



(10) **DE 10 2011 050 389 B4** 2021.09.02

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 050 389.7**
 (22) Anmeldetag: **16.05.2011**
 (43) Offenlegungstag: **22.11.2012**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **02.09.2021**

(51) Int Cl.: **G01N 21/63 (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:
PreSens - Precision Sensing GmbH, 93053 Regensburg, DE

(74) Vertreter:
Reichert & Lindner Partnerschaft Patentanwälte, 93049 Regensburg, DE

(72) Erfinder:
Stangelmayer, Achim, 86633 Neuburg, DE;
Andrzejewski, Damian, Dr., 93161 Sinzing, DE

DE	10 2004 027 132	A1
DE	10 2005 033 926	A1
DE	10 2005 049 508	A1
DE	10 2010 019 034	A1
DE	201 07 116	U1
DE	38 89 757	T2
DE	600 16 440	T2
DE	690 32 351	T2
DE	692 24 281	T2
US	5 828 058	A
EP	1 158 292	A2
WO	01/ 55 952	A2
WO	2004/ 048 937	A2

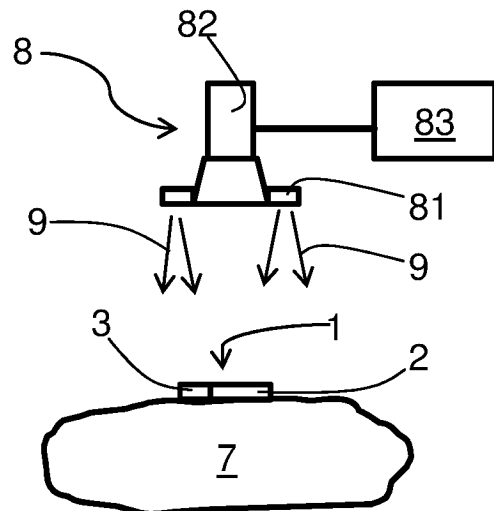
(56) Ermittelte Stand der Technik:

DE	41 30 584	C2
DE	102 41 241	B4
DE	000002434178	A1
DE	000002451502	A1
DE	102 12 060	A1

Liebsch, G.; Klimant, I.; Frank, B.; Holst, G.; Wolfbeis, O.S.: Luminescence Lifetime Imaging of Oxygen, pH, and Carbon Dioxide Distribution Using Optical Sensors. In: Appl. Spectroscopy, Vol. 54, No. 4, 2000, Seiten 548 bis 559

(54) Bezeichnung: **Sensoreinheit und Messverfahren**

(57) Hauptanspruch: Sensoreinheit (1) mit einem Sensor (2) zur Bestimmung wenigstens einer Veränderlichen einer Probe (7), wobei der Sensor (2) aus einem auf einem Träger (11) aufgetragenen Sensormaterial gebildet ist, das ein von der wenigstens einen Veränderlichen abhängiges optisches Verhalten aufweist, gekennzeichnet durch ein Informationsmodul (3), welches auf dem Träger (11) angebracht ist, und durch das Informationsmodul (3) sensorbezogene Information in Form optischer Strahlung (9) aussendbar ist, wobei das Informationsmodul (3) eine Empfangseinheit (31) für optische Strahlung (9), eine Datenverarbeitungseinheit (32) und eine Sendeeinheit (33) zur Aussendung der sensorbezogenen Information in Form optischer Strahlung (9) umfasst.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Sensoreinheit mit einem Sensor zur Bestimmung wenigstens einer Veränderlichen einer Probe und ein Verfahren zur Bestimmung wenigstens einer Veränderlichen einer Probe mittels eines Sensors einer Sensoreinheit. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Sensoreinheit mit einem Sensor, der ein von der wenigstens einen Veränderlichen abhängiges optisches Verhalten aufweist, und das Verfahren bezieht sich auf eine derartige Sensoreinheit.

[0002] Der Artikel „Luminescence Lifetime Imaging of Oxygen, pH, and Carbon Dioxide Distribution Using Optical Sensors“ von G. Liebsch, I. Klimant, B. Frank, G. Holst und O.S. Wolfbeis in Applied Spectroscopy 54, Nummer 4 (2000), Seiten 548 bis 559, beschreibt die Bestimmung diverser Veränderlicher für Proben in den Kavitäten einer Mikrotiterplatte durch die Abhängigkeit der Lumineszenzlebensdauer von als Sensor verwendeten Materialien von der jeweiligen Veränderlichen. Es wird jedoch nicht die Lumineszenzlebensdauer selbst bestimmt, sondern ein vom Lumineszenzverhalten abhängiger Parameter ermittelt, welcher gegen die zu bestimmende Veränderliche kalibriert ist.

[0003] Die US-Patentschrift US 7,819,328 B2 betrifft ein optisches Identifizierungselement. Dieses ist einem Gegenstand zugeordnet und enthält abgespeicherte Informationen zu dem Gegenstand. Das optische Identifizierungselement umfasst eine optische Vorrichtung, die von einem Lesegerät einfallendes Licht in elektrische Energie umwandelt. Diese Energie wird verwendet, um die im optischen Identifizierungselement abgespeicherten Informationen an das Lesegerät optisch zu übermitteln. Bei den gespeicherten Informationen kann es sich beispielsweise um Verkaufspreis, Merkmale zur Fälschungssicherung, oder Verkaufsbeschränkungen handeln.

[0004] Die US-Patentschrift US 7,606,451 B2 offenbart ein Kommunikationssystem mit wenigstens einem optischen Identifizierungselement und wenigstens einem optischen Lesegerät. Zwischen dem Lesegerät und dem Identifizierungselement wird Identifizierungsinformation mittels Licht übertragen. Das optische Identifizierungselement umfasst Speichereinheiten, um die Identifizierungsinformation zu speichern, Reflexionseinheiten, um einfallendes Licht zurückzereflektieren, und Modulationseinheiten, welche das zurückreflektierte Licht entsprechend der gespeicherten Identifizierungsinformation modulieren. Ferner sind optoelektrische Wandler zur Bereitstellung elektrischer Energie für das Identifizierungselement aus dem einfallenden Licht vorgesehen.

[0005] Die US-Patentschrift US 7,229,023 B2 betrifft ein Identifizierungselement, dass eine Sende-/Emp-

fangs-Einheit für optische Strahlung und eine Sende-/Empfangseinheit für Radiowellen umfasst. Je nach Anwendungszweck können die Sende-/Empfangseinheiten in unterschiedlichen Betriebsarten betrieben werden.

[0006] Optische Verfahren zur Bestimmung einer Veränderlichen mittels eines Sensors, der ein von der Veränderlichen abhängiges optisches Verhalten aufweist, sind weitläufig bekannt, der vorstehend angeführte Fachartikel enthält einige, jedoch keinesfalls erschöpfende, Beispiele dazu. In dem Fachartikel sind die verwendeten Sensoren Lumineszenzsensoren, das heißt, ein jeweiliger Sensor antwortet auf eine optische Anregung mit einer Lumineszenzerscheinung. Unter einer optischen Anregung ist in dieser Anmeldung die Anregung mit optischer Strahlung zu verstehen, also mit elektromagnetischer Strahlung aus dem infraroten bis zum ultravioletten Spektralbereich; für diese Strahlung wird hier auch der Begriff Licht verwendet.

[0007] Allgemeiner wirkt ein Sensor zur Bestimmung einer Veränderlichen mit optischer Strahlung zusammen, und zeigt dabei ein von der Veränderlichen abhängiges optisches Verhalten. Die optische Strahlung kann beispielsweise in Form einzelner Lichtpulse, in Serien von Lichtpulsen, oder auch als kontinuierliche Beleuchtung auf den Sensor einfallen. Ein großer Vorteil solcher optischen Verfahren ist, dass es sich dabei um berührungslose Verfahren handelt, welche beispielsweise durch eine für die verwendete optische Strahlung transparente Wandung eines Probenbehälters hindurch ausgeführt werden können. Dabei befindet sich der Sensor in dem Probenbehälter in Kontakt mit der Probe; es sind keine elektrischen Leitungen zu dem Sensor nötig, welche bei manchen Untersuchungen störend wirken können. Derartige Sensoren können auch problemlos mit sterilen Gefäßen verwendet werden; die Sensoren werden dazu vor der Sterilisierung in das Gefäß eingebracht, und mit dem Gefäß sterilisiert. Dies erleichtert die Handhabung deutlich. Ferner können solche Sensoren relativ klein hergestellt werden; typischerweise haben sie einen Durchmesser von etwa 5 mm und eine Dicke von 0,2 mm bis 5 mm, auch Ausführungsbeispiele mit lediglich 1 mm Durchmesser sind bekannt. Daher sind sie deutlich kleiner als Ausführungsformen beispielsweise handelsüblicher Temperatursensoren, etwa Pt100, die Längen bis zu 3 cm und teilweise darüberhinaus erreichen und außerdem auf elektrische Anschlüsse angewiesen sind.

