



(10) **DE 10 2013 008 003 B4** 2015.03.19

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 008 003.7**
(22) Anmeldetag: **08.05.2013**
(43) Offenlegungstag: **13.11.2014**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **19.03.2015**

(51) Int Cl.: **G01N 21/64 (2006.01)**
G01N 33/12 (2006.01)
G01N 33/483 (2006.01)

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

(73) Patentinhaber:
FreshDetect GmbH, 85757 Karlsfeld, DE

(72) Erfinder:
Reichl, Mathias, 93309 Kelheim, DE; Klein, Rolf-Dieter, 80809 München, DE

(74) Vertreter:
**v. Bezold & Partner Patentanwälte - PartG mbB,
80799 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Messgerät zum Messen eines Oberflächenbelags auf einem Messobjekt, insbesondere auf einem Lebensmittel, und dessen Verwendung**

(57) Hauptanspruch: Messgerät (1; 30) zum Messen eines Oberflächenbelags (18) auf einem Messobjekt, insbesondere auf einem Lebensmittel (19; 24), insbesondere zum Messen von Stoffwechselprodukten von Bakterien auf Fleisch, das zum Verzehr bestimmt ist, mit

a) mindestens einer Anregungsquelle (3–6) zur Lumineszenzanregung des Oberflächenbelags (18) auf dem zu überwachenden Messobjekt (19; 24), so dass der Oberflächenbelag (18) eine Lumineszenzstrahlung abgibt, und
b) mindestens einem optischen Sensor (10) zur Erfassung der Lumineszenzstrahlung, die von dem Oberflächenbelag (18) abgegeben wird,

c) wobei das Messgerät (1; 30) die Lumineszenzstrahlung des Oberflächenbelags (18) an mehreren voneinander beabstandeten Messpunkten (M1–M4) auf dem zu überwachenden Messobjekt (19; 24) misst, insbesondere an vier Messpunkten (M1–M4), und mit

d) einer Auswertungseinheit (20; 21) zur Qualifizierung und/oder Quantifizierung des Oberflächenbelags (18) und/oder des Lebensmittels (19; 24) und zur Erzeugung eines entsprechenden Ausgangssignals (A),

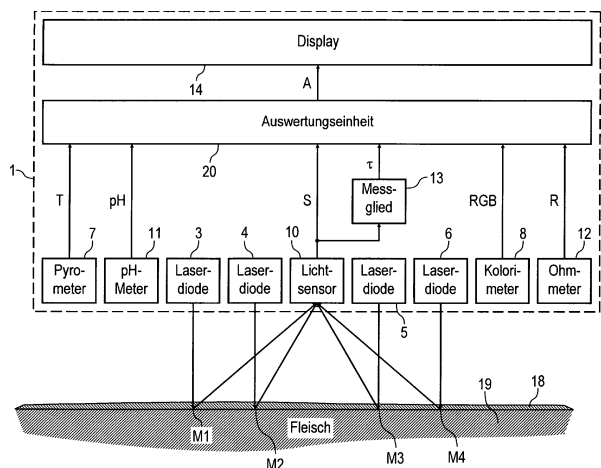
e) wobei die Auswertungseinheit (20) bei den Peaks (P1–P3) der Lumineszenzstrahlung die Wellenlänge des jeweiligen Peaks (P1–P3) und die Intensität des jeweiligen Peaks (P1–P3) ermittelt,

f) wobei die Auswertungseinheit eine Wellenlängenübereinstimmung ermittelt zwischen den Wellenlängen der Peaks (P1–P3) der Lumineszenzstrahlung einerseits und vorgegebenen charakteristischen Wellenlängen andererseits,

g) wobei die charakteristischen Wellenlängen die Wellenlängen von Peaks (P1–P3) in der Fluoreszenzstrahlung von Porphyrinen sind, insbesondere von Protoporphyrin IX, und mit

h) einem Pyrometer (7) zur berührungslosen Temperaturmessung der Oberflächentemperatur des Oberflächenbelags (18) auf dem zu überwachenden Messobjekt (19; 24) oder mit einem Kolorimeter (8) zur Messung der Farbe (RGB) des Oberflächenbelags (18) ohne die Lumineszenzanregung oder mit einem Messglied (13) zur Messung des zeitlichen Abklingverhaltens (τ) der Lumineszenzstrahlung des Oberflächenbelags (18) oder mit einem pH-Meter (11) zur Messung des pH-Werts (pH) des Oberflächenbelags (18) oder mit einer Widerstandsmesseinrichtung (12) zur Messung des elektrischen Oberflächenwiderstands (R) des Oberflächenbelags (18) und/oder des Messobjekts (19; 24),

i) wobei die Auswertungseinheit den Oberflächenbelag (18) in Abhängigkeit von der Auswertung der Lumineszenzstrahlung und von mindestens einer der folgenden Größen qualifiziert und/oder quantifiziert: ...



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	195 23 806	C2
DE	27 28 717	A1
DE	44 20 401	A1
DE	103 15 541	A1
DE	10 2005 051 643	A1
DE	10 2011 100 507	A1
DE	602 08 823	T2
DD	2 97 247	A5
AT	414 275	B
US	6 597 932	B2
US	6 649 412	B1
US	7 202 947	B2
US	5 474 910	A
US	4 866 283	A
US	5 760 406	A
US	5 914 247	A
US	5 658 798	A
EP	0 128 889	B2
EP	1 329 514	A2
WO	97/ 08 538	A1
WO	99/ 57 529	A1
WO	2003/ 070 080	A1
WO	2007/ 062 444	A1
WO	2007/ 079 943	A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Messgerät zum Messen eines Oberflächenbelags auf einem Messobjekt (z. B. Lebensmittel), insbesondere zum Messen von Stoffwechselprodukten von Bakterien auf Fleisch, das zum Verzehr bestimmt ist, und dessen Verwendung.

[0002] Ein derartiges Messgerät ist unter der Bezeichnung "Fresh Scan" aus einem Forschungsprojekt bekannt. Dieses bekannte Messgerät beruht auf der Erkenntnis, dass Fleisch während der Lagerung zunehmend von Bakterien besiedelt wird, deren Stoffwechselprodukte (z. B. Porphyrine) fluoreszieren, so dass die Messung der von den Stoffwechselprodukten der Bakterien abgegebenen Fluoreszenzstrahlung einen Rückschluss auf den Frischezustand und die Gesamtkeimzahl (GKZ) des Fleisches erlaubt.

[0003] Das bekannte Messgerät weist zur Anregung der Fluoreszenzstrahlung einen Laser auf, dessen Strahlung auf das zu prüfende Fleisch gerichtet wird, so dass die Stoffwechselprodukte der Bakterien auf dem Fleisch Fluoreszenzstrahlung aussenden, die dann von einem optischen Sensor erfasst wird, wobei der optische Sensor in der Fluoreszenzstrahlung bestimmte Wellenlängen abtastet, die für die Fluoreszenzstrahlung der Stoffwechselprodukte der Bakterien charakteristisch sind.

[0004] Zum einen berücksichtigt das bekannte Messgerät also nicht das gesamte Spektrum der Fluoreszenzstrahlung, sondern lediglich bestimmte charakteristische Wellenlängen der Fluoreszenzstrahlung.

[0005] Zum anderen ist zu erwähnen, dass das bekannte Messgerät die Fluoreszenzstrahlung lediglich an einem einzigen Messpunkt misst.

[0006] Im Betrieb des vorstehend beschriebenen bekannten Messgeräts kommt es deshalb gelegentlich zu Fehlmessungen.

[0007] Aus DE 10 2011 100 507 A1 ist ein mobiles optisches Analysegerät bekannt, das beispielsweise zur Untersuchung von Fleisch eingesetzt werden kann. Das zu untersuchende Fleisch wird hierbei von einem Weißlichtspektrum bestrahlt, wobei das Weißlichtspektrum an der Fleischoberfläche Fluoreszenzstrahlung anregt. Die Fluoreszenzstrahlung des Fleisches wird dann spektral vermessen. Darüber hinaus offenbart diese Druckschrift, dass die Fluoreszenzstrahlung an mehreren Messpunkten gemessen wird.

[0008] Weiterhin ist aus DE 27 28 717 A1 eine Vorrichtung zur berührungsfreien Bestimmung von Qualitätsmerkmalen von Fleischprodukten bekannt. Die

se bekannte Vorrichtung sieht ebenfalls eine optische Vermessung der zu untersuchenden Fleischprodukte vor.

[0009] Ferner ist aus WO 2007/079943 A1 ein faseroptisches Fluoreszenzsensorsystem bekannt, das zur Vermessung biologischer Proben eingesetzt werden kann.

[0010] Schließlich ist aus DE 10 2005 051 643 A1 ein Messsystem zur Detektion von pathogenen Mikroorganismen in Lebensmitteln bekannt. Hierbei wird das zu untersuchende Lebensmittel mit einem Laserpuls im nahen Infrarotbereich bestrahlt, wodurch Fluoreszenzstrahlung angeregt wird, die dann vermessen wird.

