die im Gerät für andere Anwendungen genutzten Detektoren auch für die erfindungsgemäße Sensorfunktionalität verwendet werden. Besonders vorteilhaft ist die Integration in Geräte, in denen eine Kamera integriert ist. Besonders vorteilhaft ist die Integration in Geräte, die mehrere Kameras besitzen.

Fig. 25 zeigt ein Smartphone ohne Sensoranordnung. Fig. 26 zeigt ein Smartphone mit Sensoranordnung. Fig. 27 zeigt ein Smartphone mit Sensoranordnung und Skala zur Beschreibung der Anordnung. Fig. 25 zeigt die Rückseite eines Smartphones 1001 mit einer Kameraanordnung 1002. Das beispielhafte Smartphone ist mit vier Kameras 1003, 1004, 1005 und 1006 ausgestattet. Anordnungen mit anderen Anzahlen von Kameras oder einer anderen Anordnung der Kameras sind ebenso möglich. Smartphones mit solchen oder ähnlichen Kameraanordnungen auf der Rückseite sind heutzutage Stand der Technik. In alternativer vorteilhafter Variante können auch Kameras auf der Frontseite eines Smartphones genutzt werden. In vorteilhafter Variante werden dabei als Emmitter für den Sensor nicht einzelne LEDs genutzt, sondern die Pixel eines Displays. Dabei kann eine der folgenden Displaytechnologien genutzt werden: LCD, OLED, QLED, HDR, Quantum Dot, AMOLED, NanoCell. Fig.26 zeigt ein Smartphone mit einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung einer Sensoranordnung. Das Smartphone weist ebenfalls die in Fig.25 bezeichneten Elemente auf, die der Übersichtlichkeit halber in Fig.26 und Fig.27 nicht in die Figur eingezeichnet

sind. Die beispielhaft gezeigte Sensoranordnung 1007 besteht aus den Kameras 1003, 1004, 1005 und 1006, die als Lichtdetektoren genutzt werden.

Weiterhin enthält die Anordnung einen oder mehrere weitere Lichtdetektoren. Ein weiterer Lichtdetektor ist als weißer Kreis in der beispielhaften Anordnung dargestellt. Die beispielhafte Anordnung enthält eine Vielzahl von Lichtemittern. Diese sind als weiße Rechtecke dargestellt. Die Ausgestaltung der Emitter und Lichtdetektoren erfolgt beispielhafterweise so wie in einer der anderen Figuren dargestellt. Fig.27 zeigt die Anordnung aus Fig.26. Die mit 1001 bis 1007 bezeichneten Elemente sind auch in Fig.27 vorhanden und nur der Übersichtlichkeit halber nicht eingezeichnet. Die Skalen 1008 und 1009 sind nicht am Smartphone angebracht, sondern dienen nur der Bezeichnung einzelner Emitterpositionen. Der Teilstrich, an dem die Zahlenmarkierung 1008 angebracht ist, ist der erste Teilstrich entlang der X-Achse. Rechts daneben ist Teilstrich 2. Rechts daneben Teilstrich 3 und so weiter.

Der Teilstrich, an dem die Zahlenmarkierung 1009 angebracht ist, ist der erste Teilstrich entlang der Y-Achse, also Y-Position 1. Der darüberliegende Teilstrich ist Teilstrich 2 u.s.w.

Emitter werden in der folgenden Beschreibung über Ihre Koordinaten bezeichnet, die als (X,Y)-Koordinaten angegeben sind. So ist z.B. Emitter 1010 der Emitter (2,1). Emitter 1011 ist nach dieser Bezeichnungskonvention Emitter (10,13). Die Emitter müssen jedoch nicht exakt auf Rasterpositionen platziert sein. Eine Anordnung, bei der auch andere Positionen möglich sind ist in der Beispielanordnung gezeigt. In vorteilhafter Ausgestaltung sind mehrere Emitter in der Anordnung vorhanden. Im Beispiel sind 87 Emitter und fünf Detektoren eingezeichnet. Dabei sind vier Detektoren die Kameras des Smartphones. Andere Anzahlen von Emitttern und Detektoren sind aber ebenso möglich.

In vorteilhafter Ausgestaltung ergeben sich verschiedene Distanzen zwischen Lichtemissionsort und Lichtdetektionsort. Diese Orte sind in typischer Anordnung keine Punkte, sondern Flächen. In vorteilhafter Ausgestaltung sind diese Flächen dadurch begrenzt, dass ein intransparentes Material der Kontaktfläche (für Photonen nahezu unpassierbar) einen transparenten Bereich (für Photonen passierbar) der Kontaktfläche begrenzt. Dabei wird als Kontaktfläche vorzugsweise der Teil der Außenhülle des Smartphones bezeichnet, der im Bereich der Kameras und Lichtemitter angeordnet ist. Typischerweise wird diese Fläche bei der Nutzung des Smartphones nicht in Kontakt mit Objekten gebracht, sondern nur bei Aufbewahrung z.B. in der Hosentasche. Eine Nutzung der Kameras, während die transparente Oberfläche im Kamerabereich in Kontakt mit einem Objekt ist, ist ein in der bisherigen Nutzung nicht vorgesehener Anwendungsfall, der in der erfindungsgemäßen Ausführung vorzugsweise genutzt wird. Auf die oben genannten transparenten Bereiche können Lichtdetektoren, Kameras oder Lichtemitter wirken. Bei

Lichtemittern wird darunter verstanden, dass die Lichtemitter durch die transparente Oberfläche, die durch intransparentes Material begrenzt ist Licht emittieren. Dies kann für einen transparenten Oberflächenbereich durch einen oder mehrere Lichtemitter erfolgen. Die Emmitter können in vorteilhafter Variante auch mehrere unterschiedliche Wellenlängen emittieren.

Im Falle einer Kamera kann man feststellen, dass eine Kamera nicht ein einzelner Lichtdetektor ist, sondern in der Regel eine Anordnung vieler einzelner Pixel, die jeweils für sich einen Lichtdetektor darstellen. In vorteilhafter Ausgestaltung handelt es sich um eine Farbkamera, die Pixelgruppen unterschiedlicher Wellenlängencharakteristik ausweist. Eine verbreitete Anordnung sind RGB-Kameras. Diese haben typischerweise eine Pixelgruppe, die für Licht im roten Bereich empfindlich sind. Außerdem finden sich typischerweise noch Pixelgruppen, die für Licht im grünen Bereich empfindlich sind und Pixelgruppen, die für Licht im blauen Bereich empfindlich sind. Einige Kameras verfügen jedoch auch über zusätzliche Farbgruppen, was für die erfindungsgemäße Verwendung oft vorteilhaft ist. In vorteilhafter Variante besitzen Kameras weitere Sensoren für Lichtintensität. Insbesondere solche, die für die Autofokusfunktion genutzt werden. Darunter fallen oft auch im Infrarotbereich empfindliche Lichtdetektoren und Lichtdetektoren, die für das Autofokusverfahren im sogenannten Phasenvergleichsverfahren genutzt werden. In vorteilhafter Ausgestaltung können mehrere oder gar alle diese Pixel und Sensoren der Kamera für die erfindungsgemäße Sensorik verwendet werden. Zusammenfassend sind, wenn im Folgenden von Lichtdetektoren der Kamera gesprochen wird, nicht nur die Pixel, sondern auch weitere in der Kamera integrierte oder mit ihr zusammen eingesetzte Lichtdetektoren gemeint. Also insbesondere auch die des Autofokus. In vorteilhafter Ausgestaltung sind Kameras mit weiteren Einrichtungen ausgestattet. Dazu gehören Einrichtungen zum Verändern des Fokus der Kamera, Einrichtungen zum Verändern der Blende der Kamera, Einrichtungen zur Kompensation von Bewegungen der Kamera. Letztere werden auch als Bildstabilisatoren bezeichnet und reduzieren das Auftreten verwackelter Bilder oder Videos. Obwohl diese Einrichtungen und auch die beschriebenen Lichtdetektoren primär zur Erstellung von Bildern und Videos ausgelegt sind, zeigt sich in überraschender Weise, dass die genannten Einrichtungen auch für die Bestimmung von Substanzen in beispielsweise menschlichem Gewebe vorteilhaft genutzt werden können. Im Folgenden ist ein vorteilhaftes Verfahren beschrieben, wie dies erfolgen kann. Dabei werden die beschriebenen Einrichtungen als Kamerafunktionen bezeichnet.

Um eine genaue Bestimmung der optischen Eigenschaften einer Probe durchzuführen, wird in bevorzugter Variante Licht verwendet, welches durch diese Probe hindurchläuft.

Um die gewünschten Eigenschaften der Probe zu ermitteln wird vorteilhafterweise Licht verschiedener Wellenlänge verwendet. Der wirksame Wellenlängenbereich bestimmt sich zum

einen daraus, welcher Lichtwellenlängenbereich emittiert wird und zum anderen daraus, welcher Lichtwellenlängenbereich detektiert wird. In einem vorteilhaften Ansatz ergibt sich der wirksame Wellenlängenbereich aus der Kombination dieser Lichtwellenlängenbereiche. Dabei ist zu beachten, dass die Bereiche oft keine harten Grenzen aufweisen, sondern eine wellenlängenabhängige Intensität zeigen, die zu den Rändern der Bereiche abnimmt. Der wirksame Wellenlängenbereich lässt sich also durch die Kombination von Lichtemittern verschiedener Wellenlängenbereiche mit Lichtdetektoren verschiedener Wellenlängenbereiche in vorteilhafter Weise besonders fein einstellen. Eine weitere vorteilhafte Anwendung ist die Nutzung von Fluoreszenz in der Probe. Dabei wird die Probe mit einem kurzwelligem Licht bestrahlt, für das zumindest einige der Lichtdetektoren der Kamera nicht empfindlich sind, so dass diese im wesentlichen nur Licht empfangen, welches von fluoreszierenden Substanzen in der Probe stammt. In vorteilhafter Ausgestaltung wird aus der Analyse, welche Wellenlängen beim Durchwandern der Probe absorbiert werden auf Substanzkonzentrationen in der Probe geschlossen. In vorteilhafter Variante werden auch Fluoreszenzeffekte ausgewertet.

In der Praxis zeigt sich, dass bei komplexen Proben wie z.B. der Haut oder das Gewebe von Lebewesen oder auch der Analyse von Lebensmitteln wie z.B. Früchten oder verpackten Lebensmitteln eine weitere Fähigkeit von hoher Vorteilhaftigkeit ist. Bei solchen Proben handelt es sich oft um Proben, die inhomogen sind. Dabei können z.B. verschiedene Schichten bestehen. Bei einem Lebewesen wären das z.B. die Schichten der Haut und die des darunterliegenden Gewebes. Ggf. interessiert eine Substanz, die sich nur im Blut befindet, welches aber in den obersten Hautschichten nicht vorkommt. Bei einer Orange kann es z.B. vorkommen, dass man sich nicht für die Eigenschaften der Schale interessiert, sondern Substanzen im Fruchtfleisch analysieren möchte. Bei verpackten Lebensmitteln möchte man ggf. nicht die Eigenschaft der Verpackung, sondern die des verpackten Produkts ermitteln.

Aus diesem Grund ist es vorteilhaft zu beeinflussen, wie tief das Licht in das zu analysierende Objekt eintritt. In vorteilhafter Variante werden Maßnahmen getroffen, die ein tiefes Eindringen des Lichts in das zu analysierende Gewebe bewirken. In vorteilhafter Ausgestaltung wird dabei Licht so abgestrahlt, dass ein großer Teil der emittierten Photonen sich in einer Richtung bewegen, die einen kleinsten Winkel zur Kontaktfläche zur Probe aufweisen, der nahe bei 90 Grad liegt.

Quantifiziert man diese Aussage, so ist es vorteilhaft, wenn einige Lichtemitter mindestens 25%, vorzugsweise aber mindestens 50% der Photonen, die vom Lichtemitter emittiert werden und einen ausgewählten Lichtdetektor erreichen einen Winkel zur Kontaktfläche zur Probe aufweisen, der grösser ist als 20 Grad, vorzugsweise größer 30 Grad, vorzugsweise größer 45 Grad, vorzugsweise größer 60 Grad. Da sich die obige Aussage auf ein Paar aus Emitter und

Lichtdetektor bezieht und nur diejenigen Photonen betrachtet, die vom Emmitter zum Lichtdetektor gelangen, spielt auch die Beschaffenheit der zu analysierenden Probe eine Rolle. Um diese aus der Betrachtung herauszunehmen, wird für die Betrachtung vorzugsweise von einer künstlichen Probe ausgegangen, die die Beschaffenheit einer typischen Probe simuliert.

Ein weiterer Aspekt, mit dem beeinflusst werden kann, dass die Photonen auch tiefe Schichten der Probe durchlaufen, ist der Abstand des Flächenschwerpunktes der Kontaktfläche des Lichtemissionsorts zum Flächenschwerpunkt der Kontaktfläche des Lichtdetektionsorts. Dieser Flächenschwerpunkt kann in alternativer Betrachtung auch unter Berücksichtigung der Lichtintensität, die das jeweilige Flächenelement durchquert berechnet werden. Je weiter Lichtemissionsort und Lichtdetektionsort auseinanderliegen, desto tiefer dringen die Photonen, die vom Lichtemitter zum Lichtdetektor gelangen typischerweise in die Probe ein.

Gelingt es Photonen ausreichend tief durch die Probe laufen zu lassen, so ist dies in vielen Fällen jedoch noch nicht ausreichend, um z.B. eine Stoffkonzentration in der gewünschten Tiefe zu ermitteln. Dies liegt daran, dass die Photonen, um in die tieferen Schichten zu gelangen typischerweise auch flache Schichten der Probe durchlaufen müssen. Dabei interagieren die Photonen mit den flacheren Schichten der Probe, was das Messsignal beeinflusst. In vorteilhafter Ausgestaltung werden deswegen Photonen auch so abgestrahlt, dass diese im Wesentlichen nur durch flache Schichten der Probe laufen. Auf diesem Weg lassen sich die optischen Eigenschaften der flachen Schichten der Probe ermitteln. In vorteilhafter Ausgestaltung lässt sich der Einfluss der flachen Schichten der Probe auf die Photonen ermitteln, die, wie oben erläutert, das Gewebe tiefer durchlaufen haben. In vorteilhafter Ausgestaltung können Messwerte der flachen Schichten mit Messwerten von Licht, welches flache und tiefe Schichten durchlaufen hat algorithmisch verknüpft werden, so dass als Ergebnis die optischen Eigenschaften der tiefen Schichten vorliegen. Um eine solche Kompensation durchzuführen und um eine möglichst genaue Bestimmung der optischen Eigenschaften einer Probe zu ermitteln ist es vorteilhaft eine große Anzahl und Vielfalt von Paaren aus Lichtemittern und Lichtdetektoren zu verwenden. Die Gesamtheit der Volumenelemente, die dabei mit einer festgelegten Wahrscheinlichkeit von einem der Photonen durchlaufen werden, die vom Lichtemitter zum Lichtdetektor gelangen, wird als Lichtwegvolumen bezeichnet. Die Lichtwegvolumen verschiedener Paare aus Emitttern und Detektoren sind in vorteilhafter Ausgestaltung unterschiedlich geformt und erreichen auch unterschiedliche Tiefen einer typischen Probe. In vorteilhafter Variante wird eine hohe Anzahl unterschiedlich geformter Lichtwegvolumina ermöglicht und so eine genauere Bestimmung der Eigenschaften der Probe ermöglicht. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die Probe nicht aus definierten Schichten besteht,

sondern z.B. einen graduellen Übergang von Eigenschaften in Abhängigkeit von der Tiefe, also vom Abstand eines zu analysierenden Volumenelements von der Oberfläche der Probe, aufweist. In einer vorteilhaften Ausgestaltung weist die Vorrichtung auch Lichtwegvolumina an unterschiedlichen Orten auf. Diese können in vorteilhafter Ausführung gleiche und/oder spiegelsymmetrische Lichtwegvoluminaformen aufweisen. In alternativer Ausführung können die Formen der Lichtwegvolumina aber auch unterschiedlich sein. Durch eine solche Ausführung können besonders gut Proben mit räumlicher Inhomogenität vermessen werden. Also insbesondere auch Proben, bei denen sich eine Stoffkonzentration nicht nur in Abhängigkeit von der Tiefe eines Volumenelements in der Probe ändert, sondern auch solche, bei denen sich eine Stoffkonzentration in Abhängigkeit vom Ort auf der Oberfläche der Probe ändert, an dem gemessen wird.

Für die Form der Lichtwegvolumina und insbesondere für die Tiefe, die die Lichtwegvolumina durchstrahlen spielt die vorteilhafte Wahl der Abstrahlcharakteristik der Lichtemitter eine wichtige Rolle. Insbesondere die Abstrahlcharakteristik in relativer Sicht zum Detektor eines Paares aus Lichtemitter und Lichtdetektor. Betrachtet man beispielsweise einen Emitter, der Licht im Mittel in eine Richtung emittiert, die nicht senkrecht zur Probenoberfläche ist, so kann folgender vorteilhafte Fall genutzt werden. Der Emitter emittiert Licht in Richtung eines Detektors A, so dass sich im Paar aus Lichtemitter und Detektor A eine flache Lichtwegvolumenform ausprägt. Im Paar mit einem Detektor B, der sich nicht in Richtung der Lichtemission des Emitters befindet, prägt sich dagegen eine Lichtwegvolumenform aus, die deutlich tiefer in die Probe eindringt.

In vorteilhafter Ausführung eines Messsystems werden deswegen Anordnungen verwendet, die die oben beschriebene Eigenschaft aufweisen, dass Emitter in Richtung auf einen Detektor eine andere Abstrahlcharakteristik aufweisen als in Richtung auf einen anderen Detektor. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass Eigenschaften wie Richtcharakteristik, Emissionsrichtung und die Verteilung der Emission auf verschiedene Raumwinkelrichtungen im obigen Text meist nur am Beispiel der Emitter erläutert wurden. Diese Eigenschaften gibt es aber in äquivalenter Form auch auf der Detektorseite. Die Detektorseite ist jedoch sprachlich etwas schwieriger formulierbar. So ist das Äquivalent zum Satz „ein Emitter strahlt Photonen senkrecht zur Kontaktfläche ab“ der Satz „der Detektor ist so gestaltet, dass er Photonen, die entlang einer Senkrechten zur Kontaktfläche beim Detektor eintreffen detektieren kann“. Es wird hier aber explizit darauf hingewiesen, dass die am Beispiel der Emitter beschriebenen optischen Eigenschaften in gleicher Weise für Detektoren gelten. Wo eine vorteilhafte Anordnung oder Ausführung oder Eigenschaft der Emitter beschrieben ist, so ist hiermit klargestellt, dass dieser Text die äquivalente vorteilhafte Ausführung für Detektoren ebenfalls beschreibt und offenbart. Dort wo es um optische Eigenschaften des Paares von Lichtemitter und Lichtdetektor geht und die gezielte Beeinflussung

dieser Eigenschaften nur bezüglich des Lichtemitters erläutert wurde, ist zu berücksichtigen, dass der Lichtdetektor typischerweise einen vergleichbaren Einfluss hat, wie der Lichtemitter. Die Eigenschaften des Paares werden durch Lichtemitter und Lichtdetektor bestimmt. Zur Verkürzung des Textes wird im Folgenden ein Paar aus Lichtemitter und Lichtdetektor als ED-Paar und dessen Lichtwegvolumen als ED-LW und die Form des ED-LW als ED-LWF bezeichnet.

Dies gilt insbesondere für die Lichtwegvolumenform und Lichteindringtiefe in die Probe.

In vorteilhafter Ausführung sind Materialien vorgesehen, mit denen die Abstrahlrichtung von Lichtemittern oder die Richtung aus der Detektoren Photonen empfangen können, beeinflusst werden. In vorteilhafter Ausgestaltung werden diese zur Beeinflussung von Lichtwegvolumenform und Lichteindringtiefe in die Probe genutzt.

Die obige Erläuterung verdeutlicht, welche Vorteile entstehen, wenn eine Vielzahl und/oder Vielfalt von Lichtwegvolumenformen zur Bestimmung der optischen Eigenschaften einer Probe zur Verfügung steht. Weiterhin wurde erläutert, auf welchen grundsätzlichen Wegen diese Vielfalt erreicht werden kann, wird im Folgenden erläutert, welche Vorteile die erfindungsgemäße Anordnung für die Bestimmung der optischen Eigenschaften einer Probe bietet. Die in den Figuren 25 bis 27 gezeigte Anordnung weist zahlreiche der obengenannten Vorteile auf, die im Folgenden erläutert werden. Vorteilhafterweise weist die Anordnung mehrere Lichtdetektoren, teilweise in Form von Kameras und mehrere Lichtemitter auf. Daraus ergibt sich eine hohe Zahl von ED-Paaren und somit auch eine hohe Zahl von ED-LWF. Vorteilhafterweise weist die Anordnung Emitter auf, die unterschiedliche Emissionsrichtcharakteristik aufweisen. Dadurch ergibt sich eine größere Vielfalt von ED-LWF. Vorteilhafterweise kann jeder einzelne der Lichtdetektoren der Kamera genutzt werden, um mit jedem Emitter ein eigenes ED-Paar zu bilden. Da z.B. die Pixel der Kamera nebeneinander angeordnet sind ergeben sich so unterschiedliche Abstände von Lichtemitter zu Lichtdetektor, was zu einer höheren Vielfalt an ED-LWF führt.

Vorteilhafterweise weisen die Lichtdetektoren der Kamera unterschiedliche Empfangsrichtcharakteristika auf. Diese ergeben sich z.B. durch die Position eines Pixels relativ zur Linse oder zu intransparenten Bauteilen wie Blende, Linsenhalter, Rand der Kameraöffnung. Dadurch ergibt sich wieder eine höhere Vielfalt an ED-LWF.

Vorteilhafterweise erzeugt die Anordnung durch den geringen Abstand zwischen den Kamerapixeln ED-LWF, die eine graduelle Abstufung der Eindringtiefe erlauben. Dadurch stehen Auswertelgorithmen nicht nur Daten zu wenigen diskreten Eindringtiefen zur Verfügung, sondern eine Abstufung, die zwischen der größten und der geringsten Eindringtiefe. In vorteilhafter Variante wird dabei eine ähnliche Größenordnung an Stufen erreicht, wie sich Pixel in einer Zeile oder Spalte der Kamera befinden.

Vorteilhafterweise können die Kamerafunktionen genutzt werden, um die Vielfalt an ED-LWF weiter zu steigern. Dies erfolgt vorteilhafterweise dadurch, dass Bauteile der Kamerafunktionen in verschiedene mechanische Positionen bewegt werden. In vorteilhafter Weise wird dadurch die Richtung beeinflusst, aus der die Lichtdetektoren der Kamera Licht empfangen können. In einer vorteilhaften Weise wird eine Linse bewegt. In anderer vorteilhafter Weise wird der Detektorchip bewegt. In alternativer vorteilhafter Weise wird die Blende verstellt oder ein Filter vorgeschaltet. In vorteilhafter Weise wird eine Messung durchgeführt, bei der zumindest eines der bewegbaren Bauteile einer Kamerafunktion in einer Position ist und anschließend eine zweite Messung durchgeführt, bei der dieses bewegbare Bauteil sich in einer zweiten Position befindet. So ergeben sich für zumindest einige der ED-Paare mehrere ED-LWF. In weiterer bevorzugter Variante wird eine oder mehrere weitere Messungen durchgeführt, bei denen zumindest ein Bauteil einer Kamerafunktion in einem anderen Zustand ist, als bei den vorhergegangenen Messungen. In diesem Zusammenhang wird unter Messung die Erfassung von Helligkeitsinformationen durch die Lichtdetektoren verstanden, wobei es sich auch um mehrere Lichtinformationen handeln kann, die z.B. auch aus einer Aktivierungssequenz mehrerer Lichtemitter oder der Nutzung mehrerer Lichtdetektoren entstehen.

Vorteilhafterweise weisen die Kameras eine große Anzahl von Lichtdetektoren auf. Dadurch ergibt sich eine große Zahl von Messwerten, so dass durch mathematische Verfahren die Genauigkeit gesteigert werden kann. Z.B. können Rauschanteile herausgemittelt werden. Auch können Effekte, die durch Inhomogenitäten der Probe entstehen und zu Fehlern in der Interpretation der Daten führen erkannt und reduziert werden. Die beschriebene Anordnung hat allerdings auch Vorteile für die Kamerafunktion und andere Funktionen des Smartphones. In vorteilhafter Variante werden zumindest einiger der Emitter genutzt, um das zu fotografierende Objekt zu beleuchten. In vorteilhafter Ausgestaltung werden dabei Emitter genutzt, die auf verschiedenen Seiten der Kamera angebracht sind, so dass sich die Vorteile eines Ringlichts ergeben und keine störenden Schatten entstehen. In vorteilhafter Ausgestaltung werden Emitter verschiedener Farbe zur Beleuchtung der Fotos genutzt. Damit kann die spektrale Auflösung der Kamera erhöht werden. Dies ermöglicht eine genauere Bestimmung der im Bild befindlichen Farben, als es das menschliche Auge ermöglicht. So können viele Aufgaben bewältigt werden, für die sonst eine Multispektralkamera notwendig wäre. Beispiele sind: Nachweis der Originalität von Objekten und Erkennen von Produkt oder Geldfälschungen, kontaktlose Erkennung der Zusammensetzung von Stoffen oder Lebensmitteln, Genaue Bestimmung von Farben und deren Aussehen bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen z.B. in der Kosmetik.

In vorteilhafter Variante ist auch die Erkennung von Oberflächenrauigkeiten durch den Vergleich von Bildern, die bei Lichteinfall aus verschiedenen Richtungen erfasst wurden, möglich. Vorteilhafterweise kann dies zur Erkennung von Falten oder Hautunebenheiten in der Kosmetik genutzt werden. Vorteilhafterweise können damit Sicherheitsmerkmale auf Geldscheinen oder Ausweisen sicherer erkannt werden. Vorteilhafterweise können Hologramme in Bildern durch Beleuchtung aus unterschiedlichen Richtungen ermöglicht werden.

In vorteilhafter Variante werden zur Beleuchtung aus unterschiedlichen Richtungen LEDs aus mehreren folgender LED Gruppen aktiviert: LEDs links der Kamera, LEDs rechts der Kamera, LEDs unterhalb der Kamera, LEDs oberhalb der Kamera. In vorteilhafter Ausgestaltung werden die Emitter zur Signalisierung benutzt. z.B. um bei auf dem Tisch liegenden Smartphone das Eintreffen verschiedener Nachrichten durch verschiedene Farben oder Muster zu signalisieren.

In vorteilhafter Ausgestaltung können die Lichtemitter genutzt werden, um den Abstand zu Fotomotiven in geringer Distanz besser zu erfassen und dadurch einen besseren Autofokus zu ermöglichen. In vorteilhafter Ausgestaltung können Objekte durch die Beleuchtung aus unterschiedlichen Lichtemittern auch dreidimensional vermessen werden.

In vorteilhafter Ausgestaltung kann das farbige Licht zu Zier- oder Partyzwecken genutzt werden. In vorteilhafter Ausgestaltung kann die Helligkeit der Beleuchtung von Fotos erhöht werden, da die Lichtquellen über eine größere Fläche verteilt sind und so eine geringere Schädigung durch Hineinschauen bewirken. Auch kann Abwärme der LEDs auf größerer Fläche besser abgeführt werden. So ist eine höhere Gesamthelligkeit möglich als bei einer einzelnen LED. In vorteilhafter Ausgestaltung können die infraroten Lichtemitter auch zur Steuerung von Geräten mit Infrarotempfänger genutzt werden. Auch andere Daten können auf optischem Wege ausgetauscht werden, was dank der Kameras und Lichtemitter auch bidirektional erfolgen kann. In vorteilhafter Ausgestaltung kann durch die Lichtemitter die Lage und Position des Smartphones im Raum durch z.B. eine im Raum feststehende Kamera ermittelt werden. Mit dieser Funktion können z.B. Gamecontrollerfunktionalitäten realisiert werden. In vorteilhafter Ausgestaltung kann mit UV-Licht beleuchtet werden, um Fluoreszenzmarkierungen fotografieren zu können. Z.B. auf Geldscheinen.

In vorteilhafter Ausgestaltung können Smartphones diese Anordnung auch als Abstandssensor, Reflexlichtschranke oder zur verbesserten Gestenerkennung nutzen

In vorteilhafter Ausgestaltung können Smartphones die Anordnung sowohl als Sensor nutzen, der dafür ausgelegt ist in Kontakt zu einer Probe gebracht zu werden, als auch als multispektraler Sensor, der eine Probe kontaktlos analysiert. Da beide Anwendungsarten Vorteile aufweisen ist ein System, welches beide Messmethoden realisieren kann, vorteilhaft.

In vorteilhafter Variante können auch Durchlichtanalysen realisiert werden, indem eine externe Kamera oder Lichtquelle oder ein zweites Smartphone verwendet werden. In Alternativer vorteilhafter Variante kann eine Durchlichtanalyse mittels eines zusätzlichen Elements durchgeführt werden wie z.B. einem Probengefäß mit einem Spiegel an der sensorabgewandten Seite. Eine besonders vorteilhafte Variante ergibt sich in Kombination dieser Anordnung mit der Verwendung von Lichtemittern einer annähernd-gleichen optischen Eigenschaft wie z.B. der Peak-Wellenlänge, die so ausgelegt sind, dass die optische Eigenschaft nicht bei allen Lichtemitter gleich sein muss, sondern in einem Intervall variieren kann. Der Vorteil besteht darin, dass die Anordnung die Variation der Peak Wellenlänge der Lichtemitter mittels der Kameras feststellen kann. Dies kann in einer vorteilhaften Ausgestaltung durch die Farbsensorik der Kamera bei der Messung der Probe erfolgen. In einer alternativen vorteilhaften Variante wird ein Prüfkörper verwendet. Dies kann z.B. eine bedruckte Karte oder Pappschachtel sein, die vor die Kamera gehalten wird. Im Falle der Pappschachtel kann es sich um die Verpackung des Smartphones handeln, die hilft einen definierten Abstand zum optisch aktiven Teil des Prüfkörpers herzustellen. Der von der Kamera erfasste Teil des Prüfkörpers kann z.B. weiß sein oder farbige Flächen aufweisen. Durch Verwendung des Prüfkörpers kann die Kamera ermitteln, welcher der Lichtemitter welche Peak-Wellenlänge aufweist. In vorteilhafter Variante kann durch diese Information die Qualität der Auswertung der Messergebnisse verbessert werden.

In besonders vorteilhafter Variante können die obig beschriebenen Anordnungsvarianten genutzt werden, um Informationen über Nahrung einer Person zu erfassen. Multispektrale Fotos erlauben genauere Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der Nahrung. Eine genauere Abstandserkennung und dreidimensionale Vermessung des Volumens der Nahrung erlaubt eine bessere Einschätzung der Nahrungsmengen. Aus Daten zu Menge und Art der Nahrung können verbesserte Empfehlungen für den Nutzer gegeben werden. Die Information kann in vorteilhafter Variante genutzt werden, um die Auswahl von Speisen zu erleichtern oder zu bewerten. In alternativer Variante kann die Information genutzt werden, um die tatsächlich aufgenommenen Nahrungsmengen und Arten zu erkennen. In vorteilhafter Variante erstellt der Nutzer ein Foto seines Tellers mit Nahrung. In alternativer vorteilhafter Variante wird das Smartphone so positioniert, dass es die Nahrung auf z.B. einer Gabel oder einem Löffel erkennen und vermessen kann. Fig.28. zeigt einen Teil der Anordnung der Figuren 25 bis 27 im Schnitt.

Gezeigt ist das Kameramodul 1012 mit transparenter Abdeckung 1013 und Linse 1014, die in einer Linsenhalterung 1021 montiert ist. Der Kamerachip 1022 weist zahlreiche Pixel auf. Zur Vereinfachung der Darstellung sind hier nur 5 Pixel eingezeichnet. Das Pixel, welches am weitesten links angeordnet ist, ist mit 1015 bezeichnet. Das am weitesten rechts angeordnete Pixel

ist mit 1016 bezeichnet. Es sind mehrere Lichtemitter gezeichnet, die mit 1018 bis 1020 nummeriert sind, oder auch nicht mit Nummern versehen sind.

Die Nummer 1017 bezeichnet eine Oberfläche aus einem zumindest teilweise transparentem Material, welches die Lichtemitter in vorteilhafter Ausgestaltung vor Berührung und Verschmutzung schützt. Es kann die gesamte Kavität, in der sich der Lichtemitter befindet, füllen, oder in alternativer vorteilhafter Ausgestaltung nur eine Scheibe sein, so dass der Lichtemitter z.B. teilweise von Luft umgeben ist. Die Nummer 1023 bezeichnet das Material der zu untersuchenden Probe, die mit der Anordnung in Kontakt gebracht wird.

In Figur 29 sind die gleichen Elemente zu erkennen, wie in Fig. 28. Teilweise sind die Bezeichnungen weggelassen, um die Übersichtlichkeit zu erhöhen. Gezeigt ist, welcher Bereich innerhalb der Probe 1023 der ED-LW ist. Der Volumenbereich des Lichtwegs ED-LW des ED-Paares Lichtemitter 1018 und Lichtdetektor 1016 ist in Fig. 29 erkennbar.

Der von Photonen, die vom Lichtemitter 1018 zum Lichtdetektor 1016 gelangen mit signifikanter Intensität durchflossene Bereich ist durch die gestrichelten Linien 1024 und 1025 begrenzt. Die hier scharf eingezeichnete Grenze soll nicht darüber hinwegtäuschen, dass der Bereich natürlich einen weichen Übergang in der Menge an Photonen aufweist. Allerdings wäre eine weiche Grenze in einer schwarz/weißen Grafik schwer darstellbar gewesen. Aus diesem Grund wird zur Darstellung eine feste Grenze verwendet. Die Anordnung des Lichtdetektors (1016) ganz rechts bewirkt, dass nur Photonen empfangen werden können, die fast senkrecht oder aus Richtung der linken Bildseite eintreffen. Dies bewirkt, dass die Photonen, die es vom Lichtemitter zum Lichtdetektor schaffen, im Mittel eine hohe Eindringtiefe in die Probe 1023 aufweisen.

Figur 30 zeigt eine vergleichbare Situation für den Lichtdetektor 1015. Durch die Position am linken Rand können Photonen die flach von der rechten Bildseite kommend eintreffen detektiert werden. Auch der Emitter 1018 ermöglicht durch seine Position an der rechten Seite der Emitterkavität eine flache Emission von Photonen. Aus diesen Gründen ergibt sich in dieser Anordnung ein wesentlich flacherer ED-LW. Durch eine Bewegung der Fokuslinse 1021 ist in vorteilhafter Ausgestaltung eine Veränderung sowohl des ED-LW aus Fig. 29, als auch des ED-LW aus Fig. 30 möglich, um die Vielfalt der ED-LWF zu erhöhen.

Alle in dieser Offenbarung dargestellten Varianten und Ausführungsformen können in beliebigen Kombinationen miteinander kombiniert und zu vorteilhaften Systemen oder Ausführungsformen von Geräten verbunden werden. Die Anwendung aller dargestellter Ausführungsformen in Form eines Verfahrens oder einer Methode kann mit den beschriebenen Methoden zu verschiedenen vorteilhaften Gesamtmethoden kombiniert werden. Durch die Integration der Messeinrichtung in ein Smartphone ergibt sich eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung, da Messfunktion für

Körpersubstanzen und Biomarker und die App zur Empfehlung von Ernährung und Handlungsweisen, die die gemessenen Werte für die Empfehlung nutzt in einem Gerät integriert sein können. In vorteilhafter Ausgestaltung sind die Kosten für die Sensorik dabei minimiert, da die Kamerafunktion des Smartphones mitbenutzt werden kann und so einen Teil der nötigen Sensorhardware ersetzt. In vorteilhafter Variante steigt gleichzeitig die Funktionalität der Smartphonekamera, da diese durch die Lichtemitter der Messeinrichtung zusätzliche Funktionen erhält wie z.B. Ringlichtfunktion, 3D-Erkennung, multispektrale Messmöglichkeiten. In besonders vorteilhafter Variante können die so erweiterten Möglichkeiten der Kamera wiederum genutzt werden, um aus Fotos von Nahrungsmitteln deren Zusammensetzung und die Menge der Nahrung und somit der enthaltenen Stoffe abzuschätzen. In vorteilhafter Variante können diese Informationen wiederum der Empfehlungssystem-App zugeführt werden, wodurch eine präzisere Erfassung der aufgenommenen Nährstoffe möglich wird.

Nutzung von KI zur Auswertung spektroskopischer Messdaten

Die Genauigkeit der optischen Messung von Biomarkern wird von der spektroskopischen Messeinrichtung und der Art und Weise bestimmt, wie die optischen Messdaten ausgewertet werden. Eine vorteilhafte Variante einer spektroskopischen Messeinrichtung, die über annähernd gleiche Sensorik-Komponenten verfügt und dabei die MSRRS Messtechnik nutzt, wurde zuvor an verschiedenen Stellen dieser Offenbarung beschrieben. Nachfolgend geht es nun um vorteilhafte Verfahren der Auswertung von spektroskopischen Messdaten. Es wird eine neue Methode der Nutzung von Künstlicher Intelligenz (KI) vorgestellt, mit deren Hilfe es beispielsweise möglich ist, die für die Messeinrichtung geforderten Unterschiede z.B. in den Peakwellenlängen von annähernd gleichen Emittlern und die bei der Serienproduktion von Sensoren nicht zu vermeidenden Schwankungen in den Distanzen von Emitter-Detektor-Paaren als zusätzlichen Informationsgewinn zu nutzen. Durch die vorgestellten vorteilhaften Verfahren lassen sich Algorithmen entwickeln die Biomarker mit höherer Genauigkeit bestimmen.

Definition Kontinuierlicher Filterkernels: Kontinuierliche Filterkernels sind eine lernbare Funktion, welche einer Position eines Datenpunkts eine Gewichtung zuteilt (K. T. Schütt, P.-J. Kindermans, H. E. Saucedo, S. Chmiela, A. Tkatchenko, and K.-R. Müller, “Schnet: A continuous-filter convolutional neural network for modeling quantum interactions,” in Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems, 2017, p. 992–1002. nachfolgend Lit.3 genannt). Entgegen bisheriger Methoden wird in dieser Methode die Position als absolute Position im Messbereich definiert, und nicht als Position relativ zu einem Datenpunkt. Dadurch stellt ein kontinuierlicher Filterkernel eine Funktion $\psi: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ dar, wobei n die Anzahl

von Dimensionen der Position eines Datenpunktes ist. In vorteilhafter Ausgestaltung nutzt das Verfahren zur Auswertung der vom erfindungsgemäßen Sensor gelieferten Informationen kontinuierliche Filterkernels. In vorteilhafter Ausführung sind kontinuierliche Filterkernels durch eine implizite neuronale Repräsentation gegeben. In vorteilhafter Ausführung kann hierfür ein SIREN-Netzwerk (V. Sitzmann, J. N. P. Martel, A. W. Bergman, D. B. Lindell, and G. Wetzstein, “Implicit neural representations with periodic activation functions,” in Proceedings of the 34th International Conference on Neural Information Processing Systems, 2020, nachfolgend Lit.4 genannt) genutzt werden, welches n Eingangsneuronen und ein Ausgangsneuron hat.