[0008] Sensoren der genannten Art können zur Bestimmung jedweder Veränderlichen eingesetzt werden, für die es Materialien gibt, die auf eine optische Anregung hin ein von der Veränderlichen abhängiges optisches Verhalten, beispielsweise eine Lumineszenzerscheinung oder eine Farbänderung, zeigen. Beispiele für solche Veränderliche sind der Par-

tialdruck von Gasen, etwa Sauerstoff oder Kohlendioxid, die Konzentration von Stoffen oder Ionen, der pH-Wert, Temperatur oder Druck.

[0009] In jedem Fall muss jedoch ein solcher Sensor vor der Verwendung in einer Messung zur Bestimmung wenigstens einer Veränderlichen gegen die wenigstens eine Veränderliche kalibriert werden. Dies kann unmittelbar vor dem Einsatz des Sensors für eine Messung erfolgen, was jedoch mit einem nicht unerheblichen Aufwand verbunden ist. Die Sensoren können auch durch den Hersteller kalibriert werden, und entsprechende Kalibrierdaten können dem Abnehmer vom Hersteller mit dem Sensor übergeben werden. Bei mäßigen Genauigkeitsanforderungen ist es mitunter ausreichend, einen einzigen Satz Kalibrierdaten für alle Sensoren einer Produktionscharge zu verwenden. Für höhere Genauigkeitsansprüche ist für jeden einzelnen Sensor ein individueller Satz von Kalibrierdaten erforderlich. Der Abnehmer muss vor der Verwendung eines jeweiligen Sensors für eine Messung seine Messvorrichtung entsprechend den Kalibrierdaten einstellen. Auch dies ist mit einem gewissen Aufwand für den Abnehmer verbunden.

[0010] Ein Satz Kalibrierdaten umfasst eine Anzahl Datenpunkte, die eine Beziehung zwischen einer aus einer Sensorantwort des jeweiligen Sensors messtechnisch erhaltenen Größe und der zu bestimmenden Veränderlichen repräsentieren. Beispiele für eine aus einer Sensorantwort messtechnisch erhaltene Größe sind die Intensität einer Lumineszenzantwort des Sensors, eine Phasenverschiebung zwischen einem zeitmodulierten Anregungssignal, welches auf den Sensor gerichtet wird und der entsprechenden zeitmodulierten Antwort des Sensors, oder eine aus Integralen der Sensorantwort über die Zeit ermittelte Größe, wie etwa im ratiometrischen Verfahren des vorstehend zitierten Fachartikels. Abhängig von der Art der Veränderlichen ist eine unterschiedliche Anzahl von Datenpunkten zur Kalibrierung erforderlich. So sind etwa zur Sauerstoffbestimmung typischerweise zwei Datenpunkte zur Kalibrierung ausreichend, für eine pH-Bestimmung werden üblicherweise drei oder vier Datenpunkte zur Kalibrierung verwendet. Da das Verhalten eines Sensors oftmals auch von der Temperatur der Umgebung, in der der Sensor verwendet wird, abhängt, haben die Kalibrierdatenpunkte üblicherweise nur für eine bestimmte Temperatur Gültigkeit. Soll bei unterschiedlichen Temperaturen mit hoher Genauigkeit gemessen werden, so ist eine höhere Anzahl an Kalibrierdatenpunkten erforderlich, die zu verschiedenen Temperaturen gehören. Ferner können die Kalibrierdatenpunkte durch Angabe von Werten für Steigung und / oder Krümmung einer die Kalibrierdatenpunkte interpolierenden Kurve ergänzt werden, um eine solche Kurve präziser festzulegen. Auch die Abhängigkeit der Kalibrierung von einer Temperatur oder anderen Umge-

bungsparametern kann statt oder zusätzlich zu weiteren Kalibrierdatenpunkten durch Parameter spezifiziert werden, die die Abhängigkeit der Kalibrierdatenpunkte von den Umgebungsparametern ausdrücken. Der durch die Kalibrierung bedingte Aufwand des Abnehmers steigt dadurch an.

[0011] Neben der Kalibrierung sind bei der Verwendung eines Sensors auch weitere Aspekte zu berücksichtigen. Zum Beispiel weisen die Sensoren üblicherweise nur eine begrenzte Lebensdauer auf, können also nur über eine begrenzte Zeit hinweg für zuverlässige Messungen eingesetzt werden. Dies macht es erforderlich, dass ein Benutzer vor Einsatz eines Sensors in einer Messung den Sensor hinsichtlich seiner Lebensdauer überprüft. Dies bedeutet einen zusätzlichen Aufwand für den Benutzer und kann bei Unterlassung zu fehlerhaften Messungen führen.

[0012] Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Sensoreinheit mit einem Sensor, der ein von mindestens einer Veränderlichen einer Probe abhängiges optisches Verhalten zeigt, so zu gestalten, dass der zur Verwendung des Sensors erforderliche Aufwand eines Benutzers des Sensors für eine zuverlässige Bestimmung der mindestens einen Veränderlichen der Probe reduziert ist.

[0013] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Sensoreinheit gemäß Anspruch 1.

[0014] Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Bestimmung wenigstens einer Veränderlichen einer Probe mit einem Sensor, der ein von der mindestens einen Veränderlichen abhängiges optisches Verhalten zeigt, anzugeben, bei dem der zur Verwendung des Sensors erforderliche Aufwand eines Benutzers des Sensors für eine zuverlässige Bestimmung der mindestens einen Veränderlichen der Probe reduziert ist.

[0015] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren gemäß Anspruch 25.

[0016] Die erfindungsgemäße Sensoreinheit umfasst einen Sensor zur Bestimmung wenigstens einer Veränderlichen einer Probe. Der Sensor weist dabei ein von der mindestens einen Veränderlichen der Probe abhängiges optisches Verhalten auf. Erfindungsgemäß ist auf der Sensoreinheit ein Informationsmodul angebracht, durch welches sensorbezogene Information in Form optischer Strahlung aussendbar ist.

[0017] Vorteilhaft weist das Informationsmodul dabei zumindest eine Empfangseinheit für optische Strahlung, eine Datenverarbeitungseinheit, und eine Sendeeinheit zur Aussendung der sensorbezogenen Information in Form optischer Strahlung auf. Aufgrund der Empfangseinheit ist das Informations-

modul befähigt, optische Strahlung zu empfangen, und daher auch Information in Form dieser optischen Strahlung zu empfangen. Insgesamt kann das Informationsmodul daher mit seiner Umgebung bidirektional Information austauschen, also Information sowohl senden als auch empfangen.

[0018] In bevorzugten Ausführungsformen umfasst die sensorbezogene Information Kalibrierdaten des Sensors. Die Kalibrierdaten sind im Informationsmodul abgespeichert. In Ausführungsformen der Sensoreinheit mit einer Datenverarbeitungseinheit sind die Kalibrierdaten vorteilhaft in der Datenverarbeitungseinheit gespeichert, welche dann auch das Aussenden der Information steuert. Das Aussenden der Information kann durch den Empfang eines optischen Signals durch das Informationsmodul ausgelöst werden. Es ist auch denkbar, das Informationsmodul durch an es übermittelte optische Signale zu steuern, beispielsweise in einen von mehreren verschiedenen Betriebsmodi zu versetzen.

[0019] Vorteilhaft umfasst die im Informationsmodul gespeicherte und von ihm aussendbare Information neben den Kalibrierdaten Identifizierungsdaten des Sensors. Darunter fallen etwa Angaben wie eine Typbezeichnung des Sensors, ein Herstelldatum des Sensors, eine Angabe, bis zu welchem Datum der Sensor verwendbar ist, also ein Ablaufdatum, oder ein individuelles Kennzeichen, beispielsweise eine Seriennummer, des Sensors. Es ist vorstellbar, dass je nach Art eines durch das Informationsmodul empfangenen optischen Signals durch entsprechende Steuerung des Informationsmoduls, was in bevorzugten Ausführungsformen durch eine Datenverarbeitungseinheit des Informationsmoduls erfolgt, entweder Identifizierungsdaten oder Kalibrierdaten durch das Informationsmodul gesendet werden. Selbstverständlich ist es hierbei auch denkbar, wiederum in Abhängigkeit von einem durch das Informationsmodul empfangenen optischen Signal, nur einen bestimmten Teil der Identifizierungsdaten oder der Kalibrierdaten durch das Informationsmodul auszusenden.

[0020] Ein optisches Verhalten eines Sensors kann außer von der mindestens einen Veränderlichen einer Probe, zu deren Bestimmung das optische Verhalten herangezogen wird, auch von mindestens einem Umgebungsparameter der Sensoreinheit, beispielsweise einer Temperatur oder einem Druck, abhängen. Es ist daher vorteilhaft, wenn für einen solchen Sensor durch eine Einrichtung im Informationsmodul wenigstens ein entsprechender Umgebungsparameter gemessen wird, und der entsprechende Messwert des wenigstens einen Umgebungsparameters durch das Informationsmodul in Form optischer Strahlung ausgesendet wird. Dies kann zeitnah zur Erfassung des optischen Verhaltens des Sensors geschehen, und auch lokalisiert an der Sensoreinheit.