[0011] Keine dieser bekannten Vorrichtungen bzw. Verfahren offenbart jedoch eine Kombination einer spektralen Auswertung der Fluoreszenzstrahlung einerseits mit einer weiteren Messgröße andererseits.

[0012] Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, das vorstehend beschriebene bekannte Messgerät zu verbessern.

[0013] Diese Aufgabe wird durch ein erfindungsgemäßes Messgerät gemäß dem Hauptanspruch gelöst.

[0014] Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass die störenden Fehlmessungen bei dem bekannten Messgerät dadurch verursacht werden können, dass die Messung an einer lokal begrenzten Unregelmäßigkeit auf der Oberfläche des Fleisches erfolgt, beispielsweise im Bereich einer Fettfaser oder eines Knochens.

[0015] Die Erfindung umfasst deshalb die allgemeine technische Lehre, die Messung nicht nur an einem einzigen Messpunkt auf dem zu überwachenden Lebensmittel durchzuführen, sondern an mehreren Messpunkten, wobei die Messpunkte voneinander beabstandet sind. Beispielsweise kann das erfindungsgemäße Messgerät vier verschiedene Messpunkte aufweisen, jedoch ist im Rahmen der Erfindung auch eine größere Anzahl (z. B. 5, 6, 7, 8 oder $n > 8$) oder eine kleinere Anzahl (z. B. 2, 3) von Messpunkten möglich.

[0016] Das erfindungsgemäße Messgerät weist in Übereinstimmung mit dem Stand der Technik mindestens eine Anregungsquelle auf, um in dem Oberflächenbelag des zu überwachenden Lebensmittels Lumineszenz anzuregen, so dass der Oberflächenbelag eine Lumineszenzstrahlung abgibt.

[0017] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die Anregungsquelle – wie bei dem bekannten Messgerät – eine Lichtquelle, so dass

die von der Lichtquelle angeregte Lumineszenzstrahlung eine Photolumineszenzstrahlung ist, insbesondere eine Fluoreszenzstrahlung oder eine Phosphoreszenzstrahlung. Die Erfindung ist jedoch hinsichtlich der Anregung der Lumineszenzstrahlung nicht auf eine optische Anregung beschränkt. Vielmehr ist es im Rahmen der Erfindung auch grundsätzlich denkbar, andere Arten von Lumineszenz auszunutzen, wie beispielsweise Elektrolumineszenz, Kathodolumineszenz, Chemolumineszenz, Biolumineszenz, Tribolumineszenz, Thermolumineszenz, Sonolumineszenz, Radiolumineszenz, Ionolumineszenz oder Piezolumineszenz. Hierbei kann auch die Abklingzeit der Fluoreszenz ausgewertet werden.

[0018] In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einer Lichtquelle zur Photolumineszenzanregung strahlt die Lichtquelle vorzugsweise ein Spektrum ab, das einen Wellenlängenbereich von 350 nm–550 nm aufweist. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel strahlt die Lichtquelle eine Wellenlänge von 405 nm ab.

[0019] Beispielsweise kann es sich bei der Lichtquelle um eine Laserdiode oder um eine Leuchtdiode handeln, jedoch besteht grundsätzlich auch die Möglichkeit der Verwendung einer anderen Lichtquelle, wie beispielsweise einer Glühlampe.

[0020] Darüber hinaus weist das erfindungsgemäße Messgerät in Übereinstimmung mit dem eingangs beschriebenen bekannten Messgerät mindestens einen optischen Sensor auf, um die Lumineszenzstrahlung zu messen, die von dem Oberflächenbelag auf dem Lebensmittel abgegeben wird.

[0021] In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel misst der optische Sensor die Lumineszenzstrahlung von allen Messpunkten, wobei die Messung an den einzelnen Messpunkten beispielsweise zeitsequenziell erfolgen kann.

[0022] Es besteht jedoch alternativ auch die Möglichkeit, dass jedem Messpunkt jeweils ein eigener optischer Sensor zugeordnet ist, der die Lumineszenzstrahlung an dem jeweiligen Messpunkt misst.

[0023] Bei der Verwendung eines einzigen optischen Sensors zur Messung an allen Messpunkten weist der optische Sensor vorzugsweise einen so großen Messwinkel auf, dass alle Messpunkte innerhalb des Messwinkels liegen, so dass der optische Sensor die Lumineszenzstrahlung von allen Messpunkten messen kann.

[0024] Beispielsweise kann die von dem Oberflächenbelag abgegebene Lumineszenzstrahlung über einen Lichtleiter mit geeigneter numerischer Aperatur (NA) zu dem optischen Sensor geleitet werden.

[0025] Weiterhin ist zu erwähnen, dass der optische Sensor ein Spektralphotometer ist, das ein Wellenlängenspektrum der Lumineszenzstrahlung des Oberflächenbelags misst. Dadurch unterscheidet sich das erfindungsgemäße Messgerät von dem eingangs beschriebenen bekannten Messgerät, bei dem lediglich die Intensität der Lumineszenzstrahlung an bestimmten charakteristischen Wellenlängen gemessen wird, wohingegen das Spektralphotometer das komplette Wellenlängenspektrum der Lumineszenzstrahlung erfasst. Dies ist vorteilhaft, weil dadurch charakteristische Wellenlängenspektren der Lumineszenzstrahlung erfasst werden können, wodurch Fehlmessungen weitgehend vermieden werden können. Im Rahmen der Erfindung besteht also auch die Möglichkeit einer Signalauswertung durch das sogenannte "Spectral Imaging", was an sich aus dem Stand der Technik bekannt ist.

[0026] Ferner ist zu erwähnen, dass die einzelnen Messpunkte vorzugsweise um die optische Achse des optischen Sensors verteilt angeordnet sind. Dies ist vorteilhaft, weil der optische Sensor dann leichter die Lumineszenzstrahlung von allen Messpunkten erfassen kann.

[0027] In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung berücksichtigt das Messgerät nicht nur das Wellenlängenspektrum der Lumineszenzstrahlung, die von dem Oberflächenbelag abgegeben wird, sondern auch die Oberflächentemperatur des Oberflächenbelags auf dem zu überwachenden Lebensmittel. Hierzu weist das erfindungsgemäße Messgerät vorzugsweise ein Pyrometer auf, das eine berührungslose Temperaturmessung ermöglicht.

[0028] Ferner enthält das erfindungsgemäße Messgerät vorzugsweise auch ein Kolorimeter zur Messung der Farbe des Oberflächenbelags ohne die Lumineszenzanregung, wobei derartige Kolorimeter an sich aus dem Stand der Technik bekannt sind und deshalb nicht näher beschrieben werden müssen.

[0029] Die Messgenauigkeit lässt sich im Rahmen der Erfindung weiter verbessern, wenn auch das zeitliche Abklingverhalten der Lumineszenzstrahlung des Oberflächenbelags berücksichtigt wird. Das erfindungsgemäße Messgerät weist deshalb vorzugsweise ein Messglied auf, welches das zeitliche Abklingverhalten der Lumineszenzstrahlung misst.

[0030] Darüber hinaus kann das erfindungsgemäße Messgerät auch ein pH-Meter aufweisen, um den pH-Wert des Oberflächenbelags auf dem Lebensmittel zu messen.

[0031] Weiterhin kann das erfindungsgemäße Messgerät eine Widerstandsmesseinrichtung aufweisen, um den elektrischen Oberflächenwiderstand des Oberflächenbelags und/oder des Lebensmittels zu

messen, wodurch die Messgenauigkeit weiter verbessert werden kann.

[0032] Ferner ist zu erwähnen, dass das erfindungsgemäße Messgerät eine Auswertungseinheit zur Qualifizierung und/oder zur Quantifizierung des Oberflächenbelags und/oder des Lebensmittels und zur Erzeugung eines entsprechenden Ausgangssignals enthält. Das Ausgangssignal der Auswertungseinheit kann beispielsweise eine der folgenden Eigenschaften des zu prüfenden Lebensmittels wiedergeben:

- Keimzahl von Stoffwechselprodukten von Bakterien in dem Oberflächenbelag, insbesondere von Porphyrinen, insbesondere von Protoporphyrin IX.
- Typ des Lebensmittels aus einer Gruppe von Fleisch, Fisch, Gemüse und/oder Obst.
- Typ des Fleisches aus einer Gruppe von Schweinefleisch, Rindfleisch, Geflügelfleisch, Lammfleisch, Wildfleisch, Pferdefleisch und/oder Hundefleisch.
- Verzehrbarkeit des Lebensmittels in Abhängigkeit vom Frischezustand des Lebensmittels.