Solche kontinuierlichen Filterkernels werden in vorteilhafter Ausführung nicht separat trainiert, sondern werden als Teil eines Ende-zu-Ende Trainings mit dem Rest des Modells gemeinsam angelernt. In Fig. 31 ist ein vorteilhafter Algorithmus zur Auswertung der vom Sensor gelieferten Rohdaten gezeigt. Diese wird im Folgenden erläutert.

In vorteilhafter Ausführung wird eine Ebene kontinuierlicher Charakteristiken eingesetzt. Die Ebene kontinuierlicher Charakteristiken (EkC) ist dabei definiert als mehrere kontinuierliche Filterkernels. Die Eingabe der EkC ist dabei eine beliebige Menge an Rohdatenpunkten (I). In vorteilhafter Ausführung weisen kontinuierliche Filterkernels einer Mehrzahl der Rohdatenpunkte anhand der Position der Rohdatenpunkte mithilfe der Funktion ψ des kontinuierlichen Filterkernels (II) eine Gewichtung zu. In vorteilhafter Variante erfolgt dies für alle Filterkernels. Diese Gewichtung wird in vorteilhafter Ausführung zusätzlich mit einem Maß der lokalen Punktedichte der Rohdaten multipliziert. Diese lokale Punktedichte wird in vorteilhafter Ausführung mittels der Parzen-Fenster-Methode ermittelt. In vorteilhafter Ausgestaltung wird die Gewichtung auf den Rohdatenpunkt angewendet. In vorteilhafter Ausführung erfolgt dies durch Multiplikation. In vorteilhafter Ausführung erfolgt dies für die Mehrzahl der kontinuierlichen Kernels. In vorteilhafter Ausführung erfolgt dies für die Mehrzahl der Rohdatenpunkte.

Fig. 31 zeigt diesen Schritt im Ablaufdiagramm unter (III). Ein gewichteter Datenpunkt i im kontinuierlichen Filterkernel k ist in vorteilhafter Ausgestaltung als $w_{i,k}$ darstellbar durch die Formel $w_{i,k} := d_i \cdot \psi_k(p_i) \cdot \frac{1}{\rho(p_i)}$, wobei d_i der Wert des Datenpunkts, $\psi_k(p_i)$ die Gewichtung des kontinuierlichen Filterkernels k an der Position p_i des Datenpunkts und $\rho(p_i)$ die lokale Punktedichte an der Position p_i des Datenpunkts ist. Anschließend werden in vorteilhafter Ausführung die gewichteten Rohdaten eines Kernels auf einen Wert reduziert (IV). In vorteilhafter Ausführung wird dies für eine Mehrzahl der Kernels durchgeführt. In vorteilhafter Ausführung kann eine Summe für diese Reduktion verwendet werden. In Alternativer Variante wird eine andere Reduktionsoperation verwendet, vorzugsweise eine der folgenden: Median, Mittelwert, Minimum, Maximum, Quadratsumme.

Die Ausgabe der EkC wird im Folgenden als latenter Vektor der Charakteristika bezeichnet. Die Länge dieses Vektors hängt vorzugsweise nicht mit der Menge der Eingabedaten zusammen, sondern nur noch mit der Anzahl der verwendeten kontinuierlichen Filterkernels.

Komponenten des latenten Vektor der Charakteristika entsprechen einem kontinuierlichen Filterkernel k . Die Komponente setzt sich in vorteilhafter Ausführung aus folgender Formel zusammen: $v^k := \sum(w_{i,k}) = \sum\left(d_i \cdot \psi_k(p_i) \cdot \frac{1}{\rho(p_i)}\right)$. v ist damit das Ergebnis des Schritts (IV).

Demnach ist die Relation von Eingabe der EkC zu der Ausgabe der EkC vorzugsweise beschreibbar als Funktion von Wert und n -Dimensionaler Position von i Datenpunkten zu einem k -Dimensionalem latenten Vektor der Charakteristika, formal $v: \mathbb{R}^i, \mathbb{R}^{i \times n} \rightarrow \mathbb{R}^k$.

Da die Länge des latenten Vektors der Charakteristika vorzugsweise nur von k , der Anzahl der kontinuierlichen Filterkernels, abhängt, kann die Ausgabe der EkC als Entkopplungselement von einer Eingabe beliebiger Länge fungieren. Fig. 31 zeigt in Schritt (V) eine Algorithmuskomponente, die die Ausgabe der EkC auf einen Ausgabewert reduziert.

Dies kann auf verschiedene Art realisiert sein.

In vorteilhafter Variante werden Verfahren des maschinellen Lernens eingesetzt. In alternativer Variante wird ein Algorithmus eingesetzt, bei dem die Ausgabe der EkC mit klassischen Algorithmen und ohne Lernverfahren zu einem Ausgabewert verknüpft werden. In vorteilhafter Ausführung wird dieser Schritt durch ein mehrlagiges Perzeptron realisiert. Fig. 31 zeigt in Schritt (VI) die Ausgabe des ermittelten Wertes. Diese ist in vorteilhafter Ausgestaltung eine Konzentration einer Substanz in der Probe. In alternativer vorteilhafter Variante werden in Schritt (V) mehrere Substanzkonzentrationen aus der Ausgabe der EkC berechnet. In diesem Fall ist die Ausgabe in Schritt (VI) mehrere Substanzkonzentrationen. In vorteilhafter alternativer Ausführung werden die Schritte (I) bis (VI) oder auch Teile davon für die Bestimmung mehrerer Substanzkonzentrationen separat ausgeführt. Die Kombination von Schritt (I) bis Schritt (VI) wird im folgendem als Netzwerk kontinuierlicher Charakteristiken (NkC) bezeichnet.

Ein Netzwerk kontinuierlicher Charakteristiken (NkC) ist vorzugsweise eine Kombination aus einer oder mehreren EkCs und gewöhnlichen Elementen von Verfahren maschinellen Lernens. In vorteilhafter Ausführung ist dabei die Eingabe des NkCs durch eine EkC dargestellt.

Nutzung von NkCs in Kombination mit MSRRS-Sensoren:

Für die Nutzung von NkCs in Kombination mit MSRRS-Sensoren, werden vorzugsweise die tatsächlichen Wellenlängen der Emitter ermittelt. Vorzugsweise werden dabei gezielt eingebrachte Wellenlängenunterschiede erfasst. In alternativer vorteilhafter Variante werden Wellenlängenunterschiede erfasst, die nicht gezielt eingebracht wurden, aber trotzdem vorhanden sind. In vorteilhafter Variante werden sowohl gezielt eingebrachte wie nicht gezielt eingebrachte

Wellenlängenunterschiede erfasst. In vorteilhafter Variante kann die Wellenlängencharakteristik der Detektoren in analoger Vorgehensweise zur Wellenlänge der Emittoren erfasst werden. In alternativer vorteilhafter Variante wird die Wellenlängencharakteristik des Emittor-Detektor Paares statt der Wellenlänge des Emittors verwendet. Für die Nutzung von NkCs in Kombination mit MSRRS-Sensoren, werden vorzugsweise die tatsächlichen Abstände zwischen den Emittoren und Detektoren eines Emittor-Detektor Paares, für welches eine Lichtintensität erfasst wurde, ermittelt. Vorzugsweise werden dabei gezielt eingebrachte Abstandsunterschiede erfasst. In alternativer vorteilhafter Variante werden Abstandsunterschiede erfasst, die nicht gezielt eingebracht wurden, aber trotzdem vorhanden sind. In vorteilhafter Variante werden sowohl gezielt eingebrachte wie nicht gezielt eingebrachte Abstandsunterschiede erfasst.

Für die Nutzung von NkCs in Kombination mit MSRRS-Sensoren, werden vorzugsweise Kennzahlen für die tatsächliche Emissionsrichtcharakteristik und/oder Detektionsrichtcharakteristik zwischen den Emittoren und Detektoren eines Emittor-Detektor Paares, für welches eine Lichtintensität erfasst wurde, ermittelt. Vorzugsweise werden dabei gezielt eingebrachte Kennzahlunterschiede erfasst. In alternativer vorteilhafter Variante werden Kennzahlunterschiede erfasst, die nicht gezielt eingebracht wurden, aber trotzdem vorhanden sind. In vorteilhafter Variante werden sowohl gezielt eingebrachte, wie nicht gezielt eingebrachte Kennzahlunterschiede erfasst. Dies kann in vorteilhafter Ausführung durch eine gezielte Vermessung der produzierten Sensoren erfolgen. In alternativer vorteilhafter Variante kann die Variation durch gezielte Produktion eingebracht werden. In vorteilhafter Variante kann eine Vermessung der Sensoren so entfallen.

In alternativer vorteilhafter Variante kann die Variation aus Messdaten abgeleitet werden, die während der Nutzung des Sensors durch den Nutzer entstehen. In vorteilhafter Variante werden dabei Emittor-Detektor Paare verglichen, bei denen Emittor und/oder Detektoren einer Gruppe annähernd gleicher Emittor bzw. Detektoren zugehörig sind. In dieser vorteilhaften Variante kann so auch nach Verkaufsstart eine Verbesserung der Genauigkeit der in den Markt gebrachten Sensoren erreicht werden. In vorteilhafter Variante bietet die eingebrachte Variation einen Gewinn an Information, so dass eine genauere Konzentrationsbestimmung ermöglicht wird.

In vorteilhafter Variante wird eine oder mehrere der oben beschriebenen erfassten Kategorien von Informationen mit den Daten verknüpft. Besonders vorteilhaft ist es, wenn zumindest eine Wellenlängeninformation und eine Emittor-Detektor Abstandsinformation zu jedem Rohdatenpunkt vorliegt. Ein Rohdatenpunkt entspricht in vorteilhafter Ausführung der Lichtintensität, die bei Aktivierung eines Emittor-Detektor Paares gemessen wird. In vorteilhafter Ausführung werden defekte Emittor und Detektoren, sowie anderweitig nicht zu verwendende

Detektoren und Emitter festgestellt. Bei einer Messung werden nun in vorteilhafter Ausführung alle Rohdatenpunkte von nicht als defekt festgestellten Emitter-Detektor-Paaren zusammen mit der jeweiligen Rohdatenposition als Eingabe für das NkC verwendet. In vorteilhafter Ausgestaltung wird festgestellt, welche Emitter und/oder Detektoren nicht zu verwenden sind, bevor der Sensor ausgeliefert wird. Dadurch können Produktionsfehler ausgeglichen werden.

In alternativer vorteilhafter Ausgestaltung wird festgestellt, welche Emitter und/oder Detektoren nicht zu verwenden sind, nachdem der Sensor zum Kunden ausgeliefert wurde. Dadurch können in vorteilhafter Variante Defekte am Sensor ausgeglichen werden. Dadurch können in alternativer vorteilhafter Variante fehlerhafte Messungen kompensiert werden. In vorteilhafter Variante werden Emitter oder Detektoren, die bei der Messung keinen ausreichenden Hautkontakt hatten nicht als Eingabe für das NkC verwendet. In alternativer vorteilhafter Variante werden andere Störeinflüsse wie z.B. Hautunregelmäßigkeiten, Tattoos, physiologische Besonderheiten als Ausschlusskriterien für Emitter und/oder Detektoren festgelegt.

In alternativer vorteilhafter Variante können auch einzelne oder mehrere Rohdatenpunkte, also die gemessene Lichtintensität eines Emitter-Detektor Paares ausgeschlossen werden. In vorteilhafter Variante wird durch Analyse der gemessenen Rohdaten der auszuwertenden Messung erkannt, ob ein Rohdatenpunkt als Eingabe für das NkC verwendet werden soll. In alternativer vorteilhafter Variante wird durch Analyse der gemessenen Rohdaten anderer Messungen desselben Sensors erkannt, ob ein Rohdatenpunkt als Eingabe für das NkC verwendet werden soll.

In vorteilhafter Variante wird durch Produktionstests erkannt, ob ein Rohdatenpunkt als Eingabe für das NkC verwendet werden soll. Das NkC wird in vorteilhafter Ausführung anhand von einem Datensatz von mehreren Messungen trainiert, die Konzentration einer Substanz der jeweiligen Eingabe zu berechnen. In vorteilhafter Ausführung werden dabei Optimierungsverfahren eingesetzt. In vorteilhafter Ausführung stammen die im Training verwendeten Daten von mehreren verschiedenen Sensoren. In vorteilhafter Ausführung stammen die im Training verwendeten Daten von mehreren verschiedenen Proben.

Alternative Variante der Erfindung

Die folgenden Ausführungsformen stellen eine alternative Variante der Erfindung dar, die aus dem Prioritätsdokument übernommen wurde.

Diese Ausführungsform ist in vielen Aspekten ähnlich zu der bereits beschriebenen. Aspekte der folgenden Ausführungsformen können mit den Aspekten der bereits beschriebenen Ausführungsform kombiniert werden. Einschränkungen der im folgenden beschriebenen Ausführungsform sind keine Einschränkungen, die zwingend für die bereits erläuterte Ausführungsform gelten müssen.

Gerät und Verfahren zur Optimierung des persönlichen Wohlbefindens**Beschreibung des Problems**

Es ist allgemein bekannt, dass die Ernährung einen erheblichen Einfluss auf das Wohlbefinden und die Gesundheit des Menschen hat. Eine ausgewogene Ernährung mit viel Obst und Gemüse reduziert beispielsweise das Risiko an typischen Zivilisationserkrankungen wie beispielsweise Herz-Kreislauferkrankung oder Krebs zu erkranken. Eine wichtige Rolle spielen dabei die in Obst und Gemüse enthaltenen Antioxidantien, die als Radikalfänger die negative Wirkung oxidativen Stresses vermeiden helfen. Die Weltgesundheitsbehörde und viele nationale Gesundheitsministerien raten daher zum täglichen Verzehr von größeren Mengen an Obst und Gemüse. Die deutsche Gesellschaft für Ernährung empfiehlt beispielsweise den Verzehr von 650g /Tag. Ein stark antioxidative wirkende Substanz sind die Carotinoide, die als der beste Marker für den Verzehr von Obst und Gemüse gelten (siehe Studie National Academy of Science).

Trotz vieler Empfehlungen und Kampagnen von Seiten der Gesundheitsbehörden, Ärzten, Ernährungsberatern oder anderer öffentlicher sowie privater Institutionen, liegt in der Praxis der reale Verzehr von Obst und Gemüse meist deutlich unter diesen Empfehlungen (siehe z.B. Nationale Verzehrstudie Deutschland). Entsprechend hoch sind die gesundheitlichen Kosten, die weltweit damit verbunden sind. Die Frage ist deshalb, gibt es technische Mittel, mit denen eine Verhaltensänderung des Bürgers angestoßen und nachhaltig gefördert werden kann?

Die Qualität von Ernährung und der Umfang an Bewegung spielen beispielsweise bei einem anderen Problem eine entscheidende Rolle, der Übergewichtigkeit. In 2015 waren weltweit 2,2 Billionen Menschen übergewichtig. Zwischen 1980 und 2015 hat sich die Zahl der adipösen Menschen (BMI>30) verdoppelt. Übergewichtigkeit und Adipositas ist meist verbunden mit Folgeerkrankungen wie beispielsweise Diabetes mellitus Typ 2, Gicht, Vorhofflimmern oder

koronarer Herzkrankheiten. Hinzu kommen weltweit eine große Zahl von Menschen, die zwar im medizinischen Sinn nicht als übergewichtig gelten, die aber mit lästigen Pfunden aus ästhetischen Gründen kämpfen und deren Wohlbefinden infolge subjektiv empfundener Gewichtsprobleme stark leidet. Zunehmender beruflicher Stress, unzureichende Bewegung, unausgewogene Ernährung und der Verzehr von Convenience Food bzw. Fast Food statt dem eigenen Kochen einer Mahlzeit, sind einige Gründe für ungewollte Gewichtszunahme. Auch der verzweifelte Versuch durch Diät und ein Mehr an Bewegung lästige Pfunde zu verlieren, schlägt meist fehl. Auch hier stellt sich die Frage, gibt es technische Mittel oder eine technische Unterstützung, die Menschen helfen mit diesem Problem fertigzuwerden? Nach dem Stand der Technik gibt es bislang nur Lösungen oder technische Geräte, die unabhängig voneinander Teilaspekte dieser Problemlagen mit Hilfe unterschiedlicher technischer Lösungsansätze angehen:

Personenwagen ermöglichen die Überprüfung des Körpergewichts bzw. messen zusätzlich noch den Fettanteil im Körper, Schrittzähler zählen die Anzahl der täglichen Schritte als Maß für Bewegung und bestimmen daraus den Kalorienverbrauch, Smart Watches und Fitnessuhren messen darüber hinaus noch zusätzlich Herzfrequenz und Sauerstoffsättigung und informieren, wann beim Trainieren eine Herzfrequenz erreicht ist, bei der Fettabbau einsetzt, Apps zeigen beim Fahrradfahren und Wandern zurückgelegte Wegstrecken, damit verbundene Höhenprofile und berechnen daraus verbrauchte Kalorien. Was fehlt ist ein System, das diese Teilaspekte integriert, sodass verschiedene Aspekte der Ernährung und des Lebenswandels berücksichtigt werden und damit ein umfassendes gesundheitliches Wohlbefinden nachhaltig erreicht werden kann.

Die hier beschriebene Erfindung zeigt ein technisches System, das durch Messung verschiedener Parameter und/oder Substanzen den physiologischen Zustand eines Individuums abschätzt und auf Basis von Algorithmen und gesammelten Daten Empfehlungen zum Verhalten, zur Ernährung, zu Medikamenten oder weiteren Einflussmöglichkeiten ermittelt.

Beschreibung

Das System besteht aus zumindest einer oder mehreren Sensorik Komponenten, einer oder mehrerer Datenverarbeitungsvorrichtungen und in vorteilhafter Variante zusätzlich aus einer oder mehrerer Anzeigeeinrichtungen. In vorteilhafter Variante gehört zum System außerdem zumindest eine Datenspeicherungsvorrichtung. Die oben genannten Systemkomponenten können in ein Gerät integriert sein. Ihre Funktionalität kann aber auch auf mehrere Geräte aufgeteilt sein. Insbesondere bezüglich der Datenverarbeitung und Anzeige werden in vorteilhafter Variante Systeme genutzt, mit denen Nutzer sowieso ausgestattet sind. Dies können z.B. Smartphones, Smartwatches, Computer oder ähnliche Geräte sein. Insbesondere können Datenverarbeitungsfunktionen auch in

der Cloud erfolgen. In vorteilhafter Variante erfolgt die Datenspeicherung auf einem über das Internet erreichbaren Server. In vorteilhafter Variante können Daten verschiedener Nutzer herangezogen werden, um für einen Nutzer Empfehlungen zu berechnen. Insbesondere können somit statistische Grundlagen zur Optimierung der Empfehlungen automatisiert einfließen.

In einer vorteilhaften Ausführung kann das erfindungsgemäße System als eigenständiges Messgerät ausgeführt werden, das ausschließlich der Messung bestimmter Parameter und/oder Substanzen und/oder physiologischer Zustände des Menschen dient. In einer weiteren bevorzugten Ausführung kann das erfindungsgemäße Gerät oder Teile des Geräts wie z.B. die Sensorik-Komponenten in andere technische Systeme integriert werden, die ihre eigene Funktionalität besitzen und die der User in unterschiedlichen Zusammenhängen nutzt. Beispielsweise beim Kochen, der Hygiene, beim Sport, zur Kommunikation, beim Wandern, bei der Fortbewegung, bei der Fortbewegung mit Hilfe technischer Geräte wie beispielsweise Flugzeuge, Autos, Zweiräder oder im Arbeitsprozess. Die Integration kann beispielsweise in folgende technische System Gegenstände oder Materialien erfolgen: Smartphone, Smart Watch, Fitness Tracker, Schrittzähler, Armband, Kompass, Höhenmesser, Gehhilfen, Kleidung, Handschuhe, Computermouse, Telefonhörer, Armlehne, Griffe, Lenkräder, Küchengeräte, Personenwaagen, Küchenwaagen, Toilettensitz, Brillen, Schalthebel, Armaturenbrett, Maschinen, die der Produktion von Gütern dienen. In einer vorteilhaften Variante des Systems können die mit dem System durchgeführten Messungen und/oder Messergebnisse und/oder Empfehlung nicht nur dem Nutzer des Systems zur Verfügung gestellt werden, sondern können auch an Dritte digital weitergeleitet oder nach Ausdruck analog an Dritte übergeben werden. Zur Gruppe der Dritten zählen natürliche Personen, juristische Personen oder Institutionen. Die digitale Weiterleitung kann automatisch erfolgen oder jeweils auf singuläre Veranlassung durch den Nutzer, durch den vom Nutzer dazu Autorisierten oder auf singuläre Veranlassung durch den Eigentümer des Systems.

Bei den natürlichen Personen kann es sich beispielsweise um medizinisches Personal wie z.B. Ärzte oder Heilpraktiker aber auch Ernährungsberater handeln. Beispielsweise kann die, die Daten erhaltende Person oder Institution, die Messergebnisse und/oder Empfehlungen durch eigene Daten ergänzen bzw. kommentieren, Messergebnisse und/oder Empfehlungen und/oder Ergänzungen und/oder Kommentare auf einem Medium speichern und/oder an die gemessene Person z.B. digital übermitteln. Im Fall der Kommentierung bzw. Ergänzung der Messergebnisse können diese Daten auch dazu genutzt werden, nachträglich die Beratung des einzelnen Nutzers zu optimieren oder aus der Zusammenfassung und/oder Analyse von Kommentaren bzw. Ergänzungen verschiedener Personen die Beratung eines einzelnen Nutzers verbessern.

Die Speicherung der weitergeleiteten Daten kann z.B. auch auf einem Medium passieren, dass der gemessenen Person gehört und dass z.B. beim Arztbesuch vorgelegt wird. Dabei kann es sich beispielsweise um die elektronische Gesundheitskarte handeln. Die Speicherung muss nicht direkt nach der digitalen Übermittlung erfolgen, sondern kann durch Download von einem Server, der z.B. über das Internet erreichbar ist, nachträglich erfolgen.

Bei den Institutionen kann es sich beispielsweise um Krankenhäuser, Krankenkassen oder öffentliche Institutionen wie Gesundheitsamt, Landes- oder Bundesministerien, statistische Ämter oder im Rahmen einer Umfrage, an die diese Umfrage durchführende Institution handeln, die die Ergebnisse in Printmedien oder digitalen Medien publiziert oder in Fernsehsendungen präsentiert. Die Weiterleitung der Messergebnisse und/oder Empfehlungen an Dritte kann verschlüsselt oder unverschlüsselt und/oder anonymisiert oder pseudonymisiert erfolgen.

Beispiele für Parameter und Körperstellen, die mit dem System gemessen werden können

In einer vorteilhaften Ausführung ist mit dem Messsystem die Messung von Körperfett, Wasser, Blutzucker und Carotinoiden in Gewebe und Blut möglich.

In einer weiteren technischen Ausführung ermöglicht die Erfindung gleichzeitig oder alternative die Messung von Cortisol, Alpha-Linolensäure (Omega-3-Fettsäure), Arachidonsäure (Omega-6-Fettsäure), Linolsäure (Omega-6 Fettsäure), Riboflavin (Vitamin B2) und C-reaktives Protein.

In einer über die zuvor genannten Ausführungen hinausgehenden Ausführung ermöglicht die Erfindung gleichzeitig oder alternativ die Messung von Telomeren oder Advanced Glycation End Products (AGE). In einer weiteren vorteilhaften Ausführung kann das Messgerät zum Nachweis von Malaria genutzt werden, indem z.B. Plasmodien im Blut gemessen werden.

Die Messung von Parametern und/oder Substanzen, mit denen der physiologische Zustand einer Person eingeschätzt werden kann, erfolgt in vorteilhafter Weise transkutan und kann an unterschiedlichen Körperstellen erfolgen. In einer bevorzugten Variante erfolgt die Messung an Körperstellen, die normalerweise nicht durch Kleidung verdeckt sind. In einer weiteren bevorzugten Variante erfolgt die Messung an Körperstellen mit geringerer Pigmentierung. Beispielsweise kann dies die Innenseite der Hand im Bereich des Daumenballens sein oder die Fußsohle der zu messenden Person. Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass in einer bevorzugten Ausführung beim Messen mit dem Gerät die zu messende Körperstelle für die Messung nicht durch Waschen, desinfizieren, vorwärmen, kühlen, trockenreiben, durch Abtragung verhornter oder toter Hautschicht oder durch Verdampfen der obersten Hautschicht, vorbehandelt werden muss, um korrekte und wiederholgenaue Messergebnisse zu erzeugen.

Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass in einer weiteren bevorzugten Ausführung die zu messende Körperstelle im vorgenannten Sinn auf unterschiedliche Weise vorbehandelt werden kann und aus den Messergebnissen z.B. die Art der Vorbehandlung bestimmt werden kann. Überraschenderweise konnte in einer bevorzugten Ausführung festgestellt werden, dass die Messung zu exakten und wiederholgenauen Messergebnissen führt, wenn die Messung nicht an Körperstellen stattfindet, an denen sich ein Tattoo und/oder eine Narbe und/oder eine Wunde und/oder eine Verletzung und/oder eine Talgdrüse und/oder eine Schweißdrüse und/oder ein Blutgefäß und/oder eine Verschmutzung und/oder Feuchtigkeit und/oder Schweiß und/oder Blut und/oder Haare und/oder Muttermale und/oder Altersflecken und/oder Falten und/oder Hautdellen und/oder Hautcreme und/oder Sonnencreme bzw. Sonnenmilch und/oder Hautlotion und/oder Parfüm befindet.

Überraschenderweise konnte in einer bevorzugten Ausführung festgestellt werden, dass bei Messungen an den vorgenannten Körperstellen exakte und wiederholgenaue Messergebnisse erzielt werden, aus denen z.B. die jeweilige Messstelle bestimmt werden kann.

Sensorik-Komponenten

In bevorzugter Weise verwendet ein optisches System, das verschiedene Parameter und/oder Substanzen und/oder physiologische Zustände des Individuums misst, als Sensorik-Komponenten Emitter und Detektoren, die Photonen in einem Wellenlängenbereich emittieren und detektieren, die auf die jeweiligen Parameter, Substanzen, physiologischen Zustände abgestimmt sind. In Abhängigkeit des Parameters, der Substanz, bzw. physiologischen Zustands und/oder der Anzahl der Parameter, Substanzen bzw. physiologischen Zustände, die gemessen werden sollen, besitzen die Systeme eine unterschiedliche Zahl von Emitter und Detektoren. Sie decken zusammen Wellenlängenbereiche ab, die die Messung der Parameter und/oder Substanzen und/oder physiologischen Zustände möglich machen. Das bedeutet, dass das System als Sensorik-Komponenten z.B. Emitter und Detektoren umfasst, die in ihren technischen Eigenschaften gleich und/oder nicht-gleich, d.h. unterschiedlich sein können. Bei den Emitttern kann es sich z.B. um LED, Glühlampen oder generell um Komponenten handeln, die Photonen in gleichen oder unterschiedlichen Wellenlängen abstrahlen. Bei Detektoren kann es sich z.B. um Dioden, Fototransistoren oder Transistoren, Kondensatoren oder generell um Komponenten handeln, die von Emitttern ausgesendete bzw. abgestrahlte Photonen aufnehmen und z.B. in Signale umwandeln können, um Parameter, Substanzen und/oder physiologische Zustände des Individuums zu messen.

Gleiche Sensorik-Komponenten

In einer vorteilhaften Variante umfasst das System Emittoren, bei denen gleiche-Emittoren und/oder Emittoren gleichen Typs untereinander Schwankungen in ihren optischen Eigenschaften aufweisen. Das gilt z.B. für optische Eigenschaften wie das emittierte Wellenlängenspektrum (niedrigste Wellenlänge bis höchste Wellenlänge), die Peakwellenlänge, die Schwerpunktwellenlänge, die Peak-Halbwertsbreite, die volle Halbwertsbreite (FWHM), die halbe Halbwertsbreite (HWHM), die Abstrahlcharakteristik, die Temperaturabhängigkeit, die Helligkeit (Leucht- und Strahldichte) und die Stromaufnahme. In einer vorteilhaften Variante umfasst das System Detektoren, bei denen gleiche-Detektoren untereinander und/oder Detektoren gleichen Typs untereinander, Schwankungen in ihren optischen und/oder elektrischen Eigenschaften aufweisen. Das gilt z.B. für die Peakwellenlänge und Schwerpunktwellenlänge des Wellenlängenbereichs, in dem die Detektoren Photonen aufnehmen und den Verstärkungsfaktor, mit dem die aufgenommenen Photonen in elektrische Signale umgewandelt werden, die Signalantwort, die Responsivität, das Signal-Rausch-Verhältnis. Unter Schwankungen gleicher Sensorik-Komponenten, also Schwankungen von Emittoren oder Emittoren gleichen Typs und Schwankungen gleicher Detektoren oder Detektoren gleichen Typs, verstehen wir jeweils begrenzte Unterschiede in zumindest einer optischen und/oder elektrischen Eigenschaft der Emittoren und Detektoren untereinander. Damit unterschiedliche Werte einer technischen Eigenschaft als Schwankungen von gleichen Sensorik-Komponenten bzw. Sensorik-Komponenten gleichen Typs gelten, müssen die jeweiligen Werte innerhalb der Grenzen eines definierten Intervalls liegen. Je nach technischer Eigenschaft können die Intervalle unterschiedlich sein.

In besonders vorteilhafter Variante ist die Verteilung der Werte der optischen und/oder elektrischen Eigenschaften gleicher Sensorik-Komponenten bei in Serie produzierten Messgeräten nicht für jedes produzierte Messgerät gleich. Die Verteilung der Schwankung kann auf verschiedene Arten in das Messgerät eingebracht werden. Eine vorteilhafte Methode ist es, Sensorik-Komponenten zu selektieren und bei der Bestückung des Messgeräts mit Emittoren und Detektoren gezielt jeweils einige Komponenten mit höheren und einige mit niedrigeren Werten der jeweiligen Eigenschaft einzusetzen. In alternativer Variante wird die Schwankung in den optischen Eigenschaften gleicher Sensorik-Komponenten erzeugt, indem eine Menge Sensorik-Komponenten gebildet wird, in der der Wert der optischen und/oder elektrischen Eigenschaft innerhalb eines Intervalls liegt. Bei der Bestückung des Messgeräts mit Emittoren und Detektoren kann eine zufällige Auswahl einer Komponente dieser Menge für jede Bestückungsposition erfolgen, sodass die Schwankung statistischer Natur ist. Der Vorteil der Verwendung von gleichen-Emittoren und/oder Detektoren, die in bestimmten Grenzen Schwankungen in mindestens einer Eigenschaft aufweisen, besteht darin, dass infolge der Schwankung mehr Informationen und

Gradienten über den zu messenden Parameter oder die zumessende Substanz oder den zu messenden physiologischen Zustand gesammelt werden als bei einem Gerät, das diese Schwankungen bei gleichen-Emittern oder Detektoren nicht aufweist. Aufgrund der auf diese Weise erzielten größeren Informationsbreite, erhöht sich die Messgenauigkeit des Messgeräts. Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass es im Produktionsprozess möglich ist die höhere Messgenauigkeit auf alle produzierten Geräte zu übertragen, den Standardmessfehler der Geräte zu verringern und die Geräte so zu kalibrieren, dass beispielsweise beim Messen ein und derselben Person die Messergebnisse der Geräte weniger voneinander abweichen. Beispielsweise können dazu im Produktionsprozess Messungen an Prüfkörpern vorgenommen werden und die sich insgesamt aus der Schwankung gleicher-Sensorik-Komponenten sich ergebende größere Datenmenge mit Hilfe von KI analysiert werden. Das Ergebnis sind z.B. gerätespezifische Algorithmen zur Messung der Konzentration von Parametern, Substanzen bzw. von physiologischen Zuständen des Menschen. Darüber hinaus ergeben sich Kostenvorteile, da bei Verwendung derartiger Sensorik-Komponenten geringere Anforderungen an die Herstellung der Emitter und Detektoren bzw. ihrer Selektion nach der Herstellung gestellt werden können.

Beschreibung der Intervalle von gleichen-Sensorik-Komponenten

In Abhängigkeit von den zu messenden Substanzen bzw. den zu messenden physiologischen Zuständen, muss das Messgerät über Emitter verfügen, die Photonen mit bestimmten Wellenlängen in die Haut einstrahlen können und Detektoren, die diese erfassen. Sobald für den Messbereich mehr als ein Emitter benötigt wird, um die Konzentration einer Substanz bzw. den physiologischen Zustand bestimmen zu können, lassen sie sich die Emitter und die für die Detektion der Photonen passenden Detektoren Wellenlängen-Intervallen zuordnen.

Im Rahmen dieser Patentschrift wird die Größe des Intervalls (Intervalllänge) als Wert zwischen der unteren und oberen Grenze des Intervalls bestimmt. In einer bevorzugten Ausführung können einzelne Emitter oder Detektoren nur einem Intervall zugehörig sein. In einer ebenfalls bevorzugten Lösung dürfen sich die Grenzen der Intervalle nicht überdecken.

In einer ebenfalls bevorzugten Lösung beträgt die Differenz zwischen der oberen Grenze eines Intervalls und der unteren Grenze eines anderen Intervalls bis zu 1 nm. In weiteren bevorzugten Varianten beträgt die Differenz bis zu 2nm, bis zu 5nm, bis zu 10nm, bis zu 20nm, bis zu 50nm, bis zu 100nm, bis zu 200nm, bis zu 500nm, bis zu 1000nm. In einer bevorzugten Lösung kann das Messgerät über Emitter oder Detektoren verfügen, die sich nicht einem Intervall zuordnen lassen. Diese Sensorik-Komponenten gelten als nicht-gleiche Sensorik-Komponenten. In einer anderen bevorzugten Lösung kann das Messgerät über mehrere solcher Emitter oder Detektoren verfügen.

Der Wellenlängenbereich, den alle Intervalle mit gleichen Sensorik-Komponenten eines Messgeräts zusammen abdecken, ist wie folgt definiert: Im Vergleich aller Intervalle eines Messgeräts untereinander ergibt sich der Wellenlängenbereich, den alle Intervalle zusammen abdecken, aus der geringsten unteren Grenze und der höchsten obersten Grenze aller Intervalle (vgl. Fig. 14, 14a). In einer bevorzugten Ausführung beträgt diese Differenz zwischen dem geringsten untersten Wert und dem höchsten obersten Wert aller Intervalle bis zu 10nm. In ebenfalls bevorzugten Ausführungen beträgt sie bis zu 20nm, bis zu 50nm, bis zu 100nm, bis zu 200nm, bis zu 500nm, bis zu 1000nm, bis zu 1500nm oder bis zu 3000nm.

In einer besonders bevorzugten Variante verteilen sich beispielsweise die Intervalle eines Messgeräts auf Frequenzbereiche des blauen, grünen, roten, nahes Infraroten (NIR) Lichts.

Fig. 14 und Fig. 14a zeigen dies beispielhaft für die technische Eigenschaft der Peakwellenlängen und der Halbwertsbreite von Emitttern. In einer bevorzugten Variante können die Intervalllängen der verschiedenen Intervalle einer technischen Eigenschaft identisch sein, wie am Beispiel der Peakwellenlänge von Emitttern gezeigt (vgl. Fig. 14). Die Intervalllängen für die verschiedenen Intervall im blauen, grünen, roten und NIR-Bereich des Lichts betragen jeweils 10nm.

Intervalle der Peakwellenlänge gleicher-Emitter			
Frequenzbereich	Untere Intervallgrenze	Obere Intervallgrenze	Intervalllänge
Blau	460nm	470nm	10nm
Grün	530nm	540nm	10nm
Rot	650nm	660nm	10nm
NIR	850nm	860nm	10nm

In einer weiteren bevorzugten Variante gibt es Unterschiede in den Intervalllängen einer technischen Eigenschaft, wie dies beispielhaft für die Halbwertsbreite von Emitttern gezeigt ist (vgl. Fig. 14a).

Intervalle der Halbwertsbreiten gleicher-Emitter			
Frequenzbereich	Untere Intervallgrenze	Obere Intervallgrenze	Intervalllänge
Blau	454nm	476nm	22nm
Grün	520nm	547nm	27nm
Rot	640nm	668nm	28nm
NIR	840nm	870nm	30nm

In einer besonders bevorzugten Variante kann das Messgerät über Intervalle verfügen, deren Intervallgrenzen so ausgelegt sind, dass es über den gesamten Frequenzbereich, den beispielsweise die Emitter eines Messgeräts abdecken, keine Lücken zwischen den Intervallen gibt.

Die Fig. 14 und 14a macht am Beispiel der Emitter deutlich, dass durch Verwendung gleicher-Sensorik-Komponenten, die jedoch innerhalb von Intervallgrenzen untereinander schwanken, mehr Informationen generiert wird, weil die Bandbreite des emittierten Lichts größer wird. Messgeräte, bei denen gleiche Sensorkomponenten diese Schwankungen nicht aufweisen, haben zwangsweise eine geringere Bandbreite beim emittierten Licht. Die mit der Messung verbundene Breite an generierter Information ist folglich geringer. In einer vorteilhaften Ausführung wird über die Gestaltung der Intervalle für gleiche Sensorkomponenten, deren technische Eigenschaft innerhalb eines Intervalls schwanken, Einfluss auf die Genauigkeit der Messung einer Substanz genommen. Dabei kommt folgendes Prinzip zur Anwendung:

Je kleiner die Intervalllänge und je größer die Zahl der Sensorkomponenten in einem Intervall, je höher ist die spektrale Auflösung bei der Messung der Substanz oder eines physiologischen Zustands und je genauer ist die Bestimmung der entsprechenden Konzentration.

In einer weiteren bevorzugten Lösung können einzelne Emitter oder Detektoren mehr als einem Intervall zugehörig sein. In einer bevorzugten Lösung darf es Überschneidungen zwischen der oberen Grenze eines Intervalls und der unteren Grenze eines anderen Intervalls geben. In einer ebenfalls bevorzugten Variante darf die Überschneidung bis zu 2nm, bis zu 5nm, bis zu 10nm, bis zu 20nm, bis zu 50nm betragen.