Zeitnah bedeutet hier innerhalb eines zeitlichen Abstands von der Erfassung des optischen Verhaltens, welcher klein gegenüber den relevanten Zeitskalen in der untersuchten Probe, also klein gegenüber den Zeitskalen der in der Probe untersuchten Prozesse ist. Da die Bestimmung des wenigstens einen Umgebungsparameters auch lokalisiert an der Sensoreinheit erfolgt, da das Informationsmodul ein Teil der Sensoreinheit ist, ergibt sich so ein Wert des wenigstens einen Umgebungsparameters, der sich der Erfassung des optischen Verhaltens zeitlich und räumlich zuverlässiger zuordnen lässt, als wenn der wenigstens eine Umgebungsparameter mit einem separaten Sensor gemessen würde. Auch entfällt so der Aufwand für diesen separaten Sensor und die durch den separaten Sensor möglicherweise verursachte zusätzliche Störung der untersuchten Probe. Durch die zusätzliche Aussendung des Messwerts des wenigstens einen Umgebungsparameters in einem optischen Signal kann dieser bei der Bestimmung der mindestens einen Veränderlichen aus dem optischen Verhalten des Sensors berücksichtigt werden.

[0021] In einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Sensoreinheit ist das Informationsmodul dazu ausgebildet, ein optisches Signal auszusenden, wenn bei der Messung des wenigstens einen Umgebungsparameters ein Messwert festgestellt wird, der außerhalb eines vordefinierten, im Informationsmodul abgespeicherten Zulässigkeitsbereichs für den jeweiligen Umgebungsparameter liegt. Das optische Signal enthält dann eine Information über die Überschreitung eines Grenzwerts des Zulässigkeitsbereichs oder zeigt diese Grenzwertüberschreitung unmittelbar an. Unter einem Grenzwert des Zulässigkeitsbereichs ist hier ein Wert des jeweiligen Umgebungsparameters zu verstehen, welcher einer Grenze des Zulässigkeitsbereichs entspricht. Üblicherweise hat ein Zulässigkeitsbereich eine obere und eine untere Grenze oder nur entweder eine obere oder eine untere Grenze.

[0022] Die Sensoren, oder präziser die für die Sensoren verwendeten Sensormaterialien, zeigen überwiegend das Phänomen des Ausbleichens, das heißt, die Sensormaterialien werden durch die wiederholte Beleuchtung mit Lichtpulsen oder anhaltende Exposition an Licht über längere Zeiträume hinweg allmählich zerstört, die Sensoren verlieren also oder verändern zumindest ihr von der wenigstens einen Veränderlichen abhängiges optisches Verhalten. Im Falle eines Lumineszenzensors bedeutet dies beispielsweise, dass, wenn der Sensor schon eine Vielzahl von Lichtpulsen zur Anregung einer Lumineszenz erhalten hat, die Intensität einer Lumineszenzantwort auf einen vorgegebenen Anregungsimpuls geringer ist, als im Falle eines neuen Sensors, der noch keine vorhergehenden Anregungsimpulse erhalten hat. Dem Effekt des Ausbleichens kann bis zu einem gewissen Grad durch eine Nach-

kalibrierung begegnet werden, wodurch das veränderte optische Verhalten des Sensors berücksichtigt wird; letztlich wird der Sensor aber unbrauchbar und muss ersetzt werden.

[0023] In vorteilhaften Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Sensoreinheit ist das Informationsmodul daher dazu ausgebildet, auf den Sensor einfallende Lichtpulse zu zählen, die zur Bestimmung mindestens einer Veränderlichen auf den Sensor ausgesendet werden. Das Informationsmodul kann dann beispielsweise die aktuelle Anzahl an Lichtpulsen in einem optischen Signal aussenden, etwa auf ein durch das Informationsmodul empfangenes Steuersignal hin. Eine alternative oder zusätzliche Möglichkeit besteht darin, dass das Informationsmodul die Anzahl empfangener Lichtpulse speichert, und bei Überschreiten eines vordefinierten Grenzwerts für diese Anzahl selbsttätig ein optisches Signal aussendet, um die Notwendigkeit einer Nachkalibrierung oder die Unbrauchbarkeit des Sensors unmittelbar anzuzeigen oder um eine entsprechende Information auszusenden. Das optische Signal kann in letzterem Fall eine Information beispielsweise für ein zur Bestimmung der mindestens einen Veränderlichen benutztes Messsystem sein, welches auf das optische Signal hin einen entsprechenden Hinweis an einen Benutzer ausgibt; in ersterem Fall kann es sich bei dem optischen Signal um ein für den Benutzer unmittelbar wahrnehmbares Lichtsignal handeln. Die vordefinierte Anzahl an Lichtpulsen, also der Grenzwert, ist dabei vorteilhaft im Informationsmodul abgespeichert.

[0024] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist das Informationsmodul ausgebildet, die Gesamtlichtexposition des Sensors zu ermitteln, also die gesamte auf den Sensor eingefallene Lichtenergie; hierunter fällt die durch Lichtpulse bei der Bestimmung wenigstens einer Veränderlichen einfallende Lichtenergie und ebenso die Lichtenergie durch Aussetzen des Sensors an Umgebungslicht. Es ist möglich, dass hierbei in Ausführungsformen nur die Lichtenergie erfasst wird, welche zu einem bestimmten Bereich des optischen Spektrums, also einem bestimmten Wellenlängenbereich, gehört. Vorteilhaft ist dies derjenige Bereich, der ein Ausbleichen des Sensors bewirkt. Falls die Gesamtlichtexposition einen vordefinierten Grenzwert überschreitet, so sendet das Informationsmodul ein optisches Signal aus, das eine entsprechende Warninformation beinhaltet oder die Grenzwertüberschreitung in Form eines von einem Benutzer unmittelbar wahrnehmbaren Lichtsignals anzeigt. Diese Ausführungsform ist beispielsweise besonders geeignet, um auf Sensoren hinzuweisen, die durch unsachgemäße, nicht lichtgeschützte Aufbewahrung unbrauchbar geworden sind. Wird ein Sensor etwa ungeschützt an Tageslicht aufbewahrt und dadurch unbrauchbar, so kann das Informationsmodul ein optisches Signal, beispielsweise ein Dauersignal oder ein intermittierendes Si-

gnal, aussenden, um es einem Benutzer zu ermöglichen, den unbrauchbaren Sensor leicht zu identifizieren. Die Energie zur Aussendung dieses Signals kann vorteilhaft dem auf das Informationsmodul einfallenden Licht entnommen werden. Der vordefinierte Grenzwert ist dabei vorteilhaft im Informationsmodul abgespeichert.

[0025] In manchen Anwendungsbereichen ist eine präzise Funktion eines Sensors von herausragender Wichtigkeit. Dies gilt vor allem für die Verwendung des Sensors bei Untersuchungen auf dem Gebiet der Medizin, da hier Menschenleben davon abhängen können, dass Veränderliche mit dem Sensor korrekt ermittelt werden. Insbesondere, jedoch nicht ausschließlich, für derartige Untersuchungen kann in Ausführungsformen der Sensoreinheit das Informationsmodul dazu ausgebildet sein, die Sensoreinheit in einen messuntauglichen Zustand zu versetzen, wenn die Anzahl der auf die Sensoreinheit gerichteten Lichtpulse und / oder die Gesamtlichtexposition des Sensors und / oder ein Messwert wenigstens eines Umgebungsparameters der Sensoreinheit einen vordefinierten Grenzwert überschreitet. Das Informationsmodul kann die Messuntauglichkeit beispielsweise dadurch herbeiführen, dass die Sendeeinheit bei Auftreffen eines Lichtpulses auf die Sensoreinheit ein optisches Signal sendet, welches die Erfassung des optischen Verhaltens des Sensors stört. Auf diese Weise ist eine Bestimmung einer Veränderlichen, also eine Messung, mit dem Sensor unmöglich, und dies wird vermieden, dass aus unzuverlässigen Messwerten falsche Schlüsse gezogen werden.

[0026] Vorteilhaft ist die Sensoreinheit sterilisierbar. Dies ist zum einen wichtige Voraussetzung, um eine Probe nicht durch Mikroorganismen auf der Sensoreinheit zu kontaminieren, vereinfacht zum anderen aber auch die Handhabung der Sensoreinheit. Die Sensoreinheit kann in einen Probenbehälter eingebracht und mit dem Probenbehälter sterilisiert werden. Es ist so insbesondere möglich, einen eine Sensoreinheit enthaltenden Probenbehälter steril und versiegelt für einen Benutzer bereitzustellen.