[0033] Es wurde bereits vorstehend darauf hingewiesen, dass Fleisch während der Lagerung zunehmend von Bakterien besiedelt wird, deren Stoffwechselprodukte eine charakteristische Fluoreszenzstrahlung abstrahlen, so dass die Messung der Fluoreszenzstrahlung einen Rückschluss auf den Frischezustand des Fleisches ermöglicht. Bei der Auswertung der gemessenen Fluoreszenzstrahlung soll nach Möglichkeit nur selektiv das charakteristische Wellenlängenspektrum berücksichtigt werden, das von den jeweiligen bakteriellen Stoffwechselprodukten (z. B. Porphyrine) emittiert wird. Die Auswertungseinheit misst deshalb bei den Peaks der Lumineszenzstrahlung die Wellenlänge des jeweiligen Peaks und die Intensität des jeweiligen Peaks. Anschließend ermittelt die Auswertungseinheit dann vorzugsweise das Intensitätsverhältnis der Peaks, also beispielsweise das Verhältnis der Intensität des ersten Peaks und der Intensität des zweiten Peaks. Weiterhin ermittelt die Auswertungseinheit die Wellenlängenübereinstimmung zwischen den Wellenlängen der gemessenen Peaks der Lumineszenzstrahlung einerseits und vorgegebenen charakteristischen Wellenlängen andererseits, die für die Fluoreszenzstrahlung der bakteriellen Stoffwechselprodukte charakteristisch sind. Hierbei sind die charakteristischen Wellenlängen die Wellenlängen von Peaks in der Fluoreszenzstrahlung von Porphyrinen, insbesondere von Protoporphyrin IX. Das Intensitätsverhältnis der gemessenen Peaks und die Wellenlängenübereinstimmung der gemessenen Peaks mit den charakteristischen Wellenlängen ermöglichen dann eine Beurteilung, ob die gemessene Strahlung tatsächlich von bakteriellen Stoffwechselprodukten herrührt oder auf Störungen beruht.

[0034] Weiterhin kann die Auswertungseinheit die Signalform der Peaks auswerten, um zu beurteilen, ob die detektierte Fluoreszenzstrahlung von dem Oberflächenbelag erzeugt wird oder durch Störungen.

[0035] Die Auswertungseinheit wird den Oberflächenbelag auf dem Lebensmittel (z. B. Fleisch) dann in Abhängigkeit von der Lumineszenzstrahlung und von mindestens einer der folgenden Größen qualifizieren und/oder quantifizieren, wobei dann ein entsprechendes Ausgangssignal erzeugt wird:

- Oberflächentemperatur des Lebensmittels,
- Farbe des Oberflächenbelags auf dem Lebensmittel,
- Zeitliches Abklingverhalten der Lumineszenzstrahlung, die von dem Oberflächenbelag auf dem Lebensmittel abgestrahlt wird,
- pH-Wert,
- Oberflächenwiderstand.

[0036] In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung erfolgt die Auswertung der vorstehend genannten Eingangsgrößen durch eine Fuzzy-Logik, was an sich aus dem Stand der Technik bekannt ist und deshalb nicht näher beschrieben werden muss.

[0037] Ferner ist zu erwähnen, dass das erfindungsgemäße Messgerät vorzugsweise tragbar ist, beispielsweise in Form eines Handgeräts. Dies ermöglicht einen Einsatz beispielsweise in der Gastronomie oder in fleischverarbeitenden Betrieben.

[0038] Die Stromversorgung des erfindungsgemäßen Messgeräts kann beispielsweise durch eine integrierte Batterie erfolgen, wobei es sich vorzugsweise um eine wiederaufladbare Batterie handelt.

[0039] Darüber hinaus weist das erfindungsgemäße Messgerät vorzugsweise eine Anzeige auf, um das Ausgangssignal der Auswertungseinheit oder sonstige Betriebsparameter des Messgeräts anzeigen zu können. Beispielsweise kann es sich bei der Anzeige um eine LCD-Anzeige (LCD: Liquid Crystal Display) handeln.

[0040] Von Bedeutung ist weiterhin, dass das erfindungsgemäße Messgerät eine schnelle Messung ermöglicht, so dass das Messgerät auch in Fertigungsstraßen in fleischverarbeitenden Betrieben zum Einsatz kommen kann, ohne dass die Verarbeitungsgeschwindigkeit beeinträchtigt wird. Die Messdauer ist deshalb vorzugsweise kleiner als 10 Sekunden, 1 Sekunde oder 50 Millisekunden.

[0041] Darüber hinaus weist das erfindungsgemäße Messgerät vorzugsweise eine Datenschnittstelle auf, um das Messgerät zu konfigurieren und/oder um Messdaten auszugeben. Beispielsweise kann die Datenschnittstelle eine USB-Schnittstelle (USB: Uni-

versal Serial Bus), eine Bluetooth-Schnittstelle, eine WLAN-Schnittstelle (WLAN: Wireless Local Area Network) und/oder eine RFID-Schnittstelle (RFID: RadioFrequency-Identification) aufweisen.

[0042] In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung weist das Messgerät eine durchsichtige und auswechselbare Kappe auf, wobei die Anregung der Lumineszenzstrahlung und die Messung der Lumineszenzstrahlung durch die Kappe hindurch erfolgen. Beispielsweise kann die Kappe einfach auf einen Messkopf des Messgeräts aufgesteckt bzw. abgezogen werden.

[0043] Weiter ist zu erwähnen, dass jedem Messpunkt vorzugsweise jeweils eine eigene Anregungsquelle zugeordnet ist, so dass die Lumineszenzanregung an jedem Messpunkt jeweils durch die diesem Messpunkt zugeordnete Anregungsquelle erfolgt. Es ist jedoch alternativ auch möglich, dass nur eine einzige Anregungsquelle vorgesehen ist, welche die Lumineszenzanregung an sämtlichen Messpunkten bewirkt.

[0044] Denkbar ist im Rahmen der Erfindung auch die Kombination der vorstehenden beschriebenen Fluoreszenzauswertung mit der an sich bekannten Raman-Spektroskopie. Hierbei kann eine einzige Lichtquelle sowohl zur Fluoreszenzanregung als auch zur Raman-Spektroskopie verwendet werden. Die Anregung erfolgt dann vorzugsweise mit einem Laser im grünen Wellenlängenbereich mit einer Wellenlänge im Bereich vom 510 nm–550 nm. Für die Auswertung reicht dann auch ein einziges Spektrometer, da die im Rahmen der Raman-Spektroskopie ausgewerteten Stokes-Linien mit der Fluoreszenzantwort überlappen. Dies wäre ein sehr kostengünstiges Dual-Messverfahren, bei dem neben einer Verifizierung der Fleischqualität auch die Fleischart (Pferd, Schwein, etc.) geprüft werden könnte und das mit nur einem einzigen Messgerät.

[0045] Schließlich umfasst die Erfindung auch die neuartige Verwendung eines solchen Messgeräts zum Messen von Stoffwechselprodukten von Bakterien auf einem Lebensmittel, das zum Verzehr bestimmt ist, insbesondere auf Fleisch.

[0046] Hierbei kann das erfindungsgemäße Messgerät auch an einer Fertigungsstraße eingesetzt werden, auf der Lebensmittel bearbeitet wird, wobei das Lebensmittel (z. B. Fleisch) entlang der Fertigungsstraße transportiert wird und dort verschiedenen Bearbeitungsschritten (z. B. Aufnehmen, Schneiden, Portionieren, Wiegen, Vermessen, Zubereiten, Anrichten und/oder Verpacken) unterworfen wird. Entlang der Fertigungsstraße erfolgt also mittels des erfindungsgemäßen Messgeräts vorzugsweise auch eine Messung des Frischezustands des Fleisches bzw. des Lebensmittels. Bei einer Verpackung des

Lebensmittels mittels durchsichtiger Frischhaltefolie kann der Frischezustand auch durch die Verpackung hindurch erfolgen.

[0047] Weiterhin ist zu erwähnen, dass die Erfindung nicht beschränkt ist auf die Vermessung von Fleisch. Vielmehr eignet sich das erfindungsgemäße Prinzip auch zur Vermessung von Oberflächenbelägen auf anderen Typen von Lebensmitteln, wie beispielsweise Fisch, Obst und Gemüse.

[0048] Ferner muss es sich bei dem Messobjekt nicht um ein Lebensmittel handeln. Das erfindungsgemäße Messgerät eignet sich vielmehr auch zum Messen von anderen Messobjekten, wie beispielsweise der Körperoberfläche eines lebenden Menschen, um beispielsweise Wunden beurteilen zu können. Das erfindungsgemäße Messgerät kann also beispielsweise auch als Wund-Scanner ausgebildet sein.

[0049] Andere vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet oder werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

[0050] Fig. 1 eine Perspektivansicht eines erfindungsgemäßen Messgeräts von schräg vorne,

[0051] Fig. 2 eine Frontansicht des Messkopfs des Messgeräts gemäß Fig. 1,

[0052] Fig. 3 eine Perspektivansicht des Messgeräts aus den Fig. 1 und Fig. 2 von schräg hinten,

[0053] Fig. 4 eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Messgeräts,

[0054] Fig. 5 ein Spektraldiagramm mit den Spektren der Fluoreszenzstrahlung zu verschiedenen Zeitpunkten während der Lagerung des Fleisches,

[0055] Fig. 6 eine vereinfachte Darstellung zur Bestimmung des Ausgangssignals durch eine Fuzzy-Logik, sowie

[0056] Fig. 7 eine vereinfachte Darstellung einer Fertigungsstraße in der lebensmittelverarbeitenden Industrie mit dem erfindungsgemäßen Messgerät zur Bestimmung des Frischezustands des verarbeiteten Fleisches.