In einer bevorzugten Variante müssen die Überschneidungen für den jeweiligen Bereich nicht gleich sein, es kann Kombinationen von unterschiedlichen Überschneidungsbreiten geben.

In einer weiteren bevorzugten Variante gibt es sowohl Lücken zwischen den Intervallen als auch direkt an ein Intervall anschließendes Intervall und Überschneidungen der Intervalle. Beispielhaft soll das anhand der Peakwellenlänge von Emittoren für den Wellenlängenbereich von 250nm bis 460nm gezeigt werden: Ein Intervall mit einer Intervalllänge von 50nm deckt den Bereich von 250nm-300nm ab, ein direkt anschließendes Intervall mit einer Intervalllänge von 10nm deckt den Bereich von 301nm-311nm ab, ein weiteres Intervall mit einer Intervalllänge von 50nm deckt den Bereich von 320nm-370nm ab, ein überdeckendes Intervall mit einer Intervalllänge von 30nm deckt den Bereich von 360nm-390nm ab, ein weiteres Intervall mit einer Intervalllänge von 50nm deckt den Bereich von 410nm-460nm ab.

In einer bevorzugten Ausführung beträgt der Wellenlängenbereich, den alle Intervalle gleicher-Sensorik-Komponenten bei einer Eigenschaft zusammen abdecken bis zu 50nm. In weiteren bevorzugten Varianten beträgt er bis zu 100nm, bis zu 200nm, bis zu 400nm, bis 600nm, bis zu

800nm oder mehr als 800nm. In einer weiteren bevorzugten Variante beginnt der Wellenlängenbereich, den alle Intervalle gleicher-Sensorik-Komponenten bei einer Eigenschaft zusammen abdecken zwischen 200nm und 250nm. In weiteren bevorzugten Varianten beginnt er zwischen 250nm und 350nm, zwischen 350nm-450nm, zwischen 450nm-550nm, zwischen 550nm und 800nm oder zwischen 800nm und 1400nm.

In einer weiteren bevorzugten Variante endet der Wellenlängenbereich, den alle Intervalle gleicher-Sensorik-Komponenten bei einer Eigenschaft zusammen abdecken bei 2000nm. In weiteren bevorzugten Varianten endet er zwischen 1500nm und 2000nm, zwischen 1000nm und 1500nm, zwischen 500 und 1000nm oder zwischen 200nm und 500nm.

Emitter

Für die Zuordnung von Emitttern zu einer Gruppe gleicher-Emitter wird beispielsweise für die Peakwellenlänge und/oder die Schwerpunktwellenlänge der Emitter in vorteilhafter Variante eines der folgenden Intervalle gewählt: 1nm, 3nm, 5nm, 10nm, 20nm, 50nm.

In einer vorteilhaften Variante müssen sich in jedem Intervall mind. 2 Emitter befinden. In weiteren vorteilhaften Varianten müssen sich mind. 3, mind. 4, mind. 5, mind. 6, mind. 7, mind. 8, mind. 9, mind. 10 Emitter in einem Intervall befinden. In einer bevorzugten Variante gibt es in einem Intervall mind. 2 Emitter, deren Peakwellenlänge und/oder Schwerpunktwellenlänge sich um mind. 0,5nm unterscheidet. In weiteren bevorzugten Ausführungen beträgt der Unterschied mind. 1nm, mind. 2nm, mind. 4nm, mind. 8nm, mind. 10nm.

In einer alternativen vorteilhaften Variante tritt der oben beschriebene Unterschied in der Peakwellenlänge und/oder Schwerpunktwellenlänge der Emitter nur bei einem Teil der produzierten Messgeräte auf. Vorzugsweise bei mind. 1%, besonders bevorzugt bei mind. 10% und besonders bevorzugt bei mind. 90% der Messgeräte.

Als Intervalllänge für die Zuordnung von Emitttern zu einer Gruppe gleicher-Emitter wird beispielsweise für die volle Halbwertsbreite (FWHM) der Emitter in vorteilhafter Variante eines der folgenden Intervalle gewählt: 5nm, 10nm, 15nm, 20nm, 30nm, 40nm, 50nm, 100nm, 150nm, 200nm, 250nm, 300nm, 400nm, 500nm, 600nm (vgl. Fig. 14d).

Analog wird beispielsweise für die halbe Halbwertsbreite (HWHM) der Emitter in vorteilhafter Variante eines der folgenden Intervalle gewählt: 2nm, 5nm, 7nm, 10nm, 15nm, 20nm, 25nm, 50nm, 75nm, 100nm, 125nm, 150nm, 200nm, 250nm, 300nm. In einer vorteilhaften Variante müssen sich für FWHM in jedem Intervall mind. 2 Emitter befinden. In weiteren vorteilhaften Varianten müssen sich mind. 3, mind. 4, mind. 5, mind. 6, mind. 7, mind. 8, mind. 9, mind. 10 Emitter in einem Intervall befinden. Dies gilt analog auch für HWHM.

In einer bevorzugten Variante gibt es in einem Intervall mind. 2 Emitter, deren volle Halbwertsbreite (FWHM) sich um bis zu 1nm unterscheidet. In weiteren bevorzugten Ausführungen beträgt der Unterschied bis zu 2nm, bis zu 4nm, bis zu 8nm, bis zu 10nm, bis zu 20nm, bis zu 40nm, bis zu 50nm, bis zu 100nm, bis zu 150nm.

Analog gilt für die halbe Halbwertsbreite, dass sich mind. 2 Emitter in einem Intervall befinden müssen, deren HWHM sich um bis zu 0,5nm unterscheiden. In weiteren bevorzugten Ausführungen beträgt der Unterschied bis zu 1nm, bis zu 2nm, bis zu 4nm, bis zu 5nm, bis zu 10nm, bis zu 20nm, bis zu 25nm, bis zu 50nm, bis zu 75nm.

In einer alternativen vorteilhaften Variante tritt der oben beschriebene Unterschied in der Halbwertsbreite der Emitter nur bei einem Teil der produzierten Messgeräte auf. Vorzugsweise bei bis zu 1%, besonders bevorzugt bei bis zu 10% und besonders bevorzugt bei bis zu 90% der Messgeräte. Dies gilt für VWHM und HWHM der Emitter. In vorteilhafter Variante weist das Messgerät im vorgenannten Sinn bei mindestens einer Eigenschaft der Emitter mindestens 1 Gruppe gleicher-Emitter auf (vgl. Fig. 14d). In bevorzugter Variante weist das Gerät eine Gruppenanzahl von mind. 2, bis zu 4, bis zu 8, bis zu 16 oder mehr solcher Gruppen auf.

In vorteilhafter Variante weist das Messgerät im vorgenannten Sinn bei mindestens einer Eigenschaft der Emitter innerhalb einer Gruppe gleicher-Emitter eine Emitter Anzahl von mind. 2, bevorzugt mind. 3 (vgl. Fig. 14c), bevorzugt mind. 4 (vgl. Fig. 14c), bevorzugt mind. 5, bevorzugt mind. 6 (vgl. Fig. 14), bevorzugt mind. 7, bevorzugt mind. 8, bevorzugt mind. 9, bevorzugt mehr als 10 Emitter auf.

In bevorzugter Variante beinhaltet das Messgerät im vorgenannten Sinn bei mindestens einer Eigenschaft der Emitter einige Gruppen gleicher-Emitter, die eine größere Anzahl von Emittlern haben, während andere Gruppen eine geringere Anzahl von Emittlern haben (vgl. Fig. 14).

In vorteilhafter Weise gibt es bei dem Messgerät bei mindestens einer Eigenschaft der Emitter mind. eine erste Gruppenanzahl gleicher-Emitter aus der obigen Menge vorteilhafter Gruppenanzahlen, die mind. eine Emitter Anzahl der oben angegebenen vorteilhaften Emitter Anzahlen enthalten (vgl. Fig. 14). In vorteilhafter Weise gibt es bei dem Messgerät bei mindestens einer Eigenschaft der Emitter mind. eine weitere Gruppenanzahl aus der obigen Menge vorteilhafter Gruppenanzahlen, die mind. eine Emitter Anzahl der oben angegebenen vorteilhaften Emitter Anzahlen enthalten (vgl. Fig. 14).

Besonders vorteilhaft gibt es bei dem Messgerät bei mindestens einer Eigenschaft der Emitter beispielsweise mind. 3 Gruppen gleicher-Emitter mit mind. je 4 Emittlern. In vorteilhafter Variante ist bei mindestens einer Eigenschaft der Emitter zusätzlich mind. eine Gruppe gleicher-Emitter mit mind. 5 Emittlern vorhanden. In weiterer vorteilhafter Variante gibt es bei mindestens einer

Eigenschaft der Emitter mind. 4 Gruppen gleicher-Emitter mit je 2 Emittern (vgl. Fig. 14e). In einer bevorzugten Variante decken die Emitter eines Intervalls nicht die gesamte Breite des Intervalls ab. Das heißt, bei Emittern, die einem Intervall zugeordnet sind, streuen die Werte der Eigenschaft nicht so stark, bzw. unterscheiden sie sich die Werte nicht so stark, dass die volle Bandbreite des Intervalls erforderlich ist, damit diese Emitter dem Intervall zuordnen werden können (vgl. Fig. 14e). In einer stärker bevorzugten Variante decken die Emitter eines Intervalls die gesamte Breite des Intervalls ab. Das heißt, bei Emittern, die einem Intervall zugeordnet sind, streuen die Werte der Eigenschaft so, bzw. unterscheiden sie sich die Werte so stark, dass die volle Bandbreite des Intervalls erforderlich ist, damit diese Emitter dem Intervall zuordnen werden können (vgl. Fig. 14a, Intervall Blau (10cb))

In einer bevorzugten Variante ist der Wellenlängenbereich, den alle Intervalle mit gleichen-Emittern in der Summe zusammen abdecken kleiner als der Wellenlängenbereich, den die Lücken zwischen den Intervallen in Summe zusammen abdecken. In weiteren bevorzugten Varianten ist der Wellenlängenbereich, den alle Intervalle mit gleichen-Emittern in der Summe zusammen abdecken beispielsweise um bis zu 20nm kleiner, beispielsweise um bis zu 40nm kleiner, beispielsweise um bis zu 80nm kleiner, beispielsweise um bis zu 100nm kleiner, beispielsweise um bis zu 200nm kleiner, beispielsweise um bis zu 400nm kleiner, beispielsweise um bis zu 800nm kleiner als der Wellenlängenbereich, den die Lücken zwischen den Intervallen in Summe zusammen abdecken. In einer bevorzugten Variante ist der Wellenlängenbereich, den alle Intervalle mit gleichen-Emittern in der Summe zusammen abdecken größer als der Wellenlängenbereich, den die Lücken zwischen den Intervallen in Summe zusammen abdecken. In weiteren bevorzugten Varianten ist der Wellenlängenbereich, den alle Intervalle mit gleichen-Emittern in der Summe zusammen abdecken beispielsweise um bis zu 20nm größer, beispielsweise um bis zu 40nm größer, beispielsweise um bis zu 80nm größer, beispielsweise um bis zu 100nm größer, beispielsweise um bis zu 200nm größer, beispielsweise um bis zu 400nm größer, beispielsweise um bis zu 800nm größer als der Wellenlängenbereich, den die Lücken zwischen den Intervallen in Summe zusammen abdecken. In einer bevorzugten Variante ist der Wellenlängenbereich, den alle Intervalle mit gleichen-Emittern in der Summe zusammen abdecken identisch oder nahezu identisch mit dem Wellenlängenbereich, den die Lücken zwischen den Intervallen in Summe zusammen abdecken. In einer ebenfalls bevorzugten Variante gibt es keine Lücken zwischen den Intervallen gleicher-Emitter. In einer vorteilhaften Variante wird bei der Produktion eines erfindungsgemäßen Geräts das Verfahren angewendet, dass zumindest eine optische Eigenschaft zumindest eines Teils der Emitter gemessen wird.

In alternativer vorteilhafter Variante kann auf die Messung bei der Produktion verzichtet werden, indem zumindest auf eine optische Eigenschaft der Emitter aus den Messwerten mehrerer vom Anwender durchgeführten Messungen geschlossen wird. Dies kann z.B. durch mathematische oder statistische Methoden oder KI-Algorithmen erfolgen. In vorteilhafter Variante werden zahlreiche Produktstücke des erfindungsgemäßen Geräts produziert und in den Markt gebracht. Die in den Markt gebrachten Produktstücke werden zur Durchführung zahlreicher Messungen verwendet. Besonders vorteilhaft ist es eine große Zahl der Messdaten zu erfassen und in vorteilhafter Variante zu speichern. In vorteilhafter Variante werden die so erfassten Messwerte genutzt. Dabei können zum einen Erkenntnisse über die Verbesserungsmöglichkeiten des Produkts erzeugt werden. In alternativer vorteilhafter Variante kann die Genauigkeit der im Feld befindlichen Geräte entweder auf Basis ihrer individuellen Messwerte oder auf Basis statistischer Werte aller Geräte oder durch eine Kombination beider verbessert werden. In vorteilhafter Ausgestaltung ist das Gerät so gestaltet, dass die optischen Rohdaten einzeln erfasst und gespeichert werden können. Denn dies erlaubt die nachträgliche Optimierung des Gerätes durch die oben genannten Verfahren, auch wenn diese beispielsweise zum Zeitpunkt der Markteinführung noch nicht genutzt werden. In diesem Zusammenhang wird unter optischen Rohdaten eine Information verstanden, aus der auf die Eigenschaften einzelner Emitter zurückgeschlossen werden kann. In besonders vorteilhafter Variante wird also Information gespeichert, die bei Aktivierung nur jeweils eines der Emitter von einem oder mehreren Detektoren erfasst wird. In vorteilhafter Weise wird also insbesondere nicht nur Information erfasst, bei der mehrere in räumlicher Nähe zueinander befindliche Emitter eines Intervalls mit gleichen optischen Eigenschaften gleichzeitig aktiviert sind und deswegen nicht auf optische Eigenschaften der einzelnen Emitter zurückgeschlossen werden kann.

Detektor

Für die Zuordnung von Detektoren zu einer Gruppe gleicher-Detektoren wird beispielsweise die Peakwellenlänge und/oder Schwerpunktwellenlänge des Wellenlängenbereich gewählt, in dem Detektoren die Photonen von Emittern aufnehmen. In vorteilhafter Weise haben Intervalle mit gleichen-Detektoren beispielsweise folgende Intervalllängen: 10nm, 20nm, 50nm, 100nm, 200nm, 300nm, 400nm, 500nm, 800nm, 1000nm, 1100nm, 1200nm.

In einer vorteilhaften Variante befinden sich in jedem Intervall gleicher-Detektoren beispielsweise mind. 2 Detektoren. In weiteren vorteilhaften Varianten befinden sich mind. 3, mind. 4, mind. 5, mind. 6, mind. 7, mind. 8, mind. 9, mind. 10 Detektoren in einem Intervall. In einer bevorzugten Variante gibt es in einem Intervall gleicher-Detektoren mind. 2 Detektoren, deren

Peakwellenlänge sich um bis zu 5nm unterscheidet. In weiteren bevorzugten Ausführungen beträgt der Unterschied bis zu 10nm, bis zu 20nm, bis zu 40nm, bis zu 80nm, bis zu 100nm,

In einer alternativen vorteilhaften Variante tritt der oben beschriebene Unterschied in der Peakwellenlänge und/oder Schwerpunktwellenlänge der Detektoren nur bei einem Teil der produzierten Messgeräte auf. Vorzugsweise bei mind. 1%, besonders bevorzugt bei bis zu 10% und besonders bevorzugt bei bis zu 90% der Messgeräte. Als Intervalllänge für die Zuordnung von Detektoren zu einer Gruppe gleicher-Detektoren wird beispielsweise für die volle Halbwertsbreite (FWHM) der Detektoren in vorteilhafter Variante eines der folgenden Intervalle gewählt: bis zu 50nm, bis zu 100nm, bis zu 150nm, bis zu 200nm, bis zu 250nm, bis zu 300nm, bis zu 400nm, bis zu 500nm, bis zu 600nm, bis zu 700nm, bis zu 800nm. Analog wird für die halbe Halbwertsbreite (HWHM) der Detektoren beispielsweise eines der folgenden Intervalle gewählt: bis zu 25nm, bis zu 50nm, bis zu 75nm, bis zu 100nm, bis zu 125nm, bis zu 150nm, bis zu 200nm, bis zu 250nm, bis zu 300nm, bis zu 350nm, bis zu 400nm. In einer bevorzugten Variante gibt es in einem Intervall gleicher-Detektoren mind. 2 Detektoren, deren volle Halbwertsbreite sich um bis zu 1nm unterscheidet. In weiteren bevorzugten Ausführungen beträgt der Unterschied bis zu 5nm, bis zu 10nm, bis zu 20nm, bis zu 40nm, bis zu 50nm, bis zu 100nm, bis zu 150nm. Dies gilt analog für die halbe Halbwertsbreite der Detektoren, bei denen sich 2 Detektoren um bis zu 0,5nm unterscheiden. In weiteren bevorzugten Ausführungen beträgt der Unterschied bei HWHM bis zu 2,5nm, bis zu 5nm, bis zu 10nm, bis zu 20nm, bis zu 25nm, bis zu 50nm, bis zu 75nm.

In einer alternativen vorteilhaften Variante tritt der oben beschriebene Unterschied in der Halbwertsbreite der Detektoren nur bei einem Teil der produzierten Messgeräte auf. Vorzugsweise bei mind. 1%, besonders bevorzugt bei mind. 10% und besonders bevorzugt bei mind. 90% der Messgeräte. Dies gilt sowohl für FWHM wie für HWHM. Als Intervalllänge für die Zuordnung von Detektoren zu einer Gruppe gleicher-Detektoren wird beispielsweise für den Verstärkungsfaktor, mit dem die aufgenommenen Photonen in elektrische Signale umgewandelt werden, in vorteilhafter Variante eine der folgenden Intervalllängen gewählt: bis zu 2-fach, bis zu 5-fach, bis zu 10-fach, bis zu 50-fach, bis zu 100-fach, bis zu 200-fach, bis zu 500-fach, bis zu 1000 (vgl. Fig. 15). In einer bevorzugten Variante gibt es in einem Intervall gleicher-Detektoren mind. 2 Detektoren, deren Verstärkungsfaktor sich um bis max. zu 10% unterscheiden. In weiteren bevorzugten Ausführungen beträgt der Unterschied max. bis zu 20%, max. bis zu 50%, max. bis zu 100%, max. bis zu 200%, max. bis zu 500%, max. bis zu 1000% (vgl. Fig. 15).

In einer alternativen vorteilhaften Variante tritt der oben beschriebene Unterschied im Verstärkungsfaktor der Detektoren nur bei einem Teil der produzierten Messgeräte auf. Vorzugsweise bei mind. 1%, besonders bevorzugt bei mind. 10% und besonders bevorzugt bei

mind. 90% der Messgeräte. In vorteilhafter Variante weist das Messgerät im vorgenannten Sinn bei mindestens einer Eigenschaft der Detektoren mindestens eine Gruppe gleicher-Detektoren auf. In bevorzugter Variante weist das Messgerät eine Gruppenanzahl von mind. 2, mind.4, mind.8, mind. 16 oder mehr solcher Gruppen auf. In vorteilhafter Variante weist das Messgerät im vorgenannten Sinn bei mindestens einer Eigenschaft der Detektoren innerhalb einer Gruppe gleicher-Detektoren eine Detektoren-Anzahl von mind. 2, bevorzugt mind. 3, bevorzugt mind. 4, bevorzugt mind. 5, bevorzugt mind. 6, bevorzugt mind. 8, bevorzugt mind. 9, bevorzugt mind. mehr als 10 Detektoren auf. In bevorzugter Variante beinhaltet das Messgerät im vorgenannten Sinn bei mindestens einer Eigenschaft der Detektoren einige Gruppen gleicher-Detektoren, die eine größere Anzahl von Detektoren haben, während andere Gruppen eine geringere Anzahl von Detektoren haben. In vorteilhafter Weise gibt es bei dem Messgerät bei mindestens einer Eigenschaft der Detektoren mind. eine erste Gruppenanzahl gleicher-Detektoren aus der obigen Menge vorteilhafter Gruppenanzahlen, die mind. eine Detektoren-Anzahl der oben angegebenen vorteilhaften Detektoren-Anzahlen enthalten.

In vorteilhafter Weise gibt es bei dem Messgerät bei mindestens einer Eigenschaft der Detektoren mind. eine weitere Gruppenanzahl aus der obigen Menge vorteilhafter Gruppenanzahlen, die mind. eine Detektoren-Anzahl der oben angegebenen vorteilhaften Detektoren-Anzahlen enthalten.

Besonders vorteilhaft gibt es bei dem Messgerät, bei mindestens einer Eigenschaft der Detektoren, beispielsweise mind. 3 Gruppen gleicher-Detektoren mit mind. je 4 Detektoren. In vorteilhafter Variante ist bei mindestens einer Eigenschaft der Detektoren zusätzlich mind. eine Gruppe gleicher- Detektoren mit mind. 5 Detektoren vorhanden. In weiterer vorteilhafter Variante gibt es bei mindestens einer Eigenschaft der Detektoren zusätzlich mind. 4 Gruppen gleicher-Detektoren mit je 2 Detektoren. In einer bevorzugten Variante decken die Detektoren eines Intervalls nicht die gesamte Breite des Intervalls ab. Das heißt, bei Detektoren, die einem Intervall zugeordnet sind, streuen die Werte der Eigenschaft nicht so stark, bzw. unterscheiden sie sich die Werte nicht so stark, dass die volle Bandbreite des Intervalls erforderlich ist, damit diese Detektoren dem Intervall zuordnen werden können (vgl. Fig. 15). In einer stärker bevorzugten Variante decken die Detektoren eines Intervalls die gesamte Breite des Intervalls ab. Das heißt, bei Detektoren, die einem Intervall zugeordnet sind, streuen die Werte der Eigenschaft so, bzw. unterscheiden sie sich die Werte so stark, dass die volle Bandbreite des Intervalls erforderlich ist, damit alle Detektoren dem Intervall zuordnen werden können. In einer bevorzugten Variante besitzt das Messgerät insgesamt mind. 2 Detektoren. In weiter bevorzugten Varianten besitzt das Messgerät beispielsweise bis zu 4, bis zu 8, bis 16, bis zu 20 oder mehr als 20 Detektoren.

Kombination von gleichen-Emitttern und gleichen-Detektoren

In einer bevorzugten Variante werden für eine bestimmte Breite des Wellenlängenbereichs bzw. den gesamten Wellenlängenbereich von UV bis Infrarot im oben genannten Sinn die Intervalle gleicher-Emitter und die Intervalle gleicher-Detektoren miteinander kombiniert.

In einer weiteren bevorzugten Variante besitzt das Messgerät im vorgenannten Sinn bei einer Eigenschaft, beispielsweise der vollen Halbwertsbreite (FWHM), eine Kombination von schmalbandigen Emitttern, mit beispielsweise einer Intervallbreite für gleiche-Emitter von z.B. 5nm, 10nm, 15nm oder 20nm, bei denen die zugeordneten Emitter mind. 50% der Intervallbreite abdecken, mit breitbandigen Detektoren, die beispielsweise eine Intervallbreite für gleiche-Detektoren von z.B. 500nm, 600nm, 700nm oder 800nm aufweisen und bei denen die zugeordneten Detektoren mind. 50% der Intervallbreite abdecken. Gleiches gilt analog für die halbe Halbwertsbreite (HWHM) mit einer Intervallbreite für gleiche-Emitter von z.B. 2nm, 5nm, 7nm, 10nm und breitbandige Detektoren mit einer Intervallbreite für gleiche-Detektoren von z.B. 250nm, 300nm, 350nm, 400nm. In einer weiteren bevorzugten Variante besitzt das Messgerät im vorgenannten Sinn bei mind. einer Eigenschaft, beispielsweise der vollen Halbwertsbreite (FWHM), eine Kombination von breitbandigen Emitttern, mit einer Intervallbreite für gleiche-Emitter von z.B. 300nm, 400nm, 500nm oder 600nm, bei denen die zugeordneten Emitter mind. 50% der Intervallbreite abdecken, mit schmalbandigen Detektoren, die eine Intervalllänge für gleiche-Detektoren von z.B. 10nm, 20nm, 30nm, 40nm, 50nm, 100nm aufweisen und bei denen die zugeordneten Detektoren mind. 50% der Intervallbreite abdecken.

Gleiches gilt analog für die halbe Halbwertsbreite (HWHM) mit einer Intervallbreite für gleiche-Emitter von z.B. bis zu 150nm, bis zu 200nm, bis zu 250nm, bis zu 300nm und schmalbandigen Detektoren mit einer Intervalllänge für gleiche-Detektoren von z.B. bis zu 5nm, bis zu 10nm, bis zu 15nm, bis zu 20nm, bis zu 25nm, bis zu 50nm.

Sensorik-Komponenten mit gleichen-Eigenschaften und nicht-gleichen-Eigenschaften

Das hier beanspruchte Messgerät zur Messung von Substanzen oder Parametern zur Bestimmung physiologischer Zustände des Menschen kann in einer bevorzugten Ausführung neben den zuvor als gleich beschrieben Sensorik-Komponenten auch Sensorik-Komponenten enthalten, die sich bei mind. einer technischen Eigenschaft von diesen gleichen-Sensorik-Komponenten unterscheiden. Sensorik-Komponenten gelten als nicht-gleiche Sensorik-Komponenten, wenn der Wert einer technischen Eigenschaft nicht innerhalb der Intervalllänge eines Intervalls von gleichen-Sensorik-Komponenten liegt, sondern beispielsweise in einer Intervall-Lücke. Ein Beispiel für einen nicht-gleichen Emitter in einer Lücke von Intervallen gleicher-Emitter zeigt Fig. 14c.

Das hier beanspruchte Messgerät besitzt beispielsweise in bevorzugter Variante bei mind. einer Eigenschaft sowohl gleiche-Sensorik-Komponenten als auch Sensorik Komponenten, die sich im vorgenannten Sinn von den gleichen-Sensorik-Komponenten bei mind. einer Eigenschaft unterscheiden. Beispiele dafür sind anhand der Peakwellenlänge und Halbwertsbreiten von Emittern in den Figuren 14c und 14d gezeigt. In einer weiteren bevorzugten Variante besitzt das Messgerät im vorgenannten Sinn beispielsweise bei mind. einer Eigenschaft nur gleiche-Emitter und gleiche-Detektoren. In einer weiteren bevorzugten Variante besitzt das Messgerät im vorgenannten Sinn beispielsweise bei mind. einer Eigenschaft gleiche-Emitter und nicht-gleiche Detektoren, bzw. gleiche-Detektoren und nicht-gleiche Emitter.

In einer weiteren bevorzugten Variante besitzt das Messgerät im vorgenannten Sinn beispielsweise bei mind. einer Eigenschaft gleiche-Emitter und gleiche-Detektoren und bei einer weiteren Eigenschaft gleiche-Emitter und nicht-gleiche Detektoren oder bei der weiteren Eigenschaft nicht-gleiche Emitter und gleiche-Detektoren.

Dem Fachmann ist klar, dass sich im vorgenannten Sinne aus der Kombination von gleichen- und nicht-gleichen Sensorik-Komponenten beispielsweise hinsichtlich der Anzahl der jeweiligen Eigenschaften, der Intervalllänge für gleiche-Sensorik-Komponenten, der Kombination von Intervallen zur Abdeckung eines Bereichs oder des kompletten Wellenlängenbereichs von UV und Infrarot eine Vielzahl von Varianten ergeben, die gleiche- und/oder nicht-gleiche Sensorik-Komponenten besitzen und die für den jeweiligen Anwendungsfall die Messgenauigkeit und/oder Wiederholgenauigkeit und/oder Vergleichbarkeit der Ergebnisse beim Messen von Parametern und/oder Substanzen und/oder physiologischen Zuständen des Menschen verbessern.

In einer bevorzugten Variante werden für eine bestimmte Breite des Wellenlängenbereichs bzw. den gesamten Wellenlängenbereich von UV bis Infrarot im oben genannten Sinn die Intervalle gleicher- Emitter und die Intervalle gleicher-Detektoren miteinander kombiniert.

In einer bevorzugten Ausführung verfügt das Messgerät in Summe über insgesamt bis zu 6 und in einer weiteren bevorzugten Variante über in Summe insgesamt bis zu 9 Emitter und Detektoren, die im vorgenannten Sinn entweder als gleiche-Sensorik-Komponenten gelten und/oder sich in mind. einer technischen Eigenschaft von den als gleich geltenden Sensorik-Komponenten unterscheiden. In anderen bevorzugten Ausführungsvarianten verfügt das Messgerät in Summe über insgesamt 10 bis 16 Emitter und Detektoren, in weiteren bevorzugten Ausführungsvarianten liegt die Summe aus Emitter und Detektor zwischen 17 und 30, in anderen besonders bevorzugten Ausführungsvarianten liegt die Summe aus Emitter und Detektor zwischen 31 und 50, in weiteren besonders bevorzugten Ausführungsvarianten liegt die Summe aus Emitter und Detektor zwischen 51 und 70, in weiteren ganz besonders bevorzugten Ausführungsvarianten liegt die Summe aus

Emitter und Detektor zwischen 71 und 100, in zusätzlich ganz besonders bevorzugten Ausführungsvarianten liegt die Summe aus Emitter und Detektor bei über 100. In all Ausführungsvarianten werden RGB-Emitter als 3 Emitter gezählt. In vorteilhafter Ausführung nutzt das hier beschriebene System, die in den Patenten EP 3013217; EP 3175783; US 10,416,079; US 11,08,5876 und den Anmeldungen US 17/396,556, EP 4005469A1 beschriebene MSRRS Messtechnik, um mit Hilfe der Sensorik Komponenten den physiologischen Zustand des Individuums durch Messung verschiedener Parameter und/oder Substanzen, abzuschätzen. In einer vorteilhaften Ausführung erfolgt die Bestimmung der Stoffkonzentrationen transkutan in unterschiedlichen Tiefen der menschlichen Haut bis hinein ins Blut. Wobei inhomogen verteilte Substanzen und homogen verteilte Substanz detektiert werden.

Messablauf

In einer bevorzugten Ausführung werden zur Messung von Parametern oder Substanzen oder physiologischen Zuständen eines Individuums die Emitter des Messgeräts jeweils einzeln und in einer bestimmten Reihenfolge nacheinander angeschaltet. Die Reihenfolge kann variieren.

In einer ebenfalls bevorzugten Ausführung werden zur Messung von Parametern oder Substanzen oder physiologischen Zuständen eines Individuums von den Emittlern des Messgeräts jeweils immer zwei Emitter gleichzeitig angeschaltet. Die Reihenfolge, welche zwei Emitter zuerst und welche anschließend angeschaltet werden, kann variieren. Analog zum Vorangegangenen werden in ebenfalls bevorzugten Ausführungen jeweils drei Emitter, jeweils vier Emitter oder jeweils 5 Emitter gleichzeitig angeschaltet. Die Reihenfolge welche drei, vier oder fünf Emitter jeweils zuerst und welche drei, vier, oder fünf Emitter danach angeschaltet werden, kann variieren.

In einer bevorzugten Ausführung handelt es sich, bei den zwei, drei, vier oder 5 Emittlern, die jeweils zusammen angeschaltet werden, um jeweils gleiche-Emitter, die beispielsweise in ihrer Peakwellenlänge oder Schwerpunktwellenlänge schwanken aber einem Intervall angehören. In einer weiteren bevorzugten Variante gehören die jeweils zwei, drei, vier oder 5 Emittlern jeweils mehr als einem Intervall an. In einer ebenfalls bevorzugten Variante werden nur einmalig zwei, drei, vier oder fünf Emitter gleichzeitig angeschaltet.

In einer weiteren bevorzugten Ausführung handelt es sich, bei den oben beschriebenen Varianten um jeweils nicht-gleiche Emitter. Die Verteilung der Emitter über den Wellenlängenbereich von Ultraviolett bis Infrarot ist so gestaltet, dass in einer bevorzugten Variante die Unterschiede in der Peakwellenlänge oder Schwerpunktwellenlänge beispielsweise mehr als 50nm betragen. In weiteren bevorzugten Varianten betragen die Unterschiede beispielsweise mehr als 75nm, mehr

als 100nm, mehr als 150nm oder mehr als 200nm. Im Hinblick auf spezifische Anwendungen werden bei der noch stärker bevorzugten Ausführung alle Emitter gleichzeitig angeschaltet.

Beschreibung Messgerät - Verteilung der Sensor-Komponenten

In bevorzugter Ausführung besitzt das Messgerät eine Sensorfläche, die bei der Messung verschiedener Parameter und/oder Substanzen und/oder physiologischer Zustände des Menschen einen direkten Kontakt mit der äußeren Schicht der Haut aufweist. In einer bevorzugten Ausführung besteht dieser Hautkontakt nicht durchgängig während der gesamten Messdauer. In einer stärker bevorzugten Ausführung besteht dieser Hautkontakt während der gesamten Messdauer. In einer weiteren bevorzugten Ausführung wechseln sich Kontakt und Nichtkontakt während einer Messung ab. In einer weiter bevorzugten Variante hat nur ein Teil der Sensorfläche während der gesamten Messdauer fortwährend Kontakt mit der äußeren Schicht der Haut. In einer weiter bevorzugten Variante hat ein Teil der Sensorfläche während der gesamten Messdauer nicht fortwährenden Kontakt mit der äußeren Schicht der Haut.

Unter Sensorfläche wird ein dreidimensionales Volumen (3) mit einer bestimmten Stärke verstanden. In einer bevorzugten Ausführung besitzt das dreidimensionale Volumen in Richtung der Seite des Hautkontakts eine Wölbung. In einer stärker bevorzugten Ausführung ist die Wölbung konkav, in einer weiteren bevorzugten Ausführung ist die Wölbung konvex (vgl. Figuren 2 bis 3a). In einer weiteren bevorzugten Ausführung besitzt das dreidimensionale Volumen konkave und konvexe Wölbungen, die einander aber nicht gegenüber liegen.

Bezogen auf die zweidimensionale Ausdehnung des Volumens der Sensorfläche (3a) wird diese Größe von der Anordnung und/oder Platzierung der Emitter und Detektoren bestimmt. In einer bevorzugten Ausführung entspricht Größe und Form der zweidimensionalen Ausdehnung des Volumens (3a), der Fläche, die die Emitter und Detektoren zusammen als Bauteile beanspruchen, wenn sie z.B. auf einer gemeinsamen Leiterplatte (PCB) des Messgeräts angebracht sind bzw. sich auf einer gemeinsamen Ebene befinden (3b) (vgl. Figuren 1, 1a). In einer bevorzugten Variante ist die Leiterplatte bzw. die gemeinsame Ebene für Photonen unpassierbar, bzw. nahezu unpassierbar. In einer ebenfalls bevorzugten Variante kann die Leiterplatte bzw. die gemeinsame Ebene komplett oder teilweise z.B. elektrisch beheizt oder gekühlt werden.

In weiteren bevorzugten Varianten ist die zweidimensionale Ausdehnung der Sensoroberfläche (3a) um bis zu 0,5% größer, um bis zu 1% größer, um bis zu 2% größer, um bis zu 4% größer, um bis zu 8% größer, um bis zu 15% größer oder um bis zu 30% größer als die Fläche (3b), die die Emitter und Detektoren als Bauteile beanspruchen, wenn sie z.B. auf einer gemeinsamen Leiterplatte (6) (PCB) angebracht sind.

In einer bevorzugten Variante ist das dreidimensionale Volumen der Sensorfläche so gestaltet, dass Emittier und Detektoren bei der Messung nicht im direkten Kontakt mit der Haut stehen. Das wird in einer bevorzugten Ausführung dadurch erreicht, dass das dreidimensionale Volumen der Sensorfläche durchgehende Öffnungen im Bereich der Emittier und Detektoren hat. Die Form dieser Öffnungen kann unterschiedlich sein. In einer bevorzugten Variante sind die Öffnungen rechteckig, in weiteren bevorzugten Varianten sind sie quadratisch oder rund oder haben als quadratische bzw. rechteckige Öffnung abgeschrägte Ecken oder bestehen aus einem Mix aus den vorgenannten Öffnungen (vgl. Fig. 4 und 4a).

In einer stärker bevorzugten Variante ist das dreidimensionale Volumen der Sensorfläche so gestaltet, dass das Emittieren und Detektieren von Photonen durch das dreidimensionale Volumen hindurch erfolgen kann (siehe Grafik (Figur) 1). Das Volumen kann transparent sein, so dass Photonen nahezu ungehindert und ohne merkbare Streuung das Volumen passieren können. In einer bevorzugten Ausführung ist dieses Volumen weniger transparent und Photonen werden durch das Material des Volumens so gestreut, dass sie beim Verlassen des Volumens in nahezu alle möglichen Raumrichtung, d.h. ohne Vorzugsrichtung in die Haut eindringen. Dies kann z.B. durch Streukörper passieren, die Teil des Volumens sind oder in dieses bewusst eingebracht werden. In einer anderen bevorzugten Ausgestaltung wird das Material für das Volumen so gewählt, dass nur Photonen bestimmter Wellenlängen es passieren können. In einer anderen bevorzugten Ausgestaltung werden die Photonen beim Passieren des Volumens durch die Gestaltung und die Materialwahl gebündelt, sodass sie beim Verlassen des Volumens z.B. eher punktförmig in einer oder mehreren Vorzugsrichtungen in die äußere Schicht der Haut eintreten. Das Material kann beispielsweise entsprechend linsenförmig gestaltet sein.

In einer stärker bevorzugten Ausführung enthält das dreidimensionale Volumen der Sensorfläche (3) dreidimensionale Bauteile (5), deren Material so gewählt ist, dass es für Photonen unpassierbar oder zumindest nahezu unpassierbar ist. Einzelne Bauteile können zu einem zusammenhängenden Bauteil verbunden sein (5b) (siehe Fig. 9b). Als Material für die Bauteile kommen z.B. Metalle, Aluminium oder Kunststoffe in Frage. In ebenfalls bevorzugter Weise können diese Bauteile in allen zuvor beschriebenen Ausführungen des dreidimensionalen Volumens vorhanden sein.

In einer bevorzugten Ausführung sind die Dicke und Platzierung der unpassierbaren, bzw. nahezu unpassierbaren Teile so gewählt, dass sie die unter der Sensorfläche befindlichen Emittier und Detektoren räumlich so voneinander trennen, dass emittierte Photonen die Detektoren nicht innerhalb des Messgeräts erreichen können (siehe z.B. Fig. 6, 7, 8, 9, 10).