[0027] Die Sterilisierung kann durch thermische oder chemische Verfahren erfolgen, oder auch durch die Bestrahlung der Sensoreinheit, gegebenenfalls zusammen mit einem Probenbehälter, mit UV-Licht, radioaktiver Strahlung, also Alpha-, Beta-, oder Gamma-Strahlung, oder künstlich erzeugten Elektronenstrahlen. Sensoreinheit und gegebenenfalls Probenbehälter können insbesondere auch in einem Autoklaven sterilisierbar sein. In jedem Fall muss dabei die Sensoreinheit so ausgebildet sein, dass sie durch das Sterilisierungsverfahren nicht in ihrer Funktionsweise beeinträchtigt wird. Gegenüber Sensoren nach dem Stand der Technik ergeben sich bei erfindungsgemäßen Sensoreinheiten insbesondere durch das Informationsmodul neue Aspekte. Dieses, in der Re-

gel als elektronisches Element ausgeführt, muss so beschaffen sein, dass es den Sterilisierungsprozess unbeschadet übersteht.

[0028] Die Sensoreinheit kann über einen eigenen Energievorrat verfügen. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist jedoch die Sensoreinheit dazu ausgebildet, die zum Betrieb des Informationsmoduls erforderliche Energie aus optischer Strahlung zu entnehmen. Insbesondere kann dabei das Informationsmodul derart ausgebildet sein, dass es einen Teil des Lichts absorbiert, welches zur Bestimmung der wenigstens einen Veränderlichen auf die Sensoreinheit gerichtet wird, und dieses Licht in elektrische Energie umwandelt. Die Sensoreinheit kann in Weiterbildungen einen Energiespeicher aufweisen. Vorteilhaft ist die Sensoreinheit insbesondere dazu ausgebildet, aus optischer Strahlung entnommene Energie in dem Energiespeicher abzuspeichern.

[0029] In Ausführungsformen umfasst die Empfangseinheit wenigstens einen Photodetektor. Beispielsweise kann dieser als eine Photodiode ausgeführt sein. Die Sendeeinheit umfasst in Ausführungsbeispielen wenigstens eine Lichtquelle; vorteilhaft kann hier eine LED (Leuchtdiode) eingesetzt werden. In manchen Ausgestaltungen ist Sendeeinheit und Empfangseinheit ein gemeinsames optoelektronisches Element zugeordnet, welches sowohl optische Strahlung aussenden, als auch empfangen kann. Dabei ist außerdem ein Umschaltelement vorgesehen, durch welches das optoelektronische Element zwischen einem Sendezustand, in welchem es optische Strahlung aussendet, und einem Empfangszustand, in welchem es optische Strahlung empfangen kann, umschaltbar ist.

[0030] In Ausführungsformen ist das Informationsmodul ein optoelektronischer Halbleiterchip. Der Halbleiterchip kann dabei an einem Sensor angebracht werden, und so mit dem Sensor eine erfindungsgemäße Sensoreinheit bilden. Da derartige optoelektronische Halbleiterchips in Größen von 1 mm Durchmesser oder sogar darunter hergestellt werden können, bedeutet ein solcher Halbleiterchip keine relevante zusätzliche Störung einer Probe über die, gemeinhin ebenfalls geringe, Störung durch den Sensor hinaus. Alternativ ist es auch denkbar, den Sensor auf einem Träger anzubringen, und das Informationsmodul in dem Träger auszubilden; bei dem Träger kann es sich um ein Halbleitersubstrat handeln.

[0031] In Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Sensoreinheit handelt es sich bei dem optischen Verhalten des Sensors um eine Lumineszenzerscheinung. Das heißt, der Sensor weist ein Material auf, das durch optische Strahlung zu einer Lumineszenz angeregt werden kann. Die Lumineszenzerscheinung hängt dabei von wenigstens einer Veränderlichen ab, zu deren Bestimmung für eine

Probe der Sensor eingesetzt wird. Die Abhängigkeit kann dabei darin bestehen, dass die Lumineszenzerscheinung in Abhängigkeit von der wenigstens einen Veränderlichen mit unterschiedlicher Intensität bei gegebener Anregungsintensität auftritt, oder auch darin, dass der Wellenlängenbereich der Lumineszenz von der wenigstens einen Veränderlichen abhängt. Besonders bevorzugt wird jedoch eine Abhängigkeit der Abklingdauer der Lumineszenz von der wenigstens einen Veränderlichen ausgenutzt.

[0032] In anderen Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Sensoreinheit besteht das optische Verhalten in einer Abhängigkeit einer Farbe des Sensors von der wenigstens einen Veränderlichen. Zu deren Erfassung kann der Sensor mit Licht definierter spektraler Zusammensetzung beleuchtet werden, und das vom Sensor rückgestreute Licht hinsichtlich seiner Farbe untersucht werden. Dies kann beispielsweise durch Bestimmung der spektralen Zusammensetzung des rückgestreuten Lichts erfolgen, durch die Analyse des rückgestreuten Lichts mittels eines oder mehrerer Filter, oder durch andere bekannte Methoden der Farbvalenzmessung.

[0033] In wiederum anderen Ausführungsformen ist das optische Verhalten des Sensors dadurch gegeben, dass sich in Abhängigkeit von der wenigstens einen Veränderlichen Reflexionseigenschaften und / oder Absorptionseigenschaften des Sensors für optische Strahlung ändern. Diese können beispielsweise durch Beleuchtung des Sensors mit Licht definierter spektraler Zusammensetzung und Intensität und Analyse des vom Sensor reflektierten bzw. durch den Sensor transmittierten Lichts ermittelt werden. Dabei kann insbesondere die Intensität und / oder die spektrale Zusammensetzung des reflektierten bzw. transmittierten Lichts ermittelt werden.

[0034] In manchen Ausführungsformen ist der Sensor dazu ausgebildet, zur Bestimmung der wenigstens einen Veränderlichen mit Licht aus einem ersten Wellenlängenbereich zusammenzuwirken. Das Informationsmodul ist dabei dazu ausgebildet, Licht aus einem zweiten Wellenlängenbereich auszusenden und zu empfangen. Hierbei überlappen der erste Wellenlängenbereich und der zweite Wellenlängenbereich nicht. Dies kann beispielsweise vorteilhaft genutzt werden, indem der zweite Wellenlängenbereich so gewählt wird, dass Licht aus diesem Wellenlängenbereich den Sensor nicht ausbleicht. Dadurch haben optische Signale, die dem Informationsaustausch mit dem Informationsmodul dienen, keine nachteilige Wirkung für die Lebensdauer des Sensors. Ferner ist es möglich, das Informationsmodul durch optische Strahlung aus dem zweiten Wellenlängenbereich mit Energie zu versorgen, ohne dadurch ein Ausbleichen des Sensors zu bewirken.

[0035] In anderen Ausführungsformen ist das Informationsmodul dazu ausgebildet, Licht mit wenigstens einer ersten Wellenlänge auszusenden und Licht mit wenigstens einer zweiten Wellenlänge zu empfangen, und der Sensor ist dazu ausgebildet, zur Bestimmung der wenigstens einen Veränderlichen mit Licht zusammenzuwirken, welches zumindest die erste Wellenlänge oder zumindest die zweite Wellenlänge umfasst.

[0036] In bevorzugten Ausführungsformen arbeitet die Sensoreinheit mit Licht in einem Wellenlängenbereich von 400 nm bis 750 nm. Dabei ist der Sensor dazu ausgebildet, zur Bestimmung der wenigstens einen Veränderlichen mit Licht aus dem Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 750 nm zusammenzuwirken. Ferner ist in diesen Ausführungsformen das Informationsmodul für Licht aus diesem Wellenlängenbereich sensitiv ausgebildet, und das Informationsmodul sendet optische Signale in diesem Wellenlängenbereich aus.

[0037] Das erfindungsgemäße Verfahren dient zur Bestimmung mindestens einer Veränderlichen einer Probe. Hierzu wird ein von der mindestens einen Veränderlichen abhängiges optisches Verhalten eines Sensors wenigstens einer Sensoreinheit erfasst, und daraus die mindestens eine Veränderliche bestimmt. Um das optische Verhalten des jeweiligen Sensors zu erfassen, wird die Sensoreinheit Licht ausgesetzt. Dies kann durch gezielte Beleuchtung der Sensoreinheit oder durch Exposition der Sensoreinheit an Umgebungslicht erfolgen.

[0038] Erfindungsgemäß werden dabei aus einem Informationsmodul der wenigstens einen Sensoreinheit sensorbezogene Daten des jeweiligen Sensors ausgelesen. Das Auslesen der im Informationsmodul abgespeicherten sensorbezogenen Daten geschieht folgendermaßen: Ein optisches Signal wird auf das Informationsmodul gesendet. Daraufhin sendet das Informationsmodul ein optisches Antwortsignal aus, welches die sensorbezogenen Daten enthält. Das Antwortsignal wird detektiert und die sensorbezogenen Daten werden aus dem Antwortsignal ermittelt.