[0057] Die Fig. 1 bis Fig. 4 zeigen ein erfindungsgemäßes Messgerät 1 zur Messung des Frischezustands von Fleisch durch Anregung und Messung von Fluoreszenzstrahlung, die von bakteriellen Stoffwechselprodukten (Porphyrinen) auf dem Fleisch abgegeben wird.

[0058] Hierzu weist das Messgerät **1** einen Messkopf **2** aus V4A-Stahl auf, wobei auf den Messkopf **2** eine durchsichtige Messkappe aufgesetzt werden kann, um eine Verschmutzung durch das Lebensmittel zu vermeiden. Die Anregung der Fluoreszenzstrahlung in dem Oberflächenbelag auf dem Fleisch und die Messung der von dem Oberflächenbelag auf dem Fleisch ausgehenden Fluoreszenzstrahlung erfolgt hierbei durch die durchsichtige Messkappe hindurch.

[0059] Diese Messkappe kann auch einen spektralen optischen pH-Indikator-Mikropunkt integriert haben. Somit kann über das Spektrum auch noch optisch der pH-Wert ermittelt werden.

[0060] Der Messkopf **2** enthält vier Laserdioden **3–6**, die zur Anregung der Fluoreszenzstrahlung ultraviolettes Licht abstrahlen.

[0061] Weiterhin enthält der Messkopf **2** ein Pyrometer **7** zur berührungslosen Temperaturmessung der Oberflächentemperatur des Oberflächenbelags auf dem Fleisch.

[0062] Darüber hinaus enthält der Messkopf **2** noch ein Kolorimeter **8** mit einer kalibrierten Leuchtdiode zur kolorimetrischen spektralen Messung, d. h. zur Farbmessung des Oberflächenbelags ohne die Fluoreszenzanregung.

[0063] Schließlich enthält der Messkopf **2** noch einen Kollektor **9** einer Lichtleitfaser, wobei der Kollektor **9** die von dem Oberflächenbelag auf dem Fleisch abgestrahlte Fluoreszenzstrahlung erfasst und über die Lichtleitfaser zu einem entsprechenden optischen Sensor **10** weiterleitet.

[0064] Die vier Laserdioden **3–6** beleuchten die Oberfläche des Fleisches an vier räumlich getrennten Messpunkten M1–M4, so dass an den vier Messpunkten M1–M4 jeweils Fluoreszenzstrahlung erzeugt wird, die dann von dem Kollektor **9** erfasst wird. Die Messung an den vier verschiedenen Messpunkten M1–M4 bietet den Vorteil, dass lokale Unregelmäßigkeiten (z. B. durch Fetteinlagerungen oder Knochen) bei der Messung kompensiert werden können und deshalb nicht zu Fehlmessungen führen.

[0065] Darüber hinaus kann das erfindungsgemäße Messgerät **1** ein pH-Meter **11** aufweisen, das den pH-Wert des Oberflächenbelags auf dem Fleisch misst.

[0066] Weiterhin kann das Messgerät ein Ohmmeter **12** aufweisen, das den elektrischen Oberflächenwiderstand des Oberflächenbelags auf dem Fleisch misst.

[0067] Schließlich kann das Messgerät **1** noch ein Messglied **13** aufweisen, welches das zeitliche Ab-

klingsverhalten der von dem Oberflächenbelag auf dem Fleisch abgestrahlten Fluoreszenzstrahlung erfasst.

[0068] An seiner Außenseite weist das erfindungsgemäße Messgerät **1** ein Display **14** auf, auf dem unter anderem das Messergebnis ausgegeben wird.

[0069] Darüber hinaus weist das Messgerät **1** an seiner Oberseite eine Folientastatur **15** auf, über die Benutzereingaben vorgenommen werden können.

[0070] Weiterhin sind in dem Gehäuse des Messgeräts **1** noch ein sogenanntes Kensington-Schloss **16** und eine USB-Schnittstelle **17** angeordnet.

[0071] Im Folgenden wird nun unter Bezugnahme auf die **Fig. 4** und **Fig. 5** die Betriebsweise des erfindungsgemäßen Messgeräts **1** beschrieben.

[0072] Die Laserdioden **3–6** beleuchten jeweils einen der Messpunkte M1–M4 auf einem Oberflächenbelag **18** eines zu prüfenden Fleisches **19**. Die in dem Oberflächenbelag **18** enthaltenen bakteriellen Stoffwechselprodukte (Porphyrine) erzeugen dann jeweils Fluoreszenzstrahlung, die von dem optischen Sensor **10** über den Kollektor **9** gemessen wird. Der optische Sensor **10** gibt dann ein entsprechendes Wellenlängenspektrum S an eine Auswertungseinheit **20**.

[0073] Die Auswertungseinheit **20** ermittelt dann von dem gemessenen Spektrum S jeweils die Peaks P1, P2 und P3. Bei den einzelnen Peaks P1, P2, P3 des gemessenen Fluoreszenzspektrums S wird jeweils die Intensität I1, I2 bzw. I3 und die Wellenlänge λ_1 , λ_2 bzw. λ_3 gemessen.

[0074] Anschließend berechnet die Auswertungseinheit **20** die Intensitätsverhältnisse $V1 = I1/I2$, $V2 = I1/I3$ und $V3 = I2/I3$. Die Intensitätsverhältnisse V1, V2 und V3 werden dann nachfolgend als charakteristische Größen zur Qualifizierung des gemessenen Fluoreszenzspektrums S herangezogen.

[0075] Weiterhin ermittelt die Auswertungseinheit **20** für jeden der Peaks P1, P2, P3 des gemessenen Fluoreszenzspektrums die jeweilige Wellenlänge λ_1 , λ_2 bzw. λ_3 . Für jeden der Peaks P1, P2, P3 wird dann die Wellenlängenabweichung berechnet zwischen der gemessenen Wellenlänge λ_1 , λ_2 bzw. λ_3 einerseits und vorgegebenen charakteristischen Wellenlängen $\lambda_{1,REF}$, $\lambda_{2,REF}$ bzw. $\lambda_{3,REF}$ andererseits, wobei diese charakteristischen Wellenlängen $\lambda_{1,REF}$, $\lambda_{2,REF}$ bzw. $\lambda_{3,REF}$ für die Fluoreszenzstrahlung von Porphyrinen charakteristisch sind. Die auf diese Weise ermittelten Wellenlängenabweichungen $\Delta\lambda_1 = \lambda_1 - \lambda_{1,REF}$, $\Delta\lambda_2 = \lambda_2 - \lambda_{2,REF}$ bzw. $\Delta\lambda_3 = \lambda_3 - \lambda_{3,REF}$ werden dann nachfolgend für die Qualifizierung des Fluoreszenzspektrums S herangezogen.

[0076] Darüber hinaus berücksichtigt die Auswertungseinheit **20** noch eine Temperatur T, die von dem Pyrometer **7** gemessen wird, einen Oberflächenwiderstand R, der von dem Ohmmeter **12** gemessen wird, einen Farbwert RGB, der von dem Kolorimeter **8** gemessen wird sowie das zeitliche Abklingverhalten, das von dem Messglied **13** gemessen wird und in Form einer Zeitkonstante τ an die Auswertungseinheit **20** übertragen wird.

[0077] Die Auswertungseinheit **20** gibt dann ein entsprechendes Auswertungssignal A an das Display **14**, wobei das Ausgangssignal A den Frischezustand des Fleisches wiedergibt.

[0078] Fig. 6 zeigt eine Fuzzy-Logik **21** zur Bestimmung des Ausgangssignals A in Abhängigkeit von den vorstehend beschriebenen Eingangsgrößen. Die Funktionsweise einer derartigen Fuzzy-Logik ist an sich aus dem Stand der Technik bekannt und muss deshalb nicht näher beschrieben werden.

[0079] Fig. 7 zeigt schließlich ein exemplarisches Einsatzgebiet der Erfindung in einer Fertigungsstraße **22** zur industriellen Lebensmittelverarbeitung.

[0080] Die Fertigungsstraße **22** umfasst ein Förderband **23**, auf dem Fleisch **24** in Pfeilrichtung transportiert wird.

[0081] Am Eingang der Fertigungsstraße **22** befindet sich eine Waage **25**, welche das Fleisch **24** wiegt.

[0082] In Förderrichtung hinter der Waage **25** befindet sich eine Bearbeitungsstation **26**, die das Fleisch **24** bearbeitet. In diesem Ausführungsbeispiel handelt es sich bei der Bearbeitungsstation **26** um eine Schneideinrichtung, die das Fleisch **24** in mehrere Scheiben **27** aufschneidet.

[0083] In Förderrichtung hinter der Bearbeitungsstation **26** befindet sich eine Verpackungsstation **28**, welche die Fleischscheiben **27** in eine Klarsichtverpackung **29** verpackt.

[0084] In Förderrichtung hinter der Verpackungsstation **28** befindet sich dann ein erfindungsgemäßes Messgerät **30**, das durch die Klarsichtverpackung **29** hindurch den Frischezustand des verpackten Fleisches misst, wie bereits vorstehend beschrieben worden ist.