Die räumliche Trennung von Emittier und Detektor kann in einer bevorzugten Ausführung so gestaltet sein, dass im Zusammenhang mit dem dreidimensionalen Volumen der Sensorfläche in

sich umschlossene Räume entstehen, die in ihrer geometrischen Grundform runden, rechteckigen oder quadratischen Volumina entsprechen, die wie zuvor beschrieben, abgeschrägte Ecken oder Kanten haben können (vgl. Fig. 5a). Dabei ist in einer bevorzugten Ausführung die Dicke der unpassierbaren Teile größer als die Dicke des dreidimensionalen Volumens der Sensorfläche. Die in Folge des Unterschieds sich ergebende Stufe zwischen beiden Körpern, kann sich in einer bevorzugten Ausführung auf der Seite der Sensorfläche befinden, die beim Messen der Haut zugewandt ist (vgl. Fig. 6b). In einer weiteren Ausführung kann sich die Stufe auf der Unterseite befinden (vgl. Fig. 5). Damit ist die Seite des dreidimensionalen Volumens gemeint, die nicht der Haut zugewandt ist. In dieser Variante kann z.B. das dreidimensionale Volumen und die für Photonen unpassierbaren Bauteile eine formschlüssige oder nahezu formschlüssige Oberfläche auf der hautzugewandten Seite bilden (vgl. Fig. 5).

In einer weiteren bevorzugten Ausführung ist die Dicke der unpassierbaren Teile so groß, dass sich auf der Haut zugewandten Seite und der Haut abgewandten Seite jeweils eine Stufe (3.3) gegenüber dem dreidimensionalen Volumen der Sensorfläche ergibt (vgl. Fig. 6). Die sich ergebenden umschlossenen Räume können in einer bevorzugten Variante jeweils einen Emitter oder einen Detektor enthalten. In einer weiteren bevorzugten Variante befinden sich jeweils mehr als ein Emitter und/oder jeweils mehr als ein Detektor in einzelnen oder in mehreren oder in allen der Räume (vgl. Fig. 7). Eine RGB-LEDs gilt als drei Emitter. Diese Räume können einzelne oder mehrere Öffnungen (3.2) in der Sensorfläche haben, die beispielsweise der Haut zugewandt sind (vgl. Fig. 7). In einer bevorzugten Lösung besteht das gesamte Volumen der umschlossenen Räume aus dem Material, dass für das dreidimensionale Volumen der Sensorfläche gewählt wurde. In dieser Ausführung entspricht beispielsweise die Dicke der unpassierbaren dreidimensionalen Bauteile der Dicke oder nahezu der Dicke des dreidimensionalen Volumens der Sensorfläche, sodass es keine oder nahezu keine Stufe zwischen Sensorfläche und unpassierbaren Bauteil gibt (vgl. Fig. 8). In einer anderen bevorzugten Variante enthalten die umschlossenen Räume jeweils einen Hohlraum der mit Gas, beispielsweise Luft, gefüllt ist. (vgl. Fig. 5, 6, 7).

In einer besonders bevorzugten Ausführung bilden das dreidimensionale Volumen der Sensorfläche (3) und die für Photonen zumindest nahezu unpassierbaren Bauteile (5) eine Einheit (9), die nachträglich auf die Leiterplatte mit den Emittlern und Detektoren aufgebracht werden kann. In einer bevorzugten Ausführung ist die Einheit so mit der Leiterplatte verbunden, dass auch die Kontaktstelle zwischen Leiterplatte (6) und Einheit (9) zwischen für Photonen nahezu unpassierbar ist. Die Verbindung kann beispielsweise durch flüssiges Kleben erfolgen oder durch ein beidseitiges Klebeband oder durch Anschmelzen und verpressen des für Photonen nahezu

unpassierbaren Material mit der Leiterplatte oder durch Anschrauben an die Leiterplatte. Die Einheit kann beispielsweise im Spritzguss hergestellt werden (vgl. Fig. 9 und 9a).

In einer anderen bevorzugten Variante sind die für Photonen unpassierbaren Bauteile (5) eine monolithische Einheit (5b), die im vorgenannten Sinn auf die Leiterplatte aufgebracht wird (vgl. Fig. 9b). Diese Einheit kann Teil des Gehäuses des Messgeräts sein. In diesem Fall wird die Leiterplatte (6) in das Gehäuse eingelegt wird. Entweder als monolithische Einheit oder als Teil des Gehäuses werden anschließend die in diesem Bauteil befindlichen Öffnungen (3.2), die sich nach dem Platzieren über den Emittlern und Detektoren befinden, mit dem Material des dreidimensionalen Volumens der Sensorfläche verfüllt oder vergossen (vgl. Fig. 9c). Das Material schließt dann in Richtung der Haut mit der Oberkante der für Photonen unpassierbaren Bauteile (5) ab. Infolge von Kapillarkräften können die Oberflächen der vergossenen Öffnungen beispielsweise konkav gekrümmt sein (vgl. Fig. 9b, 9c). Andere Krümmungen oder Welligkeit der Oberflächen sind auch möglich. Die von Emittlern emittierten Photonen überwinden die Sensorfläche entweder durch Öffnungen in der Sensorfläche oder durch Passieren des dreidimensionalen Volumens der Sensorfläche (3), dringen in die Haut ein, wandern in ihr und verlassen sie z.B. an einer anderen Stelle der Haut, überwinden oder durchlaufen im vorgenannten Sinn das dreidimensionale Volumen der Sensorfläche (3) erneut (entweder durch Öffnungen in der Sensorfläche oder durch Passieren der dreidimensionalen Sensorfläche), um dann von einem Detektor des Messgeräts detektiert zu werden (vgl. Fig. 7 und 7a).

In einer ebenfalls bevorzugten Variante können für Photonen nahezu unpassierbare dreidimensionalen Bauteile (5a), zusätzlich zu ihrer Integration im dreidimensionalen Volumen der Sensorfläche, auch über der dreidimensionalen Sensorfläche (3) angeordnet sein (vgl. Fig. 11). Die Bauteile können z.B. rechteckig, quadratisch, oder vieleckig sein und jeweils abgeschrägt Ecken oder Kanten haben, sie können rund oder oval sein oder die Bauteile können beliebige Muster auf der Sensoroberfläche bilden. Sie können Kontakt mit der dreidimensionalen Sensorfläche (3) haben oder sich in einem definierten Abstand über der Fläche befinden. Die zusätzlich angeordneten Bauteile (5a) können zusammen eine monolithische Einheit bilden (5b). In einer bevorzugten Ausführung befinden sich auf der Leiterplatte dreidimensionalen Bauteile (5), die für die Emittler und Detektoren umschließende Räume bilden, ohne dass sie direkt Kontakt zum dreidimensionalen Volumen der Sensorfläche haben. Die Emittler (1) und Detektoren (2) befinden sich dann in sie umschließenden Räumen, die in Richtung der Haut nicht geschlossen sind. Auf diesen Bauteilen (5) können sich zusätzlich angeordnete Bauteile (5a) befinden, die die Öffnung der Räume in Richtung der Haut teilweise schließen. Die zusätzlichen Bauteile (5a) können so angeordnet sein, dass beim Emittieren die Photonen die Räume nur noch unter

begrenzenden Winkeln verlassen bzw. nachdem sie durch die Haut gelaufen sind, wieder in sie eindringen können (vgl. Fig. 10). In einer weiteren bevorzugten Variante befindet sich dreidimensionales Volumen der Sensorfläche (3) unter den zusätzlichen Bauteilen (5a) (vgl. Fig. 3). Die Photonen müssen das dreidimensionale Volumen der Sensorfläche (3) bei ihrem Emittieren und Detektieren jeweils durchwandern (vgl. Fig. 10a)

In einer bevorzugten Variante sind zusätzliche Bauteile (5a) so angeordnet, dass sie sich mit einem definierten Abstand parallel zueinander auf den Bauteilen (5) befinden (Fig. 12, 12a). Die sich ergebenden Abstände zwischen den zusätzlichen Bauteilen können unterschiedlich sein, so dass sich Schlitzte ergeben, durch die die Photonen die Räume ausschließlich oder nahezu ausschließlich nur noch in drei Hauptrichtungen verlassen können, um in die Haut einzutreten. Sollten die Schlitzte beispielsweise in Ost-West-Richtung verlaufen, dann ist eine Hauptrichtung der Osten, die zweite Hauptrichtung der Westen und die dritte Hauptrichtung verläuft lotrecht zur Leiterplatte (6) in Richtung Haut (Fig. 12). Dem Fachmann ist klar, dass, in Abhängigkeit von der Breite der Schlitzte, Photonen die Räume auch in Richtung der Haut verlassen können, die von den drei Hauptrichtungen leicht abweichen. In anderen bevorzugten Ausführungen verlaufen die Schlitzte nicht in Ost-West-Richtung, sondern in Nord-Süd-Richtung oder in allen anderen dazwischen liegenden Richtungen, so dass sich andere erste und zweite Hauptrichtungen ergeben. In einer bevorzugten Ausführung kann sich ein transparentes Bauteil (7) über den zusätzlichen Bauteilen (5a) befinden, das beim Messen in Kontakt mit der Haut steht (Fig. 12b bis 12e). Die Materialstärke des Bauteils (7) kann so ausgelegt sein, dass sich ein Hohlraum (8) ergibt, innerhalb dem sich die für Photonen unpassierbaren Bauteile (5, 5a) und die Emitter (1) und Detektoren (2) befinden (vgl. beispielsweise Fig. 12b und Fig. 12b2 oder beispielsweise Fig. 12c, 12c2).

In einer weiteren bevorzugten Ausführung sind die zusätzlichen Bauteile (5a) in das Volumen des Bauteils (7) integriert (vgl. beispielsweise Fig. 12b1 oder beispielsweise Fig. 12c1).

In einer weiteren bevorzugten Variante befindet sich dreidimensionales Volumen der Sensorfläche (3) über den Emittieren (1) und Detektoren (2), sodass sich die zusätzlichen Bauteile (5a) und das Bauteil (7) über der Sensorfläche (3) befindet (vgl. beispielsweise Fig. 12b3, 12b4, 12b5 oder beispielsweise Fig. 12c3, 12c4, 12c5). In einer bevorzugten Ausführung kann das Bauteil (5a) das transparente Bauteil (7) so durchbrechen, dass es Photonen unmöglich oder nahezu unmöglich ist innerhalb der Materialstärke des Bauteils (7) in beliebige Raumrichtungen zu wandern (vgl. beispielsweise Fig. 12d, 12d1, 12d2).

Das Bauteil (7) kann z.B. aus Kunststoff oder Glas bestehen, es kann optische Eigenschaften haben, die z.B. Photonen nur in bestimmten Vorzugsrichtungen und/oder bestimmter Wellenlängen passieren lässt, es kann sich um eine Linse handeln, die die Photonen gezielt lenkt,

das Material kann opak oder streuend sein, das Bauteil kann thermische Eigenschaften haben und beispielsweise elektrisch beheizbar sein oder kühlend wirken, um beispielsweise beim Messen jeweils vergleichbare Temperaturen zwischen Haut und Messgerät herzustellen. Das Bauteil (7) kann sich auch über allen anderen beschriebenen Varianten des Messgeräts befinden.

Infolge der für Photonen unpassierbaren oder nahezu unpassierbaren Bauteil können Detektoren nur Photonen eines Emitters erfassen, die die Haut bzw. den menschlichen Körper in einer bestimmten Tiefe und Laufrichtung passiert haben. In Abhängigkeit von der Wellenlänge der emittierten Photonen, der geometrischen oder räumlichen Platzierung der Emitter und Detektoren, ihrer Anzahl und der jeweiligen Eintrittsrichtung der Photonen in die Messstelle/Kontaktstelle an der Haut, sind die Lichtwege der Photonen unterschiedlich.

In zuvor beschriebenen Varianten können die für Photonen zumindest nahezu unpassierbaren Bauteile (5, 5a) so angeordnet und gestaltet werden, dass damit der Winkel der Photonen beim Eintritt in die Kontaktfläche der Haut und damit die Laufrichtung der Photonen in der Haut gezielt beeinflusst wird. Auf diese Weise kann beeinflusst werden, welche Menge an Photonen steil oder flach in die Haut eintreten und im Mittel in flachen oder in größeren Tiefen durch die Haut laufen, bevor sie aus dieser austreten, und sofern vorhanden, das dreidimensionale Volumen der Sensorfläche erneut passieren und dann von den Detektoren des Sensors erfasst werden. Aufgrund dieser Beeinflussung kann auch der Detektor (2) nur Photonen detektieren, die unter bestimmten Raumwinkeln aus der Haut austreten. Die jeweiligen Winkel für das Emittieren und Detektieren können unterschiedlich sein. Ein Beispiel zeigen Fig. 10 und 10a.

Über die zuvor beschriebene Beeinflussung des Winkels beim Emittieren hinausgehende Beeinflussung des Eintrittswinkels der Photonen in die Haut, kann sich aus dem Bauteil (7) ergeben. Dies kann z.B. mit der Linsenfunktion oder eventuellen Streukörpern in diesem Bauteil zusammenhängen. Beim Detektieren wirkt sich die, durch Bauteil (7) eventuell hervorgerufene Beeinflussung des Winkels nur in der Menge an Photonen aus, unter einem bestimmten Winkel den Detektor erreichen, wobei die Bauteile (5) und (5a) die möglichen Winkel begrenzen.

Sofern Bauteil (7) keine richtungs- oder winkelbeeinflussende Funktion hat, ergibt sich in diesem Dokument beim Emittieren ein Raumwinkel, aus einer geraden Linie in Richtung der Haut, die an einer beliebigen Stelle des Emitters beginnt und ungehindert als Tangente eines für Photonen nahezu unpassierbaren Bauteils (5, 5a) in die Außenseite der Haut eindringt. Die Winkelgröße wird bestimmt aus dem Schnittpunkt dieser Geraden mit einer Linie, die parallel zur Leiterplatte (6) verläuft. Für jeden Emitter gibt es im Vergleich aller möglichen Raumwinkel einen kleinsten Winkel, unter den Photonen in die Haut gelangen. In einer bevorzugten Variante ist der kleinste aller möglichen Raumwinkel eines Emitters unter denen Photonen in die Haut gelangen können

nicht größer als 1° . In weiteren bevorzugten Varianten beträgt der Winkel bis zu 5° , bis zu 10° , bis zu 20° , bis zu 40° , bis zu 45° , bis zu 60° und bis zu 90° . Gleiches gilt analog für einen Detektor beim Detektieren von Photonen. Hier beginnt die Gerade an der Außenseite der Haut und verläuft als Tangente eines für Photonen unpassierbaren Bauteils durch die der Haut zugewandten Oberseite des dreidimensionalen Volumens der Sensorfläche (3), sofern vorhanden, hinunter zu einer beliebigen Stelle des Detektors. Die Winkelgröße wird bestimmt aus dem Schnittpunkt dieser Geraden mit einer Linie, die parallel zur Leiterplatte (6) verläuft (vgl. beispielsweise Fig. 10, 10a). In einer bevorzugten Ausführung gibt es unter den Emittlern bzw. unter den Detektoren große Unterschiede bezogen auf den kleinsten Winkel bei Emittieren bzw. Detektieren von Photonen. In einer weiteren bevorzugten Ausführung sind die Unterschiede im Vergleich von Emitter zu Emitter bzw. im Vergleich von Detektor zu Detektor vernachlässigbar. In einer anderen bevorzugten Alternativen gibt es sowohl große Unterschiede und/oder kleinere Unterschiede und/oder vernachlässigbare Unterschiede im Vergleich von Emitter zu Emitter bzw. im Vergleich von Detektor zu Detektor oder im Vergleich von Emitter zu Detektor.

Die Werkstoffe der Bauteile (5, 5a), die z.B. die kleinsten Winkel für einen bestimmten Emitter oder Detektor verursachen, können sich in ihrer Farbe, in ihrer stofflichen Zusammensetzung und in ihren daraus resultierenden Eigenschaften (z.B. absorbierend, reflektierend) von Emitter zu Emitter oder Detektor zu Detektor oder zwischen Emittlern und Detektoren unterscheiden.

Verteilung der Emittter und Detektoren

Bei einer bevorzugten technischen Ausführung sind die Emittter (1) und Detektoren (2) annähernd gleichmäßig im Bereich der Sensorfläche verteilt, so dass sich sowohl unterschiedliche Emitter-Detektor Abstände als auch redundante Emitter-Detektor Abstände ergeben (vgl. Fig. 13a).

Emitter-Detektor Abstände werden auf der Ebene der Sensorfläche als direkte Linie vom Mittelpunkt einer dieser Komponenten zum Mittelpunkt der anderen Komponente, gemessen (vgl. Fig. 13a). Bei gewölbter Sensorfläche wird die Wölbung bei der Abstandsbestimmung nicht berücksichtigt. Der Abstand ergibt sich als Gerade des rechten Winkels zum Lot auf die jeweiligen Mittelpunkte der Komponenten (vgl. Fig. 13). An anderer Stelle dieses Dokuments wird der Emitter-Detektorabstand auch als Lichtweg bezeichnet.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführung sind Emittter und Detektoren, die vorzugsweise der Detektion einer bestimmten Substanz dienen, so verteilt, dass bei den Abstandslängen zwischen Emitter-Detektor jeweils die Abstandslängen überwiegen, die zur Detektion dieser Substanz den größten Beitrag leisten. Die vorteilhaften Abstandslängen sind in einer bevorzugten technischen Ausführung um bis zu 10% höher, in einer anderen bevorzugten Ausführung um bis zu 20% höher,

in einer weiteren Ausführung um bis zu 30% höher und in einer besonders bevorzugten um bis zu 40% höher und in einer ganz besonders bevorzugten Ausführung um bis zu 50% höher als die weniger bedeutsamen Abstandslängen. In einer bevorzugten Ausführung ergeben sich aus der Anzahl und Verteilung der Emmitter und Detektoren in Summe insgesamt bis zu 50 Lichtwege, in einer weiteren bevorzugten Ausführung bis zu 100 Lichtwege. In stärker bevorzugten Ausführungen ergeben sich bis zu 200, bis zu 400, bis zu 800, bis zu 1600 und mehr als 1600 Lichtwege, wobei sich mehr als ein Emmitter in einem zuvor beschriebenen umschlossenen Raum befinden können (vgl. beispielsweise Fig. 7). In einer bevorzugten Ausführung verfügt das Messgerät in Summe über insgesamt bis zu 6 und in einer weiteren bevorzugten Variante über in Summe insgesamt bis zu 9 Emmitter und Detektoren, die im vorgenannten Sinn entweder als gleiche Sensorik-Komponenten gelten und/oder sich in mind. einer technischen Eigenschaft von den als gleich geltenden Sensorik-Komponenten unterscheiden. Im vorgenannten Sinn verfügt das Messgerät in anderen bevorzugten Ausführungsvarianten in Summe über insgesamt 10 bis 16, in weiteren bevorzugten Ausführungsvarianten liegt die Summe aus Emmitter und Detektor zwischen 17 und 30, in anderen besonders bevorzugten Ausführungsvarianten liegt die Summe aus Emmitter und Detektor zwischen 31 und 50, in weiteren bevorzugten Ausführungsvarianten liegt die Summe aus Emmitter und Detektor zwischen 51 und 70, in weiteren bevorzugten Ausführungsvarianten liegt die Summe aus Emmitter und Detektor zwischen 71 und 100, in zusätzlich bevorzugten Ausführungsvarianten liegt die Summe aus Emmitter und Detektor bei über 100. In all Ausführungsvarianten werden RGB-Emmitter als 3 Emmitter gezählt.

Durch gezielte Gestaltung und gezielte Kombination der oben genannten Einflussfaktoren kann der Sensor auf die zu messenden Substanzen gezielt ausgerichtet werden.

Dazu gehört auch, dass die Emmitter zur Messung in einer bestimmten Reihenfolge nacheinander eingeschaltet werden, sodass zur gleichen Zeit jeweils nur ein Emmitter Photonen aussendet.

Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass innerhalb einer Messsequenz die nachfolgenden Faktoren Einfluss auf die Genauigkeit der Detektion einer Stoffkonzentration haben: Reihenfolge, Dauer, Lichtintensität und Häufigkeit des Einschaltens der jeweiligen Emmitter. Als Messsequenz gilt ein definierter Teil einer Messung. D.h. Messungen können aus einer oder mehreren Messsequenzen bestehen, zwischen denen der Kontakt zwischen Sensor und Haut nicht unterbrochen wird. Zur genauen Bestimmung von Substanzen kann es notwendig sein, dass mehrere Messungen mit ihren jeweiligen Messsequenzen nacheinander durchgeführt werden. Die Messsequenzen können so gestaltet sein, dass eine Sequenz nur der Detektion einer Substanz gilt und dabei beispielsweise nur bestimmte Emmitter für eine bestimmte Dauer mit einer gewählten

Lichtintensität und einer bestimmten Reihenfolge eingeschaltet werden. Für jede Substanz kann die Messesequenz deshalb different gestaltet sein.

Bei der Durchführung mehrerer Messesequenzen oder gar abgeschlossener Messungen kann es zu Bleaching-Effekten kommen, die sich auf die Genauigkeit der Konzentrationsbestimmung von Stoffen auswirkt. Diese Wirkung kann zwischen den Substanzen unterschiedlich sein. Ist die Konzentration einer Substanz in einer bestimmten Tiefe des Hautareals, das vom Sensor erfasst wird, gering, wirkt der bleaching Effekt auf das Signal-Rausch-Verhältnis stärker und reduziert im Unterschied zu einer höheren Konzentration die Genauigkeit der Messung ebenfalls stärker bzw. macht die korrekte Detektion der Substanz unmöglich.

Eine andere Ursache kann darin bestehen, dass Substanzen vorwiegend in bestimmten Hautschichten oder im Blut verteilt sind. Müssen deshalb tiefer liegende Hautschichten oder gar Blutgefäße analysiert werden, kann die Notwendigkeit bestehen das Signal-Rauschverhältnis für die langen Lichtwege zu verbessern, damit auch geringe Konzentrationen gut detektierbar sind.

Überraschenderweise konnte festgesellt werden, dass durch gezieltes Anpassen und/oder gezielte Kombination von Anschaltdauer und/oder Lichtintensität und/oder Häufigkeit der Anschaltung bestimmter Emitter innerhalb einer Messesequenz sowie der Reihenfolge des Anschaltens der Emitter innerhalb einer Messesequenz, sich der Bleaching-Effekt nicht oder nur bedingt auf die Detektion von Substanzen auswirkt. Hat die gezielte Anpassung einer Messesequenz Einfluss auf die Genauigkeit der Konzentrationsbestimmung einer anderen Substanz, die in einer darauffolgenden Messesequenz detektiert werden sollen, wird die angepasste Messesequenz als letzte Sequenz einer Messung durchgeführt. Aufgrund der Inhomogenen Verteilung der Substanzen, die nicht nur für die Hautareale einer Person gilt, sondern die auch von Person zu Person unterschiedlich ist, kann für jeden Nutzer eine individuelle Festlegung der Einflussfaktoren Anschaltdauer Emitter, Lichtintensität Emitter sowie Reihenfolge und Häufigkeit des Anschaltens der Emitter erfolgen. Eine individuelle Festlegung der Einflussfaktoren erfolgt, indem zunächst festgestellt wird, wie stark ein Hautareal bzw. eine Person von einer empirisch ermittelten Standardeinstellung abweicht. Deshalb muss innerhalb einer Messung immer die erste Messesequenz dieser Standardeinstellung entsprechen. Über die Analyse der einzelnen Lichtwege wird das Verhältnis der Absorption (oder Konzentration der Substanz?) zwischen unterschiedlich langen Lichtwegen ermittelt und die Abweichung zum empirischen Standard bestimmt, wobei bei dieser Messesequenz alle Emitter des Sensors verwendet werden. Als Lichtweg wird hier, entsprechend vorausgegangener Definition, der Abstand zwischen Emitter und Detektor verstanden und als Absorption das elektrische Signal, das beispielsweise emittierte Photonen als

Folge des alleinigen Anschaltens eines Emitters bei den Detektoren des Messgeräts jeweils erzeugen.

In einer zweiten Messsequenz wird in Abhängigkeit von der Abweichung eine auf das Messareal bzw. die Person zugeschnittene, individuelle Anpassung der Einflussfaktoren vorgenommen. Diese kann für alle zu detektierende Substanzen die gleiche sein. Es ist aber auch möglich, dass die Anpassung für die einzelnen Substanzen unterschiedlich ist und die Detektion jeder Substanz über eine eigenen Messsequenz erfolgen muss, bei der nur bestimmte Emitter angeschaltet werden. Die Reihenfolge der substanzbezogenen Messsequenzen wird dann beispielsweise im Hinblick auf den geringstmöglichen Bleaching-Effekt festgelegt.

Der Nutzer nimmt dies als zwei separate Messungen wahr, denn er wird nach Beendigung der Standard-Messsequenz aufgefordert den Kontakt zwischen Haut und Sensor abubrechen. Sobald die App die individualisierten Einstellungen erhalten hat, fordert beispielsweise die App den Nutzer auf den Hautkontakt zum Sensor erneut herzustellen. Die Folgemessung mit den individualisierten Messsequenzen startet beispielsweise automatisch, sobald der wiederhergestellte Hautkontakt von der App registriert wurde. Die individualisierten Einstellungen können beispielsweise von der App selbst ermittelt werden.

Durch die Individualisierung der Messung, im Hinblick auf die in ihr enthaltenen Messsequenzen, ist für jeden Nutzer eine für die korrekte Konzentrationsbestimmung optimierte Messung möglich. Es ist möglich, dass der für die Individualisierung notwendige Rechenaufwand nicht auf dem Messgerät selbst stattfinden kann, sondern auf einem externen Server vorgenommen werden muss. In diesem Fall sendet das Messgerät, z.B. mit Hilfe einer speziellen App, die spektralen Daten der Standard-Messsequenz an einen Server und empfängt vom Server die Einstellungen für die individuell zugeschnittenen Messsequenzen. Das Versenden der Daten über das Internet an den externen Server kann beispielsweise vom Messgerät aus selbst erfolgen, indem es mit Hilfe einer App die Daten über ein Mobilfunknetz versendet oder indem die App sich in ein vorhandenes WIFI-Netzwerk einwählt, um die Daten über das Internet an den externen Server zu versenden.

In einer besonders bevorzugten Variante sendet das Messgerät die Daten per WIFI oder Bluetooth z.B. an ein mobiles Gerät (z.B. Smartphone oder Tablet), das sie dann per Mobilfunk (z.B. 4G, 5G) über das Internet an den externen Server versendet oder in dem es ein vorhandenes WIFI-Netzwerk nutzt, um die Daten zu verschicken. In einer bevorzugten Ausführung werden die Daten für das Versenden jeweils verschlüsselt. In einer ebenfalls bevorzugten Variante sendet der Server die Einstellungen für die individuell zugeschnittenen Messfrequenzen verschlüsselt auf gleichem Weg an eine App auf dem mobilen Gerät zurück. Dabei sendet der Server die Einstellungen immer nur an das Gerät, das ihm die Daten geschickt hat.

Mit Hilfe der Individualisierung der Messung können auch Einflüsse bestimmter Hauteigenschaften auf das Messergebnis wie beispielsweise Hauttyp, Hautflecken, Falten, Narben oder Rauheit der Haut ausgeglichen werden. Innerhalb einer Messung ist die Anzahl der Wiederholung der individuellen Messprozedur eine weitere Möglichkeit zur korrekten Erfassung der Konzentration der Substanz. Dabei wird zunächst ebenfalls eine Standardeinstellung gewählt, die z.B. 1, 2, 3, 4, 5 oder mehr Wiederholungen der Messprozedur umfasst. Für jede einzelne Messprozedur wird dann die Konzentration der Substanz berechnet und die Abweichung der Einzelergebnisse voneinander festgestellt. Ist die Abweichung zu groß, wird der Nutzer aufgefordert eine weitere Messung mit einer bestimmten Zahl von Messprozeduren durchzuführen. Wie der Fachmann weiß, reduzieren mehr Messungen den Messfehler eines Geräts, d.h. mehr Messungen führen zu einer geringeren Standardabweichung des Messergebnisses vom Mittelwert bzw. vom tatsächlichen Wert. Aus diesem Grund könnte natürlich von vornherein die Anzahl der Messprozeduren oder sogar die Anzahl von Messungen erhöht werden, um sicher ein korrektes Ergebnis zu erzielen. Der Vorteil der vorgenannten Prozedur besteht jedoch darin, dass nicht mehr Messsequenzen oder komplette Messungen durchgeführt werden müssen, als für den individuellen Fall notwendig ist. Die Anzahl der notwendigen Messsequenzen innerhalb einer Messung kann sich zwischen den Individuen unterscheiden. Da nahezu alle Substanzen in Haut und Gewebe inhomogen verteilt sind, kann die Konzentration von Messstelle zu Messstelle schwanken. Die Größe des Sensors und die Platzierung der Emitter und Detektoren wird im Rahmen dieser Erfindung deshalb so gewählt, dass die Sensorgröße einen repräsentativen Ausschnitt der inhomogenen Verteilung erfassen und sodass es bei einem neuen in Kontakt bringen des Sensors mit der Haut zu gleichen Messergebnissen kommt, sofern sich die Konzentration der Substanz nicht aus physiologischen Gründen verändert hat. Für die Alltagsnutzung ist eine entsprechend gewählte Größe des Sensors/Sensorfläche von großem Vorteil, weil bei einer Wiederholungsmessung die Höhe der gemessenen Konzentration nahezu nicht von der inhomogenen Verteilung beeinflusst wird, sodass innerhalb der Fehlertoleranz der Messung ein verändertes Messergebnis auf physiologische Veränderungen rückführbar ist. Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass bei einer bestimmten Größe der Sensorfläche und durch gezielte Gestaltung der oben genannten Messsequenz-Anpassung, in Verbindung mit der Wahl des Zeitpunkts für die erste Wiederholungsmessung, bereits die Dynamik der Veränderung einer Stoffkonzentration bestimmt werden kann. Das bedeutet, dass die zukünftigen Werte der Stoffkonzentration prognostizierbar sind.

Die Sensorfläche, die bei einer Messung Kontakt mit der Haut hat, sollte deshalb möglichst zwischen 0,5cm² und 9cm² liegen. In einer bevorzugten Ausführung hat die Sensorfläche eine

Größe von bis zu 1cm², in einer weiteren bevorzugten Ausführung eine Größe von bis zu 1,5cm², in einer ebenfalls bevorzugten Ausführung bis zu 2cm², in einer mehr bevorzugten Ausführung bis zu 2,25cm² und in einer stärker bevorzugten Ausführung bis zu 4cm².

Die Gesamtgröße der Sensorfläche des Messgeräts (vgl. Fig. 1a) beträgt in einer bevorzugten Ausführung deshalb beispielsweise bis zu 10mm x 10mm, in einer weiteren bevorzugten Ausführung bis zu 12mm x 12mm, in einer stark bevorzugten technischen Ausführung bis zu 15mm x 15mm, in einer ganz besonders stark bevorzugten technischen Ausführung bis zu 20mm x 20mm. Sie kann in Abhängigkeit der Detektionsaufgabe auch mehr als 20mm x 20mm betragen. Für spezielle Anwendungen kann die bevorzugte Sensorgröße auch bis zu 8mm x 8mm betragen, in einer besonders bevorzugten Ausführung kann sie bis zu 6mm x 6mm betragen.

Dem Fachmann ist klar, dass die Sensorfläche keine quadratische Form haben muss. Sie kann zum Beispiel rechteckig, rund oder annähernd rund sein, sie kann aber auch eine andere beliebige Form haben.

Messung von Substanzen

Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass das oben beschriebene Messgerät die differenzierte Analyse von unterschiedlichen Substanzen ermöglicht. Dazu zählen beispielsweise die Konzentrationsmessung von Karotinoiden in Gewebe und Blut des Menschen, so dass zwischen der Konzentration von Lutein, Zeaxanthin, β -Cryptoxanthin, α -Karotin, β -Karotin, Lycopin unterschieden werden kann. Bei Messungen an Menschen ist die Einzelmessung der Karotinoide wichtig, weil sich beispielsweise die Aufnahme von β -Karotin und Lutein gegenseitig behindern. Mit Hilfe der spektroskopischen Messung konnte überraschenderweise festgestellt werden, dass mit dem hier beschriebenen Messgerät die individuelle Verstoffwechselung von Nahrung bestimmbar ist.

Um aus der Konzentrationsmessung von Stoffen, die auch in einem Nahrungsmittel enthalten sind, die physiologisch bedingte individuelle Verstoffwechselung zu bestimmen, werden vom Nutzer Zusatzinformationen benötigt. Dabei handelt es sich um solche, die unabhängig von der Verstoffwechselung oder zumindest teilweise unabhängig von der Verstoffwechselung Einfluss auf die gemessene Höhe der Konzentration haben können. Dies sind beispielsweise Lebensstil bzw. Lebensgewohnheiten wie beispielsweise Rauchen, Alkoholkonsum, Schlafdauer, aktuelle Aufenthalt in der Sonne, Nutzung von Solarium, Intensität sowie Häufigkeit und Dauer körperlicher Belastung z.B. durch Sport. Die Stärke ihres Einflusses auf die Konzentrationsbestimmung kann beispielsweise dadurch ermittelt werden, dass die Messergebnisse von Nutzern unter den vorgenannten Gesichtspunkten miteinander vergleichen

werden, um mit Hilfe von künstlicher Intelligenz einen mittleren Einfluss auf die Konzentrationsbestimmung zu ermitteln. Um die individuelle Verstoffwechselung zu bestimmen wird dieser mittlere Einfluss bei der Messung der Konzentration eines Stoffes berücksichtigt.

Die Messungen werden in bestimmten Zeitabständen wiederholt. In einer bevorzugten Variante finden die Messungen im Abstand von bis zu 24 Stunden statt. In weiteren ebenfalls bevorzugten Varianten betragen die Abstände bis zu 36 Stunden, bis zu 2 Tagen, bis zu 4 Tagen, bis zu 1 Woche, bis zu 2 Wochen und bis zu mehr als 2 Wochen. In einer bevorzugten Variante werden bis zu 10 Messungen mit den vorgenannten Abständen durchgeführt. In weiteren bevorzugten Varianten werden entsprechend bis zu 20 Messungen, bis zu 30 Messungen und bis zu mehr als 30 Messungen mit den zwischen Messungen genannten Abständen durchgeführt. Während des Zeitraums der Messungen kann der Nutzer z.B. im Hinblick auf die oben genannten Karotinoide beispielsweise die von ihm täglich verzehrten Sorten und Mengen an Obst und Gemüse in eine App eingeben, die dies in einer Datenbank, z.B. auf einem externen Server, speichert.

In einer bevorzugten Lösung kann der Nutzer Zusatzangaben machen. Beispielsweise, ob er die Nahrung im gekochten oder rohen Zustand gegessen hat oder sie in Verbindung mit/ohne Öl aufgenommen hat. Mit Hilfe dieser Daten wird berechnet, wieviel der Nutzer von einer bestimmten Substanz, z.B. einem bestimmten Karotinoid, aufgenommen hat. Die jeweils verzehrte Menge einer Substanz wird unter Berücksichtigung des mittleren Einflusses der oben genannten Lebensstilfaktoren mit den gemessenen Konzentrationen verglichen. Dieser Vergleich findet zu allen Messzeitpunkten statt.

In einer bevorzugten Lösung wird in dem Vergleich auch berücksichtigt, ob gleichzeitig Substanzen aufgenommen wurden, die die Aufnahme einer anderen Substanz behindern. Durch Vergleich von Messergebnissen unterschiedlicher Messzeitpunkte kann festgestellt werden, ob es eine individuelle Sättigungskurve bei der Aufnahme bestimmter Substanzen gibt und welcher Gradient zwischen Aufnahme einer Substanz und gemessener Konzentration im Gewebe und Blut besteht. Das Ergebnis ist die individuelle Verstoffwechselung von Substanzen der Nahrung.

In einer bevorzugten Lösung wird in Verbindung mit der individuellen Verstoffwechselung ein Vergleich zwischen der Konzentrationsmenge von zwei oder mehr Substanzen durchgeführt, wenn deren Verhältnis gesundheitliche Relevanz besitzt. Ein Beispiel dafür ist das anzustrebende Verhältnis von Omega 3 Fettsäuren zu Omega 6 Fettsäuren oder die Wirkung von Lebensmitteln hinsichtlich ihrer glykämischen Last, oder allgemein die Reduzierung gesundheitlicher Risiken, wenn bestimmte Bestandteile der Nahrung in ausreichender Menge im Körper vorhanden sind.

Die Ergebnisse der Konzentrationsbestimmung der verschiedenen Substanzen, z.B. der Karotinoide, ob infolge gemeinsamer Messung oder durch Einzelmessungen der verschiedenen

Substanzen, werden in einer bevorzugten Variante auf dem Messgerät gespeichert und/oder über das Internet an einen externen Server übertragen, gespeichert und miteinander so verrechnet, dass für den Nutzer z.B. auch ein individueller Grad der gegenseitigen Behinderung bei ihrer Aufnahme bzw. Verstoffwechselung von Carotinoiden bestimmt werden kann. An der gegenseitigen Behinderung bei der Verstoffwechselung können zwei Substanzen, z.B. zwei Karotinoide, aber auch mehr als zwei Substanzen beteiligt sein. In ihrer wechselseitigen Beeinflussung können sie die Aufnahme bzw. Verstoffwechselung bestimmter anderer Substanzen entscheidend beeinflussen. Dieser funktionale Zusammenhang gilt natürlich nicht nur für Karotinoide, sondern auch für andere Substanzen der Ernährung. Der individuelle Grad der jeweiligen Behinderung wird beispielsweise ermittelt, indem zunächst die gemessenen Konzentrationen mit gesundheitlichen Empfehlungen zur Konzentrationsmenge im menschlichen Körper verglichen werden. Sollten Defizite oder zu hohe Konzentrationen festgestellt werden, werden beispielsweise zunächst die Konzentrationen der Substanzen, die sich in der Aufnahme und Verstoffwechselung gegenseitig behindern, miteinander ins Verhältnis gesetzt, um den individuellen Grad der gegenseitigen Behinderung zu bestimmen. Dies können beispielsweise die Karotinoide sein.

In einer bevorzugten Ausführung wird diese Berechnungsformel, z.B. um die gesundheitlichen Sollwerte für die betrachteten Substanzen ergänzt. Das Ergebnis ist z.B. eine Kennzahl für die Ausgewogenheit der individuellen karotinoiden Ernährung.