[0039] Aus dem optischen Verhalten des jeweiligen Sensors wird die mindestens eine Veränderliche der Probe bestimmt, wobei erfindungsgemäß die ausgelesenen sensorbezogenen Daten berücksichtigt werden. Vorteilhaft erfolgen die Bestimmung der mindestens einen Veränderlichen der Probe und die Berücksichtigung der ausgelesenen sensorbezogenen Daten automatisiert.

[0040] In Ausgestaltungen des Verfahrens erfolgt für einen jeweiligen Sensor das Auslesen der sensorbezogenen Daten wenigstens einmal. Die mindestens eine Veränderliche kann dabei mehrmals bestimmt werden, beispielsweise, um ein Zeitverhalten

der mindestens einen Veränderlichen zu ermitteln. Das bedeutet, über einen Zeitraum wird das optische Verhalten des jeweiligen Sensors wiederholt erfasst und daraus jeweils die mindestens eine Veränderliche bestimmt. Hierbei ist es nicht erforderlich, zu jeder einzelnen Bestimmung der mindestens einen Veränderlichen die sensorbezogenen Daten aus dem Informationsmodul auszulesen.

[0041] In einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens wird durch das Informationsmodul der wenigstens einen Sensoreinheit wenigstens ein Umgebungsparameter der Sensoreinheit, beispielsweise eine Temperatur oder ein Druck, gemessen. Der Messwert des wenigstens einen Umgebungsparameters wird vom Informationsmodul durch ein optisches Signal ausgesandt. Das optische Signal wird detektiert und hinsichtlich des Messwerts ausgewertet. Der Messwert des wenigstens einen Umgebungsparameters wird in die Bestimmung der mindestens einen Veränderlichen einbezogen.

[0042] Zur Bestimmung der mindestens einen Veränderlichen wird, wie bereits erwähnt, die wenigstens eine Sensoreinheit Licht ausgesetzt, welches mit dem Sensor der wenigstens einen Sensoreinheit zur Bestimmung der mindestens einen Veränderlichen zusammenwirkt. Ein Teil dieses Lichts trifft auf das Informationsmodul der Sensoreinheit. In einer Ausgestaltung des Verfahrens gewinnt das Informationsmodul aus diesem Licht die zu seinem Betrieb erforderliche Energie, und speichert zumindest einen Teil davon in einem Energiespeicher zwischen. Nach Abschluss der Erfassung des optischen Verhaltens des Sensors sendet das Informationsmodul ein optisches Signal mit einem Messwert des mindestens einen Umgebungsparameters aus. Die Energie hierzu wird dem Energiespeicher entnommen. Auf diese Weise wird die Erfassung des optischen Verhaltens des Sensors nicht durch das optische Signal vom Informationsmodul gestört. Die Messung des wenigstens einen Umgebungsparameters durch das Informationsmodul kann während der Erfassung des optischen Verhaltens des Sensors oder danach erfolgen.

[0043] In bevorzugten Ausführungsformen umfassen die ausgelesenen sensorbezogenen Daten Kalibrierdaten des Sensors der wenigstens einen Sensoreinheit.

[0044] In Weiterbildungen des Verfahrens ist es möglich, vor der Bestimmung der mindestens einen Veränderlichen eine Kalibrierung des Sensors durchzuführen, und die dabei ermittelten Kalibrierdaten durch ein optisches Signal auf das Informationsmodul zu übertragen, um sie dort abzuspeichern. Diese Ausgestaltung des Verfahrens ist sowohl für neu hergestellte Sensoren denkbar als auch für Sensoren, die schon einige Zeit in Gebrauch waren und nachkalibriert werden sollen, um weiterhin zuverlässig

sig zur Bestimmung der mindestens einen Veränderlichen eingesetzt werden zu können.

[0045] In einer Ausführungsform des Verfahrens wird die mindestens eine Veränderliche nicht aus dem optischen Verhalten des jeweiligen Sensors bestimmt, wenn sich aus den sensorbezogenen Daten eine Unbrauchbarkeit des jeweiligen Sensors ergibt. Hierdurch werden unzuverlässige, weil möglicherweise fehlerhafte, Messergebnisse vermieden. Eine solche Unbrauchbarkeit des jeweiligen Sensors kann je nach Typ des jeweiligen Sensors etwa daraus resultieren, dass das Ablaufdatum des jeweiligen Sensors überschritten ist, dass der jeweilige Sensor bereits einer Anzahl von Lichtpulsen ausgesetzt war, die einen vorbestimmten, vorteilhaft im Informationsmodul abgespeicherten, Grenzwert überschreitet, oder dass eine Gesamtlichtexposition des jeweiligen Sensors einen vorbestimmten, vorteilhaft im Informationsmodul abgespeicherten, Grenzwert überschreitet. Eine weitere Möglichkeit, aus der sich eine Unbrauchbarkeit des Sensors ergibt, ist, dass der Sensor unzulässigen Umgebungsbedingungen ausgesetzt war. Die Umgebungsbedingungen des Sensors lassen sich durch eine Einrichtung zur Bestimmung wenigstens eines Umgebungsparameters der Sensoreinheit feststellen.

[0046] Im Folgenden sollen Ausführungsbeispiele die Erfindung und ihre Vorteile an Hand der beigefügten Zeichnungen näher erläutern. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Sensoreinheit;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des Informationsmoduls;

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform des Informationsmoduls; und

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Messsystems mit Probe und Sensoreinheit.

[0047] In den Figuren werden gleiche oder gleich wirkende Elemente mit identischen Bezugszeichen versehen. Ferner werden der Übersichtlichkeit halber nur solche Bezugszeichen in einer Figur dargestellt, die zur Erläuterung der jeweiligen Figur oder zur Einordnung der Figur in den Kontext der übrigen Figuren erforderlich sind.

[0048] **Fig. 1** zeigt eine Sensoreinheit **1**, die einen Sensor **2** und ein Informationsmodul **3** umfasst. Sensor **2** und Informationsmodul **3** sind auf einem Träger **11** angebracht. Wie in der Zeichnung angedeutet, ist das Informationsmodul **3** typischerweise klein gegenüber dem Sensor **2**, bedeutet daher bei der Bestimmung einer Veränderlichen einer Probe **7** (siehe **Fig. 4**) keine Störung der Probe **7** über die Störung durch den Sensor **2** hinaus. Der Sensor **2** ist

durch ein auf den Träger **11** aufgebrachtes Sensormaterial gebildet, welches ein von der zu bestimmenden Veränderlichen abhängiges optisches Verhalten zeigt. Der Träger **11** kann beispielsweise eine Folie sein. Wichtig ist in jedem Fall, dass das Sensormaterial durch das Licht erreichbar ist, dem die Sensoreinheit **1** zur Bestimmung der wenigstens einen Veränderlichen ausgesetzt wird. Ebenso muss Licht auf das Informationsmodul **3** treffen können. In der Zeichnung ist angedeutet, dass das Informationsmodul **3** räumlich nahe an dem Sensor **2** lokalisiert ist, das bedeutet hier, Abstände **22** zwischen Informationsmodul **3** und Sensor **2** sind kleiner als eine Breite **21** des Sensors **2**. Dies ist von Vorteil, da dann zum einen die Sensoreinheit **1** kompakt ist, und zum anderen eine etwaige durch das Informationsmodul **3** vorgenommene Messung wenigstens eines Umgebungsparameters der Sensoreinheit **1** an einer Position erfolgt, die von einer Position des Sensors **2** um weniger als die Breite **21** des Sensors **2** abweicht. Im Rahmen dieser räumlichen Genauigkeit entspricht die Messung des wenigstens einen Umgebungsparameters durch das Informationsmodul **3** einer Messung des wenigstens einen Umgebungsparameters am Ort des Sensors **2**.

[0049] **Fig. 2** ist eine schematische Darstellung eines Informationsmoduls **3**. Es umfasst eine Empfangseinheit **31** für optische Strahlung **9**, eine Datenverarbeitungseinheit **32**, und eine Sendeeinheit **33** für optische Strahlung **9**. Ferner weist die dargestellte Ausführungsform eine Einrichtung **34** zur Messung wenigstens eines Umgebungsparameters der Sensoreinheit **1** (siehe **Fig. 1**) und einen Energiespeicher **37** auf. In der gezeigten Ausführungsform ist die Empfangseinheit **31** durch eine Photodiode **311** und zugeordnete Ansteuerelektronik **351** gegeben, die Sendeeinheit **33** durch eine LED **331** und entsprechende Ansteuerelektronik **351**. Statt der Photodiode **311** kann ebenso ein anderer geeigneter Photodetektor verwendet werden, und an Stelle der LED **331** ist der Einsatz einer anderen Lichtquelle möglich. Geeignete Alternativen sind dem Fachmann jeweils bekannt. Die Datenverarbeitungseinheit **32** umfasst einen Prozessor **321** und einen Datenspeicher **322**. Der Prozessor **321** steuert das Informationsmodul **3** und führt die zur korrekten Funktion des Informationsmoduls **3** erforderlichen Rechenoperationen durch. Zu beiden Zwecken wirkt der Prozessor **321** mit dem Datenspeicher **322** zusammen. Der Datenspeicher **322** kann beispielsweise als EEPROM realisiert sein.