Bezugszeichenliste

A	Ausgangssignal der Auswertungseinheit
M1–M4	Messpunkte
S	Fluoreszenzspektrum
P1	Peak des Fluoreszenzspektrums
P2	Peak des Fluoreszenzspektrums
P3	Peak des Fluoreszenzspektrums

V1	Intensitätsverhältnis I1/I2
V2	Intensitätsverhältnis I1/I3
V3	Intensitätsverhältnis I2/I3
λ1	Wellenlänge des Peaks P1
λ2	Wellenlänge des Peaks P2
λ3	Wellenlänge des Peaks P3
T	Temperatur
R	Oberflächenwiderstand
RGB	Farbwert
pH	pH-Wert
τ	Zeitkonstante des Abklingverhalten der Fluoreszenzstrahlung
1	Messgerät
2	Messkopf
3	Laserdiode
4	Laserdiode
5	Laserdiode
6	Laserdiode
7	Pyrometer
8	Kolorimeter
9	Kollektor
10	Optischer Sensor
11	pH-Meter
12	Ohmmeter
13	Messglied
14	Display
15	Folientastatur
16	Kensington-Schloss
17	USB-Schnittstelle
18	Oberflächenbelag
19	Fleisch
20	Auswertungseinheit
21	Fuzzy-Logik
22	Fertigungsstraße
23	Förderband
24	Fleisch
25	Waage
26	Bearbeitungsstation
27	Scheiben
28	Verpackungsstation
29	Klarsichtverpackung
30	Messgerät

Patentansprüche

1. Messgerät (**1**; **30**) zum Messen eines Oberflächenbelags (**18**) auf einem Messobjekt, insbesondere auf einem Lebensmittel (**19**; **24**), insbesondere zum Messen von Stoffwechselprodukten von Bakterien auf Fleisch, das zum Verzehr bestimmt ist, mit
 - a) mindestens einer Anregungsquelle (**3–6**) zur Lumineszenzanregung des Oberflächenbelags (**18**) auf dem zu überwachenden Messobjekt (**19**; **24**), so dass der Oberflächenbelag (**18**) eine Lumineszenzstrahlung abgibt, und
 - b) mindestens einem optischen Sensor (**10**) zur Erfassung der Lumineszenzstrahlung, die von dem Oberflächenbelag (**18**) abgegeben wird,
 - c) wobei das Messgerät (**1**; **30**) die Lumineszenzstrahlung des Oberflächenbelags (**18**) an mehreren

voneinander beabstandeten Messpunkten (M1–M4) auf dem zu überwachenden Messobjekt (19; 24) misst, insbesondere an vier Messpunkten (M1–M4), und mit

d) einer Auswertungseinheit (20; 21) zur Qualifizierung und/oder Quantifizierung des Oberflächenbelags (18) und/oder des Lebensmittels (19; 24) und zur Erzeugung eines entsprechenden Ausgangssignals (A),

e) wobei die Auswertungseinheit (20) bei den Peaks (P1–P3) der Lumineszenzstrahlung die Wellenlänge des jeweiligen Peaks (P1–P3) und die Intensität des jeweiligen Peaks (P1–P3) ermittelt,

f) wobei die Auswertungseinheit eine Wellenlängenübereinstimmung ermittelt zwischen den Wellenlängen der Peaks (P1–P3) der Lumineszenzstrahlung einerseits und vorgegebenen charakteristischen Wellenlängen andererseits,

g) wobei die charakteristischen Wellenlängen die Wellenlängen von Peaks (P1–P3) in der Fluoreszenzstrahlung von Porphyrinen sind, insbesondere von Protoporphyrin IX, und mit

h) einem Pyrometer (7) zur berührungslosen Temperaturmessung der Oberflächentemperatur des Oberflächenbelags (18) auf dem zu überwachenden Messobjekt (19; 24) oder mit einem Kolorimeter (8) zur Messung der Farbe (RGB) des Oberflächenbelags (18) ohne die Lumineszenzanregung oder mit einem Messglied (13) zur Messung des zeitlichen Abklingverhaltens (τ) der Lumineszenzstrahlung des Oberflächenbelags (18) oder mit einem pH-Meter (11) zur Messung des pH-Werts (pH) des Oberflächenbelags (18) oder mit einer Widerstandsmesseinrichtung (12) zur Messung des elektrischen Oberflächenwiderstands (R) des Oberflächenbelags (18) und/oder des Messobjekts (19; 24),

i) wobei die Auswertungseinheit den Oberflächenbelag (18) in Abhängigkeit von der Auswertung der Lumineszenzstrahlung und von mindestens einer der folgenden Größen qualifiziert und/oder quantifiziert:

i1) der von dem Pyrometer (7) gemessenen Oberflächentemperatur (T),

i2) der von dem Kolorimeter (8) gemessenen Farbe (RGB),

i3) dem zeitlichen Abklingverhalten (τ) der Lumineszenzstrahlung,

i4) dem von dem pH-Meter (11) gemessenen pH-Wert (pH), wobei das Ausgangssignal (A) der Auswertungseinheit (20) vorzugsweise den Typ des Fleisches wiedergibt,

i5) dem von der Widerstandsmesseinrichtung (12) gemessenen Oberflächenwiderstand (R).

2. Messgerät (1; 30) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**

a) dass die Anregungsquelle (3–6) eine Lichtquelle (3–6) und die Lumineszenzstrahlung eine Photolumineszenzstrahlung ist, insbesondere eine Fluoreszenzstrahlung oder eine Phosphoreszenzstrahlung, und/oder

b) dass die Lichtquelle (3–6) zur Photolumineszenzanregung Licht mit einem Spektrum von 350 nm–550 nm emittiert, insbesondere mit einer Wellenlänge von 405 nm, und/oder

c) dass die Lichtquelle (3–6) eine Anregungsquelle (3–6) eine Laserdiode oder eine Leuchtdiode ist.

3. Messgerät (1; 30) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

a) dass der optische Sensor (10) die Lumineszenzstrahlung von allen Messpunkten (M1–M4) erfasst, und/oder

b) dass der optische Sensor (10) einen so großen Messwinkel aufweist, dass alle Messpunkte (M1–M4) innerhalb des Messwinkels liegen, so dass der optische Sensor (10) die Lumineszenzstrahlung von allen Messpunkten (M1–M4) messen kann, und/oder

c) dass die von dem Oberflächenbelag (18) abgegebene Lumineszenzstrahlung über einen Lichtleiter zu dem optischen Sensor (10) geleitet wird, und/oder

d) dass der optische Sensor (10) ein Spektralphotometer ist, das ein Wellenlängenspektrum der Lumineszenzstrahlung des Oberflächenbelags (18) misst, und/oder

e) dass die Messpunkte (M1–M4) um die optische Achse des optischen Sensors (10) verteilt angeordnet sind.

4. Messgerät (1; 30) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

wobei das Ausgangssignal (A) mindestens eine der folgenden Eigenschaften des Lebensmittels (19; 24) wiedergibt:

a) Keimzahl von Stoffwechselprodukten von Bakterien in dem Oberflächenbelag (18), insbesondere von Porphyrinen, insbesondere von Protoporphyrin IX,

b) Typ des Lebensmittels (19; 24) aus einer Gruppe von Fleisch, Fisch, Gemüse und/oder Obst,

c) Typ des Fleisches aus einer Gruppe von Schweinefleisch, Rindfleisch, Geflügelfleisch, Lammfleisch, Wildfleisch, Pferdefleisch und/oder Hundefleisch,

d) Verzehrbareit des Lebensmittels (19; 24) in Abhängigkeit vom Frischezustand des Lebensmittels (19; 24).

5. Messgerät (1; 30) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet,

a) dass das Messgerät (1; 30) tragbar ist, und/oder

b) dass das Messgerät (1; 30) ein Handgerät ist, und/oder

c) dass das Messgerät (1; 30) zur Stromversorgung eine Batterie enthält, insbesondere eine wiederaufladbare Batterie, und/oder

d) dass das Messgerät (1; 30) zur Anzeige des Ausgangssignals (A) eine optische Anzeige (14) aufweist, und/oder

e) dass das Messgerät (1; 30) eine Messdauer aufweist, die kleiner ist als 10 s, 1 s oder 50 ms, und/oder

f) dass das Messgerät (**1; 30**) mindestens eine Datenschnittstelle (**17**) aufweist zur Konfigurierung des Messgeräts (**1; 30**) und/oder zur Ausgabe von Messdaten, wobei die Datenschnittstelle vorzugsweise eine USB-Schnittstelle (**17**), eine Bluetooth-Schnittstelle und/oder eine RFID-Schnittstelle aufweist, und/oder

g) dass das Messgerät (**1; 30**) eine durchsichtige und auswechselbare Kappe aufweist, wobei die Anregung der Lumineszenzstrahlung und die Messung der Lumineszenzstrahlung durch die Kappe hindurch erfolgt, und/oder

h) dass jedem Messpunkt (M1–M4) jeweils eine Anregungsquelle (**3–6**) zugeordnet ist, so dass die Lumineszenzanregung an jedem Messpunkt (M1–M4) jeweils durch die diesem Messpunkt (M1–M4) zugeordnete Anregungsquelle (**3–6**) erfolgt, und/oder

i) dass das Messgerät das Messobjekt zusätzlich durch Raman-Spektroskopie untersucht.