Dem Fachmann ist klar, dass dies analog auch für andere, sich in der Verstoffwechselung gegenseitig behindernde Substanzen der Ernährung gilt. Mit Hilfe dieser Kennzahl können Individuen trotz Berücksichtigung ihrer individuellen Verstoffwechselung miteinander verglichen werden. Dieser Vergleich wird in einer bevorzugten Ausführung beispielsweise in Form einer Grafik dem Nutzer auf seinem mobilen Gerät, das die Messergebnisse vom Server übermittelt bekommt, angezeigt. Diese Information hilft ihm einzuschätzen, wo er im Vergleich mit einer Referenzgruppe liegt. Im Allgemeinen ist bekannt, dass derartige Vergleiche Menschen anspornen Verhaltensänderungen vorzunehmen, die ihr Risiko für eine Erkrankung minimieren.

Eine Änderung in der Zusammensetzung der verzehrten Obst- und Gemüsesorten kann infolge der individuellen Verstoffwechselung ausreichen, um das Verhältnis von sich gegenseitig behindernden Substanzen, z.B. zwei Karotinoiden zueinander zu verbessern, ohne dass die insgesamt verzehrte Menge an Obst und Gemüse geändert werden muss.

In einer bevorzugten Variante kann z.B. dem Nutzer des Messgeräts zusammen mit der Anzeige des Ergebnisses auch mitgeteilt werden, welche Obst- und Gemüsesorten er alternativ verzehren soll, damit sich bei gleicher Menge ein besseres Verhältnis der Konzentrationen, beispielsweise von Karotinoiden untereinander, einstellt. Auf die unterschiedlichen Informationen, die dem

Nutzer des Messgeräts über die Mitteilung des Messergebnisses hinaus, zusätzlich gegeben werden können und wie dies erfolgen kann, wird weiter unten näher eingegangen.

In einer weiteren bevorzugten Variante kann dem Nutzer z.B. eine zeitliche Trennung für die Aufnahme, der sich gegenseitig behindernden Substanzen vorgeschlagen werden. Beispielsweise können ihm für seine Mittagsmahlzeit Rezepte vorgeschlagen werden, die Gemüse oder Obst mit hohen Konzentrationen eines bestimmten Karotinoids enthalten (z.B. Karotten/Beta Karotin oder Tomaten/Lycopin), während ihm für das Abendessen beispielsweise Rezepte genannt werden, die dieses Karotinoid nur in geringer Konzentration enthält, dafür aber eine hohe Konzentration des anderen Karotinoids enthalten. In einer weiteren bevorzugten Variante kann die zeitliche Trennung beispielsweise über mehr als bis zu 12 Stunden gestreckt werden. In weiteren Varianten z.B. über bis zu 24 Stunden, über bis zu 36 Stunden oder bis zu 48 Stunden.

Im Hinblick auf die unterschiedliche gesundheitliche Wirkung bestimmter Substanzen, z.B. Karotinoide, bestehen bei Individuen unterschiedliche Präferenzen, was den Defizitausgleich durch Verzehr entsprechender Lebensmittel betrifft. So kann es beispielsweise sein, dass Probanden unbedingt die Konzentration einer bestimmten Substanz erhöhen wollen, weil dies Einfluss auf die Entwicklung einer bestimmten Krankheit hat, unabhängig davon, dass dadurch andere Substanzen vermindert aufgenommen werden. Das gilt beispielsweise für das Krankheitsbild der Makuladegeneration, bei der unbedingt genügendes Lutein und Zeaxanthin aufgenommen werden muss, um dem Krankheitsbild angemessen begegnen zu können.

In einer bevorzugten Ausführung werden z.B. auf Basis der Kennzahl für die Ausgewogenheit der individuellen karotinoiden Ernährung, dem Nutzer bestimmte Obst- und Gemüsesorten und bestimmte Verzehrsmengen vorgeschlagen, um vor dem Hintergrund der individuellen Verstoffwechselung und dem individuellen Grad der Behinderung die Aufnahme dieser Karotinoide zu steigern. Mögliche Einflüsse auf die verminderte Aufnahme bzw. Verstoffwechselung anderer Substanzen bleiben dann unberücksichtigt.

In einer bevorzugten Variante nutzen die dafür notwendigen mehrdimensionalen Algorithmen zur Auswahl der Obst- und Gemüsesorten und der zu verzehrenden Mengen bestimmte Formen der künstlichen Intelligenz (KI), um dem Nutzer entsprechende Vorschläge unterbreiten zu können.

In einer bevorzugten Variante wird die Bestimmung des individuellen Grads der Behinderung nach mind. 2 Tagen wiederholt. In weiteren bevorzugten Varianten erfolgt die Wiederholung nach mind. 4 Tagen, nach mind. 1 Woche, nach mind. 2 Wochen, nach mind. 4 Wochen oder nach mehr als 4 Wochen. In einer bevorzugten Ausführung wird der Nutzer aufgefordert die Messung mehrfach mit den zuvor genannten Abständen zu wiederholen. Die Dynamik der Veränderung wird ermittelt und auf dem Display des Messgeräts oder einem Device, das mit dem Messgerät

verbunden werden kann, ausgegeben. In einer bevorzugten Variante wird auf Basis dieser Daten eine Prognose der Entwicklung des Grads der Behinderung erstellt.

Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass durch Messung des Wassergehalts in der Haut bzw. im Gewebe, beispielsweise bestimmt werden kann, wann der Mensch trinken muss, um z.B. eine optimale kognitive Leistung zu ermöglichen, negative Folgen auf andere Körperfunktionen (z.B. Stuhlgang) und/oder Organe (z.B. Nieren) zu verhindern und die Wirkung von Feuchtigkeitscremes zur Straffung der Haut zu überprüfen. Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass mit dem oben beschriebenen Messgerät der Körperfettanteil messbar ist. Die Messung kann an unterschiedlichen Körperstellen durchgeführt werden. In einer bevorzugten Ausführung findet die Messung aber an der Innenseite der Hand im Bereich des Handballens statt. Mit dieser Messung ist es beispielsweise möglich die Wirkung von Diäten sehr frühzeitig zu erkennen. Für den Nutzer ist das von großem Vorteil, da er so die Qualität einer Diät prüfen kann, bevor auf der Waage eine Gewichtsreduzierung sichtbar ist. Bei einer erfolgreichen Diät erhöht das die Motivation sie fortzuführen, während im anderen Fall die Diät nicht fortgeführt werden muss. Auf Grundlage des Messergebnisses können Nutzer beispielsweise auch bei der Zusammenstellung ihrer Nahrung unterstützt werden. Darauf wird an anderer Stelle dieses Dokument näher eingegangen.

Dadurch kann bei der Messung z.B. folgende Aussage getroffen werden: Der gemessene Fettanteil entspricht einer durchschnittlichen Person mit einem BMI von X.

Der Body-Mass-Index (BMI) ist eine Maßzahl für die Klassifizierung des Körpergewichts eines Menschen in Relation zu seiner Körpergröße. Er ermöglicht die Zuordnung des eigenen Körpergewichts in die Kategorien: Untergewicht, Normalgewicht, Übergewicht, extremes Übergewicht (Adipositas) und massive Adipositas. Ein Nachteil des BMI ist, dass bei der Körpermasse nicht zwischen Fett- und Muskelmasse unterschieden wird.

Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass mit dem hier beschriebenen Messgerät eine Messung am Handballen möglich ist, deren Ergebnis beispielsweise BMI-Kennzahlen sind, die die Muskelmasse nicht berücksichtigen. Damit ist erstmalig eine BMI-Bestimmung möglich, die für das Gewichtsmanagement von Bedeutung ist, denn Menschen, die beispielsweise eine Diät machen, wollen Fett und nicht Muskelmasse verlieren. In einer bevorzugten Ausführung wird diese neue BMI- Bestimmung „BMI 2.0“ genannt.

Überraschenderweise konnte festgestellt werden, das mit Hilfe der Glykose-Messung beispielsweise das Entstehen von Entzündungen im Körper erkannt und sogar prognostiziert werden kann. In einer bevorzugten Lösung wird beispielsweise über einen bestimmten Zeitraum

das Auf- und Ab der Glykose-Werte durch Messungen vor und nach den Mahlzeiten bestimmt, um auf diesem Weg das Maximum und Minimum des Glykose Spiegels zu erfassen.

In einer bevorzugten Ausführung ist der Messzeitraum, in dem der Anstieg und Abfall der Werte vor und nach den Mahlzeiten verfolgt wird, beispielsweise ein Tag. In einer weiteren bevorzugten Ausführung ist dieser Zeitraum beispielsweise 2 Tage. In einer stärker bevorzugten Ausführung beträgt der Zeitraum beispielsweise 3 Tage. In einer noch stärker bevorzugten Ausführung beträgt der Zeitraum beispielsweise 1 Woche und der am stärksten bevorzugten Ausführung beträgt er Zeitraum beispielsweise 2 Wochen, um das durchschnittliche Auf- und Ab der Glykose-Werte des Messenden zu bestimmen. Dieser individuelle Durchschnittswert wird z.B. verglichen mit einem statistischen Durchschnittswert der Population. Dabei können Alter, Geschlecht und Anzahl der Malzeiten berücksichtigt werden. Die Abweichung des individuellen Wertes vom Standardwert wird beispielsweise einzelnen Risikoklassen für das Auftreten von Entzündungen zugeordnet. Für jede Risikoklasse werden Maßnahmen zur Reduzierung der maximalen Ausschläge des Auf- und Ab der Glykose-Werte bestimmt. Dazu zählen beispielsweise Vorschläge zu den Bestandteilen der Nahrungsaufnahme z.B. anhand des glykämischen Index oder die Anzahl sowie der Zeitpunkt der Nahrungsaufnahme an einem Tag. Die Anzahl und der Zeitpunkt für die Einnahme bisheriger Malzeiten kann aus den Timestamp der Glykose-Messung ermittelt werden. Die Umsetzung der Vorschläge durch den Messenden wird beispielsweise anhand der nachfolgenden Glykose-Messungen überprüft. Die dabei festgestellten Unterschiede im Glykose-Wert können beispielsweise zu einer Neuordnung in eine niedrigere Risikoklasse führen. Auf diese Weise wird das Risiko nach und nach reduziert.

Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass beispielsweise bei gleichzeitiger Messung von Glykose und C-reaktiven Protein, die Zuordnung in die Risikoklassen exakter erfolgen kann. Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass beispielsweise bei gleichzeitiger Messung von Glykose und C-reaktiven Protein und Cortisol, die Zuordnung in die Risikoklassen noch exakter erfolgen kann.

Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass beispielsweise bei gleichzeitiger Messung von Glykose und C-reaktiven Protein und Cortisol auch eine Prognose für das Entstehen zukünftiger Entzündungen möglich ist. Dazu werden beispielsweise die in der Vergangenheit gemessenen Werte gemeinsam mit der zeitlichen Spanne ihrer Veränderung mit Hilfe von Verfahren der künstlichen Intelligenz analysiert. Das Ergebnis ist ein Prognosewert für das Entstehen und die Stärke der Entzündung für einen bestimmten Zeitraum in der Zukunft.

Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass sich die Genauigkeit der Prognose verbessert, wenn beispielsweise gleichzeitig Alpha Linolensäure gemessen wird.

Für ein erfolgreiches Ernährungs- und Gewichtsmanagement ist es u.a. sinnvoll den Blutzuckerspiegel zu kontrollieren. Körperfett wird nicht oder wird nur teilweise abbaut, wenn genügend Energie in Form von Glykose im Blut vorhanden ist. Da Glukose und Insulin nach einer Mahlzeit in ähnlichem Ausmaß ansteigen und Insulin die Lipolyse blockiert, wird Fett nicht verbrannt bzw. verstoffwechselt. Daraus folgt, dass das mit der Mahlzeit gleichzeitig aufgenommene Fett zumindest teilweise in den Fettzellen gespeichert wird. Das führt zur Gewichtszunahme bei gleichzeitiger Ausdehnung der vorhandenen Fettzellen.

Ist wenig Glykose im Blut, weil zuvor das Insulin die Glykose zur Energiezufuhr in die Körperzellen transportiert hat oder weil die Kalorienzufuhr gestoppt wurde, baut der Körper zunächst seine Glykogenreserven ab. Glykogen ist eine Form von Kohlenhydraten, die in den Muskeln und der Leber gespeichert wird (ca. 300-400g). Bei der Energiegewinnung durch Glykogen wird Wasser freigesetzt, das aus dem Körper ausgeschwemmt wird. Das führt auf der Waage zwar zu einer messbaren Gewichtsabnahme, hat aber nichts mit einem erfolgreichen Gewichtsmanagement und dem Abbau überflüssiger Pfunde zu tun hat. Trotz Bewegung bewirkt das Leeren der Glykogenspeicher eine Reduzierung des Abbaus der im Körper vorhanden Fettreserven. Die Gewichtsabnahme durch Fettverbrennung ist entsprechend gemindert.

Überraschenderweise konnte nun festgestellt werden, dass beispielsweise bei zeitgleicher Messung des Blutzucker-, Wasser- und Fettwerts ein individueller Korridor bestimmt werden kann, innerhalb dem es zu einer Abnahme des Körpergewichts kommt (Nettogewichtsabnahme), ohne dass die später auf der Waage feststellbare Gewichtsreduzierung vom Wasserverlust verfälscht wird. Dies ist für den Nutzer von großer Bedeutung, da er bislang nicht zwischen Wasserverlust und tatsächlicher Gewichtsreduktion unterscheiden kann.

Gleichzeitig konnte überraschenderweise festgestellt werden, dass beispielsweise der Korridor auch den Zeitpunkt bestimmt, bei dem es zielführend und am effektiv ist, die Fettverbrennung durch Bewegung in Gang zu setzen. Das heißt, der Nutzer wird informiert, wann er eine sportliche Aktivität starten soll, damit durch die Bewegung die größte Reduzierung von Körperfett erfolgt.

Die Bestimmung des individuellen Korridors erfolgt beispielsweise durch gezielte mathematische Verrechnung der Blutzucker-, Wasser- und Fettwerte. (Anmerkung: Verrechnungsverfahren nennen) Innerhalb des Korridors können mit Hilfe weiterer mathematischer Verfahren, z.B. auf Basis von KI Bereiche identifiziert werden, bei denen beispielsweise die Nettogewichtsabnahme unterschiedlich ist. Die Identifizierung der einzelnen Bereiche kann beispielsweise über spezielle Kennzahlen erfolgen, die das Verhältnis der einzelnen Messwerte zueinander beschreiben.

Überraschenderweise hat sich herausgestellt, das mit Hilfe der Messung der drei Parameter und deren mathematischen Verrechnung beispielsweise auch die Prognose, der sich später tatsächlich

einstellenden Gewichtsreduktion möglich wird. Die Prognose wird dann besonders genau, wenn zusätzlich zu den drei Parametern, beispielsweise die zeitliche Dauer des Aufenthalts im Korridor bestimmt wird, denn je länger sich der Körper in diesem individuellen Korridor befindet, desto größer ist die Nettogewichtsabnahme. Noch exakter wird die Bestimmung der zukünftigen Nettogewichtsabnahme, wenn beispielsweise der zeitliche Aufenthalt in den Bereichen für unterschiedliche Gewichtsabnahme bestimmt und in die Berechnung einbezogen wird.

Da sich der Fettwert gegenüber dem Blutzucker- und Wasserwert langsamer verändert, konnte überraschenderweise festgestellt werden, dass aus dem Verhältnis von Fett zu Blutzucker- und Wasserwert, beispielsweise der Zeitraum retrospektiv berechnet werden kann, indem sich der Körper in dem individuellen Korridor für die Gewichtsreduktion befunden hat. Vorzugsweise erfolgt die retrospektive Berechnung des Zeitraums beispielsweise unter Einbeziehung einer Messung, die zuvor innerhalb des Korridors stattgefunden hat.

Die Möglichkeit der retrospektiven Berechnung ist gegenüber dem Stand der Technik neu und stellt einen erheblichen Kundennutzen dar, da es offensichtlich keiner kontinuierlichen Bestimmung der drei Messparameter und des zeitlichen Aufenthalts im Korridor bedarf, um die zukünftige Nettogewichtsreduzierung zu prognostizieren. In einer bevorzugten Variante werden Wiederholungsmessungen in einem Takt von bis zu 3 Stunden durchgeführt. In weiteren bevorzugten werden sie in einem Takt von bis zu 2-Stunden, in einem Takt von bis zu 1-Stunde, in einem Takt von bis zu 30 Minuten, in einem Takt von bis zu 20 Minuten, in einem Takt von bis zu 10 Minuten oder in einem minütlich Takt durchgeführt. Wird diese Messtaktung an mehreren Tagen oder über einen längeren Zeitraum wiederholt, so kann beispielsweise die Nettogewichtsabnahme für unterschiedlich lange Zeiträume hochgerechnet werden.

In einer bevorzugten Variante kann die Nettogewichtsabnahme beispielsweise hochgerechnet werden für den Zeitraum von bis zu 1, 2, 3 oder 4 Wochen. In weiteren bevorzugten Varianten für einen Zeitraum von bis zu 2, 3, 4, 5, 6 Monaten, weiteren bevorzugten Varianten für einen Zeitraum von 7, 8, 9, 10, 11 Monaten und in ebenso bevorzugten Varianten für einen Zeitraum bis zu 1, 2, 3 und mehr Jahren. Gegenüber dem Stand der Technik ist damit erheblicher Gewinn des Kundennutzen gegeben, da die physiologischen Zustände eine Gewichtsabnahme quantifizierbar machen, bevor sie auf der Waage sichtbar wird. Dabei handelt es sich um eine objektive Gewichtsabnahme, die beispielsweise nicht von der Messgenauigkeit der Waage oder der Auflösung des Messergebnisses auf der Waage abhängt.

Dies ist ein erheblicher Vorteil, denn der Kunde benötigt dann keine teure Personenwaage mehr, die Gewichts differenzen im Grammbereich mit einem sehr geringen Messfehler anzeigen kann, um eine motivationsfördernde Gewichtsabnahme frühzeitig zu bemerken.

Eine nicht zeitgleiche Messung von Blutzucker, Wasser und Fett zur Bestimmung des Korridors ist auch möglich. Allerdings hat sich herausgestellt, dass auf diese Weise der Korridor nur mit geringerer Genauigkeit bestimmt werden kann. Bekannterweise kommt es in den ersten zwei Stunden nach einer Mahlzeit zu einem Ansteigen und Fallen des Blutzuckerwertes. Wie wissenschaftliche Untersuchungen zeigen (Postprandial glycaemic dips predict appetite and energy intake in healthy individuals. in: Nat Metab. 2021 April 01; 3(4): 523–529. doi:10.1038/s42255-021-00383-x), kommt es bei einigen Personen 2-4 Stunden nach einem Höhepunkt des Zuckerwertes zu einem stark abfallenden Blutzuckerspiegel, bevor der Wert wieder ansteigt. Davon betroffene Personen haben ein stärkeres Hungergefühl und nahmen über den Tag im Durchschnitt 300 Kalorien mehr zu sich, als Personen, deren Blutzuckerspiegel nicht so stark abfiel. Dieses Verhalten kann innerhalb eines Jahres zu einer Gewichtszunahme von 10 kg führen.

Für ein nachhaltiges Gewichtsmanagement ist es deshalb beispielsweise förderlich, Personen darüber zu informieren, ob sie zur Gruppe mit stark abfallenden Zuckerwerten gehören und deshalb mehr Kalorien zu sich nehmen als andere. Für die Ermittlung dieser Personengruppe bedarf es einer speziellen Messprozedur und Visualisierung des Blutzuckerspiegels.

Eine bevorzugte Vorgehensweise zur Identifizierung von Personen mit stark abfallendem Zuckerwert ist z.B. folgende: Vor dem Durchführen einer Glukosemessung können Nutzer auf dem User Interface der Mess-App den Zeitraum angeben, der nach der Mahlzeit vergangen ist. In einer bevorzugten Ausführung kann dies beispielsweise über ein Auswahlménú erfolgen oder durch händische Eingabe des Zeitraums. Zusätzlich besteht in einer weiteren bevorzugten Variante die Möglichkeit, die Komponenten der vorausgegangenen Mahlzeit beispielsweise durch Eingabe, Auswahl oder durch Digitalfotografie zu dokumentieren.

In einer bevorzugten Variante steuert die Mess-App die Durchführung der Messung mit dem oben beschriebenen Messgerät. Sie kann sich z.B. auf einem mobilen Gerät (z.B. Smartphone, Tablet) befinden, das mit Hilfe der App die Daten vom Messgerät abrufen und sie an einen zentralen Server zur Berechnung und/oder Datenspeicherung weiterleitet. Der Datentransfer kann über das Internet erfolgen, mit dem sich das mobile Gerät z.B. automatisch verbinden kann (z.B. über Einwahl in ein existierendes WIFI-Netzwerk oder das mobile Versenden von Daten z.B. über G4, G5). Die auf dem Server gespeicherten Messdaten sämtlicher Nutzer werden auf zeitlich abfallende Zuckerwerte analysiert. Mit Hilfe von KI werden Risikostufen für die Zugehörigkeit zur Gruppe der Nutzer mit stark abfallenden Zuckerwerten definiert. Jedem Nutzer wird eine der Stufen zugewiesen. Da die Zuordnung zu einer Stufe auch von der Anzahl der Zuckermesswerte abhängt, die für den Benutzer gespeichert sind, kann sich die Zuordnung im Laufe der Zeit verändern. Gleichzeitig wird die Wahrscheinlichkeit für eine korrekte Zuordnung mit mehr

Messungen höher. Dem Nutzer wird deshalb beispielsweise grafisch oder als Zahlenwert die Wahrscheinlichkeit für eine korrekte Zuordnung angegeben. Hat der Nutzer Informationen zu den Komponenten seiner Mahlzeit oder Digitalfotos seiner Mahlzeiten in der App hinterlegt, werden bei der Zuordnung in eine Risikostufe jeweils auch die Komponenten einer Mahlzeit oder die fotografierten Mahlzeiten mit angezeigt, die den stärksten Beitrag zur Zuordnung in die Risikostufe geleistet haben. In einer bevorzugten Ausführung kann mit dem hier beschriebenen Messgerät Alpha Linolensäure (Omega 3), Arachidonsäure (Omega 6) und Linolsäure (Omega 6) gemessen werden. In einer weiter bevorzugten Ausführung erfolgt das Detektieren der Säuren gleichzeitig innerhalb einer Messung, die aus mehreren Messsequenzen bestehen kann.

In einer zusätzlich bevorzugten Ausführung erfolgt die Messung der jeweiligen Säurekonzentration in unterschiedlichen Tiefen der Haut bis hinein ins Blut. Die Bestimmung der verschiedenen Tiefen-Konzentrationen für die einzelnen Säuren erfolgt in einer bevorzugten Ausführung gleichzeitig während einer Messung, die mehrere Messsequenzen haben kann.

Für eine weitergehende Analyse können die Messergebnisse für die unterschiedlichen Tiefen separat analysiert oder beispielsweise aufeinander bezogen verrechnet werden. So kann beispielsweise aus der Konzentration im Blut auf die zukünftige Konzentration im Fettgewebe geschlossen werden. In einer anderen bevorzugten Ausführung wird beispielsweise das Verhältnis von Omega 3 zu Omega 6 Fettsäuren bestimmt. Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass beispielsweise bei gleichzeitiger Messung von Alpha Linolensäure (Omega 3) und Carotinoiden die zukünftige Konzentration der Säure berechnet werden kann.

Überraschenderweise konnte auch festgestellt werden, dass bei gleichzeitiger Messung von Alpha Linolensäure (Omega 3), Carotinoiden und Linolsäure (Omega-6-Fettsäure) und/oder alternativ zu Linolsäure Arachidonsäure (Omega-6-Fettsäure), beispielsweise die zukünftige Konzentration der verschiedenen Säuren berechnet werden kann. Säuren und Carotinoide werden nachfolgend auch Berechnungskomponenten genannt. Zur Berechnung der Prognose können beispielsweise frühere Messergebnisse verwendet werden. Für die Prognose können beispielsweise die Ergebnisse der vorgenannten Berechnungskomponenten und der Zeitpunkt ihrer Messung zueinander ins Verhältnis gesetzt und mit mathematischen Verfahren analysiert werden. Zu diesen mathematischen Verfahren zählen auch Verfahren der künstlichen Intelligenz.

In einer bevorzugten Ausführung beträgt der Abstand zwischen den Zeitpunkten der früheren Messungen, bei denen die Konzentration der Berechnungskomponenten gleichzeitig innerhalb einer Messung gemessen wurde, beispielsweise bis zu 12 Stunden. In einer weiteren bevorzugten Ausführung beträgt der Abstand bis zu 24 Stunden, in einer etwas stärker bevorzugten Ausführung beträgt der Abstand bis zu 2 Tag, einer noch etwas stärker bevorzugten Ausführung beträgt der

Abstand bis zu 4 Tagen, in einer noch etwas stärker bevorzugten Ausführung beträgt der Abstand bis zu 8 Tagen, in einer deutlich stärker bevorzugten Ausführung beträgt der Abstand bis zu 2 Wochen, in einer noch etwas deutlich stärker bevorzugten Ausführung beträgt der Abstand bis zu 4 Wochen, in einer am stärksten bevorzugten Ausführung beträgt der Abstand bis zu 2 Monate.

In einer bevorzugten Ausführung sind die zeitlichen Abstände zwischen den gleichzeitigen Messungen der Berechnungskomponenten, die zur Prognose verwendet werden, gleich. In einer stärker bevorzugten Ausführung unterscheiden sich die zeitlichen Abstände zwischen den gleichzeitigen Messungen der Berechnungskomponenten.

In einer bevorzugten Ausführung betragen die Unterschiede in den zeitlichen Abstände zwischen den gleichzeitigen Messungen der Berechnungskomponenten bis zu 2 Stunden, In einer stärker bevorzugten Ausführung betragen die Unterschiede in den zeitlichen Abständen bis zu 12 Stunden, in einer ebenfalls stärker bevorzugten Ausführung betragen die Unterschiede in den zeitlichen Abständen bis zu 1 Tag, in einer noch stärker bevorzugten Ausführung betragen die Unterschiede in den zeitlichen Abständen bis zu 4 Tage, in einer ebenfalls noch stärker bevorzugten Ausführung betragen die Unterschiede in den zeitlichen Abständen bis zu 4 Tage, in einer wesentlich stärker bevorzugten Ausführung betragen die Unterschiede in den zeitlichen Abständen bis zu 1 Woche, in einer ebenfalls wesentlich stärker bevorzugten Ausführung betragen die Unterschiede in den zeitlichen Abständen bis zu 2 Wochen, in einer am stärksten bevorzugten Ausführung betragen die Unterschiede in den zeitlichen Abständen bis zu 4 Wochen.

In einer bevorzugten Ausführung werden für die Berechnung der zukünftigen Konzentration der Säuren drei gleichzeitig durchgeführte Messungen der Berechnungskomponenten verwendet. In einer ebenfalls bevorzugten Ausführung werden bis zu 6 dieser Messungen der Berechnungskomponenten verwendet, in einer stärker bevorzugten Ausführung werden bis zu 8 dieser Messungen der Berechnungskomponenten verwendet, in einer noch stärker bevorzugten Ausführung werden bis zu 10 dieser Messungen der Berechnungskomponenten verwendet, in einer am stärksten bevorzugten Ausführung werden bis zu 20 dieser Messungen der Berechnungskomponenten verwendet. Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass die Berechnung der zukünftigen Konzentration von Alpha Linolensäure, Arachidonsäure und Linolsäure, auch möglich ist, wenn im Gegensatz zu den Ausführungen zuvor, beispielsweise die Konzentrationsbestimmung der vier Berechnungskomponenten (Carotinoide, Alpha Linolensäure, Arachidonsäure und Linolsäure) nicht gleichzeitig in einer Messung, die z.B. verschiedene Messsequenzen haben kann, durchgeführt wird.

In einer bevorzugten Ausführung können Carotinoide, Alpha Linolensäure, Arachidonsäure und Linolsäure beispielsweise auch separat nacheinander gemessen werden, um aus den 4

Konzentrationswerten jeweils die zukünftige Konzentration einer der Säuren zu berechnen. Die zeitlichen Abstände zwischen den separat nacheinander durchgeführten Messungen, kann beispielsweise bis zu 10 Tagen betragen.

In einer bevorzugten Ausführung beträgt der Abstand zwischen den Einzelmessungen der Berechnungskomponenten bis zu 5 Tagen, in einer etwas mehr bevorzugten Ausführung beträgt der Abstand zwischen den Einzelmessungen der Berechnungskomponenten bis zu einem Tag, in einer stärker bevorzugten Ausführung beträgt der Abstand zwischen den Einzelmessungen der Berechnungskomponenten bis zu 12 Stunden, in einer noch stärker bevorzugten Ausführung beträgt der Abstand zwischen den Einzelmessungen der Berechnungskomponenten bis zu 1 Stunde, in einer ebenfalls noch stärker bevorzugten Ausführung beträgt der Abstand zwischen den Einzelmessungen der Berechnungskomponenten bis zu 10 Minuten und in einer am stärksten bevorzugten Ausführung beträgt der Abstand zwischen den Einzelmessungen der Berechnungskomponenten bis zu 1 Minute. In einer bevorzugten Ausführung sind die zeitlichen Abstände zwischen aufeinander folgenden, separat durchgeführten Messungen von Carotinoiden, Alpha Linolensäure, Arachidonsäure und Linolsäure annähernd gleich.

In einer etwas mehr bevorzugten Ausführung beträgt der zeitliche Unterschied zwischen jeweils aufeinander folgenden, separat durchgeführten Messungen der Berechnungskomponenten bis zu 5 Tagen. In einer etwas stärker bevorzugten Ausführung beträgt der zeitliche Unterschied zwischen jeweils nacheinander durchgeführten Messungen der Berechnungskomponenten bis zu 1 Tag. In einer noch etwas stärker bevorzugten Ausführung beträgt der zeitliche Unterschied zwischen jeweils nacheinander durchgeführten Messungen der Berechnungskomponenten bis zu 12 Stunden. In einer ebenfalls noch etwas stärker bevorzugten Ausführung beträgt der zeitliche Unterschied zwischen jeweils nacheinander durchgeführten Messungen der der Berechnungskomponenten bis zu 6 Stunden. In einer am stärksten bevorzugten Ausführung beträgt der zeitliche Unterschied zwischen jeweils nacheinander durchgeführten Messungen der Berechnungskomponenten bis zu 1 Stunde. In der am aller stärksten bevorzugten Ausführung beträgt der zeitliche Unterschied zwischen jeweils nacheinander durchgeführten Messungen der Berechnungskomponenten bis zu 10 Minuten.

In einer bevorzugten Ausführung werden bei separater Messung der Berechnungskomponenten zur Berechnung der zukünftigen Konzentration von Alpha Linolensäure, Arachidonsäure und Linolsäure jeweils 3 separate Messungen der Berechnungskomponenten verwendet. In einer ebenfalls bevorzugten Ausführung werden bis zu 6 separate Messungen der Berechnungskomponenten verwendet, in einer stärker bevorzugten Ausführung werden bis zu 8 separate Messungen der Berechnungskomponenten verwendet, in einer noch stärker bevorzugten

Ausführung werden bis zu jeweils 10 separate Messungen der Berechnungskomponenten verwendet, in einer am stärksten bevorzugten Ausführung werden bis zu jeweils 20 separate Messungen der Berechnungskomponenten verwendet.

Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass bei Verwendung der Berechnungskomponenten die Prognose der zukünftigen Konzentrationswerte von Carotinoiden, Alpha Linolensäure, Arachidonsäure und Linolsäure genauer ist, als wenn beispielsweise in die Berechnung nur der Konzentrationswert der jeweiligen Säure allein eingeht.

Messung von C-reaktives Protein und Cortisol

Mit einer Ausführung des hier beschriebenen Sensors ist es möglich „C-reaktives Protein“ im menschlichen Körper zu messen. Mit einer weiteren Ausführung des Sensors ist es möglich Cortisol im menschlichen Körper zu messen.

Messung von Carotinoiden

Mit Hilfe des hier beschriebenen Sensors ist es möglich die Konzentration von Carotinoiden im menschlichen Körper zu messen. Für die MSRRS Methode ist das bereits in Patent beansprucht. Wird die MSRRS Methode in Verbindung mit den hier beschriebenen Eigenschaften des Messgeräts benutzt, kann die Konzentration der verschiedenen Carotinoide genauer bestimmt werden als mit der MSRRS Methode allein. Überraschenderweise konnte nun festgestellt werden, dass der Messfehler zwischen der ermittelten und der realen Konzentration der Carotinoide geringer wird, wenn beispielsweise die Berechnung der Carotinoid-Konzentration unter Berücksichtigung der optischen Messwerte von C-reaktives Protein und/oder Cortisol erfolgt.

Überraschenderweise konnte ebenfalls festgestellt werden, dass auch die Wiederholgenauigkeit der Carotinoid-Messung sich verbessert, wenn beispielsweise die Konzentrationsberechnung der Carotinoid-Messung unter Einbeziehung der optischen Daten von C-reaktiven Protein und/oder Cortisol erfolgt. Es stellte sich überraschenderweise ebenfalls heraus, dass bei Ernährungs- und Verhaltensumstellungen, die der Verbesserung der Carotinoid-Werte dienen, der Anstieg der Carotinoid-Konzentration früher nachweisbar ist, wenn beispielsweise gleichzeitig C-reaktives Protein und/oder Cortisol gemessen und in der Carotinoid-Konzentrationsberechnung berücksichtigt wird.

Überraschenderweise ergab sich auch, dass die Abweichung zwischen vorhergesagter Carotinoid-Konzentration und später tatsächlich gemessener Carotinoid-Konzentrationen, geringer ausfällt, wenn bei der Trendermittlung beispielsweise die Messergebnisse der gleichzeitig durchgeführten Messung des C-reaktiven Proteins und/oder Cortisols berücksichtigt werden.

Bezüglich der Anzahl der zur Trendberechnung erforderlichen Messungen, der zeitlichen Abstände zwischen den einzelnen Messzeitpunkten und der zeitlichen Unterschiede zwischen den Messungen, gelten analog die beschriebenen Bedingungen zur Berechnung der zukünftigen Konzentration von Fettsäuren. Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass die spektroskopische Messung der zuvor genannten Substanzen auch im Durchlichtverfahren möglich ist. Entgegen der Reflexionsspektroskopie befinden sich bei diesem Verfahren die Emittoren und Detektoren nicht auf einer gemeinsamen Ebene, so dass die Messung nur an bestimmten Körperstellen möglich ist (z.B. Fingerkuppe, Ohr läppchen). Die Messergebnisse zeigen aber, dass die Messgenauigkeit weitaus geringer ist.

Initialisierung – Anlegen eines User-Profiles in der App

Wie zuvor an verschiedenen Stellen beschrieben, ermöglicht das hier offenbarte Messgerät und die Verfahren zur Durchführung der Messung die Bestimmung physiologischer Zustände eines Individuums bzw. die genaue Messung der Konzentration von Substanzen im menschlichen Körper. Um die Aufgabe des Messgeräts, dem gesundheitlichen Wohlergehen des Nutzers zu dienen, vollständig erfüllen zu können, werden dem Nutzer auf Grundlage der Messergebnisse noch zusätzlich wichtige Zusatzinformationen bereitgestellt bzw. die Kommunikation mit relevanten Personen oder Institutionen ermöglicht. Wie überraschenderweise festgestellt werden konnte, kann damit das Wohlbefinden nachhaltig verbessert werden. In einer bevorzugten Variante kann der Nutzer festlegen, welche Zusatzinformationen er in welchem Zusammenhang erhalten will. Die Zusatzinformation und Kommunikation, die auf Grundlage der Messung, z.B. über eine spezielle App, mit der das Messgerät kommuniziert, bereitgestellt wird, betrifft beispielsweise folgende:

- Historie der Messergebnisse einzelner oder mehrerer Messparameter z.B. in Form einer Auflistung der entsprechenden Einzelmesswerte mit Zeitstempel oder als grafische Darstellung der Verläufe über der Zeit,
- Darstellung von gesundheitlichen Limits für die Konzentration der einzelnen Messparameter oder der Kombination von Messparametern, Bewertung der Präferenzen, die der Nutzer hinsichtlich bestimmter Messparameter festlegen kann,
- Ermittlung und Darstellung des Erfüllungswerts, der sich für die Präferenzen ergibt, wenn der Nutzer einzelne Nahrungsmittel oder komplette Mahlzeiten wählt oder zu sich nimmt,
- Darstellung der Tendaussagen für die Entwicklung einzelner Messwerte oder die Kombination mehrerer Messwerte,

- Vergleich der erzielten Messergebnisse mit z.B. Mittelwerten oder Median von Referenzgruppen (unterteilt z.B. nach Alter und/oder Geschlecht und/oder Schulbildung und/oder Beruf) auf regionaler Ebene (z.B. Heimatstadt oder Bundesland des Nutzers), nationaler Ebene (Nationalstaat des Nutzers), internationaler Ebene (z.B. Kontinent, weltweit)), Zusammenfassung aller Ergebnisse zu Wochen-, Monats- oder Jahresberichten,
- Möglichkeit der Weiterleitung von Ergebnissen, z.B. automatisch oder nach Bestätigung durch den Nutzer, an Nutzergruppen in Soziale Netzwerke, an follower in sozialen Netzwerken, an Einzelpersonen z.B. Hausarzt, Freunde, Familienmitglieder, an nationale oder internationale Institutionen z.B. Krankenhaus, Statistik Ämter, Gesundheitsministerium, WHO,
- Möglichkeit des Nutzers zusammen mit den Messergebnissen auch erläuternde Sprachnachrichten an ausgewählte Personen oder Institution über die App des Messgeräts zu versenden,
- Zugriff auf bestimmte Datenbanken, z.B. mit Hilfe zur Verfügung gestellter Suchalgorithmen, die gesundheitsrelevante Informationen enthalten z.B. Rezepte, wissenschaftliche Publikationen, Erfahrungsberichte von Betroffenen, durch digitale Eingabe von Suchfragen oder verbal geäußerte Abfragen,
- Möglichkeit des Nutzers in zeitlich frei definierbaren Abständen z.B. eine Erinnerungsmail oder WhatsApp Nachricht zu erhalten, wenn z.B. aufgrund vorhandener Messergebnisse eine erneute Messung sinnvoll ist.
- Informationen über das Vorhandensein von im Umkreis des Nutzers sich befindenden Experten beispielsweise zu Gesundheit und ernährungsbezogenen Fragen oder zu rechtlichen Fragen, die sich beispielsweise aus der Ernährung oder dem Bezug von Lebensmitteln oder dem Besuch von Restaurants ergeben können.
- Informationen zu Institutionen im Bereich Ernährung z.B. Gesundheitsämter, Ministerien, Verbraucherzentralen incl. möglicher Ansprechpartner.
- Automatische Terminvereinbarung z.B. mit Ärzten, Ernährungsberatern, Gesundheitsexperten, wenn Messergebnisse bestimmte Limits überschreiten
- Automatisierte Bereitstellung von aktuellen Informationen zu Öffnungszeiten und Urlaubs- oder Krankheit bedingter Nichtverfügbarkeit von z.B. Ärzten, Gesundheit und ernährungsbezogenen Experten oder Experten für rechtliche Fragen, die sich beispielsweise aus der Ernährung oder dem Bezug von Lebensmitteln oder dem Besuch von Restaurants ergeben können

- Automatisierte Erinnerung an die Durchführung und Einhaltung von sportlichen Aktivitäten, Entspannungsübungen oder Ruhephasen anhand der Bewertung von Messergebnissen.
- Möglichkeit des Nutzers dem System aus Messgerät und App das Bestehen von Allergien, Unverträglichkeiten, Vorlieben z.B. hinsichtlich bestimmter Lebensmittel, Ernährungsstile z.B. Veganer, Vegetarier oder Flexitarier mitzuteilen.
- Bereitstellung von individualisierten Ratschlägen zur Verbesserung der Messergebnisse unter Berücksichtigung z.B. der Präferenzen, Vorlieben, Ernährungsstile des Nutzers, seiner Messhistorie und regionaler und jahreszeitlicher Verfügbarkeit von Lebensmitteln.
- Bereitstellung von Informationen zu Einkaufsmöglichkeiten von Lebensmitteln z.B. Lebensmittelgeschäfte, Wochenmärkte, Hofläden im Umkreis des Nutzers unter Berücksichtigung z.B. von Qualität (beispielsweise Bioprodukte), Kosten, Entfernung, Erreichbarkeit und Öffnungszeiten.
- Bereitstellung von Informationen über Restaurants, Fast Food Restaurants, Imbiss-Stationen, Lieferketten von Lebensmitteln
- Automatisierte Bestellung von Nahrungsmitteln z.B. für Rezepte, die der Nutzer für seine Mahlzeiten auswählt und die ihm nach Hause gebracht werden.
- Automatisierte Überwachung der Nahrungsvorräte des Nutzers anhand der verzehrten Lebensmittel
- Bereitstellung von Informationen über Sonderangebote von Nahrungsmitteln der im Umkreis des Nutzers vorhandenen Geschäfte

Zur Berechnung bestimmter Werte, Generierung individueller Ratschläge zur Verbesserung von Messergebnissen oder der Bereitstellung von Zusatzinformationen, bedarf es zusätzlicher Informationen über den Nutzer. Dazu zählen beispielsweise Alter, Geschlecht, Größe, Gewicht, Beruf, Standort des Nutzers, aber auch Daten zu bestimmten Krankheiten, die auf die Messergebnisse oder ihre Interpretation Einfluss haben wie beispielsweise Diabetes.