[0050] Die Einrichtung **34** zur Messung wenigstens eines Umgebungsparameters ermittelt diesen auf eine dem Fachmann jeweils bekannte Art und Weise; beispielsweise kann eine Temperatur resistiv gemessen werden. Vom Prozessor **321** gesteuert, kann ein durch die Einrichtung **34** ermittelter Messwert beispielsweise zunächst im Datenspeicher **322** abgelegt

werden, um zu einem späteren Zeitpunkt in Form eines optischen Signals durch die Sendeeinheit **33** ausgesendet zu werden.

[0051] In der gezeigten Ausführungsform dient der Energiespeicher **37** dazu, Energie zwischenspeichern, welche aus von der Empfangseinheit **31** empfangener optischer Strahlung gewonnen worden ist. Dabei wird das empfangene Licht photoelektrisch umgewandelt, und zumindest ein Teil der Energie des empfangenen Lichts beispielsweise kapazitiv oder auf andere dem Fachmann bekannte Art und Weise im Energiespeicher **37** zwischengespeichert, um das Informationsmodul **3** bedarfsgerecht mit Energie zu versorgen. So ist beispielsweise Energie zur Aussendung eines optischen Signals durch die Sendeeinheit **33** erforderlich.

[0052] Die Empfangseinheit **311** dient aber nicht nur zur Energieversorgung des Informationsmoduls **3**, sondern auch zum Empfang von optischen Steuersignalen. Diese werden dem Prozessor **321** übermittelt, der entsprechend Schritte einleitet. Beispielsweise kann der Prozessor **321** in Abhängigkeit von den empfangenen Steuersignalen die Aussendung bestimmter, im Datenspeicher **322** hinterlegter, Informationen durch die Sendeeinheit **33** veranlassen. Dabei kann es sich um Messwerte von Umgebungsparametern der Sensoreinheit **1** oder um sensorbezogene Daten, wie etwa Kalibrierdaten des Sensors **2** (siehe **Fig. 1**), oder Identifizierungsdaten des Sensors **2** handeln.

[0053] **Fig. 3** ist eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform des Informationsmoduls **3**. Der Empfangseinheit **31** und der Sendeeinheit **33** ist hier ein gemeinsames optoelektronisches Element **35** zugeordnet, das sowohl optische Strahlung **9** empfangen als auch aussenden kann. Dem optoelektronischen Element **35** ist Ansteuerelektronik **351** zugeordnet. Ferner ist ein Umschaltelement **36** vorgesehen, durch welches das optoelektronische Element **35** zwischen einem Sendezustand und einem Empfangszustand umschaltbar ist. Die übrigen dargestellten Elemente wurden bereits im Zusammenhang mit der **Fig. 2** diskutiert. Der Vorteil dieser Ausführungsform gegenüber der Ausführungsform der **Fig. 2** ist, dass hier lediglich ein optoelektronisches Element **35** verwendet wird, im Gegensatz zu zwei optoelektronischen Elementen in der Ausführungsform der **Fig. 2**, nämlich LED **331** und Photodiode **311**. Hierdurch verringert sich der Platzbedarf des Informationsmoduls **3**; das heißt, eine Ausführungsform gemäß **Fig. 3** kann kleiner gebaut werden als eine Ausführungsform gemäß **Fig. 2**.

[0054] **Fig. 4** zeigt schematisch ein Messsystem **8** zur Bestimmung wenigstens einer Veränderlichen einer Probe **7** in Zusammenarbeit mit einer erfindungsgemäßen Sensoreinheit **1**, welche einen opti-

schen Sensor **2**, der in der gezeigten Ausführungsform ein Lumineszenzsensor ist, und ein Informationsmodul **3** umfasst. Das Messsystem **8** weist eine Lichtquelle **81**, die hier als Ringlicht ausgebildet ist, eine Detektionsvorrichtung **82**, und eine Steuer- und Auswerteeinheit **83** auf. Bei der Detektionsvorrichtung **82** kann es sich beispielsweise um eine Kamera mit CCD-Chip handeln. In der gezeigten Ausführungsform ist die Sensoreinheit **1** auf der Probe **7** angebracht. Es ist aber ebenso möglich, die Sensoreinheit in einer flüssigen Probe zu verwenden; dazu wird die Sensoreinheit **1** in ein Behältnis, welches die flüssige Probe enthält oder zur Aufnahme der flüssigen Probe vorgesehen ist, eingebracht, vorteilhaft an einer Innenseite einer Wandung des Behältnisses befestigt. Der Austausch von optischen Signalen zwischen dem Messsystem **8** und der Sensoreinheit **1** erfolgt dann durch die Wandung des Behältnisses hindurch, welche für die verwendeten Wellenlängen der optischen Signale transparent sein muss. Selbstverständlich kann das Messsystem **8** auch mit einer Vielzahl von erfindungsgemäßen Sensoreinheiten **1** zusammenwirken. Dabei ist es möglich, dass sich die Sensoren **2** von mindestens zwei Sensoreinheiten **1** hinsichtlich der Veränderlichen, auf welche sie sensitiv ausgebildet sind, unterscheiden. Nach den obigen Ausführungen ist klar, dass in anderen Ausführungsformen der Sensor **2** kein Lumineszenzsensor zu sein braucht, sondern das von der wenigstens einen Veränderlichen der Probe **7** abhängige optische Verhalten beispielsweise in einer von der mindestens einen Veränderlichen abhängigen Farbänderung des Sensors **2** bestehen kann oder darin, dass Reflexions- und / oder Absorptionseigenschaften des Sensors **2** von der mindestens einen Veränderlichen der Probe **7** abhängen.

[0055] Durch die Steuer- und Auswerteeinheit **83** gesteuert sendet die Lichtquelle **81** optische Strahlung **9** auf die Sensoreinheit **1** aus; die optische Strahlung **9** erfasst dabei sowohl den Sensor **2** als auch das Informationsmodul **3**, wie es durch die divergierenden Pfeile angedeutet ist. Die optische Strahlung **9** kann dabei zur Anregung einer Lumineszenz des Sensors **2**, zur Kommunikation zwischen Messsystem **8** und Informationsmodul **3**, zur Energieversorgung des Informationsmoduls **3** oder zu einer Kombination aus den genannten Möglichkeiten dienen. Die Kommunikation zwischen Messsystem **8** und Informationsmodul **3** dient zum Auslesen der sensorbezogenen Daten, beispielsweise Kalibrierdaten und gegebenenfalls Identifizierungsdaten des Sensors **2**, durch das Messsystem **8**; die übermittelten Daten werden in der Steuer- und Auswerteeinheit **83** verarbeitet.

[0056] Je nach Ausgestaltung des Informationsmoduls **3** können vom Informationsmodul **3** weitere Informationen an das Messsystem **8** übermittelt werden, beispielsweise ein Messwert für wenigstens einen Umgebungsparameter der Sensoreinheit **1** oder

Statusinformationen der Sensoreinheit **1**, beispielsweise Warnhinweise.

[0057] Ferner können durch die optische Strahlung **9** dem Informationsmodul **3** vom Messsystem **8** Steuersignale übermittelt werden. Dadurch kann das Informationsmodul **3** in verschiedene Betriebsmodi versetzt werden oder gezielt bestimmte, im Informationsmodul gespeicherte, Informationen abgefragt werden. Zu den unterschiedlichen Betriebsmodi des Informationsmoduls **3** können beispielsweise Betriebszustände des Informationsmoduls **3** gehören, die an bestimmte Messprotokolle und zugehörige Anregungsarten des Sensors **2**, etwa bestimmte Pulssequenzen oder Pulsdauern der Lichtquelle **81**, angepasst sind. Auf diese Weise kann zum Beispiel eine definierte Zeitverzögerung zwischen einem Anregungslichtpuls für den Sensor **2** und dem Aussenden eines optischen Signals mit dem Messwert eines Umgebungsparameters durch das Informationsmodul **3** eingestellt werden, um das optische Signal erst auszusenden, wenn die Detektion einer Lumineszenzantwort des Sensors **2** auf den Anregungslichtpuls abgeschlossen ist.