6. Verwendung des Messgeräts (**1; 30**) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 zum Messen von Stoffwechselprodukten von Bakterien auf einem Lebensmittel (**19; 24**), das zum Verzehr bestimmt ist, insbesondere auf Fleisch.

7. Verwendung nach Anspruch 6, wobei

a) das Lebensmittel (**24**) auf einer Fertigungsstraße (**22**) bearbeitet wird, wobei entlang der Fertigungsstraße (**22**) hintereinander mehrere Bearbeitungsstationen (**25, 26, 28**) angeordnet sind, die das Lebensmittel (**19; 24**) aufnehmen, schneiden, portionieren, wiegen, vermessen, zubereiten, anrichten und/oder verpacken, und wobei

b) das Lebensmittel (**19; 24**) auf der Fertigungsstraße (**22**) mit dem Messgerät (**30**) vermessen wird, insbesondere nach der Verpackung des Lebensmittels (**19; 24**) durch die Verpackung (**29**) hindurch.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

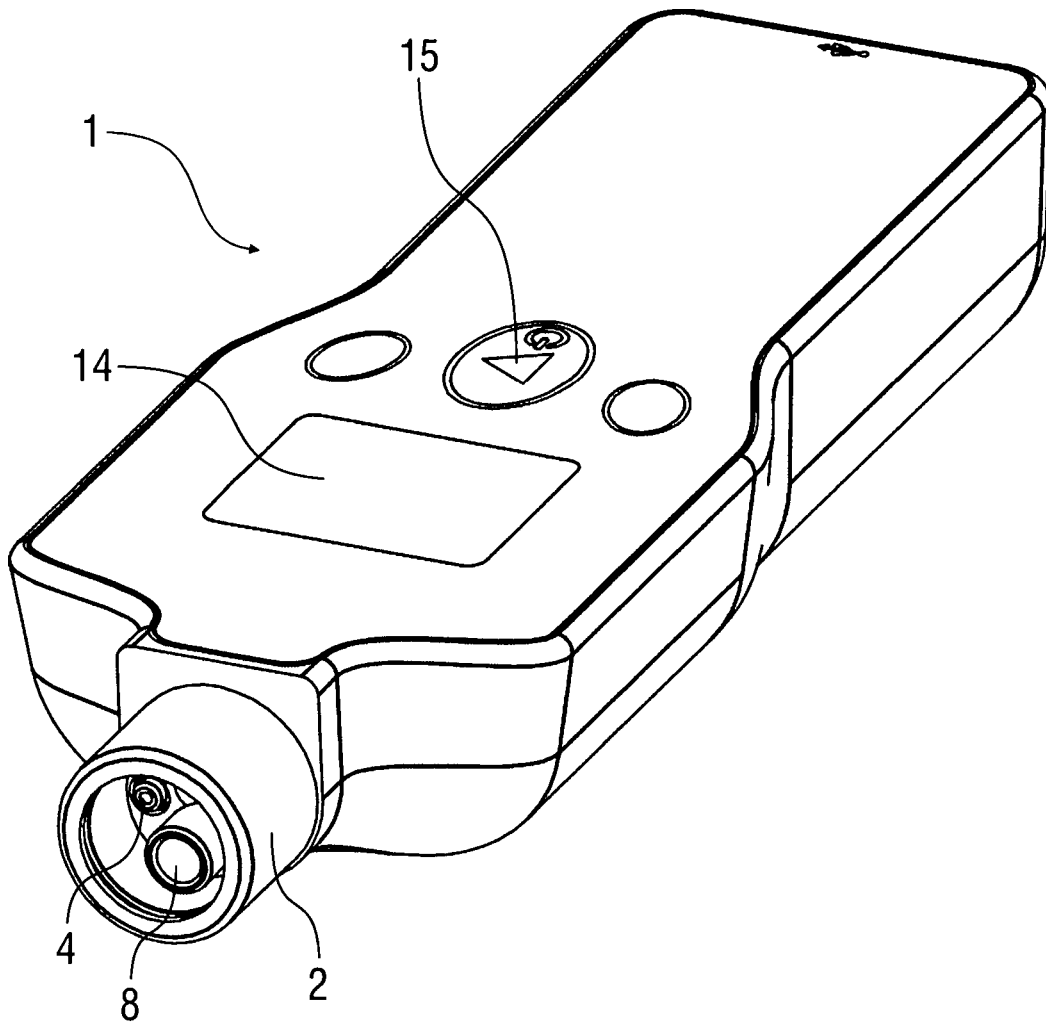


Fig. 1

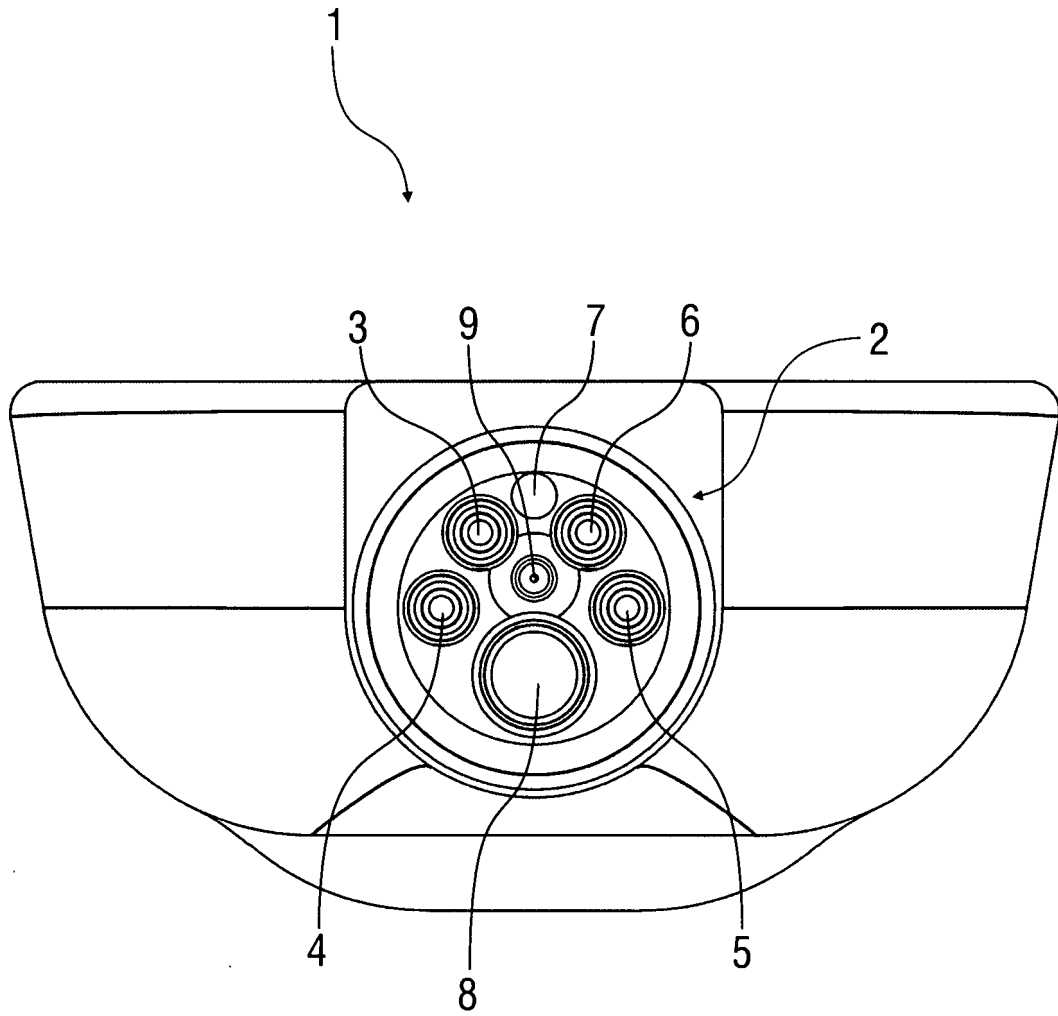


Fig. 2

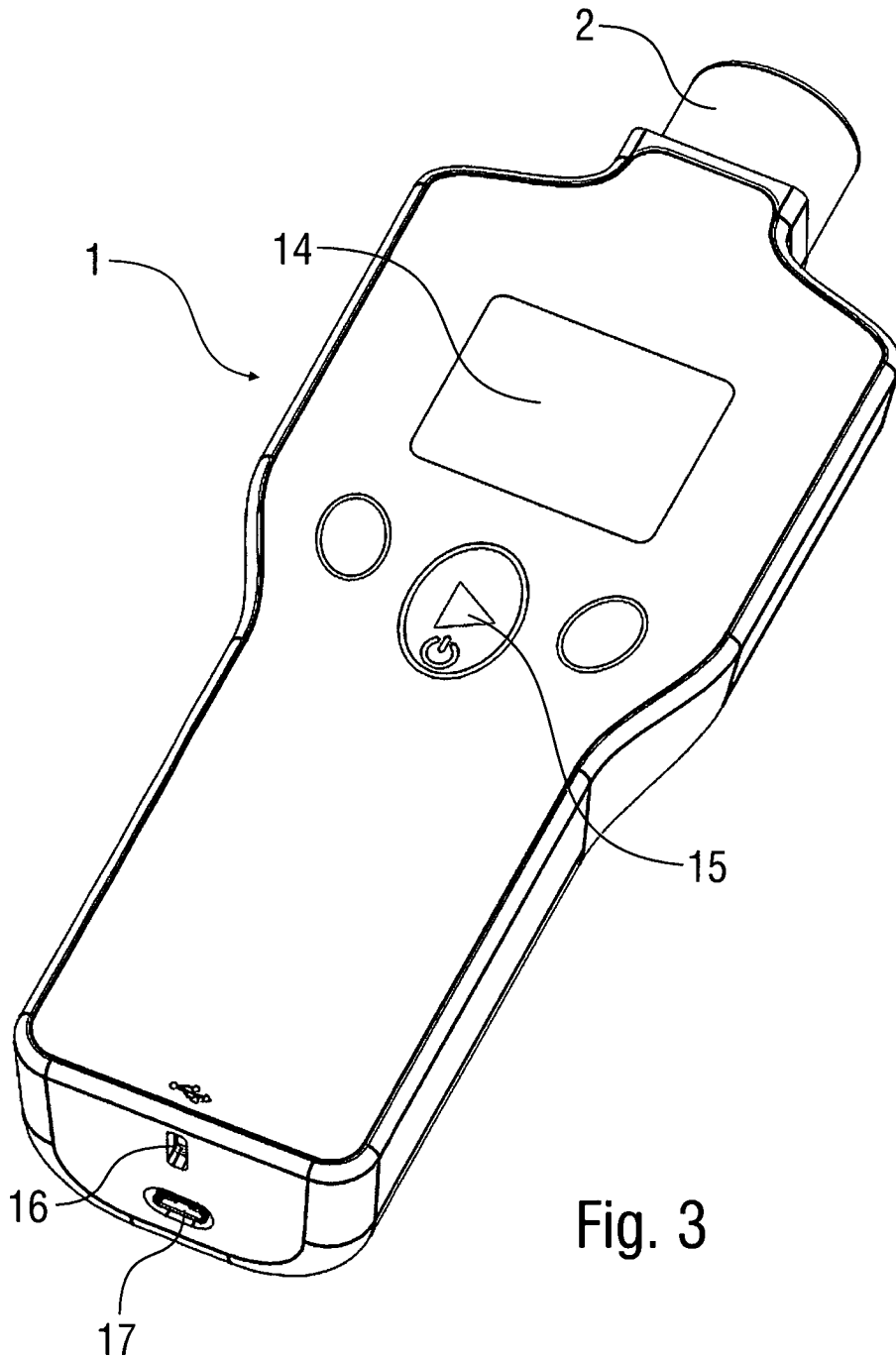


Fig. 3

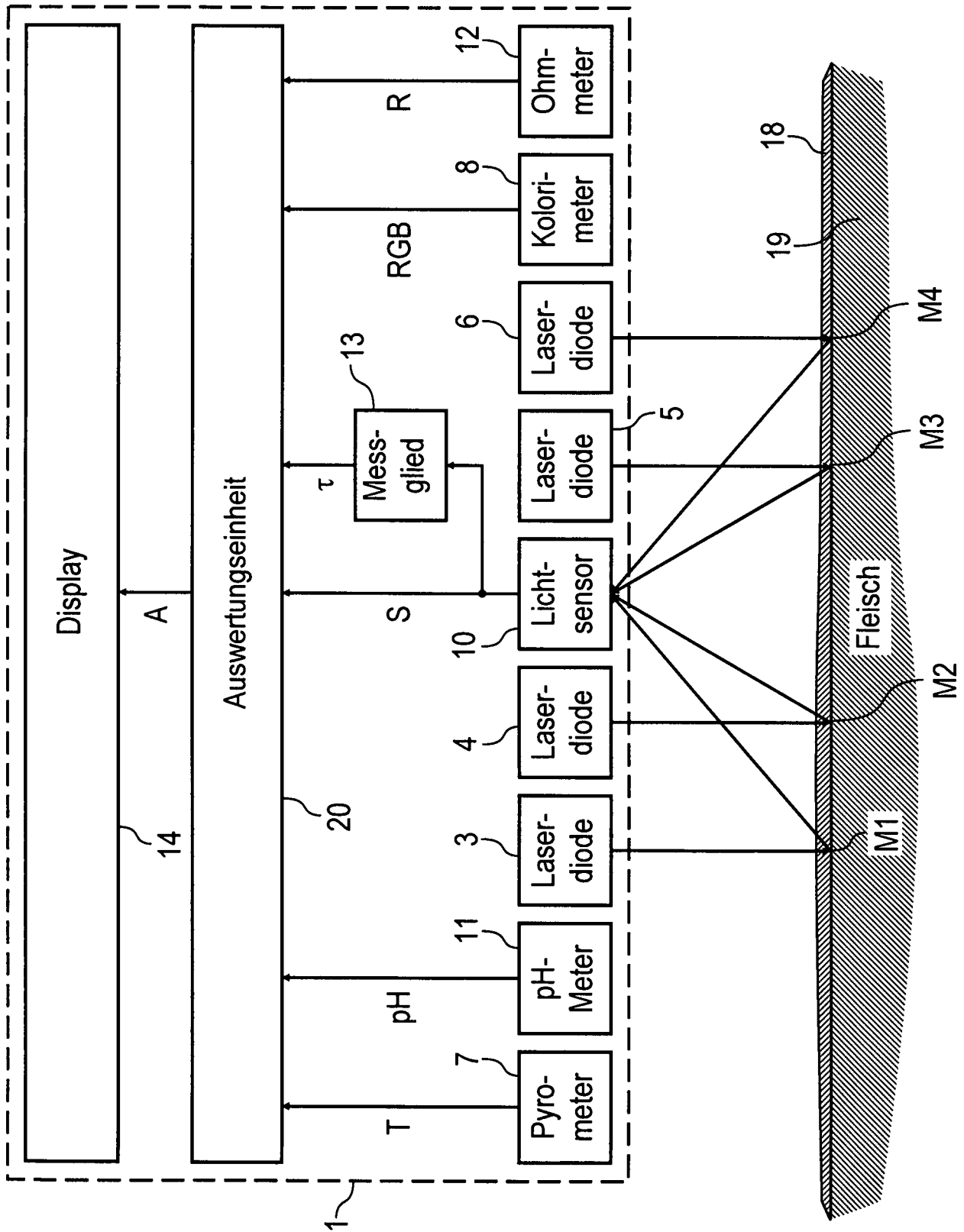


Fig. 4

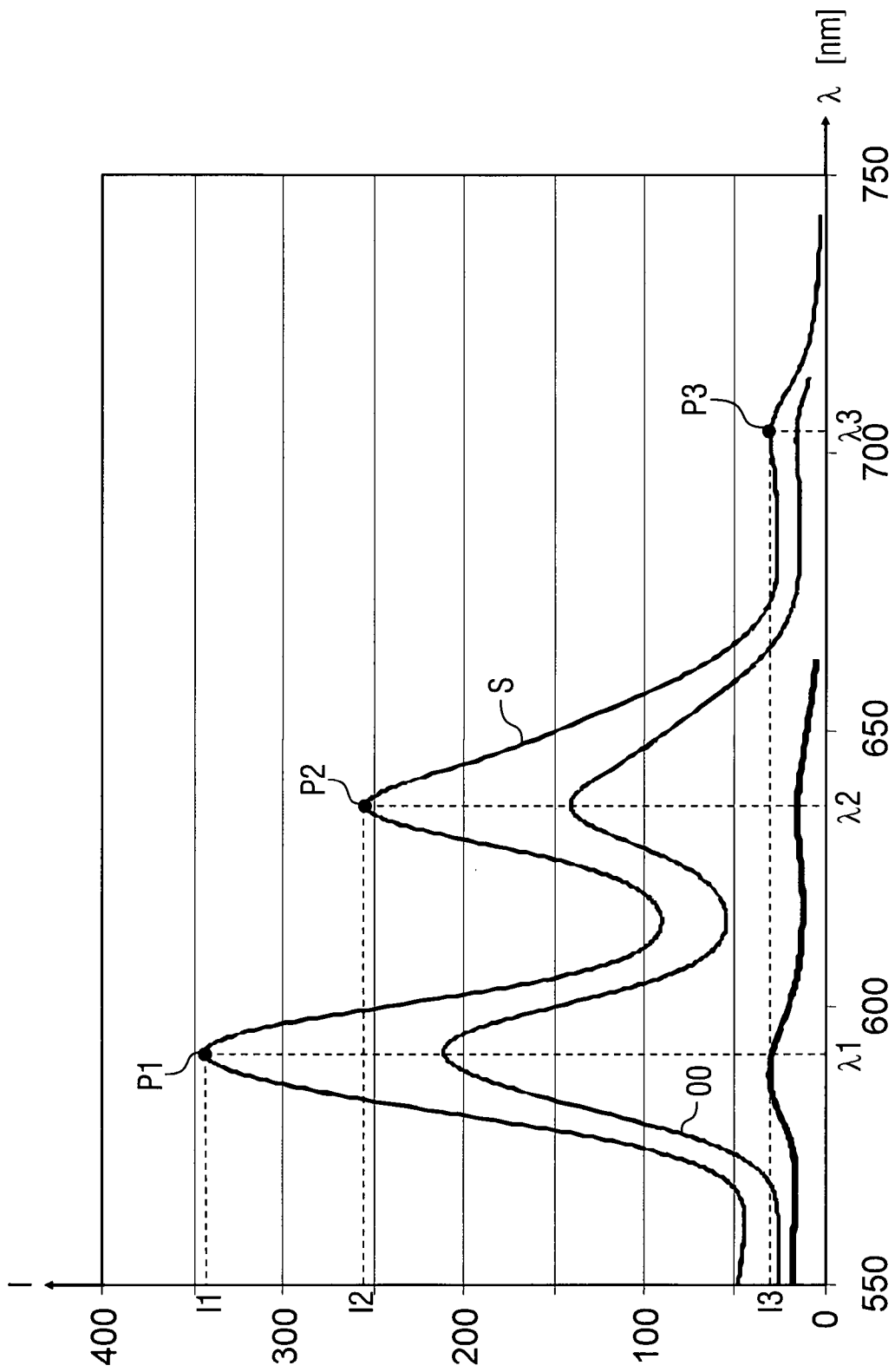


Fig. 5

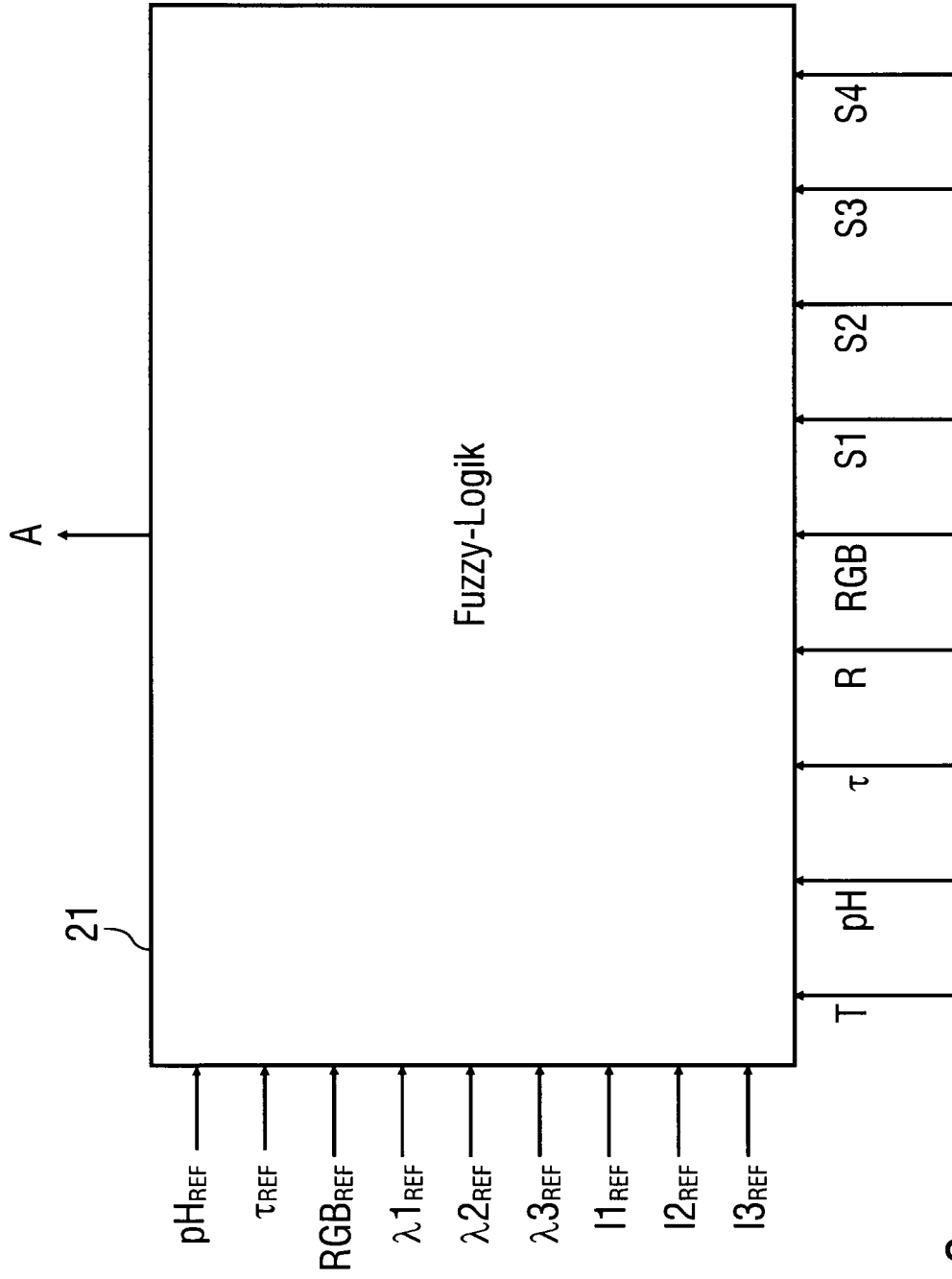


Fig. 6

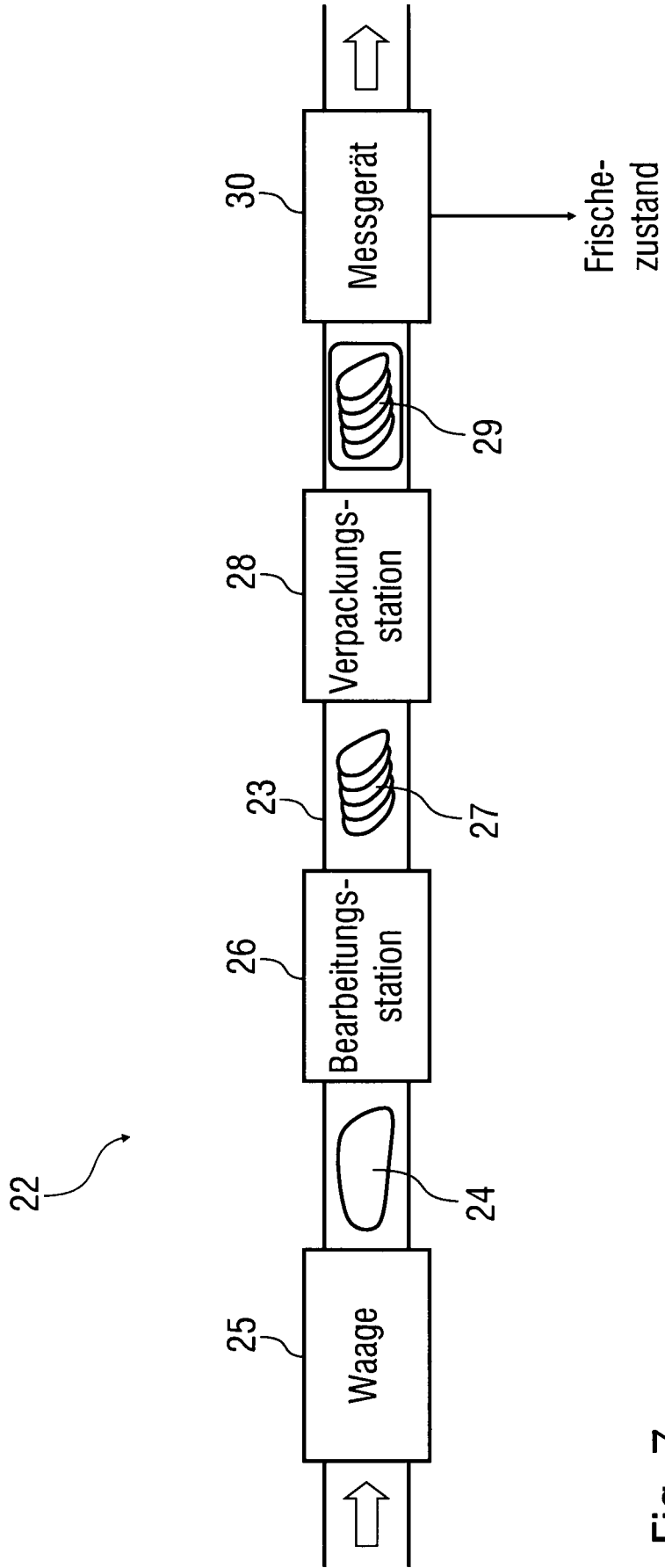


Fig. 7