In einer bevorzugten Variante zählen zu Zusatzinformationen auch die zuvor im Zusammenhang mit der Bestimmung der individuellen Verstoffwechselung erforderlichen Informationen. Dies sind beispielsweise Lebensstil bzw. Lebensgewohnheiten wie beispielsweise Rauchen, Alkoholkonsum, Schlafdauer, aktuelle Aufenthalt in der Sonne, Nutzung von Solarium, Intensität sowie Häufigkeit und Dauer körperlicher Belastung z.B. durch Sport. Die in diesem Zusammenhang geltenden datenschutzrechtlichen Bestimmungen werden bei der Nutzung berücksichtigt. In einer bevorzugten Lösung kann der Nutzer diese Informationen, sofern er dies

wünscht, beispielsweise einmalig bei der Konfiguration der App, die das Messgerät zur Erfüllung seiner Aufgaben nutzt, eingegeben. Dieser Vorgang kann direkt nach dem Herunterladen der App zur Nutzung des Messgeräts aus dem App Store stattfinden. In einer weiteren bevorzugten Lösung kann dies auch später erfolgen. Der Nutzer kann die notwendigen Eingaben jederzeit verändern, ergänzen oder Löschen. Wird ein Messgerät von mehreren Personen benutzt z.B. von anderen Familienmitgliedern, muss die Messung einer Person zugeordnet werden können. Dies kann z.B. durch Anlegen von Nutzerprofilen erfolgen, die vor jeder Messung ausgewählt werden müssen. Im Nutzerprofil werden neben dem selbst gewählten Namen (Alias) auch die zuvor beschriebenen persönlichen Informationen der Zusatznutzer hinterlegt.

Generell gilt, dass je häufiger sich eine Person misst, die physiologischen Zustände und Veränderungen genauer erfassbar sind und darauf aufbauende Ratschläge z.B. über die App gezielter gegeben werden können. Der User kann deshalb in seinem User-Profil eine Funktion auswählen, bei der ihn die App auffordert, eine Messung durchzuführen.

Im Hinblick auf die Analyse, ob ein User zur Gruppe der Personen mit stark abfallenden Blutzuckerwerten gehört, ist dies besonders vorteilhaft, weil der User dann zu bestimmten Zeitpunkten und in einem bestimmten Rhythmus zur Durchführung von Messungen aufgefordert wird, die die Detektion stark abfallender Werte am wahrscheinlichsten macht.

Für die Auswahl des Zeitpunkts kann sich die App beispielsweise auf die Analyse vorangegangener Messungen stützen, als auch auf Zeiten, bei denen der User typischerweise Mahlzeiten einnimmt. Die typischen Zeitpunkte für die Einnahme von Mahlzeiten kann auch der Nutzer z.B. auch in seinem User-Profil hinterlegen. Sind in einer zugeordneten Datenbank genügend Messergebnisse vorhanden, die die Zuordnung des Nutzers zur Gruppe mit stark abfallenden Blutzuckerwerten ermöglichen oder die ausschließen, dass er zu dieser Gruppe gehört, wird er für diese Funktion der App nicht mehr zur Durchführung von Messungen aufgefordert.

Die Aufforderung zur Durchführung einer Messung kann bei geöffneter App über die App direkt erfolgen. Ist die App auf dem Smartphone nicht geöffnet, kann die Mitteilung über den Server beispielsweise als Push Nachricht per SMS, als Mail oder über soziale Netzwerke versendet werden. Für eine bevorzugten Variante gilt, das Messergebnisse und/oder bereitgestellte Zusatzinformationen angemessen visualisiert, aufgearbeitet und mit unterstützenden Hinweisen angereichert werden, damit sie ohne Spezialkenntnisse vom Messenden genutzt und in Alltagshandlungen umgesetzt werden können. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, dass die vorgenannten Ergebnisse und/oder Zusatzinformationen in unterschiedlichem Detaillierungsumfang zur Verfügung gestellt werden und der Nutzer die Möglichkeit hat bei Bedarf den Grad der Detaillierung zu wählen.

In einer besonders bevorzugten Variante wird dem Nutzer des Messgeräts zusätzlich mitgeteilt, wie hoch der Messwert einer bestimmten Substanz wäre, beispielsweise bestimmter Karotinoide oder wieviel täglich an Obst- und Gemüse aufgenommen werden müsste, wenn der Nutzer bestimmte Verhaltensweise ändern würde. Dazu zählen beispielsweise die im Zusammenhang mit der individuellen Verstoffwechselung ermittelten mittleren Einflüsse von beispielsweise Rauchen, Alkoholkonsum, Schlafdauer, Aufenthalt in der Sonne etc.

Unterstützung des Users hinsichtlich gesundheitsbewusster Ernährung

In einer bevorzugten Variante werden auf Basis der mit dem hier beschriebenen Messgerät durchgeführten Messungen dem Nutzer beispielsweise Lebensmittel für den Verzehr vorgeschlagen, die dazu beitragen, die in Blut und/oder Gewebe vorhandenen Konzentrationen bestimmter Stoffe und/oder gemessenen physiologischen Zustände des Nutzers zu stabilisieren und/oder zu erhöhen bzw. zu verbessern.

In einer besonders bevorzugten Variante werden dem Nutzer die noch zu verzehrenden Mengen an bestimmten Lebensmitteln vorgeschlagen. Fig. 17 zeigt beispielsweise eine Information zur Menge an Obst und Gemüse, die der Nutzer täglich in den nächsten 4 Wochen verzehren sollte. In einer stärker bevorzugten Variante werden dem Nutzer detaillierte Informationen zu Mengen einzelner Obst- und Gemüsesorten gegeben, die es ermöglichen den Sollmesswert, der sich aus einer vom Nutzer gewählten Präferenz ergibt, zu erreichen.

In einer ebenfalls bevorzugten Variante werden dem Nutzer Lebensmittel zum Verzehr vorgeschlagen, deren Inhaltsstoffe auch mit dem Messgerät im menschlichen Gewebe oder im Blut gemessen werden und deren Defizit gegenüber Sollwerten durch die App aufgezeigt wird. Dazu zählen beispielsweise die Omega 3 und Omega 6 Fettsäuren oder bestimmte Vitamine.

In einer weiteren bevorzugten Variante orientieren sich die vorgeschlagenen Lebensmittel und Mengen z.B. an den Präferenzen des Nutzers innerhalb welchen Zeitraums sich die bei ihm gemessenen Konzentrationen und/oder physiologischen Zustände verändern sollen. Hierbei kann der Nutzer beispielsweise in der App des Messgeräts Kategorien von Veränderungsgeschwindigkeiten vorgeben. Hauptkategorien können beispielsweise eine „schnelle Veränderung“ oder eine „moderate Veränderung“ sein. Bei einer schnellen Veränderung ist die vorgeschlagene zu verzehrende Menge des detektierten Stoffes höher als bei der moderaten Veränderung. In einer weiteren bevorzugten Variante orientieren sich die Vorschläge für Lebensmittel und die zu verzehrende Menge an allgemein anerkannten und/oder aufgrund wissenschaftlicher Studien bestätigten Sollmengen in Blut oder Gewebe des Menschen und/oder von anerkannten Institutionen befürworteten Mengen oder z.B. an den durchschnittlichen

Konzentrationen, die mit dem Messgerät in einer für den Nutzer relevanten Vergleichsgruppe gemessen wurden oder an Sollwerten, die der Nutzer selbst definiert hat. In einer bevorzugten Variante kann es auch mehrere Sollmengen geben. Diese können z.B. dann zum Einsatz kommen, wenn ihre Höhe unterschiedlich ist und der Nutzer einen weniger hohen Sollwert erreicht hat.

In einer bevorzugten Variante bestimmt der Nutzer welche Sollwerte für den Vergleich herangezogen werden.

In einer weiteren besonders bevorzugten Variante werden dem Nutzer nicht nur einzelne Lebensmittel, sondern auch komplette Rezepte für die Nahrungsaufnahme eines Tages vorgeschlagen. In einer bevorzugten Lösung können dem Nutzer auch mehrere Lebensmittel bzw. mehrere komplette Rezepte vorgeschlagen werden, aus denen er das jeweils gewünschte auswählen kann. In einer weiteren bevorzugten Lösung werden ihm z.B. jeweils immer neue Rezepte vorgeschlagen, solange er sich nicht für ein Rezept entscheidet.

In einer ebenfalls besonders bevorzugten Variante verteilen sich die für die Nahrungsaufnahme eines Tages vorgeschlagenen Mengen der detektierten Stoffe z.B. auf drei Hauptmahlzeiten: Frühstück, Mittagessen und Abendessen. In einer weiteren bevorzugten Variante verteilt sich die Menge auf zusätzliche Snacks, die z.B. im Anschluss an eine Mahlzeit oder zwischen den Mahlzeiten eingenommen werden kann (vgl. dazu Fig. 18). In einer weiteren bevorzugten Variante können auch Gerichte vorgeschlagen werden, die in einem Restaurant angeboten werden, das sich in einer vom Nutzer selbst gewählten Entfernung zu seinem Standort befindet.

In einer weiteren bevorzugten Variante wird z.B. am Messwert der Glukosekonzentration festgelegt welche Lebensmittel und welche Mengen eines Lebensmittels zum Verzehr vorgeschlagen werden. In einer weiteren bevorzugten Variante kann dies z.B. auch die Zeitspanne im Laufe des Tages betreffen, zu der die Lebensmittel verzehrt werden sollen. Auf diese Weise kann beispielsweise der Konflikt gelöst werden, dass einerseits Defizite an bestimmten Stoffen im Körper des Individuums ausgeglichen werden müssen, andererseits der Nutzer aber z.B. sein Körpergewicht auf dem bestehenden Niveau halten möchte oder aber sein Körpergewicht innerhalb eines bestimmten Zeitraums um eine definierte Menge reduzieren oder erhöhen will. Die an anderer Stelle dieser Schutzrechtsanmeldung dargestellte Art der Messwertermittlung und die damit eventuell verbundenen Verfahrensschritte, können beispielsweise für die Kompromissbildung angewendete werden.

Alle in dieser Patentanmeldung genannten Substanzen, deren Konzentration in Blut und Gewebe des Nutzers gemessen wurden und die entsprechend in der nutzerspezifischen Datenbank gespeichert sind, werden bei der Generierung von Vorschlägen für einzelne Lebensmittel, Rezeptvorschläge von Mahlzeiten oder im Restaurant angebotener Gerichte, berücksichtigt, sofern

sie nicht ausschließlich vom menschlichen Körper selbst hergestellt werden. D.h. für alle Rezepte werden die in ihnen jeweils enthaltenen Mengen an diesen Substanzen angegeben. In einer bevorzugten Variante kann die Ermittlung der jeweiligen Menge eines Stoffes z.B. mit Rückgriff auf Informationen aus dem Internet erfolgen oder beispielsweise durch gezielte Recherche in speziellen Datenbanken, wobei für die notwendigen Suchalgorithmen bzw. für die Formulierung der Suchkriterien z.B. KI (künstliche Intelligenz) genutzt wird. In einer bevorzugten Variante werden dem nicht die Informationen selbst, sondern die Suchalgorithmen oder Recherchestrategien zur Verfügung gestellt, so dass er die ihn interessierenden Inhalte immer wieder selbst ermitteln kann, um die damit verbundene Information immer aktuell zu halten.

In einer anderen bevorzugten Variante kann die Ermittlung der jeweiligen Menge eines Stoffes durch Nutzung einer selbst erstellten Datenbank erfolgen, auf die die App des Messgeräts Zugriff hat, und in die Ergebnisse von vorausgegangenen Internetrecherchen gespeichert wurden.

Wenn der Ausgleich von gemessenen Defiziten, z.B. wegen physiologischer Abhängigkeiten, durch Verhaltensänderung oder Ernährungsumstellung nicht gleichzeitig möglich ist, folgen die dem Nutzer vorgeschlagenen Maßnahmen, in einer bevorzugten Variante, einer in der App vorgegebenen Hierarchie des Defizitausgleichs. Diese Hierarchie basiert z.B. auf allgemeinen medizinischen Erkenntnissen, die für die meisten Menschen gelten. In einer weiteren bevorzugten Variante basiert die Hierarchie auf den vom Nutzer vorgegebenen Präferenzen.

In einer besonders bevorzugten Variante enthalten die Vorschläge auch Angaben zu den Kosten für die Beschaffung der Lebensmittel, der Zutaten der Rezepte oder der Kosten, die für ein Gericht auf der Speisekarte eines Restaurants ausgewiesen ist. Enthalten sind dabei auch die Kosten, die anfallen, wenn der Nutzer sich die notwendigen Zutaten oder die Gerichte eines Restaurants per Lieferdienst bringen lässt. In anderen ebenfalls bevorzugten Varianten wird in den Vorschlägen der insgesamt notwendige Aufwand quantifiziert, den der Nutzer bei der Realisierung der Vorschläge hat. Dazu gehört beispielsweise der zeitliche Aufwand der z.B. für die Beschaffung und Zubereitung von Lebensmittel oder das Kochen der Rezepte erforderlich ist. Dabei wird zunächst der Aufwand berechnet, der beim Einkaufen in den von der App vorgeschlagenen Verkaufsstellen oder Lebensmittelgeschäften bzw. beim Besuch der Restaurants entsteht, die von der App vorgeschlagen werden. Sollte sich der Nutzer für andere Geschäfte oder Restaurants entscheiden, kann dieser Aufwand ebenfalls berechnet werden, wenn der Nutzer die entsprechende Adresse eingibt. Darüber hinaus wird in einer weiteren bevorzugten Variante auch der ökologische Fußabdruck quantifiziert, der sich z.B. aus der Herstellung des Lebensmittels, seinem Transport und seiner Lagerung bei der Verkaufsstelle, dem Aufsuchen der Verkaufsstelle oder der

Anlieferung durch einen Bringdienst, sowie dem Energieaufwand für Zubereitung des Essens und die eventuelle Entsorgung von Essensresten ergibt.

Für alle Lebensmittel bzw. alle vorgeschlagenen Rezepte oder aus Restaurantangeboten ausgewählten Gerichte wird mit der oben beschriebenen Methode/Verfahren die enthaltenen Mengen an verschiedenen Inhaltsstoffen bestimmt. Dazu zählen auch die, die mit Hilfe des Messgeräts im Blut oder Gewebe des Nutzers detektiert werden (beispielsweise Karotinoide oder Fettsäuren). Aus dieser, durch Rezepte oder Restaurantangebote verfügbaren Menge an Inhaltsstoffen, sowie beispielsweise der individuellen Verstoffwechselung eines Stoffes (ihre Ermittlung wurde zuvor dargestellt), ergibt sich im Hinblick auf die vom Nutzer gewählten Sollwerte der Beitrag bzw. Erfüllungsgrad, den die Rezepte, Gericht oder Lebensmittel zur Erreichung der Sollgrenzen leisten. Die Angabe für das Erreichen kann z.B. in Prozent erfolgen. Dieser Kennwert wird dem Nutzer mitgeteilt, damit er seine Auswahl danach treffen oder zumindest über die diesbezüglichen Folgen informiert ist, wenn er die Entscheidung trifft.

In einer bevorzugten Variante werden dem Nutzer noch weitere Kennwerte mitgeteilt, anhand derer er feststellen kann, welchen Beitrag ein Lebensmittel bzw. ein Rezept oder ein vom Restaurant angebotenes Gericht zur Erfüllung von Sollwerten leistet bzw. seinem Wohlbefinden dient.

Kennzahl Ernährungsqualität

Eine Kennzahl ergibt sich z.B. aus dem Verhältnis der Menge an Obst und Gemüse eines Rezepts bzw. Gerichts z.B. in Gramm, zu der noch fehlenden Menge an Obst und Gemüse, die durch Messung ermittelt wurde und die verzehrt werden muss, um einen bestimmten Sollwert zu erreichen. Dieser Sollwert kann in Deutschland beispielsweise der von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung vorgegebene Wert von täglich 650g sein. Die Kennzahl kann sich auch statt auf ein Rezept oder ein Gericht auf alle ausgewählten Rezepte oder Mahlzeiten des Tages oder einer anderen Zeitspanne beziehen incl. ausgewählter oder verspeister Snacks. In einer bevorzugten Lösung kann der Nutzer eine Präferenz für die Schnelligkeit, mit der der Sollwert erreicht werden soll, angeben. In einer bevorzugten Variante sollte der Nutzer die noch fehlende Menge an Obst und Gemüse zu sich nehmen, die sich aus der Messung mit dem Messgerät ergibt, um den Zielwert von z.B. 650g zu erreichen. Diese Präferenz kann z.B. als „moderate“ Verbesserung zur Erreichung des Sollwerts von 650g/Tag definiert sein.

In einer weiteren bevorzugten Variante sollte der Nutzer doppelt so viel an Obst und Gemüse pro Tag zu sich nehmen, als ihm vom Messgerät vorgeschlagen wird. In einer weiteren bevorzugten Variante sollte diese Menge jedoch nicht mehr als 650g/Tag betragen. Diese Präferenz kann als

„schnelle Verbesserung“ zur Erreichung des Sollwerts von 650g/Tag definiert sein. In einer bevorzugten Variante wird das Erreichen, des durch Messung ermittelten noch zu verzehrenden Bedarfs als prozentuale Angabe dargestellt (vgl. Fig. 18). In einer ebenfalls bevorzugten Variante wird bei Übererfüllung des noch zu verzehrenden täglichen Bedarfs der prozentuale Wert z.B. auf 100% gesetzt und die Übererfüllung z.B. durch zusätzliche Sterne oder vergleichbare Angaben dargestellt. Die Anzahl der Sterne spiegelt dann wider, um wieviel das ausgewählte Rezept oder alle Rezepte eines Tages den Messwert überschreiten. Je mehr Sterne, umso größer ist die Übererfüllung des Messwerts (vgl. Fig. 18). In einer weiter bevorzugten Variante kann statt der Sterne auch ein prozentualer Wert der Übererfüllung in der App angezeigt werden.

In einer ebenfalls bevorzugten Variante wird diese Kennzahl „Ernährungsqualität“ genannt.

In einer weiteren bevorzugten Variante kann dem Nutzer auch eine Historie des Erfüllungsgrads der Ernährungsqualität angezeigt bekommen. In einer weiteren bevorzugten Variante beträgt der Betrachtungszeitraum 30 Tage, wobei die verzehrte oder in Rezepten ausgewählte Menge an Obst und Gemüse und die Menge an Obst und Gemüse, die durch Messung ermittelt wurde und die noch verzehrt werden muss, um den Zielwert zu erreichen, beispielsweise in einem gemeinsamen X-Y Diagramm grafisch dargestellt ist. In einer bevorzugten Variante ist die ausgewählte oder verzehrte Menge an Obst und Gemüse beispielsweise als Balkendiagramm dargestellt und der Messwert für die noch zu verzehrende Menge als auf den Balken liegende Kurve.

In einer weiteren bevorzugten Variante ist in der Historie der Ernährungsqualität zusätzlich der übergeordnete Zielwert angegeben z.B. 650g/täglich, gegenüber dem die noch zu verzehrende tägliche Menge an Obst und Gemüse durch Messung ermittelt wurde. In einer bevorzugten Variante ist der Zielwert beispielsweise auch als Fläche in dem X-Y Diagramm eingezeichnet.

In einer ebenfalls bevorzugten Variante ist in der Historie der Ernährungsqualität beispielsweise der Beginn der Betrachtungsperiode, das aktuelle Datum sowie die Priorität des Nutzers, wie schnell das Ziel erreicht werden soll, z.B. moderate Geschwindigkeit, ebenfalls angegeben.

In einer ebenfalls bevorzugten Variante enthält die Historie der Ernährungsqualität auch eine statistische Aussage zur zentralen Tendenz aller einzelnen Tagesergebnisse. So kann im Diagramm z.B. der Mittelwert für die Erreichung der vom Nutzer selbst gesetzten Ziele dargestellt sein. In einer weiteren bevorzugten Variante kann dies z.B. zusätzlich durch Farben ausgedrückt sein, wobei z.B. grüne Farbtöne eine Erfüllung des Nutzerziels symbolisieren, z.B. gelbe eine knappe Nichterreichung und rote z.B. eine deutliche Nichterreichung anzeigen.

Kennzahl Gewichtsmanagement

In einer bevorzugten Variante enthält die App eine weitere Kennzahl, die den Nutzer darüber informiert, ob die ausgewählten Rezepte bzw. die aufgenommene Nahrung seinen Präferenzen nach Gewichtsabnahme, Gewichtszunahme oder Beibehalten des gegenwärtigen Körpergewichts (innerhalb frei definierbarer Grenzen) entsprechen (vgl. Fig. 18).

In einer bevorzugten Variante wird diese Kennzahl als „Gewichtsmanagement“ bezeichnet.

In einer weiteren bevorzugten Variante kann der Nutzer in der App ebenfalls festlegen, wie stark bzw. wie umfangreich er sein gegenwärtiges Essverhalten umstellen will, um seine Präferenz nach Gewichtsabnahme oder Gewichtszunahme zu erreichen. Er kann dazu in der App beispielsweise die Kategorie „moderat“ auswählen, bei der er z.B. seinen durchschnittlichen Kalorienbedarf bei Gewichtsabnahme um 250 kcal/Tag unterschreiten oder bei Gewichtszunahme um 250kcal/Tag überschreiten sollte. Er kann aber beispielsweise auch die Kategorie „schnell“ wählen, bei der er seinen Kalorienbedarf beispielsweise jeweils um 500 Kcal/Tag Unter- oder Überschreiten sollte.

In einer ebenfalls bevorzugten Variante kann der Nutzer in der App direkt die Anzahl an kcal festlegen, mit der er seine tägliche Kalorienaufnahme limitiert.

Für die Berechnung der Kennzahl ermittelt die App für alle vorgeschlagenen Rezepte oder Restaurantangebote, die ein Nutzer für einen Tag auswählt, den Brennwert in kcal und vergleicht die Summe mit dem durchschnittlichen Kalorienbedarf dieses Nutzers pro Tag.

In einer bevorzugten Variante erfolgt die Ermittlung des durchschnittlichen Kalorienbedarfs mit Hilfe eines anerkannter Berechnungsverfahrens. Es können beispielsweise folgende Berechnungsverfahren verwendet werden: Harris-Benedict Verfahren, Mifflin und St. Jeor Verfahren, Verfahren nach WHO & Food Agricultural Organisation der Vereinten Nationen

Da die Berechnungsverfahren nicht den exakt gleichen Kalorienbedarf ermitteln, kann der Nutzer in einer bevorzugten Variante festlegen, welches Berechnungsverfahren zur Anwendung kommen soll. In einer weiteren bevorzugten Variante macht die App einen Vorschlag, den der Nutzer zustimmen oder ablehnen kann.

In einer weiteren bevorzugten Variante werden alle Verfahren zur Berechnung benutzt, indem beispielsweise mit Hilfe eines Maßes der zentralen Tendenz (z.B. Mittelwert, Median), aus allen Berechnungsergebnissen der tägliche Kalorienbedarf des Nutzers ermittelt wird.

In einer weiteren bevorzugten Variante wird bei der Ermittlung des Kalorienbedarfs auch der Verbrauch an kcal bei Verzehr und Verstoffwechseln der Nahrung berücksichtigt. In einer weiteren bevorzugten Variante drückt die Kennzahl, analog zur Ernährungsqualität, auch beim Gewichtsmanagement den Erfüllungsgrad für die vom Nutzer gewählten Präferenzen aus, indem beispielsweise der Vergleich zwischen dem durchschnittlichen Kalorienbedarf und der tatsächlichen Kalorienaufnahme, die sich aus den vorgeschlagenen Rezepten bzw.

Restaurantgerichten ergibt, in Prozent ausgerückt wird. In einer ebenfalls bevorzugten Variante wird bei Übererfüllen der Ziele des Gewichtsmanagements, analog zur Ernährungsqualität, der Erfüllungsgrad z.B. auf 100% gesetzt und die Übererfüllung z.B. in Form zusätzlicher Sterne oder vergleichbarer Symbole dargestellt. Die Anzahl der Sterne spiegelt dann wider, um wieviel das ausgewählte Rezept oder alle Rezepte bzw. Gerichte eines Tages die geforderte Gewichtsabnahme oder Gewichtszunahme überfüllen. Je mehr Sterne, umso größer ist die Übererfüllung des vom Nutzer gesetzten Zieles (vgl. Fig. 18). In einer weiter bevorzugten Variante kann statt der Sterne auch ein prozentualer Wert der Übererfüllung in der App angezeigt werden.

In einer weiteren bevorzugten Variante wird dem Nutzer auch eine Historie des Erfüllungsgrads des Gewichtsmanagements angezeigt (vgl. Fig. 19). In einer bevorzugten Variante erfolgt dies z.B. in Form eines Balkendiagramms bei dem auf der X-Achse die Zeit, z.B. in Tagen aufgetragen ist und auf der Y-Achse die kcal für die Zu- und Abnahme.

In einer weiteren bevorzugten Variante beträgt der Betrachtungszeitraum 30 Tage, wobei sich die Balken für die Gewichtsabnahme und die Gewichtszunahme z.B. farblich unterscheiden. In einer bevorzugten Lösung ist die Basis des Balkendiagramms eine Nulllinie, bei der die Balken für Gewichtszunahme einen positiven Wert haben und die Balken für die Gewichtsabnahme einen negativen Wert besitzen. In einer zusätzlich bevorzugten Lösung unterscheidet sich die Fläche im Minusbereich z.B. farblich von der Fläche im Plusbereich. In einer weiteren bevorzugten Variante wird im Diagramm auch unterschieden, ob die Zielvorgaben für die Gewichtsabnahme bzw. Gewichtszunahme für jeden Tag erreicht wurde, oder ob zwar eine Gewichtsabnahme bzw. Gewichtszunahme stattgefunden hat, aber die vom Nutzer festgelegte Höhe für Zu- oder Abnahme nicht erreicht wurde. Auch diese Unterschiede können sich z.B. farblich ausdrücken.

In einer weiteren bevorzugten Ausführung sind die Grenzen für die vom Nutzer selbst festgelegten Zielwerte im Diagramm angegeben. In einer bevorzugten Ausführung sind sie durch eine horizontale Linie dargestellt, die die Y-Achse bei dem jeweiligen Zielwert schneidet.

In einer ebenfalls bevorzugten Variante ist in der Historie zum Gewichtsmanagement beispielsweise auch der Beginn der Betrachtungsperiode, das aktuelle Datum sowie die Priorität des Nutzers, wie schnell das Ziel erreicht werden soll, z.B. moderate Geschwindigkeit, ebenfalls angegeben. In einer weiteren bevorzugten Variante ist als Ziel für Zu- oder Abnahme ein numerischer Wert eingetragen. In einer ebenfalls bevorzugten Variante enthält das Diagramm auch eine statistische Aussage zur zentralen Tendenz aller einzelnen Tagesergebnisse. So kann im Diagramm z.B. der Mittelwert für die Zu- oder Abnahme des Körpergewichts über einen Betrachtungszeitraum angegeben sein und wie gut damit die vom Nutzer selbst gesetzten Ziele erreicht wurden.

In einer weiteren bevorzugten Variante kann dies z.B. zusätzlich durch Farben ausgedrückt sein, wobei z.B. grüne Farbtöne eine Erfüllung des Nutzerziels symbolisieren, z.B. gelbe eine knappe Nichterreichung und rote z.B. eine deutliche Nichterreichung anzeigen.

Kennzahl Healthy Food Relation

Die mit der Nahrung aufgenommene Energie (Kalorien) in Form von Kohlehydraten, Fetten und Proteinen, dient dem Körper zur Aufrechterhaltung der Körperfunktionen (Atmung, Herzschlag, Gehirntätigkeit etc.). Die Energieerzeugung erfolgt im Wesentlichen unter Zufuhr von Sauerstoff durch Verbrennung von Fettsäuren und Kohlehydraten (aerober Stoffwechsel). Dabei entstehen freien Radikale. Sind sie im Übermaß vorhanden entsteht oxidativer Stress, der als Mitauslöser für eine Vielzahl von Krankheiten gilt. Weil die in Obst und Gemüse enthaltenen Antioxidantien (Vitamine, Karotinoide etc.) freie Radikale neutralisieren können, ist es wichtig dem Körper entsprechende Mengen an Obst und Gemüse zuzuführen. Das Verhältnis von Obst und Gemüse zur Gesamtkalorienzahl offenbart deshalb die langfristige gesundheitliche Wirkung der Ernährung. Es ist deshalb ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung der ausgewählten Gerichte.

Die Kennzahl, die dieses Verhältnis widerspiegelt, wird in einer bevorzugten Variante als "Healthy Food Relation" definiert (vgl. Fig. 18). Bezogen auf alle Mahlzeiten eines Tages, für die Rezepte oder Restaurantgerichte vorgeschlagen werden, gibt sie an, wieviel Kalorien (kcal) beispielsweise auf ein Gramm Obst + Gemüse entfallen (Gramm/kcal).

In einer bevorzugten Variante erreicht die Healthy Food Relation einen prozentualen Wert von 100%, wenn auf 1 Gramm an Obst und Gemüse 1 kcal entfällt.

Für die Kennzahl „Healthy Food Relation“ gilt analog, was für die Ernährungsqualität und das Gewichtsmanagement bezogen auf die Übererfüllung der Ziele gesagt wurde: In einer bevorzugten Variante weist die Kennzahl einen Wert von 100% aus, wobei z.B. die Übererfüllung mit zusätzlichen Sternen angezeigt wird. Je mehr Sterne, desto höher ist der Grad der Übererfüllung.

In einer bevorzugten Variante wird dem Nutzer in der App auch die Historie für die Healthy Food Relation angezeigt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführung wird die Historie z.B. als Balkendiagramm dargestellt, bei der auf der X-Achse die Zeit und auf der Y-Achse das Verhältnis Gramm an Obst und Gemüse zu kcal der für den Tag ausgewählten Rezepte oder Restaurantgerichten dargestellt ist.

In einer bevorzugten Variante unterscheiden sich die Balken, die ein Gramm/kcal Verhältnis von <1 anzeigen, farblich von den Balken, die ein Gramm/kcal Verhältnis von ≤ 1 anzeigen.

In einer weiteren bevorzugten Variante haben die Balken die ein Verhältnis von <1 anzeigen z.B. eine bläuliche Farbe, während die Balken, die ein Verhältnis von ≥ 1 anzeigen z.B. eine grünliche Farbe haben.

In einer ebenfalls bevorzugten Variante beträgt der Betrachtungszeitraum der Historie 30 Tage.

In einer weiteren bevorzugten Variante ist in diesem Betrachtungszeitraum die Fläche des Diagramms, die ein Gramm/kcal Verhältnis von <1 zeigen, z.B. farblich von der Fläche des Diagramms unterschieden, die ein Gramm/kcal Verhältnis ≥ 1 zeigen.

In einer ebenso bevorzugten Variante hat die Fläche mit einem Verhältnis von <1 z.B. eine rötliche Farbe, während die Fläche mit einem Verhältnis von ≥ 1 z.B. eine bläuliche Farbe hat.

In einer weiteren bevorzugten wird für den Betrachtungszeitraum eine durchschnittliche Erfüllung der Healthy Food Relation berechnet und in der App angezeigt. Die durchschnittliche Erfüllung kann z.B. durch Worte beschrieben sein und/oder als Wert numerisch ausgegeben werden.

In einer besonders bevorzugten Variante kann statt des Mittelwerts auch jedes andere Maß der zentrale Tendenz benutzt werden, um die Erfüllung der Healthy Food Relation innerhalb eines Betrachtungszeitraums zu zeigen.

Kennzahl ORAC-Wert

Eine weitere Kennzahl, mit der vorgeschlagene Lebensmittel, Rezepte oder in Restaurants angebotene Gerichte bewertet werden können, ist der ORAC-Wert. ORAC steht für "Oxygen Radical Absorbance Capacity", also die Fähigkeit, Sauerstoffradikale abzufangen. Der Wert gibt an, wie viele freie Radikale pro Gramm Saft oder Frucht neutralisiert werden können, beschreibt also eine chemische Eigenschaft des gemessenen Lebensmittels. In einer bevorzugten Variante wird für die von der App für den Verzehr eines Tages vorgeschlagenen Lebensmittel, Rezepte oder in Restaurant angebotenen Mahlzeiten der jeweilige ORAC Wert ermittelt.

In einer bevorzugten Variante wird dieser Wert nicht zusammen mit allen anderen Kennzahlen in einer gemeinsamen Gesamtschau in der App dargestellt, sondern nur als Zusatzinformation dem interessierten Nutzer zur Verfügung gestellt, da die Bedeutung der ORAC Werte für die menschliche Ernährung ist umstritten ist. In einer weiteren bevorzugten Variante gilt dies auch für die Historie der ORAC-Werte.

In einer weiteren bevorzugten Variante wird der ORAC-Wert zusammen mit allen anderen Kennzahlen in einer gemeinsamen Gesamtschau in der App dargestellt. In einer weiteren bevorzugten Variante gilt dies auch für die Historie der ORAC-Werte. In einer ebenfalls bevorzugten Variante wird als Empfehlung für den Nutzer die Aufnahme von 7.000 $\mu\text{mol TE}$ pro Tag angenommen. In einer weiteren bevorzugten Variante wird als Empfehlung für die Nutzer die

Aufnahme von 5.000 μmol TE pro Tag angenommen. In einer bevorzugten Variante ist der Betrachtungszeitraum für die ausgewiesene Historie 30 Tage. In einer weiteren bevorzugten Variante wird die Historie beispielsweise als Balkendiagramm dargestellt.

In einer bevorzugten Variante ist auf der X-Achse die Zeit und auf der Y-Achse der ORAC-Wert aufgetragen, wobei sich die Balken, die einen Wert von ≤ 7000 μmol TE pro Tag anzeigen, farblich von den Balken, die einen Wert von < 7000 μmol TE pro Tag anzeigen, unterscheiden.

In einer bevorzugten Variante haben die Balken die einen Wert von ≤ 7000 μmol TE pro Tag anzeigen z.B. einen bläulichen Ton, während die Balken die einen Wert von > 7000 μmol TE pro Tag anzeigen, z.B. einen rötlichen Ton haben. In einer weiteren bevorzugten Variante ist der Sollwert von 7000 μmol TE pro Tag im Balkendiagramm als horizontale Linie angegeben.

In einer bevorzugten Variante ist die Fläche im Betrachtungszeitraum mit einem Wert < 7.000 μmol TE pro Tag z.B. farblich von der Fläche mit einem Wert ≥ 7.000 μmol TE pro Tag unterschieden.

In einer bevorzugten Variante ist die Fläche mit einem Wert < 7.000 μmol TE pro Tag z.B. bläulich, während die Fläche mit einem Wert ≥ 7.000 μmol TE pro Tag z.B. eine weißliche Farbe hat.

In einer weiteren bevorzugten wird für den Betrachtungszeitraum eine durchschnittliche Erfüllung des ORAC-Werts pro Tag berechnet und in der App angezeigt. Die durchschnittliche Erfüllung kann z.B. durch Worte beschrieben sein und/oder als Wert numerisch ausgegeben werden.

In einer besonders bevorzugten Variante kann statt des Mittelwerts auch jedes andere Maß der zentralen Tendenz benutzt werden, um die Erfüllung des ORAC-Werts pro Tag innerhalb eines Betrachtungszeitraums zu zeigen.

User Interface für Auswahl und Bewertung Vorschlägen der App

Figur 18 zeigt ein User Interface einer App, die mit dem Messgerät kommuniziert, und dem Nutzer für einen Tag Rezeptvorschläge für Hauptmahlzeiten, Frühstück und einen Snack auf einem technischen System mit Bildschirm vorstellt. Bei dem technischen System kann es sich beispielsweise um ein Smartphone, ein Tablet oder den Bildschirm eines Computers handeln.

In vorteilhafter Variante erfolgt die Präsentation neuer Vorschläge automatisch in einem Takt, den der Nutzer bestimmt. Durch diese Individualisierung des Präsentations-Rhythmus hat der Nutzer die Möglichkeit sich mit den Vorschlägen jeweils angemessen auseinanderzusetzen. Der Zeitpunkt für die Vorstellung neuer Vorschläge kann in einer vorteilhaften Ausführung z.B. durch kurzes Anklicken der Oberfläche des Bildschirms erfolgen.