[0058] Ebenso ist es möglich, dem Informationsmodul **3** durch optische Strahlung Daten zur Abspeicherung für den zukünftigen Rückgriff darauf zu übermitteln. Dies kann etwa sinnvoll sein, wenn der Sensor **2** nachkalibriert wird, beispielsweise um ein Ausbleichen des Sensors **2** zu berücksichtigen. Die bei der Nachkalibrierung neu ermittelten Kalibrierdaten werden dann durch optische Strahlung an das Informationsmodul **3** übermittelt und dort abgespeichert. Bei zukünftigen Messungen werden dann zunächst die geänderten Kalibrierdaten aus dem Informationsmodul **3** ausgelesen. Auf diese Weise ist eine einfache Verwendung der Sensoreinheit für die zuverlässige Bestimmung mindestens einer Veränderlichen der Probe **7** über einen längeren Zeitraum möglich, als wenn auf eine Nachkalibrierung verzichtet würde. Die Abspeicherung der geänderten Kalibrierdaten im Informationsmodul **3** erlaubt eine fortgesetzte bequeme und einfache Handhabung des Sensors **2**.

[0059] Die Erfindung wurde unter Bezugnahme auf bestimmte Ausführungsformen beschrieben. Es ist jedoch für einen Fachmann selbstverständlich, dass Änderungen und Abwandlungen möglich sind, ohne den Schutzbereich der nachfolgenden Ansprüche zu verlassen.

Patentansprüche

1. Sensoreinheit (1) mit einem Sensor (2) zur Bestimmung wenigstens einer Veränderlichen einer Probe (7), wobei der Sensor (2) aus einem auf einem Träger (11) aufgebrachten Sensormaterial gebildet ist, das ein von der wenigstens einen Veränderlichen abhängiges optisches Verhalten aufweist, **gekenn-**

zeichnet durch ein Informationsmodul (3), welches auf dem Träger (11) angebracht ist, und durch das Informationsmodul (3) sensorbezogene Information in Form optischer Strahlung (9) aussendbar ist, wobei das Informationsmodul (3) eine Empfangseinheit (31) für optische Strahlung (9), eine Datenverarbeitungseinheit (32) und eine Sendeeinheit (33) zur Aussendung der sensorbezogenen Information in Form optischer Strahlung (9) umfasst.

2. Sensoreinheit (1) nach Anspruch 1, wobei die sensorbezogene Information im Informationsmodul (3) abgespeicherte Kalibrierdaten für den Sensor (2) umfasst.

3. Sensoreinheit (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die sensorbezogene Information Identifizierungsdaten des Sensors (2) umfasst, welche wenigstens eine der Datenarten Sensortyp, Herstellungsdatum, Ablaufdatum und/oder individuelle Kennzeichnung des Sensors (2) beinhalten.

4. Sensoreinheit (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Informationsmodul (3) eine Einrichtung (34) zur Messung wenigstens eines Umgebungsparameters der Sensoreinheit (1) aufweist, und die sensorbezogene Information einen Messwert des wenigstens einen Umgebungsparameters umfasst.

5. Sensoreinheit (1) nach Anspruch 4, wobei es sich bei wenigstens einem Umgebungsparameter um eine Temperatur oder einen Druck handelt.

6. Sensoreinheit (1) nach einem der Ansprüche 4 oder 5, wobei das Informationsmodul (3) dazu ausgebildet ist, bei Ermittlung eines Messwerts des wenigstens einen Umgebungsparameters, welcher außerhalb eines vordefinierten, im Informationsmodul abgespeicherten Zulässigkeitsbereichs liegt, ein optisches Signal zu senden, welches eine Information über die Überschreitung eines Grenzwerts des Zulässigkeitsbereichs enthält, oder welches diese Grenzwertüberschreitung unmittelbar anzeigt.

7. Sensoreinheit (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Informationsmodul (3) dazu ausgebildet ist, auf den Sensor einfallende, für die Bestimmung mindestens einer Veränderlichen erforderliche Lichtpulse zu zählen und eine Information über die ermittelte Anzahl als optisches Signal auszusenden und / oder bei Überschreiten eines Grenzwerts ein optisches Signal auszusenden, das die Notwendigkeit einer Nachkalibrierung oder die Unbrauchbarkeit des Sensors unmittelbar anzeigt oder eine Information darüber beinhaltet.

8. Sensoreinheit (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Informationsmodul (3) dazu ausgebildet ist, die Gesamtlichtexposition des Sen-

sors aus zumindest einem Wellenlängenbereich zu ermitteln und bei Überschreiten eines Grenzwertes ein optisches Signal auszusenden, das eine entsprechende Warninformation beinhaltet oder die Grenzwertüberschreitung unmittelbar anzeigt.

9. Sensoreinheit (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei das Informationsmodul (3) dazu ausgebildet ist, bei Überschreiten eines Grenzwerts die Sensoreinheit (1) in einen messuntauglichen Zustand zu versetzen.

10. Sensoreinheit (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Sensoreinheit (1) sterilisierbar ist durch ein thermisches oder ein chemisches Verfahren oder durch Bestrahlung mit wenigstens einer der folgenden Strahlungsarten: UV-Licht, radioaktive Strahlung, Elektronenstrahlung.

11. Sensoreinheit (1) nach Anspruch 10, wobei die Sensoreinheit (1) autoklavierbar ist.

12. Sensoreinheit (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Sensoreinheit (1) dazu ausgebildet ist, zum Betrieb des Informationsmoduls (3) erforderliche Energie aus optischer Strahlung zu entnehmen.

13. Sensoreinheit (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Sensoreinheit (1) einen Energiespeicher (37) umfasst.

14. Sensoreinheit (1) nach Anspruch 13, wobei die Sensoreinheit (1) dazu ausgebildet ist, von ihr aus optischer Strahlung entnommene Energie in dem Energiespeicher (37) abzuspeichern.

15. Sensoreinheit (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Empfangseinheit (31) wenigstens einen Photodetektor (311) umfasst.

16. Sensoreinheit (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Sendeeinheit (33) wenigstens eine Lichtquelle (331) umfasst.

17. Sensoreinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei der Empfangseinheit (31) und der Sendeeinheit (33) ein gemeinsames optoelektronisches Element (35) zugeordnet ist, sowie ein Umschaltelement (36) vorgesehen ist, durch welches das optoelektronische Element (35) zwischen einem Sendezustand und einem Empfangszustand umschaltbar ist.

18. Sensoreinheit (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Informationsmodul (3) ein optoelektronischer Halbleiterchip ist.

19. Sensoreinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei das optische Verhalten des Sensors (2) eine Lumineszenzerscheinung ist.

20. Sensoreinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei das optische Verhalten des Sensors in Veränderungen der Reflexions- und / oder Absorptionseigenschaften des Sensors (2) für optische Strahlung oder in einer Farbänderung des Sensors besteht.

21. Sensoreinheit (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Sensor (2) dazu ausgebildet ist, zur Bestimmung der wenigstens einen Veränderlichen mit Licht aus einem ersten Wellenlängenbereich zusammenzuwirken, und das Informationsmodul (3) dazu ausgebildet ist, Licht aus einem zweiten Wellenlängenbereich auszusenden und zu empfangen, wobei der erste Wellenlängenbereich und der zweite Wellenlängenbereich nicht überlappen.

22. Sensoreinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 20, wobei das Informationsmodul (3) dazu ausgebildet ist, Licht mit wenigstens einer ersten Wellenlänge auszusenden und Licht mit wenigstens einer zweiten Wellenlänge zu empfangen, und der Sensor (2) dazu ausgebildet ist, zur Bestimmung der wenigstens einen Veränderlichen mit Licht zusammenzuwirken, welches zumindest die erste Wellenlänge oder zumindest die zweite Wellenlänge umfasst.

23. Sensoreinheit (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Sensor (2) dazu ausgebildet ist, zur Bestimmung der wenigstens einen Veränderlichen mit Licht aus dem Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 750 nm zusammenzuwirken, das Informationsmodul (3) für Licht aus diesem Wellenlängenbereich sensitiv ausgebildet ist und durch das Informationsmodul (3) Licht aus diesem Wellenlängenbereich aussendbar ist.

24. Verfahren zur Bestimmung mindestens einer Veränderlichen einer Probe (7) aus einem von der mindestens einen Veränderlichen abhängigen optischen Verhalten eines Sensors (2) wenigstens einer Sensoreinheit (1), wobei der Sensor (2) aus einem auf einem Träger (11) aufgebracht Sensormaterial gebildet ist, welches das von der mindestens einen Veränderlichen abhängige optische Verhalten aufweist, **gekennzeichnet durch** die Schritte:

a) Aussenden eines optischen Signals auf ein auf dem Träger (11) angebrachtes Informationsmodul (3) der wenigstens einer Sensoreinheit (1), wobei das Informationsmodul (3) eine Empfangseinheit (31) für optische Strahlung (9), eine Datenverarbeitungseinheit (32) und eine Sendeeinheit (33) zur Aussendung von sensorbezogener Information in Form optischer Strahlung (9) umfasst;

b) Detektieren eines vom Informationsmodul (3) daraufhin generierten optischen Antwortsignals, welches

im Informationsmodul (3) abgespeicherte sensorbezogene Daten enthält;
 c) Ermitteln der sensorbezogenen Daten aus dem optischen Antwortsignal; und
 d) Bestimmen der mindestens einen Veränderlichen aus dem optischen Verhalten des jeweiligen Sensors (2) unter Berücksichtigung der in Schritt c) ermittelten sensorbezogenen Daten.

sensorbezogenen Daten eine Unbrauchbarkeit des jeweiligen Sensors (2) ermittelt wird.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

25. Verfahren nach Anspruch 24, wobei der Schritt d) wiederholt ausgeführt wird, ohne die im Informationsmodul (3) abgespeicherten sensorbezogenen Daten wiederholt aus dem Informationsmodul (3) auszulesen.

