

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
25. Februar 2021 (25.02.2021)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2021/032847 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/073360

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. August 2020 (20.08.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A50725/2019 21. August 2019 (21.08.2019) AT
A50726/2019 21. August 2019 (21.08.2019) AT
A50727/2019 21. August 2019 (21.08.2019) AT

(71) Anmelder: **PTS PHYTOTECH SOLUTION LTD** [CY/CY]; Serghides House, Office 102, Archiepiskopou Makariou III, 61, 6017 Larnaca (CY).

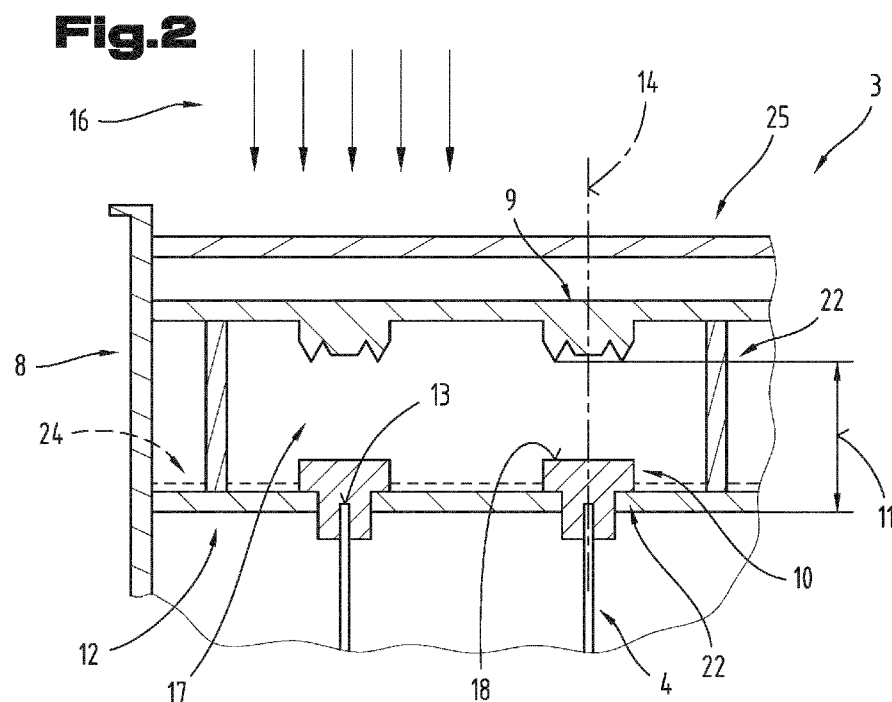
(72) Erfinder: **GRILL, Joachim**; c/o PTS PHYTOTECH SOLUTION LTD, Serghides House, Office 102, Archiepiskopou Makariou III, 61, 6017 Larnaca (CY). **STAGL, Karl**; c/o PTS PHYTOTECH SOLUTION LTD, Serghides House, Office 102, Archiepiskopou Makariou III, 61, 6017 Larnaca (CY).

(74) Anwalt: **BURGER, Hannes**; Anwälte Burger & Partner Rechtsanwalt GmbH, Rosenauerweg 16, 4580 Windischgarsten (AT).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,

(54) Title: LIGHT-COLLECTING PANEL

(54) Bezeichnung: LICHTSAMMELPANEEL



(57) Abstract: The invention relates to a light-collecting panel (3) comprising a frame (8) in which a number of light-collecting elements (9) that are next to one another, in particular in one plane, and a number of lightguides (4) corresponding to the number of light-collecting elements (9) are arranged, wherein a lightguide (4) is associated with each light-collecting element (9) and each lightguide (4) is held in a holding element (10) at a distance (11) from the light-collecting elements (9), wherein the holding elements (10) are held by a metal plate (12).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Lichtsammelpaneel (3) umfassend einen Rahmen (8), in dem eine Anzahl von, insbesondere in einer Ebene, nebeneinander angeordneten Lichtsammelementen (9) und eine der Anzahl an Lichtsammelementen



WO 2021/032847 A2

DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

(9) entsprechenden Anzahl an Lichtleitern (4) angeordnet ist, wobei jedem Lichtsammelement (9) ein Lichtleiter (4) zugeordnet ist und jeder Lichtleiter (4) jeweils in einem Halteelement (10) in einem Abstand (11) zu den Lichtsammelementen (9) gehalten ist, wobei die Halteelemente (10) von einer Metallplatte (12) gehalten sind.