In einer vorteilhaften Ausführung werden die Rezepte oder Gerichte eines Restaurants z.B. schriftlich beschrieben und beispielsweise durch ein oder mehrere Bilder zusätzlich erläutert.

In einer vorteilhaften Ausführung kann das komplette Rezept am Bildschirm dargestellt und/oder über einen angeschlossenen Drucker ausgedruckt werden. In einer vorteilhaften Variante ermöglicht die App z.B. die Anzeige/Ausdruck der einzelnen Zutaten des Rezepts sowie die Menge jeder Zutat für eine frei wählbare Anzahl von Personen, die Art und Dauer der Zubereitung des Gerichts, wie lange nichtverzehrte Teile des Gerichts gekühlt gelagert werden können, eines Einkaufszettels, die Möglichkeit die Zutatenliste zu ergänzen, die Möglichkeit die Zutaten bei einem Geschäft oder Bringdienst zu bestellen und anliefern zu lassen, die jeweiligen Gerichte nach dem Verzehr individuell zu bewerten, die Gerichte auf eine Favoritenliste zu setzen, die Gerichte auf der Favoritenliste nach bestimmten Kriterien zu priorisieren, die erneute automatische Präsentation nach einer frei wählbaren Zeitspanne zu wiederholen.

In einer vorteilhaften Ausführung wird der Nutzer, ohne sich die Zutaten im Detail anzeigen zu lassen, bei jedem vorgeschlagenen Rezept/Gericht beispielsweise darüber informiert, ob es sich um ein vegetarisches oder veganes Angebot handelt, welche Mengen (z.B. in Gramm) an Gemüse, Obst, Fisch, Fleisch enthalten sind, wieviel Zeit er für die Zubereitung benötigt, welchen Brennwert (z.B. in kcal) und welchen ORAC-Wert das Rezept/Gericht hat, ob der Verzehr, aller, für diesen Tag vorgeschlagenen Gerichte, sein Körpergewicht beeinflusst (vgl. Fig. 18)

In einer vorteilhaften Ausführung kann der Nutzer bestimmen, ob er für die Kategorien Frühstück, Hauptgericht und Snackvorschläge bekommen will. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass er am Bildschirm einzelne oder alle Kategorien markiert, z.B. in Form eines Kreuzes. In Fig. 18 fehlt beispielsweise ein Kreuz neben der Kategorie Snack, so dass für diese Kategorie kein Rezept oder Gericht vorgeschlagen wurde. In einer vorteilhaften Variante kann der Nutzer der App mitteilen für welche Kategorien er keine weiteren Vorschläge sehen möchte, z.B. dadurch, dass er die Rezeptnummer eines vorgeschlagenen Rezepts über den Bildschirm eingibt. In Fig. 18 ist ein Beispiel gezeigt, bei dem in der Spalte „Auswahl“ jeweils Rezeptnummern stehen, so dass für die Kategorien Frühstück und Hauptgerichte keine neuen Vorschläge unterbreitet werden. In der Zeile „Tagesbilanz“ ist dargestellt, wieviel Gramm an Gemüse, Obst, Fisch oder Fleisch die Gerichte für diesen Tag enthalten. In dieser Zeile ist ebenfalls der ORAC-Wert aller Gerichte in $\mu\text{ol TE}$ angegeben und das der Nutzer bei dieser Auswahl gegenüber seinem Tagesbedarf 759 kcal weniger zu sich nimmt. Das heißt, er nimmt bei dieser Auswahl ab.

In einer bevorzugten Variante kann es z.B. unterhalb des Bereichs der Rezeptvorschläge einen zweiten Bereich geben, der die Bewertung dieser Vorschläge anzeigt.

In einer weiteren bevorzugten Variante erfolgt die Bewertung der Vorschläge, wie zuvor in dieser Patentschrift bereits detailliert beschrieben, z.B. unter Berücksichtigung der Messergebnisse des

Nutzers, der vom ihm gewählten Präferenzen und der ermittelten individuellen Verstoffwechselung von Inhaltsstoffen, die in den Zutaten der Rezepte/Gerichte enthalten sind.

In Fig. 18 spiegeln die einzelnen Kennzahlen Gewichtsmanagement, Ernährungsqualität und Healthy Food Relation diese Bewertung wieder. Im Hinblick auf die gemeinsame, synergetische Wirkung aller Kennzahlen ist unter „Erfüllungsgrad gesamt“ ist in diesem Beispiel das Gesamtergebnis für den Nutzer mit 87,7% angezeigt. In einer bevorzugten Variante kann das Feld, in dem das Ergebnis numerisch angezeigt wird, farblich gestaltet sein, so dass anhand der Farbe erkennbar ist welche Bedeutung die numerische Zahl hat. In einer bevorzugten Variante werden z.B. die Ampelfarben rot, grün, gelb zur Charakterisierung verwendet, wobei Grüne Farben ein positives Bewertungsergebnis anzeigen, rote Farben ein negatives Bewertungsergebnis und gelbe Farben ein kritisches aber noch nicht negatives Bewertungsergebnis.

In einer ebenfalls bevorzugten Variante zeigen hellere oder dunklere Töne der Farben grün, rot, gelb Abstufungen innerhalb des Bewertungsergebnisse an. Beispielsweise kann dunkler Grünton für ein besonders positives Bewertungsergebnis stehen, ein heller Grünton für ein mittleres positives Ergebnis und ein sehr heller Grünton für ein gerade noch positives Ergebnis. In einer weiteren bevorzugten Variante kann der Nutzer die aktuelle Auswahl der Rezepte speichern.

In einer ebenso bevorzugten Variante ist dies beispielsweise im User Interface über die Betätigung eines Buttons möglich. In der Fig. 18 ist es der Button „Tagesbilanz speichern“.

Der Nutzer kann sich anschließend für einen weiteren Tag Rezepte/Gerichte vorschlagen lassen. In einer bevorzugten Variante muss er dazu beispielsweise einen weiteren Button drücken. In Fig. 18 ist dies der Button „Monitoring neu beginnen“. In einer bevorzugten Variante macht die App den Nutzer darauf aufmerksam, das bei Auswahl der Gerichte für einen in der Zukunft liegenden Tag, die aktuell vorhandenen Messergebnisse zur Beurteilung der Rezepte/Gerichte verwendet werden. Das bedeutet, dass das Bewertungsergebnis anders ausfallen kann, wenn sich die Messergebnisse bis zu dem Tag, an dem der Nutzer die Rezepte kocht und die Gerichte verspeist, verändern können. In einer bevorzugten Variante kann der Nutzer seine täglichen Mahlzeiten für einen Zeitraum von bis zu einer Woche festlegen. In weiteren bevorzugten Varianten für einen Zeitraum von bis zu zwei Wochen, von bis zu drei Wochen, von bis zu vier Wochen.

In einer weiteren bevorzugten Variante werden die Bewertungsergebnisse für mehrere Tage oder Wochen beispielsweise in einer Übersichtsgrafik oder Tabelle dargestellt.

In einer weiteren bevorzugten Variante werden die Ergebnisse von jeweils neu durchgeführten Messungen beispielsweise automatisch auf alle Tagesauswahlen an Rezepten/Gerichte, die nach dem Messzeitpunkt liegen, angewendet. Dadurch entsprechen die in der Übersichtsgrafik enthaltene Bewertungsergebnisse immer den aktuellen Zustand des Nutzers.

In einer besonders bevorzugten Variante werden eventuelle Veränderungen in den Bewertungsergebnisse entsprechend markiert, sodass beispielsweise der Nutzer die Auswahl der Rezepte/Gerichte für bestimmte, in der Übersichtgrafik enthaltene Tage neu vornehmen kann.

In einer weiteren bevorzugten Variante kann der Nutzer entscheiden, ob Bewertungsergebnisse anhand von neuen Messwerten aktualisiert werden sollen.

Diese Erfindung gilt als Optimierung der in den Patenten EP 3013217; EP 3175783; US 10,416,079; US 11,08,5876 und den Anmeldungen US 17/396,556, EP 4005469A1 bereits bekannten Erfindung. Alle in dieser Erfindung vorgestellten Aspekte können deswegen mit den in dieser Erfindung genannten Ausführungsvarianten kombiniert werden. Die Offenbarung dieser Erfindung ist als Teil dieser Offenbarung anzusehen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird der Sensor in einen Gegenstand integriert, welches vom Nutzer im Alltag regelmäßig genutzt wird. In Vorteilhafter Ausführung weist dieser Gegenstand zumindest eine weitere Funktion auf.

Besonders vorteilhaft ist die Integration in elektronische Geräte. Besonders vorteilhaft in solche mit Display oder Kommunikationsmöglichkeit zu Geräten mit Display.

Besonders geeignete Geräte sind smartphone, smartwatches, Computer, Computerperipherie oder Zusatzgeräte für vorgenannte Geräte. Besonders vorteilhaft ist die Integration in Geräte, die bereits optische Emmitter oder optische Detektoren enthalten. In vorteilhafter Variante können die im Gerät für andere Anwendungen genutzten Emmitter auch für die erfindungsgemäße Sensorfunktionalität verwendet werden. In vorteilhafter Variante können die im Gerät für andere Anwendungen genutzten Detektoren auch für die erfindungsgemäße Sensorfunktionalität verwendet werden.

Besonders vorteilhaft ist die Integration in Geräte, in denen eine Kamera integriert ist.

Besonders vorteilhaft ist die Integration in Geräte, die mehrere Kameras besitzen.

Fig. 25 zeigt ein Smartphone ohne Sensoranordnung

Fig. 26 zeigt ein Smartphone mit Sensoranordnung

Fig. 27 zeigt ein Smartphone mit Sensoranordnung und Skala zur Beschreibung der Anordnung

Fig. 25 zeigt die Rückseite eines Smartphones 1001 mit einer Kameraanordnung 1002. Das beispielhafte Smartphone ist mit vier Kameras 1003, 1004, 1005 und 1006 ausgestattet. Anordnungen mit anderen Anzahlen von Kameras oder einer anderen Anordnungen der Kameras sind ebenso möglich. Smartphones mit solchen oder ähnlichen Kameraanordnungen auf der Rückseite sind heutzutage Stand der Technik. Fig. 26 zeigt ein Smartphone mit einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung einer Sensoranordnung. Das Smartphone weist ebenfalls die in Fig. 25 bezeichneten Elemente auf, die der Übersichtlichkeit halber in Fig. 26 und Fig. 27 nicht in die Figur eingezeichnet sind. Die beispielhaft gezeigte Sensoranordnung 1007 besteht aus den

Kameras 1003, 1004, 1005 und 1006, die als Lichtdetektoren genutzt werden. Weiterhin enthält die Anordnung einen oder mehrere weitere Lichtdetektoren. Ein weiterer Lichtdetektor ist als weißer Kreis in der beispielhaften Anordnung dargestellt. Die beispielhafte Anordnung enthält eine Vielzahl von Lichtemittern. Diese sind als weiße Rechtecke dargestellt.

Die Ausgestaltung der Emitter und Lichtdetektoren erfolgt beispielhafterweise so wie in einer der anderen Figuren dargestellt. Fig. 27 zeigt die Anordnung aus Fig. 26. Die mit 1001 bis 1007 bezeichneten Elemente sind auch in Fig. 27 vorhanden und nur der Übersichtlichkeit halber nicht eingezeichnet. Die Skalen 1008 und 1009 sind nicht am Smartphone angebracht, sondern dienen nur der Bezeichnung einzelner Emitterpositionen. Der Teilstrich, an dem die Zahlenmarkierung 1008 angebracht ist, ist der erste Teilstrich entlang der X-Achse. Rechts daneben ist Teilstrich 2. Rechts daneben Teilstrich 3 und so weiter.

Der Teilstrich, an dem die Zahlenmarkierung 1009 angebracht ist, ist der erste Teilstrich entlang der Y-Achse, also Y-Position 1. Der darüberliegende Teilstrich ist Teilstrich 2 u.s.w.

Emitter werden in der folgenden Beschreibung über Ihre Koordinaten bezeichnet, die als (X,Y)-Koordinaten angegeben sind. So ist z.B. Emitter 1010 der Emitter (2,1).

Emitter 1011 ist nach dieser Bezeichnungskonvention Emitter (10,13).

Die Emitter müssen jedoch nicht exakt auf Rasterpositionen platziert sein. Eine Anordnung, bei der auch andere Positionen möglich sind ist in der Beispielanordnung gezeigt. In vorteilhafter Ausgestaltung sind mehrere Emitter in der Anordnung vorhanden. Im Beispiel sind 87 Emitter und ein fünf Detektoren eingezeichnet. Dabei sind vier Detektoren die Kameras des Smartphones. Andere Anzahlen von Emitttern und Detektoren sind aber ebenso möglich. In vorteilhafter Ausgestaltung ergeben sich verschiedene Distanzen zwischen Lichtemissionsort und Lichtdetektionsort. Diese Orte sind in typischer Anordnung keine Punkte, sondern Flächen. In vorteilhafter Ausgestaltung sind diese Flächen dadurch begrenzt, dass ein intransparentes Material der Kontaktfläche einen transparenten Bereich der Kontaktfläche begrenzt. Dabei wird als Kontaktfläche der Teil der Außenhülle des Smartphones bezeichnet, der im Bereich der Kameras und Lichtemitter angeordnet ist. Typischerweise wird diese Fläche bei der Nutzung des Smartphones nicht in Kontakt mit Objekten gebracht, sondern nur bei Aufbewahrung z.B. in der Hosentasche. Eine Nutzung der Kameras, während die transparente Oberfläche im Kamerabereich in Kontakt mit einem Objekt ist, ist ein in der bisherigen Nutzung nicht vorgesehener Anwendungsfall.

Auf die transparenten Bereiche können dann Lichtdetektoren, Kameras oder Lichtemitter wirken. Bei Lichtemittern wird darunter verstanden, dass die Lichtemitter durch die Transparente Oberfläche, die durch intransparentes Material begrenzt ist Licht emittieren. Dies kann für einen

transparenten Oberflächenbereich durch einen oder mehrere Lichtemitter erfolgen. Diese können in vorteilhafter Variante auch zueinander unterschiedlicher Wellenlängen emittieren.

Im Falle einer Kamera kann man feststellen, dass eine Kamera nicht ein einzelner Lichtdetektor ist, sondern in der Regel eine Anordnung vieler einzelner Pixel, die jeweils für sich einen Lichtdetektor darstellen. In vorteilhafter Ausgestaltung handelt es sich um eine Farbkamera, die Pixelgruppen unterschiedlicher Wellenlängencharakteristik ausweist. Eine verbreitete Anordnung sind RGB-Kameras. Diese haben typischerweise eine Pixelgruppe, die für Licht im roten Bereich empfindlich sind. Außerdem finden sich typischerweise noch Pixelgruppen, die für Licht im grünen Bereich empfindlich sind und Pixelgruppen, die für Licht im blauen Bereich empfindlich sind. Einige Kameras verfügen jedoch auch über zusätzliche Farbgruppen, was für die erfindungsgemäße Verwendung oft vorteilhaft ist. In vorteilhafter Variante besitzen Kameras weitere Sensoren für Lichtintensität. Insbesondere solche, die für die Autofokusfunktion genutzt werden. Darunter fallen oft auch im Infrarotbereich empfindliche Lichtdetektoren und Lichtdetektoren, die für das Autofokusverfahren im sogenannten Phasenvergleichsverfahren genutzt werden. In vorteilhafter Ausgestaltung können mehrere oder gar alle diese Pixel und Sensoren der Kamera für die erfindungsgemäße Sensorik verwendet werden. Zusammenfassend sind, wenn im Folgenden von Lichtdetektoren der Kamera gesprochen wird, nicht nur die Pixel, sondern auch weitere in der Kamera integrierte oder mit ihr zusammen eingesetzte Lichtdetektoren gemeint. Also insbesondere auch die des Autofokus. In vorteilhafter Ausgestaltung sind Kameras mit weiteren Einrichtungen ausgestattet. Dazu gehören Einrichtungen zum Verändern des Fokus der Kamera, Einrichtungen zum Verändern der Blende der Kamera, Einrichtungen zur Kompensation von Bewegungen der Kamera. Letztere werden auch als Bildstabilisatoren bezeichnet und reduzieren das Auftreten verwackelter Bilder oder Videos.

Obwohl diese Einrichtungen und auch die beschriebenen Lichtdetektoren primär zur Erstellung von Bildern und Videos ausgelegt sind zeigt sich in überraschender Weise, dass die genannten Einrichtungen auch für die Bestimmung von Substanzen in beispielsweise menschlichem Gewebe vorteilhaft genutzt werden können. Im Folgenden ist ein vorteilhafter Ansatz beschrieben, wie dies erfolgen kann. Dabei werden die beschriebenen Einrichtungen als Kamerafunktionen bezeichnet. Um eine genaue Bestimmung der optischen Eigenschaften einer Probe zu bestimmen, wird Licht verwendet, welches durch diese Probe hindurchläuft.

Um die gewünschten Eigenschaften der Probe zu ermitteln wird vorteilhafterweise Licht verschiedener Wellenlänge verwendet. Der wirksame Wellenlängenbereich bestimmt sich zum einen daraus, welcher Lichtwellenlängenbereich emittiert wird und zum anderen daraus, welcher Lichtwellenlängenbereich detektiert wird. In einem vorteilhaften Ansatz ergibt sich der wirksame

Wellenlängenbereich aus der Kombination dieser Lichtwellenlängenbereiche. Dabei ist zu beachten, dass die Bereiche oft keine harten Grenzen aufweisen, sondern eine wellenlängenabhängige Intensität zeigen, die zu den Rändern der Bereiche abnimmt. Der wirksame Wellenlängenbereich lässt sich also durch die Kombination von Lichtemittern verschiedener Wellenlängenbereiche mit Lichtdetektoren verschiedener Wellenlängenbereiche in vorteilhafter Weise besonders fein einstellen. Eine weitere vorteilhafte Anwendung ist die Nutzung von Fluoreszenz in der Probe. Dabei wird die Probe mit einem kurzwelligem Licht bestrahlt, für das zumindest einige der Lichtdetektoren der Kamera nicht empfindlich sind, so dass diese im wesentlichen nur Licht empfangen, welches von fluoreszierenden Substanzen in der Probe stammt. In vorteilhafter Ausgestaltung wird aus der Analyse, welche Wellenlängen beim Durchwandern der Probe absorbiert werden auf die Substanzen in der Probe geschlossen. In vorteilhafter Variante werden auch Fluoreszenzeffekte ausgewertet.

In der Praxis zeigt sich, dass bei komplexen Proben wie z.B. der Haut oder das Gewebe von Lebewesen oder auch der Analyse von Lebensmitteln wie z.B. Früchten oder verpackten Lebensmitteln eine weitere Fähigkeit von hoher Vorteilhaftigkeit ist. Bei solchen Proben handelt es sich oft um Proben, die inhomogen sind. Dabei können z.B. verschiedene Schichten bestehen. Bei einem Lebewesen wären das z.B. die Schichten der Haut und die des darunterliegenden Gewebes. Ggf. interessiert eine Substanz, die sich nur im Blut befindet, welches aber in den obersten Hautschichten nicht vorkommt. Bei einer Orange kann es z.B. vorkommen, dass man sich nicht für die Eigenschaften der Schale interessiert, sondern Substanzen im Fruchtfleisch analysieren möchte. Bei verpackten Lebensmitteln möchte man ggf. nicht die Eigenschaft der Verpackung, sondern die des verpackten Produkts ermitteln. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft zu beeinflussen, wie tief das Licht in das zu analysierende Objekt eintritt. In vorteilhafter Variante werden Maßnahmen getroffen, die ein tiefes Eindringen des Lichts in das zu analysierende Gewebe bewirken. In vorteilhafter Ausgestaltung wird dabei Licht so abgestrahlt, dass ein großer Teil der emittierten Photonen sich in einer Richtung bewegen, die einen kleinsten Winkel zur Kontaktfläche zur Probe aufweisen, der nahe bei 90 Grad liegt.

Quantifiziert man diese Aussage, so ist es vorteilhaft, wenn einige Lichtemitter mindestens 25%, vorzugsweise aber mindestens 50% der Photonen, die vom Lichtemitter emittiert werden und einen ausgewählten Lichtdetektor erreichen einen Winkel zur Kontaktfläche zur Probe aufweisen, der grösser ist als 20 Grad, vorzugsweise größer 30 Grad, vorzugsweise größer 45 Grad, vorzugsweise größer 60 Grad. Da sich die obige Aussage auf ein Paar aus Emitter und Lichtdetektor bezieht und nur diejenigen Photonen betrachtet, die vom Emitter zum Lichtdetektor gelangen, spielt auch die Beschaffenheit der zu analysierenden Probe eine Rolle. Um diese aus der

Betrachtung herauszunehmen, wird für die Betrachtung von einer künstlichen Probe ausgegangen, die die Beschaffenheit einer typischen Probe simuliert.

Ein weiterer Aspekt, mit dem beeinflusst werden kann, dass die Photonen auch tiefe Schichten der Probe durchlaufen, ist der Abstand des Flächenschwerpunktes der Kontaktfläche des Lichtemissionsorts zum Flächenschwerpunktes der Kontaktfläche des Lichtdetektionsorts. Dieser Flächenschwerpunkt kann in alternativer Betrachtung auch unter Berücksichtigung der Lichtintensität, die das jeweilige Flächenelement durchquert berechnet werden. Je weiter Lichtemissionsort und Lichtdetektionsort auseinanderliegen, desto tiefer dringen die Photonen, die vom Lichtemitter zum Lichtdetektor gelangen typischerweise in die Probe ein. Gelingt es Photonen ausreichend tief in durch die Probe laufen zu lassen, so ist dies in vielen Fällen jedoch noch nicht ausreichend, um z.B. eine Stoffkonzentration in der gewünschten Tiefe zu ermitteln. Dies liegt daran, dass die Photonen, um in die tieferen Schichten zu gelangen typischerweise auch flache Schichten der Probe durchlaufen müssen. Dabei interagieren die Photonen mit den flacheren Schichten der Probe, was das Messsignal beeinflusst. In vorteilhafter Ausgestaltung werden deswegen Photonen auch so abgestrahlt, dass diese im Wesentlichen nur durch flache Schichten der Probe laufen. Auf diesem Weg lassen sich die optischen Eigenschaften der flachen Schichten der Probe ermitteln. In vorteilhafter Ausgestaltung lässt sich der Einfluss der flachen Schichten der Probe auf die Photonen ermitteln, die, wie oben erläutert, das Gewebe tiefer durchlaufen haben. In vorteilhafter Ausgestaltung können Messwerte der flachen Schichten mit Messwerten von Licht, welches flache und tiefe Schichten durchlaufen hat algorithmisch verknüpft werden, so dass als Ergebnis die optischen Eigenschaften der tiefen Schichten vorliegen. Um eine solche Kompensation durchzuführen und um eine möglichst genaue Bestimmung der optischen Eigenschaften einer Probe zu ermitteln ist es vorteilhaft eine große Anzahl und Vielfalt von Paaren aus Lichtemittern und Lichtdetektoren zu verwenden. Die Gesamtheit der Volumenelemente, die dabei mit einer festgelegten Wahrscheinlichkeit von einem der Photonen durchlaufen werden, die vom Lichtemitter zum Lichtdetektor gelangen, wird als Lichtwegvolumen bezeichnet.

Die Lichtwegvolumen verschiedener Paare aus Emittlern und Detektoren sind in vorteilhafter Ausgestaltung unterschiedlich geformt und erreichen auch unterschiedliche Tiefen einer typischen Probe. In vorteilhafter Variante wird eine hohe Anzahl unterschiedlich geformter Lichtwegvolumina ermöglicht und so eine genauere Bestimmung der Eigenschaften der Probe ermöglicht. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die Probe nicht aus definierten Schichten besteht, sondern z.B. einen graduellen Übergang von Eigenschaften in Abhängigkeit von der Tiefe, also vom Abstand eines zu analysierenden Volumenelements von der Oberfläche der Probe, aufweist.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung weist die Vorrichtung auch Lichtwegvolumina an unterschiedlichen Orten auf. Diese können in vorteilhafter Ausführung gleiche Lichtwegvoluminaformen aufweisen. In alternativer Ausführung können die Formen der Lichtwegvolumina aber auch unterschiedlich sein. Durch eine solche Ausführung können besonders gut Proben mit räumlicher Inhomogenität vermessen werden. Also insbesondere auch Proben, bei denen sich eine Stoffkonzentration nicht nur in Abhängigkeit von der Tiefe eines Volumenelements in der Probe ändert, sondern auch solche, bei denen sich eine Stoffkonzentration in Abhängigkeit vom Ort auf der Oberfläche der Probe ändert, an dem gemessen wird.

Für die Form und der Lichtwegvolumina und insbesondere für die Tiefe, die die Lichtwegvolumina durchstrahlen spielt die Abstrahlcharakteristik der Lichtemitter eine wichtige Rolle. Insbesondere die Abstrahlcharakteristik in relativer Sicht zum Detektor eines Paares aus Lichtemitter und Lichtdetektor. Betrachtet man beispielsweise einen Emitter, der Licht im Mittel in eine Richtung emittiert, die nicht senkrecht zur Probenoberfläche ist, so kann folgender vorteilhafte Fall eintreten. Der Emitter emittiert Licht in Richtung eines Detektors A, so dass sich im Paar aus Lichtemitter und Detektor A eine flache Lichtwegvolumenform ausprägt. Im Paar mit einem Detektor B, der sich nicht in Richtung der Lichtemission des Emitters befindet, prägt sich dagegen eine Lichtwegvolumenform aus, die deutlich tiefer in die Probe eindringt.

In vorteilhafter Ausführung eines Messsystems werden deswegen Anordnungen verwendet, die die oben beschriebene Eigenschaft aufweisen, dass Emitter in Richtung auf einen Detektor eine andere Abstrahlcharakteristik aufweisen als in Richtung auf einen anderen Detektor.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass Eigenschaften wie Richtcharakteristik, Emissionsrichtung und die Verteilung der Emission auf verschiedene Raumwinkelrichtungen im obigen Text meist nur am Beispiel der Emitter erläutert wurden. Diese Eigenschaften gibt es aber in äquivalenter Form auch auf der Detektorseite. Die Detektorseite ist jedoch sprachlich etwas schwieriger formulierbar. So ist das Äquivalent zum Satz „ein Emitter strahlt Photonen senkrecht zur Kontaktfläche ab“ der Satz „der Detektor ist so gestaltet, dass er Photonen, die entlang einer Senkrechten zur Kontaktfläche beim Detektor eintreffen detektieren kann“. Es wird hier aber explizit darauf hingewiesen, dass die am Beispiel der Emitter beschriebenen optischen Eigenschaften in gleicher Weise für Detektoren gelten. Wo eine vorteilhafte Anordnung oder Ausführung oder Eigenschaft der Emitter beschrieben ist, so sie hiermit klargestellt, dass dieser Text die äquivalente vorteilhafte Ausführung für Detektoren ebenfalls beschreibt und offenbart.

Dort wo es um optische Eigenschaften des Paares von Lichtemitter und Lichtdetektor geht und die gezielte Beeinflussung dieser Eigenschaften nur bezüglich des Lichtemitters erläutert wurde, ist zu berücksichtigen, dass der Lichtdetektor typischerweise einen vergleichbaren Einfluss hat, wie

der Lichtemitter. Die Eigenschaften des Paares werden durch Lichtemitter und Lichtdetektor bestimmt. Zur Verkürzung des Textes wird im Folgenden ein Paar aus Lichtemitter und Lichtdetektor als ED-Paar und dessen Lichtwegvolumen als ED-LW und die Form des ED-LW als ED-LWF bezeichnet. Dies gilt insbesondere für die Lichtwegvolumenform und Lichteindringtiefe in die Probe. In vorteilhafter Ausführung sind Materialien vorgesehen, mit denen die Abstrahlrichtung von Lichtemittern oder die Richtung aus der Detektoren Photonen empfangen können, beeinflusst werden. In vorteilhafter Ausgestaltung werden diese zur Beeinflussung von Lichtwegvolumenform und Lichteindringtiefe in die Probe genutzt. Nachdem die obige Erläuterung verdeutlicht, welche Vorteile entstehen, wenn eine Vielzahl von Lichtwegvolumenformen zur Bestimmung der optischen Eigenschaften einer Probe zur Verfügung steht. Und nachdem erläutert wurde, auf welchen grundsätzlichen Wegen diese Vielfalt erreicht werden kann, soll im Folgenden erläutert werden, welche Vorteile die erfindungsgemäße Anordnung für die Bestimmung der optischen Eigenschaften einer Probe bietet.

Die in den Figuren 25 bis 27 gezeigte Anordnung weist zahlreiche der obengenannten Vorteile auf, die im Folgenden erläutert werden. Vorteilhafterweise weist die Anordnung mehrere Lichtdetektoren, teilweise in Form von Kameras und mehrere Lichtemitter auf. Daraus ergibt sich eine hohe Zahl von ED-Paaren und somit auch eine hohe Zahl von ED-LWF.

Vorteilhafterweise weist die Anordnung Emmitter auf, die unterschiedliche Emissionsrichtcharakteristik aufweisen. Dadurch ergibt sich eine größere Vielfalt von ED-LWF. Vorteilhafterweise kann jeder einzelne der Lichtdetektoren der Kamera genutzt werden, um mit jedem Detektor ein eigenes ED-Paar zu bilden. Da z.B. die Pixel der Kamera nebeneinander angeordnet sind ergeben sich so unterschiedliche Abstände von Lichtemitter zu Lichtdetektor, was zu einer höheren Vielfalt an ED-LWF führt.

Vorteilhafterweise weisen die Lichtdetektoren der Kamera unterschiedliche Empfangsrichtcharakteristika auf. Diese ergeben sich z.B. durch die Position eines Pixels relativ zur Linse oder zu intransparenten Bauteilen wie Blende, Linsenhalter, Rand der Kameraöffnung. Dadurch ergibt sich wieder eine höhere Vielfalt an ED-LWF.

Vorteilhafterweise erzeugt die Anordnung durch den geringen Abstand zwischen den Kamerapixeln ED-LWF, die eine graduelle Abstufung der Eindringtiefe erlauben. Dadurch stehen Auswertelgorithmen nicht nur Daten zu wenigen diskreten Eindringtiefen zur Verfügung, sondern eine Abstufung, die zwischen der größten und der geringsten Eindringtiefe eine ähnliche Größenordnung an Stufen aufweist, wie sich Pixel in einer Zeile oder Spalte der Kamera befinden. Vorteilhafterweise können die Kamerafunktionen genutzt werden, um die Vielfalt an ED-LWF weiter zu steigern. Dies erfolgt vorteilhafterweise dadurch, dass Bauteile der Kamerafunktionen

in verschiedene mechanische Positionen bewegt werden. In vorteilhafter Weise wird dadurch die Richtung beeinflusst, aus der die Lichtdetektoren der Kamera Licht empfangen können. In einer vorteilhaften Weise wird eine Linse bewegt. In anderer vorteilhafter Weise wird der Detektorchip bewegt. In alternativer vorteilhafter Weise wird die Blende verstellt oder ein Filter vorgeschaltet. In vorteilhafter Weise wird eine Messung durchgeführt, bei der zumindest eines der bewegbaren Bauteile einer Kamerafunktion in einer Position ist und anschließend eine zweite Messung durchgeführt, bei der dieses bewegbare Bauteil sich in einer zweiten Position befindet. So ergeben sich für zumindest einige der ED-Paare mehrere ED-LWF. In weiterer bevorzugter Variante wird eine oder mehrere weitere Messungen durchgeführt, bei denen zumindest ein Bauteil einer Kamerafunktion in einem anderen Zustand ist, als bei den vorhergegangenen Messungen. In diesem Zusammenhang wird unter Messung die Erfassung von Helligkeitsinformationen durch die Lichtdetektoren verstanden, wobei es sich auch um mehrere Lichtinformationen handeln kann, die z.B. auch aus einer Aktivierungssequenz mehrerer Lichtemitter oder der Nutzung mehrerer Lichtdetektoren entstehen. Vorteilhafterweise weisen die Kameras eine große Anzahl von Lichtdetektoren auf. Dadurch ergibt sich eine große Zahl von Messwerten, so dass durch mathematische Verfahren die Genauigkeit gesteigert werden kann. Z.B. können Rauschanteile herausgemittelt werden. Auch können Effekte, die durch Inhomogenitäten der Probe entstehen und zu Fehlern in der Interpretation der Daten führen erkannt und reduziert werden.

Die beschriebene Anordnung hat allerdings auch Vorteile für die Kamerafunktion und andere Funktionen des Smartphones. In vorteilhafter Variante werden zumindest einiger der Emitter genutzt, um das zu fotografierende Objekt zu beleuchten. In vorteilhafter Ausgestaltung werden dabei Emitter genutzt, die auf verschiedenen Seiten der Kamera angebracht sind, so dass sich die Vorteile eines Ringlights ergeben und keine störenden Schatten entstehen.

In vorteilhafter Ausgestaltung werden Emitter verschiedener Farbe zur Beleuchtung der Fotos genutzt. Damit kann die spektrale Auflösung der Kamera erhöht werden. Dies ermöglicht eine genauere Bestimmung der im Bild befindlichen Farben, als das menschliche Auge ermöglicht. So können viele Aufgaben bewältigt werden, für die sonst eine Multispektralkamera notwendig wäre. Beispiele sind: Nachweis der Originalität von Objekten und Erkennen von Produkt oder Geldfälschungen, kontaktlose Erkennung der Zusammensetzung von Stoffen oder Lebensmitteln, Genaue Bestimmung von Farben und deren Aussehen bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen z.B. in der Kosmetik. In vorteilhafter Ausgestaltung werden die Emitter zur Signalisierung benutzt, z.B. um bei auf dem Tisch liegenden Smartphone das Eintreffen verschiedener Nachrichten durch verschiedene Farben oder Muster zu signalisieren. In vorteilhafter Ausgestaltung können die

Lichtemitter genutzt werden, um den Abstand zu Fotomotiven in geringer Distanz besser zu erfassen und dadurch einen besseren Autofokus zu ermöglichen.

In vorteilhafter Ausgestaltung können Objekte durch die Beleuchtung aus unterschiedlichen Lichtemittern auch dreidimensional vermessen werden. In vorteilhafter Ausgestaltung kann das farbige Licht zu Zier- oder Partyzwecken genutzt werden. In vorteilhafter Ausgestaltung kann die Helligkeit der Beleuchtung von Fotos erhöht werden, da die Lichtquellen über eine größere Fläche verteilt sind und so eine geringere Schädigung durch hineinschauen bewirken. Auch kann Abwärme der LEDs auf größerer Fläche besser abgeführt werden.

In vorteilhafter Ausgestaltung können die infraroten Lichtemitter auch zur Steuerung von Geräten mit Infrarotempfänger genutzt werden. Auch andere Daten können auf optischem Wege ausgetauscht werden, was dank der Kameras und Lichtemitter auch bidirektional erfolgen kann.

In vorteilhafter Ausgestaltung kann durch die Lichtemitter die Lage und Position des Smartphones im Raum durch z.B. eine im Raum feststehende Kamera ermittelt werden. Mit dieser Funktion können z.B. Gamecontrollerfunktionalitäten realisiert werden.

In vorteilhafter Ausgestaltung kann mit UV-Licht beleuchtet werden, um Fluoreszenzmarkierungen fotografieren zu können. Z.B. auf Geldscheinen.

In vorteilhafter Ausgestaltung können Smartphones diese Anordnung auch als Abstandssensor, Reflexlichtschranke oder zur verbesserten Gestenerkennung nutzen

In vorteilhafter Ausgestaltung können Smartphones die Anordnung sowohl als Sensor nutzen, der dafür ausgelegt ist in Kontakt zu einer Probe gebracht zu werden, als auch als multispektraler Sensor, der eine Probe kontaktlos analysiert. Da beide Anwendungsarten Vorteile aufweisen ist ein System, welches beide Messmethoden realisieren kann, vorteilhaft. In vorteilhafter Variante können auch Durchlichtanalysen realisiert werden, indem eine externe Kamera oder Lichtquelle oder ein zweites Smartphone verwendet werden. In Alternativer vorteilhafter Variante kann eine Durchlichtanalyse mittels eines zusätzlichen Elements durchgeführt werden wie z.B. einem Probengefäß mit einem Spiegel an der sensorabgewandten Seite.

Eine besonders vorteilhafte Variante ergibt sich in Kombination dieser Anordnung mit der Verwendung von Lichtemittern einer gleichen optischen Eigenschaft wie z.B. der Peak-Wellenlänge, die so ausgelegt sind, dass die optische Eigenschaft nicht bei allen Lichtemitter gleich sein muss, sondern in einem Intervall variieren kann. Der Vorteil besteht darin, dass die Anordnung die Variation der Peak Wellenlänge der Lichtemitter mittels der Kameras feststellen kann. Dies kann in einer vorteilhaften Ausgestaltung durch die Farbsensorik der Kamera bei der Messung der Probe erfolgen. In einer alternativen vorteilhaften Variante wird ein Prüfkörper verwendet. Dies kann z.B. eine bedruckte Karte oder Pappschachtel sein, die vor die Kamera

gehalten wird. Im Falle der Pappschachtel kann es sich um die Verpackung des Smartphones handeln, die hilft einen definierten Abstand zum optisch aktiven Teil des Prüfkörpers herzustellen. Der von der Kamera erfasste Teil des Prüfkörpers kann z.B. weiß sein oder farbige Flächen aufweisen. Durch Verwendung des Prüfkörpers kann die Kamera ermitteln, welcher der Lichtemitter welche Peak-Wellenlänge aufweist. In vorteilhafter Variante kann durch diese Information die Qualität der Auswertung der Messergebnisse verbessert werden. In besonders vorteilhafter Variante können die obig beschriebenen Anordnungsvarianten genutzt werden, um Informationen über Nahrung einer Person zu erfassen. Multispektrale Fotos erlauben genauere Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der Nahrung. Eine genauere Abstandserkennung und dreidimensionale Vermessung des Volumens der Nahrung erlaubt eine bessere Einschätzung der Nahrungsmengen. Aus Daten zu Menge und Art der Nahrung können verbesserte Empfehlungen für den Nutzer gegeben werden. Die Information kann in vorteilhafter Variante genutzt werden, um die Auswahl von Speise zu erleichtern oder zu bewerten. In alternativer Variante kann die Information genutzt werden, um die tatsächlich aufgenommenen Nahrungsmengen und Arten zu erkennen. In vorteilhafter Variante erstellt der Nutzer ein Foto seines Tellers mit Nahrung. In alternativer vorteilhafter Variante wird das Smartphone so positioniert, dass es die Nahrung auf z.B. einer Gabel oder einem Löffel erkennen und vermessen kann.