26. Verfahren nach Anspruch 24 oder 25, wobei zusätzlich zu der Detektion eines optischen Verhaltens eines jeweiligen Sensors (2)

- durch das Informationsmodul (3) der wenigstens einen Sensoreinheit (1) wenigstens ein Umgebungsparameter der wenigstens einen Sensoreinheit (1) gemessen wird,
- der Messwert des wenigstens einen Umgebungsparameters vom Informationsmodul (3) durch ein optisches Signal ausgesendet wird,
- das optische Signal detektiert und der Messwert des wenigstens einen Umgebungsparameters aus dem optischen Signal ermittelt wird, und
- der Messwert des wenigstens einen Umgebungsparameters bei der Bestimmung der mindestens einen Veränderlichen einbezogen wird.

27. Verfahren nach Anspruch 26, wobei die zum Betrieb des Informationsmoduls (3) erforderliche Energie aus einem Teil des Lichts gewonnen wird, dem die wenigstens eine Sensoreinheit (1) ausgesetzt wird, damit es mit dem jeweiligen Sensor (2) zur Bestimmung der wenigstens einen Veränderlichen zusammenwirkt, diese Energie in einem Energiespeicher (37) zwischengespeichert wird, und das optische Signal vom Informationsmodul (3) nach Abschluss der Erfassung des optischen Verhaltens des jeweiligen Sensors (2) ausgesendet wird.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 27, wobei die sensorbezogenen Daten zumindest Kalibrierdaten des Sensors (2) der wenigstens einen Sensoreinheit (1) umfassen.

29. Verfahren nach Anspruch 28, wobei vor der Bestimmung der mindestens einen Veränderlichen eine Kalibrierung des Sensors (2) durchgeführt wird, und die dabei ermittelten Kalibrierdaten durch ein optisches Signal auf das Informationsmodul (3) übertragen und dort abgespeichert werden.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 29, wobei das Bestimmen der mindestens einen Veränderlichen aus dem optischen Verhalten des jeweiligen Sensors (2) nicht ausgeführt wird, wenn aus den

Anhängende Zeichnungen

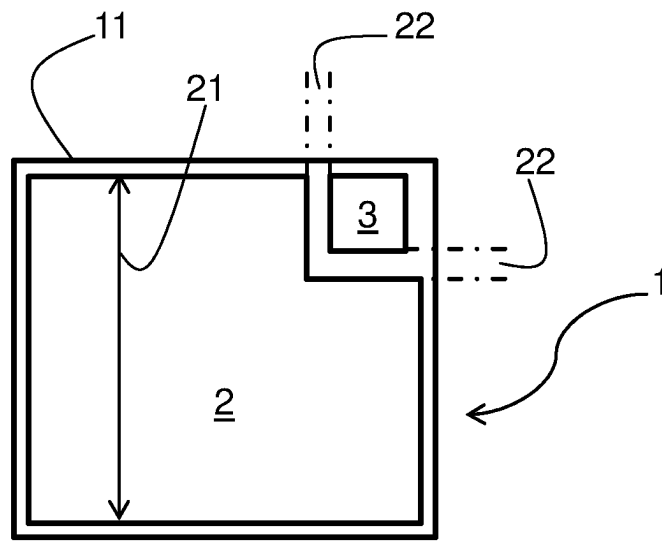


Fig. 1

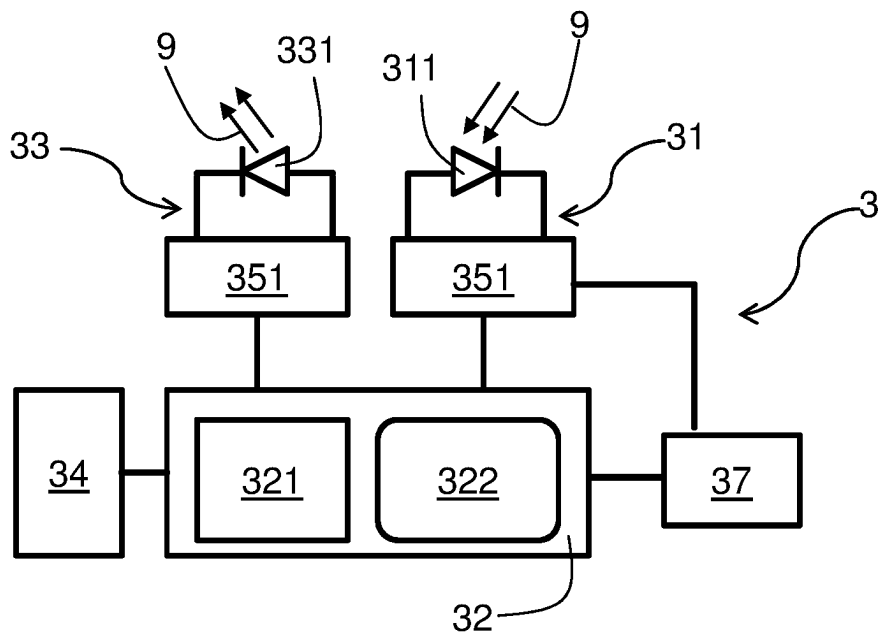


Fig. 2

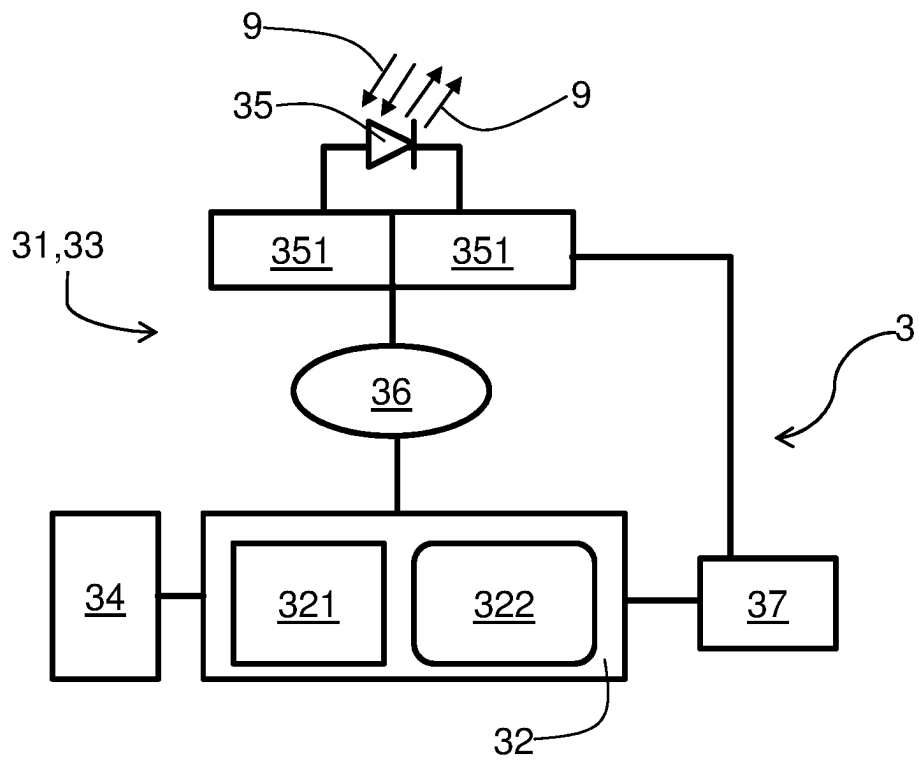


Fig. 3

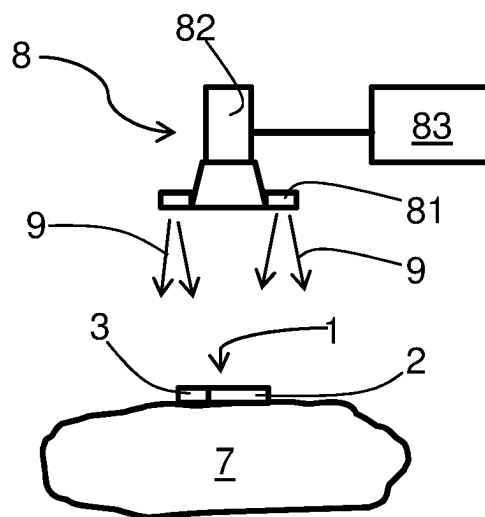


Fig. 4