Lichtsammelpaneel

Die Erfindung betrifft ein Lichtsammelpaneel umfassend einen Rahmen, in dem eine Anzahl
5 von, insbesondere in einer Ebene, nebeneinander angeordneten Lichtsammelementen und
eine der Anzahl an Lichtsammelementen entsprechenden Anzahl an Lichtleitern angeordnet
ist, wobei jedem Lichtsammelement ein Lichtleiter zugeordnet ist und jeder Lichtleiter je-
weils in einem Haltelement in einem Abstand zu den Lichtsammelementen gehalten ist.

Weiter betrifft die Erfindung eine Biomassezuchtanlage umfassend zumindest einen Tank zur
10 Aufnahme der Biomasse und zumindest ein Beleuchtungssystem, das mit dem Tank wir-
kungsverbunden ist, wobei das zumindest eine Beleuchtungssystem zumindest ein Lichtzu-
fuhrelement aufweist.

Neben den klassischen Anwendungen von Sonnenenergie in der Bereitstellung von Warm-
wasser und zur Erzeugung von elektrischem Strom ist aus dem Stand der Technik bereits be-
15 kannt, Sonnenenergie in der Herstellung von Biomasse, insbesondere Algen, einzusetzen.

So beschreibt z.B. die DE 10 2007 018 675 A1 eine Biomassezuchtanlage mit einem Behälter
zur Aufnahme biomassehaltiger wässriger Lösung, mit mindestens einem in den Behälter ge-
führten Lichtleiter zur Zufuhr von Lichtenergie zur biomassehaltigen wässrigen Lösung, und
mit einem steuerbaren Lichtleiter, der mit dem Lichtleiter zur wahlweisen Lichtzufuhr in aus-
20 gewählte Bereiche des Behälters gekoppelt ist, wobei der Behälter in Segmente aufgeteilt ist,
die jeweils mit dem Lichtleiter über den Lichtverteiler wahlweise ankoppelbare Lichtabstrahl-
flächen haben, der Lichtleiter mit einer Einheit zum Auffangen von Sonnenlicht und Leiten
der aufgefangenen Sonnenenergie in den Lichtleiter gekoppelt ist, und eine Steuerungseinheit
zur Ansteuerung des Lichtverteilers vorgesehen ist, die zur Verteilung der im Lichtleiter ver-
25 fügbaren Lichtleistungen zu den Lichtabstrahlflächen derart eingerichtet ist, dass eine zusätz-
liche Versorgung einer weiteren Lichtabstrahlfläche erfolgt, wenn die mit Lichtleistung aus
dem Lichtleiter versorgte mindestens eine Lichtabstrahlfläche mit einer zum nennenswerten
Massezuwachs der Biomasse erforderlichen Beleuchtungsstärke versorgt ist und weitere
Lichtleistung zur Verfügung steht, um die weitere Lichtabstrahlfläche ebenfalls mit einer zum
30 nennenswerten Massezuwachs der Biomasse erforderlichen Beleuchtungsstärke zu versorgen,

- 2 -

und dass eine Abschaltung an weitere Lichtabstrahlflächen derart erfolgt, dass in Abhängigkeit des kumulierten Beleuchtungszeitraums eines Segments ein vorgegebener Mindestzeitraum kumulierter Dunkelphasen bereitgestellt wird.