Fig. 28 zeigt einen Teil der Anordnung der Figuren 25 bis 27 im Schnitt.

Gezeigt ist das Kameramodul 1012 mit transparenter Abdeckung 1013 und Linse 1014, die in einer Linsenhalterung 1021 montiert ist. Der Kamerachip 1022 weist zahlreiche Pixel auf. Zur Vereinfachung der Darstellung sind hier nur 5 Pixel eingezeichnet. Das Pixel, welches am weitesten links angeordnet ist, ist mit 1015 bezeichnet. Das am weitesten rechts angeordnete Pixel ist mit 1016 bezeichnet. Es sind mehrere Lichtemitter gezeichnet, die mit 1018 bis 1020 nummeriert sind, oder auch nicht mit Nummern versehen sind. Die Nummer 1017 bezeichnet eine Oberfläche aus einem zumindest teilweise transparentem Material, welches die Lichtemitter in vorteilhafter Ausgestaltung vor Berührung und Verschmutzung schützt. Es kann die gesamte Kavität, in der sich der Lichtemitter befindet füllen, oder in alternativer vorteilhafter Ausgestaltung nur eine Scheibe sein, so dass der Lichtemitter z.B. von Luft umgeben ist.

Die Nummer 1023 bezeichnet das Material der zu untersuchenden Probe, die mit der Anordnung in Kontakt gebracht wird. In Figur 29 sind die gleichen Elemente zu erkennen, wie in Fig. 28. teilweise sind die Bezeichnungen weggelassen, um die Übersichtlichkeit zu erhöhen. Gezeigt ist, welchen Bereich innerhalb der Probe 1023 der ED-LW ist. Der Volumenbereich des Lichtwegs ED-LW des ED-Paares Lichtemitter 1018 und Lichtdetektor 1016 ist in Fig. 29 erkennbar.

Der von Photonen die vom Lichtemitter 1018 zum Lichtdetektor 1016 gelangen mit signifikanter Intensität durchflossene Bereich ist durch die gestrichelten Linien 1024 und 1025 begrenzt. Die hier scharf eingezeichnete Grenze soll nicht darüber hinwegtäuschen, dass der Bereich natürlich einen weichen Übergang in der Menge an Photonen aufweist. Allerdings wäre eine weiche Grenze in einer schwarz/weißen Grafik schwer darstellbar gewesen. Aus diesem Grund wird zur Darstellung eine feste Grenze verwendet. Die Anordnung des Lichtdetektors ganz rechts bewirkt, dass nur Photonen empfangen werden können, die fast senkrecht oder aus Richtung der linken Bildseite eintreffen. Dies bewirkt, dass die Photonen, die es vom Lichtemitter zum Lichtdetektor schaffen, im Mittel eine hohe Eindringtiefe in die Probe 1023 aufweisen.

Figur 30 zeigt eine vergleichbare Situation für den Lichtdetektor 1015. Durch die Position am linken Rand können Photonen die flach von der rechten Bildseite kommend eintreffen detektiert werden. Auch der Emitter 1018 ermöglicht durch seine Position an der rechten Seite der Emitterkavität eine flache Emission von Photonen. Aus diesen Gründen ergibt sich in dieser Anordnung eine wesentlich flachere ED-LW.

Durch eine Bewegung der Fokuslinse 1021 wäre eine Veränderung sowohl des ED-LW aus Fig. 29, als auch des ED-LW aus Fig. 30 möglich, um die Vielfalt der ED-LWF zu erhöhen.

Alle in dieser Offenbarung dargestellten Varianten und Ausführungsformen können in beliebigen Kombinationen miteinander kombiniert und zu vorteilhaften Systemen oder Ausführungsformen von Geräten verbunden werden. Die Anwendung aller dargestellter Ausführungsformen in Form eines Verfahrens oder einer Methode kann mit den beschriebenen Methoden zu beliebigen vorteilhaften Gesamtmethoden kombiniert werden. Die nachfolgende Beschreibung beschreibt weitere Ausführungsformen und Methoden. Diese können mit den anderen in diesem Text dargestellten Vorrichtungen und Methoden kombiniert werden.

Insbesondere stellen Sie eine beispielhafte und vorteilhafte Ausführungsform zur Verarbeitung von Signalen dar, die aus Bauteilgruppen mit gleichen-Sensorik-Komponenten stammen.

Nutzung von kontinuierlichen Kernels zur Verarbeitung von ungleichmäßig und unvollständig aufgenommenen Datensätzen mit positionsabhängigen Merkmalen

Kurzzusammenfassung – Kontinuierliche Kernels sind eine neue Entwicklung im Bereich der sog. Convolutional Neural Networks. Solche Kernels werden genutzt um in verschiedenen Auflösungen aufgenommene Daten, sowie ungleichmäßig aufgenommene Daten zu verarbeiten. Convolutional Neural Networks weisen translationsinvariante Eigenschaften auf (d.h. Merkmale werden unabhängig von ihrer Position im Messbereich erkannt), was für bestimmte Datensätze, in denen die Positionen der Merkmale relevant sind, unvorteilhaft ist. Andererseits ist die Fähigkeiten

der kontinuierlichen Kernels unregelmäßig aufgenommene Daten zu verarbeiten erwünscht. Dieser Artikel erläutert eine neuartige Methode, welche kontinuierliche Kernels nutzt, um globale Merkmale an absoluten Position im Messbereich zu detektieren. Anhand einem Anwendungsfall im Bereich der Mehrfachen Ortsaufgelösten Reflektionsspektroskopie, bei dem Daten ungleichmäßig und unvollständig aufgenommen werden, wird gezeigt, dass die vorgestellte Methode die Daten nativ und ohne weitere Vorverarbeitung verarbeiten kann. Weiterhin wird gezeigt, dass die vorgestellte Methode an einem Datensatz mit positionsabhängigen Merkmalen eine höhere Vorhersagegenauigkeit als vergleichbare Modelle hat. Weiterhin ist eine erhöhte Robustheit gegenüber fehlenden Daten im Vergleich zu vergleichbaren Modellen feststellbar, was dem Netzwerk erlaubt sich ohne erneutes Training an Sensoren mit ausgefallenen Einzelkomponenten anzupassen.

Indizierungsbegriffe – Machinelles Lernen; Neuronale Netze; Kontinuierliche Kernels; ungleichmäßig aufgenommene Daten; Reflektionsspektroskopie

1. Einleitung

Übliche Methoden des maschinellen Lernens nehmen an, dass Daten konsistent aufgenommen werden. Daraus entsteht die Implikation, dass jeder Block aufgenommener Daten die gleiche Form hat, und jeder darin enthaltene Datenpunkt immer die gleiche Bedeutung hat. In Anwendungen in der echten Welt ist jedoch oft eine Inkonsistenz bei der Datenaufnahme vorhanden, etwa durch Produktionsschwankungen des Sensors, welcher die Daten aufnimmt. In einigen Fällen könnten einzelne Datenpunkte gar ganz fehlen. Um solche Daten verarbeiten zu können, können Imputationsverfahren verwendet werden, um fehlende Daten wiederherzustellen [1]. Einige Methoden nutzen auch neuronale Netze, um fehlende Daten zu ergänzen oder zu korrigieren [2]. Für bestimmte Netzwerkarchitekturen [3] werden kontinuierliche Kernels eingesetzt, um diese Annahmen zu umgehen und solche ungleichmäßigen und unvollständigen Daten nativ verarbeiten zu können, anstatt auf spezielle Vorverarbeitungsmethoden angewiesen zu sein [4] [5] [6]. Convolutional Neural Networks weisen translationsinvariante Eigenschaften auf, was ungeeignet zur Verarbeitung von Daten ist, welche Merkmale an gleichbleibenden absoluten Positionen im Messbereich aufweisen. Übliche Beispiele für diese Art Daten sind Spektraldaten, sowohl visuell und auditiv, da dort relevante Merkmale u.a. Intensitätsmaxima an bestimmten, gleichbleibenden Wellenlängen beinhalten, anstatt wellenlängenunabhängige Merkmale in der Form der Intensitätskurve.

Um solche Daten mit positionsabhängigen Merkmalen nativ verarbeiten zu können, auch wenn die Daten ungleichmäßig und unvollständig aufgenommen wurden, wird in diesem Artikel eine neuartige Methode vorgestellt. Es wurde bereits gezeigt, dass neuronale Netze, wie in etwa

Sinusidale Repräsentationsnetzwerke (SIRENs) [7] als durch lernbare Parameter definierbare Funktionen genutzt werden können, was eine Nutzung als kontinuierliche Kernels ermöglicht. Solche Kernels sind in der Lage, globale Langzeitabhängigkeiten zu modellieren [4]. Durch die Nutzung solcher kontinuierlichen Kernels außerhalb des Kontextes von Convolutional Neural Networks ist die vorgestellte Methode in der Lage, nativ ungleichmäßig und unvollständig aufgenommene Daten mit positionsabhängigen Merkmalen nativ zu verarbeiten.

Der Rest dieses Artikels ist folgendermaßen aufgebaut: Abschnitt 2 erläutert den aktuellen Stand der Technik. Abschnitt 3 behandelt die Definition eines kontinuierlichen Kernels. Abschnitt 4 führt die neuartige Methode unter Benutzung von kontinuierlichen Kernels ein. Abschnitt 5 zeigt die Wirksamkeit der Methode in Bezug auf Verarbeitung von spektroskopischen Daten. Abschnitt 6 diskutiert mögliche zukünftige Forschung zur Nutzung von kontinuierlichen Kernels im Bereich von erklärbarer künstlicher Intelligenz. Die Zusammenfassung schließt den Artikel ab.

2. Stand der Technik

Bisherige Forschung zu kontinuierlichen Kernels konzentriert sich größtenteils auf Anwendungen in Convolutional Neural Networks, um ungleichmäßig aufgenommene Daten zu verarbeiten. In [4] werden kontinuierliche Kernels verwendet, um diverse Arten von sequenziellen Daten zu verarbeiten, unter anderem ungleichmäßig aufgenommene Sequenzen. Der Artikel befasst sich außerdem detailliert mit verschiedenen Arten der Parametrierung von kontinuierlichen Kernels. [5] nutzt kontinuierliche Kernels in Convolutional Neural Networks um nicht rasterisierte Daten wie Repräsentationen von Atomen in der Chemie zu verarbeiten. In [6] werden kontinuierliche Kernels in dreidimensionalen Convolutional Neural Networks für die Verarbeitung von Punktwolken genutzt. Alle diese Artikel erörtern die Nutzung von kontinuierlichen Kernels für den Faltungsschritt in Convolutional Neural Network-Architekturen, welche alle translationsinvariante Eigenschaften aufweisen, wodurch diese Methoden ungeeignet für den Einsatz an Daten mit positionsabhängigen Eigenschaften sind. Die Nutzung von neuronalen Netzen als durch lernbare Parameter definierte Funktion, genannt implizite neuronale Repräsentation, wurde durch [8] [9] zur Darstellung von Signed Distance Functions analysiert, welche zur Repräsentation von dreidimensionaler Geometrie nützlich sind. In [7] wird eine Architektur für implizite neuronale Repräsentation, genannt SIREN, vorgestellt, welche sich für diverse Daten, unter anderem Audio, Bilder und Signed Distance Functions eignet.

3. Definition von kontinuierlichen Kernels

Grundsätzlich sind kontinuierliche Kernels eine Funktion, welche einem Datenpunkt an einer beliebigen Position im Messbereich eine Gewichtung zuordnet [5]. Anders als in Anwendungen

in einem Convolutional Neural Network sind die von dem Kernel gewichteten Positionen die Absolutpositionen, und nicht die Positionen relativ zu einem Faltungspunkt.

Um eine kontinuierliche Variante eines Gewichtungskernels darstellen zu können, müssen Kernelfunktionen so definiert sein, dass sie durch lernbare Parameter idealerweise jede beliebige Funktion approximieren können. Es ist gezeigt, dass sich mehrschichtige Perzeptronen mit Sinus-basierten Nichtlinearitäten, wie zum Beispiel SIREN-Netzwerke [7], hierfür eignen.

Formelles:

Kleinbuchstaben bezeichnen Skalare, fettgedruckte Kleinbuchstaben bezeichnen Vektoren. Großbuchstaben bezeichnen ein jeweils dazugehöriges Set. Tiefstellungen unter Werten beziffern einen Index des Wertes innerhalb eines diesen Wert enthaltenen Sets, Hochstellungen beziffern einen Index eines Elements eines Vektors.

Definition:

Sei $p_i \in P \subset \mathbb{R}^n$ die Position des Werts $d_i \in D \subset \mathbb{R}$ des i -ten Datenpunkt im Set aller Datenpunkte D in einem n -Dimensionalen Messbereich. Ein kontinuierlicher Kernel in der vorgestellten Architektur ist nun als Funktion

$$\psi: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R} \quad (1)$$

definiert, welche jeder Position p_i im Messbereich eine Gewichtung zuweist. Wie in [4] gezeigt, kann eine solche Funktion mittels impliziten neuronalen Repräsentationen wie mehrschichtige Perzeptronen mit Sinus-basierten Nichtlinearitäten, zum Beispiel SIREN-Netzwerken, definiert werden. In der vorgestellten Methode wird ein solches mehrschichtiges Perzeptron als Funktion ψ genutzt. Das mehrschichtige Perzeptron hat n Eingangsneuronen, welche als Eingabe für die jeweilige Position $p_i \in \mathbb{R}$ eines Datenpunkts dienen, und ein Ausgangsneuron, welches als Gewichtung für den jeweiligen Datenpunkt dient. Die weiteren Parameter des Kernels sind die Anzahl und Größe der versteckten Schichten im mehrschichtigen Perzeptron, welche je nach zu lernendem Problem angepasst werden können. Das als Funktion ψ dienende mehrschichtige Perzeptron wird nicht separat vortrainiert, sondern wird als Teil des sich aus u.a. mehreren Kernels zusammensetzenden Gesamtnetzes trainiert.

4. Nutzung von kontinuierlichen Kernels

Fig. 31 zeigt die grundsätzliche Struktur der vorgeschlagenen Modellarchitektur. Römisch I zeigt das Set an Eingangsdatenpunkten für das Modell, jeweils stellvertretend für einen Wert an einer bestimmten Position im Messbereich. In der vorgestellten Methode enthält die erste Ebene, genannt die kontinuierliche Merkmalsebene, mehrere unabhängige kontinuierliche Kernels (siehe Röm. II in Fig. 31). Jedes der unabhängigen kontinuierlichen Kernels gewichtet jeweils alle

Eingangsdaten. Dabei können die Eingangsdaten ungleichmäßig aufgenommen worden sein. Um dabei eventuelle ungleichmäßige Verteilungen von Messpunkten auszugleichen, wird zusätzlich die lokale Punktedichte der Messpunkte berechnet (nicht explizit in Fig. 31 dargestellt). Während in der vorgestellten Methode zur Berechnung der lokalen Punktedichte die Kerndichtenschätzungsmethode angewandt wird, wobei die Größe des Kerns ein lernbarer Parameter des Netzes ist, sind auch alternative Methoden anwendbar. Jeder Eingangsdatenpunkt wird durch die inverse lokale Punktdichte an der Position des Datenpunktes gewichtet, wie in [6] vorgeschlagen. Die durch sowohl Kernel als auch inverse Punktdichte gewichteten Datenpunkte sind in Fig. 31 in Röm III gezeigt, und werden formal durch Gleichung 2 beschrieben. Für jeden Kernel werden die gewichteten Datenpunkte zu einem Wert reduziert, wie definiert in den Gleichungen 3 und 4, und wie gezeigt in Fig. 31 in Röm IV. In der vorgestellten Methode wird eine Summe als Reduktionsoperation verwendet, aber andere Reduktionsoperation wie z.B. ein Mittelwert sind auch nutzbar. Das Kombinieren der reduzierten Werte resultiert in einem Merkmalsvektor einer konstanten Größe, welche von der Anzahl der kontinuierlichen Kernels in der kontinuierlichen Merkmalsebene abhängt. Da die kontinuierliche Merkmalsebene so die Eingabe beliebiger Größe zu einem Merkmalsvektor mit einer konstanten und bekannten Größe reduziert, kann die kontinuierliche Merkmalsebene nun von klassischen Elementen von neuronalen Netzwerkarchitekturen, wie z.B. einem mehrlagiges Perzeptron, gefolgt werden (siehe Fig. 31, Röm V). Die Ausgabe dieses mehrlagigen Perzeptrons dient dann als Ausgabe des gesamten Netzes, wie in Fig. 31, Röm VI dargestellt. Die hier beschriebene Netzwerkarchitektur wird im folgenden kontinuierliches Merkmalsnetzwerk genannt. Die kontinuierliche Merkmalsebene hat so drei Hauptparameter: Die Anzahl der kontinuierlichen Kernels, sowie die Anzahl und Größe der Ebenen der kontinuierlichen Kernels selbst.

Formale Definition:

Sei das Set Ψ das Set der unabhängigen kontinuierlichen Kernels ψ_k der kontinuierlichen Merkmalsebene. In diesem Set, jedes ψ_k beschreibt ein, möglicherweise in den Daten vorhandenes, Merkmal. Sei $d_i \in D$ der i -te Datenpunkt der Eingangsdaten mit der Position $p_i \in P$ innerhalb des Messbereichs. Sei $\rho(p_i)$ definiert als die lokale Punktedichte der aufgenommenen Daten an der Position p_i innerhalb des Messbereichs. Daraus ergibt sich folgende Definition für die gewichteten Datenpunkte:

$$w_{i,k} := d_i \cdot \psi_k(p_i) \cdot \frac{1}{\rho(p_i)} \quad (2)$$

Die Komponenten des Merkmalsvektors fester Größe v sind wie folgt definiert:

$$v^k(D, P) := \sum (w_{i,k}) \quad (3)$$

$$= \sum \left(d_i \cdot \psi_k(p_i) \cdot \frac{1}{\rho(p_i)} \right) \quad (4)$$

Da der Merkmalsvektor fester Größe v eine Funktion der Datenpunkte und ihrer Positionen ist, kann der Merkmalsvektor als Funktion folgender Art beschrieben werden:

$$v: \mathbb{R}^i, \mathbb{R}^{i \times n} \rightarrow \mathbb{R}^k \quad (5)$$

v beschreibt den Merkmalsvektor mit einer konstanten Größe k als Reduktion der Eingabe einer beliebigen Größe i für die Daten, und $i \times n$ für die Position der Daten. Da die Größe des Merkmalsvektors konstant ist, und nicht von i abhängt, kann der Merkmalsvektor als Eingabe für traditionelle neuronale Netze, wie z.B. mehrlagige vorwärtsgerichtete neuronale Netze, für beliebige i verwendet werden, ohne dass das Netzwerk erneut trainiert werden muss.

5. Experimente

Die vorgestellte Methode wird anhand eines Datensatzes bestehend aus Daten von multipler orts aufgelöster Reflexionsspektroskopie (MSRRS, [10]) getestet. Die Daten wurden parallel zu einer Referenzmessung der Konzentration von Karotinoiden in der menschlichen Haut in-vivo auf einer Skala von 0 bis 12 aufgenommen. Das Messsystem, wie in [10] beschrieben, besteht aus mehreren Lichtemittern und Lichtdetektoren. Der Trainings- und Validationsdatensatz sind disjunkt, und wurden an verschiedenen Personengruppen mit verschiedenen MSRRS-Sensoren aufgenommen. Die aufgenommenen Spektroskopiedaten eignen sich, wie in Abschnitt 4 beschrieben, gut für den Einsatz von kontinuierlichen Kernels und kontinuierlichen Merkmalsnetzwerken. Der Grund dafür ist die Art der MSRRS-basierten Spektraldaten in Form von relativen Helligkeiten für einige diskrete Wellenlängen und Emitter-Detektor-Distanzen. Diese diskreten Wellenlängen und Emitter-Detektor-Distanzen sind weder an regelmäßigen Intervallen aufgenommen noch immer an den gleichen Wellenlängen. Aufgrund von Produktionsschwankungen existieren leichte Abweichungen in den Wellenlängen der Emitter. Es ist jedoch möglich, diese für jeden Sensor zu vermessen und die tatsächlichen Spitzenwellenlängen als Positionsdaten für die kontinuierliche Merkmalsebene zu verwenden. Außerdem ist anzunehmen, dass in solchen Spektraldaten die interessanten Informationen nicht in der Form der Merkmale, sondern in der Position der Merkmale (welche hier die Absorptionswellenlänge der Karotinoide sind), was für die hier vorgestellte Methode geeignet ist.

Zur Analyse der vorgestellten Methode wird ein kontinuierliches Merkmalsnetzwerk mit einer kontinuierlichen Merkmalsebene genutzt, welche 64 kontinuierliche Kernels enthält. Jeder Kernel besteht aus einem SIREN-Netzwerk mit jeweils drei versteckten Ebenen mit jeweils 48 Neuronen mit Sinus-basierten Nichtlinearitäten. Hinter der kontinuierlichen Merkmalsebene befindet sich

eine vorwärtsgerichtete Ebene mit 64 Neuronen, welche von einer Ausgabenebene mit einem Ausgangsneuron zur Vorhersage der Karotinoidkonzentration gefolgt wird. Dieses Netzwerk hat in etwa 320000 Parameter. Als Vergleich wird ein mehrlagiges vorwärtsgerichtetes Netzwerk mit einer vergleichbaren Anzahl an Parametern benutzt. Dieses mehrlagige vorwärtsgerichtete Netzwerk, mit insgesamt etwa 375000 Parametern, wird jedes Emitter-Detektor-Paar als Eingangsneuron gespeist, gefolgt von zwei versteckten Ebenen mit je 256 und 128 Neuronen, gefolgt von einer Ausgabenebene mit einem Neuron für die vorhergesagte Karotinoidkonzentration. Zusätzlich wurde ein Convolutional Neural Network-basiertes Modell analysiert, welches jedoch nur unzureichende Vorhersagen über die Karotinoidkonzentration in menschlicher Haut machen konnte und demnach nicht weiter aufgeführt wird. Beide weiter analysierten Netzwerke sind mit dem ADAM-Optimierungsalgorithmus [11] und dem LibTorch-Framework implementiert.

Fig. 32 zeigt die Genauigkeit der vorgestellten Methode gegenüber der Genauigkeit des Vergleichsmodells. Um die Fähigkeit des kontinuierlichen Netzwerks, ungleichmäßig aufgenommene Daten verarbeiten zu können, wurde die Vorhersagegenauigkeit unter Zurückhaltung der Daten von verschiedenen Anzahlen von Lichtdetektoren gemessen. Für jeden Datenmesspunkt wurden die Detektoren dessen Daten zurückgehalten werden nach der Zahl der zurückzuhaltenden Detektoren zufällig ausgewählt. Für die kontinuierliche Merkmalsebene wurden die zurückgehaltenen Daten nicht als Eingabe verwendet. Für das mehrlagige vorwärtsgerichtete Netzwerk wurden die zurückgehaltenen Daten aus Daten ähnlicher Wellenlänge und Emitter-Detektor-Distanz interpoliert. Dies ist deswegen nötig, da es mehrlagigen vorwärtsgerichteten Netzwerken nicht möglich ist, den kürzeren Inputdatenvektor ohne erneutes Training zu verarbeiten. Sind Daten mit vergleichbarer Distanz und Wellenlänge nicht vorhanden, so wird der Wert für die Eingabe in das mehrlagige vorwärtsgerichtete Netzwerk auf 0 gesetzt. Die Ergebnisse zeigen, dass das kontinuierliche Merkmalsnetzwerk für alle untersuchten Mengen an zurückgehaltenen Detektoren genauere Vorhersagen trifft als das mehrlagige vorwärtsgerichtete Netzwerk vergleichbarer Größe. Das kontinuierliche Merkmalsnetzwerk ist in der Lage, wenn die Daten von allen Detektoren verfügbar sind, einen mittleren quadratischen Fehler von bis zu 19% weniger als das mehrlagige vorwärtsgerichtete Netzwerk zu erreichen. Die erhöhte Vorhersagegenauigkeit stammt daher, dass das kontinuierliche Merkmalsnetzwerk sowohl gut für MSRRS-Daten geeignet ist, und so besser die Datenzusammenhänge abstrahieren kann, als auch dass das kontinuierliche Merkmalsnetzwerk die tatsächlich gemessenen Wellenlängen der einzelnen Emitter jedes Sensors für die Position der Datenpunkte in Betracht ziehen kann. Zusätzlich kann beobachtet werden, dass das kontinuierliche Merkmalsnetzwerk, anders als das mehrlagige vorwärtsgerichtete Netzwerk, auch bei

Zurückhaltung mehrerer Detektoren länger eine stabile Vorhersage geben kann. Dies ist in Fig. 33 und Fig. 34 zu erkennen. Fig. 33 zeigt ein Histogramm des Vorhersagefehlers. In den verschiedenen Graphen wurden jeweils Daten von einer unterschiedlichen Anzahl von zufällig ausgewählten Lichtdetektoren von der Eingabe in das kontinuierliche Merkmalsnetzwerk zurückgehalten. Wie der Graph zeigt, sinkt zwar die Menge an hochgradig genauen Vorhersagen, jedoch steigt die Menge an hochgradig ungenauen Vorhersagen (> 2.4) nicht signifikant. Das zeigt, dass das kontinuierliche Merkmalsnetzwerk in der Lage ist, sich an die geringe Verfügbarkeit von Daten anzupassen, ohne dass es dafür erneut trainiert werden muss. Fig. 34 zeigt in Histogramm des Vorhersagefehlers von dem mehrlagigen vorwärtsgerichteten Netzwerk. Analog zeigen die verschiedenen Graphen den Vorhersagefehler bei verschiedener Anzahl an Detektoren dessen Daten zurückgehalten wurden. Zusätzlich zu einer Reduktion von hochgradig genauen Vorhersagen ist bei dem mehrlagigen vorwärtsgerichteten Netzwerk bei Zurückhaltung von mehr Daten auch beobachtbar, dass die Anzahl von hochgradig ungenauen Vorhersagen (> 2.4) schnell steigt, sobald die Menge von zurückgehaltenen Daten 25% überschreitet. Die geringe Erhöhung von hochgradig ungenauen Vorhersagen des kontinuierlichen Merkmalsnetzwerks wenn keine Daten zurückgehalten werden hängt vermutlich an einer ungenauen Berechnung der Punktdichte der Eingabe, und wird Teil von zukünftiger Forschung.

6. Potenzial für erklärbare künstliche Intelligenz

Ein Nebeneffekt der kontinuierlichen Merkmalsebene ist das sich daraus ergebende Potenzial für erklärbare künstliche Intelligenz. Da kontinuierliche Kernels Gewichte für jede Position im Messbereich darstellen, kann aus den erlernten Gewichten eine Wichtigkeit von bestimmten Regionen des Messbereichs berechnet werden. Der Mittelwert der Absolutwerte der Gewichte über alle Kernels könnte als Messlatte für die Wichtigkeit von Daten in den jeweiligen Regionen dienen. Das könnte die Nutzung von kontinuierlichen Kernels als interpretierbares Modell [12] erlauben. Da jedoch die Magnitude der Eingabedaten an verschiedenen Positionen im Messbereich unterschiedlich sein kann, kann auch die jeweilige Wichtigkeit an den Positionen entsprechend beeinflusst sein, und muss bei Betrachtung kompensiert werden. Zusätzlich muss auch das mehrlagige Perzeptron welches den Merkmalsvektor verarbeitet betrachtet werden, wenn die Wichtigkeit von verschiedenen Kernels verglichen wird. Nichtsdestotrotz ist die Nutzung von kontinuierlichen Merkmalsebenen als Werkzeug für erklärbare künstliche Intelligenz interessant als Thema von zukünftiger Forschung.

6. Zusammenfassung und Zukunftsforschung

Dieser Artikel führt das kontinuierliche Merkmalsnetzwerk ein, eine neuartige Methode zur Verarbeitung von ungleichmäßig und unvollständig aufgenommenen Daten mit

positionsabhängigen Merkmalen, wie z.B. optische oder akustische Spektren. Zusätzlich wird gezeigt, dass das kontinuierliche Merkmalsnetzwerk im Vergleich zu einem ähnlich dimensioniertem mehrlagigen vorwärtsgerichtetem Netzwerk einen um 19% geringeren mittleren quadratischen Fehler bei der Vorhersage von Karotinoidkonzentration in der menschlichen Haut aus MSRRS Daten erreicht. Dies zeigt, dass das kontinuierliche Merkmalsnetzwerk in der Lage ist, besser die Zusammenhänge zwischen MSRRS-Daten und der Referenzkarotinoidkonzentration in der menschlichen Haut abstrahieren kann. Weiterhin wird gezeigt, dass das kontinuierliche Merkmalsnetzwerk bei einem Wegfall von bis zu 50% der Eingabedaten weiterhin stabile Vorhersagen der Karotinoidkonzentration in menschlicher Haut machen kann, während vergleichbare mehrlagige vorwärtsgerichtete Netzwerke bereits bei einem Wegfall von 25% der Daten hohe Vorhersagefehler aufweisen. Weitere mögliche Einsatzgebiete existieren in Fällen wo Daten ungleichmäßig aufgenommen werden während Merkmale abhängig von ihrer Position im Messbereich sind, wie u.a. in anderen Arten von Spektren, z.B. Audiospektren. Kontinuierliche Merkmalsnetze zeigen auch Potenzial für erklärbare künstliche Intelligenz, und weitere Untersuchung in dieser Richtung ist interessant.

Referenzen:

- [1] A. R. T. Donders, G. J. van der Heijden, T. Stijnen, and K. G. Moons, "Review: A gentle introduction to imputation of missing values," *Journal of Clinical Epidemiology*, vol. 59, no. 10, pp. 1087–1091, 2006.
- [2] P. K. Sharpe and R. J. Solly, "Dealing with missing values in neural network-based diagnostic systems," *Neural Computing & Applications*, vol. 3, no. 2, pp. 73–77, Jun 1995.
- [3] Y. Lecun, L. Bottou, Y. Bengio, and P. Haffner, "Gradient-based learning applied to document recognition," *Proceedings of the IEEE*, vol. 86, no. 11, pp. 2278–2324, 1998.
- [4] D. W. Romero, A. Kuzina, E. J. Bekkers, J. M. Tomczak, and M. Hoogendoorn, "Ckconv: Continuous kernel convolution for sequential data," *CoRR*, vol. abs/2102.02611, 2021.
- [5] K. T. Schütt, P.-J. Kindermans, H. E. Sauceda, S. Chmiela, A. Tkatchenko, and K.-R. Müller, "Schnet: A continuous-filter convolutional neural network for modeling quantum interactions," in *Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems*, 2017, p. 992–1002.
- [6] W. Wu, Z. Qi, and L. Fuxin, "Pointconv: Deep convolutional networks on 3d point clouds," in *2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2019, pp. 9613–9622.

- [7] V. Sitzmann, J. N. P. Martel, A. W. Bergman, D. B. Lindell, and G. Wetzstein, “Implicit neural representations with periodic activation functions,” in Proceedings of the 34th International Conference on Neural Information Processing Systems, 2020.
- [8] J. J. Park, P. Florence, J. Straub, R. Newcombe, and S. Lovegrove, “Deepsdf: Learning continuous signed distance functions for shape representation,” in 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2019, pp. 165–174.
- [9] K. Genova, F. Cole, A. Sud, A. Sarna, and T. Funkhouser, “Local deep implicit functions for 3d shape,” in 2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), jun 2020, pp. 4856–4865.
- [10] M. E. Darvin, B. Magnussen, J. Lademann, and W. Köcher, “Multiple spatially resolved reflection spectroscopy for in vivo determination of carotenoids in human skin and blood,” *Laser Physics Letters*, vol. 13, no. 9, p. 095601, aug 2016.
- [11] D. P. Kingma and J. Ba, “Adam: A method for stochastic optimization,” in 3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015, San Diego, CA, USA, May 7-9, 2015, Conference Track Proceedings, Y. Bengio and Y. LeCun, Eds., 2015.
- [12] O. Biran and C. V. Cotton, “Explanation and justification in machine learning: A survey,” in IJCAI-17 Workshop on Explainable AI (XAI) Proceedings, 2017.

Patnetansprüche

1. Vorrichtung zur optischen Messung von Substanzkonzentrationen oder Biomarkern in einer Probe,
mit einer Kontaktfläche, die während eines Messvorgangs in Kontakt zur Probe bringbar ist, und optoelektronischen Komponenten in Form von mehreren optischen Emittern zum Emittieren von Photonen, und
mehreren Detektoren zum Empfang zumindest eines Teils der Photonen, die von den Emittern emittiert und zumindest ein Teilvolumen der Probe durchlaufen haben, und
wobei die Emitter und die Detektoren sich auf einer gemeinsamen Ebene befinden, und mindestens neun Emitter vorgesehen sind,
und mindestens drei Detektoren vorgesehen sind,
und die Emitter und Detektoren in einem Abstand von weniger als 15mm zur Kontaktfläche montiert sind,
wobei mindestens drei Wellenlängenintervalle bestehen, die sich nicht überlappen und die eine Intervalllänge zwischen 2nm und 20nm aufweisen, und in jedem der Wellenlängenintervalle zumindest die Peak-Wellenlänge von jeweils drei der Emitter liegt, und
in jedem Wellenlängenintervall zumindest zwei der Emitter die beide innerhalb des Wellenlängenintervalls liegen einen Unterschied in der Peak-Wellenlänge von mindestens 0,5nm aufweisen.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur nicht invasiven Messung an Lebewesen vorgesehen ist.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 2 dadurch gekennzeichnet, dass es Paare von Emittern und Detektoren gibt und es für jedes Wellenlängenintervall zumindest zwei Paare von Emittern und Detektoren gibt, bei denen sich der Abstand vom Emitter zum Detektor um mindestens 50% vom Abstand zwischen Emitter und Detektor des anderen Paares unterscheidet.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktfläche sowohl aus zumindest einem transparenten Material und zumindest einem nicht-transparentem Material besteht.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung in ein Smartphone integriert ist und als zumindest einen der Detektoren zumindest eine der Kameras des Smartphones verwendet.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, dass diese mindestens vier Kavitäten aufweist, die auf allen Seiten bis auf einer von nicht transparentem Material umgeben sind und in denen sich entweder mindestens ein Emitter oder ein Detektor befindet.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerung der Emitter derart ausgestaltet ist, dass die Emitter nacheinander und einzeln in einer Sequenz aktiviert werden können und die von jedem Detektor für den Schritt der Sequenz erfasste Helligkeit einer Datenverarbeitungseinrichtung zugeführt werden kann

8. Verfahren zur optischen Messung von Substanzkonzentrationen oder Biomarkern in einer Probe, bestehend aus menschlicher Haut, wobei in einem Messgerät eine Sensorfläche vorhanden ist, die eine Kontaktfläche des Messgeräts zur Haut ist,

und die Kontaktfläche zur Haut Teilflächen aufweist, die nicht transparent sind, und die Kontaktfläche zur Haut Teilflächen aufweist, die ausreichend transparent sind, dass das Emittieren und Detektieren von Photonen durch die Kontaktfläche hindurch erfolgen kann,

und sich mindestens neun Emitter und mindestens drei Detektoren auf einer gemeinsamen Ebene befinden

und die Emitter und Detektoren in einem Abstand von weniger als 15mm zur Kontaktfläche montiert sind,

und die Emitter in einer Messsequenz angeschaltet werden,

und angeschaltete Emitter Photonen emittieren, die durch die Sensorfläche in die Haut eindringen,

und ein Teil der emittierten Photonen durch die Haut laufen, mit dieser interagieren, aus dieser austreten, die Sensorfläche erneut passieren und dann von einem der Detektoren des Messgeräts erfasst werden,

wobei mindestens drei Wellenlängenintervalle optoelektronischer Bauelemente und/oder drei Abstandsintervalle des Emitter-Detektor Abstands von Emitter-Detektor-Paaren bestehen,

und in jedem dieser Intervalle zumindest zwei optoelektronische Bauelemente, die sich in ihrer Wellenlänge unterscheiden bzw. zwei Emitter-Detektor Paare, die sich in ihrem Emitter Detektor Abstand unterscheiden vorliegen,

und die Durchführung der Messung die Bestimmung physiologischer Zustände eines Individuums und/oder die Messung der Konzentration von Substanzen im menschlichen Körper ermöglicht.

9. Verfahren nach Anspruch 8 dadurch gekennzeichnet, dass

mindestens drei Wellenlängenintervalle bestehen, die sich nicht überlappen und die eine Intervalllänge zwischen 2nm und 20nm aufweisen, und in jedem der Wellenlängenintervalle zumindest die Peak-Wellenlänge von jeweils drei der Emitter liegt,

und in jedem Wellenlängenintervall zumindest zwei der Emitter, die beide innerhalb des Wellenlängenintervalls liegen einen Unterschied in der Peak-Wellenlänge von mindestens 0,5nm aufweisen

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9 dadurch gekennzeichnet, dass

für ein erstes Emitter-Detektor Paar ein erster Messwert zur Menge der erfassten Photonen aufgenommen wird, und

für ein zweites Emitter-Detektor Paar ein zweiter Messwert zur Menge der erfassten Photonen aufgenommen wird, und

der Emitter des ersten Emitter-Detektor Paar im gleichen Wellenlängenintervall wie der Emitter des zweiten Emitter-Detektor Paares liegt, und

der Emitter des ersten Emitter-Detektor Paar sich vom Emitter des zweiten Emitter-Detektor Paar um den Unterschied in der Peak Wellenlänge des Emitters unterscheidet, und

der Unterschied in der Peak Wellenlänge des Emitters einen Unterschied des ersten Messwerts zum zweiten Messwert bewirkt, und

die Messwerte getrennt erfasst werden, so dass der Unterschied der Messwerte ausgewertet werden kann, um eine Steigerung der Genauigkeit der Substanzkonzentrationsbestimmung zu ermöglichen.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Unterschiede der Peak Wellenlängen der Emitter in die Berechnung der Konzentration des Analyten eingehen und die Genauigkeit des Ergebnisses verbessern.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass im Produktionsprozess des Messgerätes erfasste oder gemessene Daten genutzt werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass Messdaten von in den Markt gebrachten Messgeräten für eine Auswertung gespeichert werden können, oder dass die Messgeräte mit zumindest einer Datenspeichervorrichtung ausgestattet sind.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass optische Rohdaten aus denen auf die Eigenschaften einzelner Emitter zurückgeschlossen werden kann, erfasst und gespeichert werden können und dadurch die nachträgliche Optimierung des Gerätes ermöglicht wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass auf Basis der gemessenen Substanzkonzentrationen Ernährungsempfehlungen berechnet und ausgegeben werden.