Die WO 2015/192159 A1 beschreibt ein Solarlinsenpaneel mit mehreren nebeneinander angeordneten Lichtsammelementen, wobei jedem Lichtsammelement ein Lichtleiter zugeordnet ist, und jeder Lichtleiter jeweils innerhalb eines Halteelementes angeordnet und von diesem gehalten ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Solarlinsenpaneel der eingangs genannten Art bzw. eine verbesserte Biomassezuchtanlage zu schaffen.

Die Aufgabe der Erfindung wird bei dem eingangs genannten Lichtsammelpaneel dadurch gelöst, dass die Halteelemente von einer Metallplatte gehalten sind.

Zudem wird die Aufgabe der Erfindung durch die eingangs genannte Biomassezuchtanlage gelöst, die ein derartiges Lichtsammelpaneel umfasst.

Von Vorteil ist, dass durch die Verwendung einer Metallplatte für die Halterung der Halteelemente nicht nur die Funktion der Halterung an sich bereitgestellt wird, sondern damit auch eine effektive Kühlung für das optische System des Lichtsammelpaneels erreicht werden kann. Im Vergleich zum aus dem Stand der Technik bekannten Kunststoffplattenmodul mit integrierten Halteelementen bietet die Metallplatte auch eine verbesserte Stabilität des Lichtsammelpaneels, insbesondere eine bessere Torsionssteifigkeit, und eine bessere Anbindung an den Metallrahmen des Lichtsammelpaneels. Es kann damit der Aufbau des Lichtsammelpaneels vereinfacht werden, sodass auch die damit ausgerüstete Biomassezuchtanlage kostengünstiger hergestellt werden kann.

Nach einer Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Metallplatte aus einem Metall oder einer Metalllegierung besteht, das/die eine Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C von mindestens 200 W/(m.K) aufweist. Damit kann eine rasche Wärmeabfuhr und damit eine Verbesserung des Kühleffektes der Metallplatte erreicht werden. Durch die raschere Wärmeabfuhr kann ein Wärmeverzug der Metallplatte besser vermieden werden, sodass darauf begründete Fehler in der Fokussierung des Sonnenlichts in die Lichtleitelemente vermieden bzw. reduziert werden können.

- 3 -

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung dazu kann vorgesehen sein, dass die Metallplatte aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung besteht, da damit nicht nur die verbesserte Kühlleistung bereitgestellt werden kann, sondern auch das Gesamtgewicht des Lichtsammelpaneels verringert werden kann. Zudem ist damit der innere Aufbau besser an Umwelteinflüsse angepasst, da zum Beispiel Kondenswasser, das gegebenenfalls gebildet werden kann, keine Korrosionsprobleme an der Metallplatte hervorruft, die wiederum die Halterung der Haltelemente und in weiterer Folge der Lichtsammelemente negativ beeinflussen können.

Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Metallplatte zumindest auf der den Lichtsammelementen zugewandten Oberfläche eine weiße Schicht aufweist. Durch diese helle Schicht kann ein höherer Reflexionsgrad des einfallenden Sonnenlichts erreicht werden, womit die Aufheizung bzw. Überhitzung des Systems zusätzlich reduziert werden kann.

Wie bereits voranstehend ausgeführt, besteht der Rahmen des Lichtsammelpaneels ebenfalls bevorzugt aus einem Metall oder einer Metalllegierung. Dabei kann gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung zur Erhöhung der Systemintegrität und damit der Systemzuverlässigkeit vorgesehen sein, dass der Rahmen aus einem Metall oder einer Metalllegierung besteht, aus dem/der auch die Metallplatte besteht.

Gemäß einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Haltelemente auf der den Lichtsammelementen zugewandten Oberfläche teilweise mit einer Rundung bzw. Freiflächen gemäß der Freiflächentechnologie versehen sind. Durch die teilweise Rundung bzw. Freiflächen der dem Sonnenlicht zugewandten Oberfläche der Haltelemente können etwaige geringfügige Verschiebungen im optischen System ausgeglichen und der Fokuspunkt zentral auf der Lichteintrittsfläche des jeweiligen Lichtleiters gehalten werden. Sonnenlicht kann damit auch bei Abweichungen von der Soll-Achse, d.h. wenn (die) Lichtsammelemente nicht exakt zur Sonne ausgerichtet sind, noch korrekt fokussiert und damit verwertet werden.

Nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung können die Haltelemente zumindest im Bereich der Metallplatte zylindrisch ausgeführt sein und einen umlaufenden Steg aufweisen, mit dem sie auf der Metallplatte aufliegen, womit die die Fertigung des Systems vereinfacht, woraus günstigere Systemkosten resultieren.

Es kann nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass die Halteelemente auf der den Lichtsammelementen abgewandten Seite eine Aufnahmekanal für den zugeordneten Lichtleiter aufweisen, wobei der Aufnahmekanal durch eine Kombination aus einem Stumpfkegel, an den ein Zylinder anschließt, gebildet ist. Durch die stumpfkegelige Ausführung eines Teils des Aufnahmekanals kann eine bessere Verdrängung von überschüssigem Kleber beim Verkleben der Lichtleiter mit den Halteelementen erreicht werden.

Es kann dabei nach einer Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass die Lichtleiter ausschließlich im Bereich des Stumpfkegels mit den Halteelementen verklebt sind, womit eine Beeinträchtigung des Bereichs der Lichteinkopplung in die Lichtleiter durch den Kleber vermieden werden kann. Insbesondere kann damit auch das Vergilben des Klebers infolge der Sonneneinstrahlung besser verhindert werden bzw. stört eine Vergilbung die Einkopplung des Lichts in die Lichtleiter nicht.

Die Erfindung betrifft auch einen Sensor zur Bestimmung der Lichtleistung einer Lichtquelle, umfassend eine Messanordnung mit einem Messelement zur Erfassung zumindest eines Parameters zumindest eines in die Messanordnung eintretenden Lichtstroms, zumindest ein Lichtleitelement und/oder zumindest ein Anschlusselement für ein Lichtleitelement, und zumindest eine elektronische Bau-gruppe zur Verarbeitung des von dem Messelement erfassten Parameters des Lichts.

Weiter betrifft die Erfindung ein Trackingsystem für ein Lichtsammelpaneel umfassend zumindest einen Antrieb zur Verstellung der relativen Position des Lichtsammelpaneels zur Sonne, wobei das Trackingsystem weiter zumindest einen Sensor umfasst, mit dem zumindest ein Parameter des Sonnenlichts bestimmt wird.

Zudem betrifft die Erfindung ein Lichtsammelpaneel mit einem Trackingsystem zur Nachstellung der relativen Stellung des Lichtsammelpaneels zur Sonne.

Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Ausrichtung und Nachführung eines Lichtsammelpaneels an die Sonnenposition mittels eines Trackingsystems.

Der vorliegenden Erfindung liegt weiter die Aufgabe zugrunde, die Sonnenlichtausbeute eines Lichtsammelpaneels zu verbessern, insbesondere für die Beleuchtung eines Tanks einer Biomassezuchtanlage.

- 5 -

Diese Aufgabe der Erfindung wird bei dem eingangs genannten Sensor dadurch gelöst, dass die Messanordnung einen Hohlkörper mit ebenen Seitenflächen umfasst, wobei der Hohlkörper eine diffus reflektierende Innenoberfläche aufweist, und wobei das Messelement in dem Hohlkörper angeordnet ist.

- 5 Weiter wird die Aufgabe der Erfindung mit dem eingangs genannten Trackingsystem gelöst, bei dem der Sensor erfindungsgemäß ausgebildet ist.

Darüber hinaus wird die Aufgabe der Erfindung mit eingangs genannten Lichtsammelpaneel, bei dem das Trackingsystem erfindungsgemäß ausgebildet ist.

- 10 Zudem wird die Aufgabe der Erfindung durch die eingangs genannte Biomassezuchtanlage gelöst, bei der das zumindest eine Lichtzufuhrelement zumindest ein erfindungsgemäßes Lichtsammelpaneel aufweist.

Die Aufgabe der Erfindung wird auch durch das eingangs genannte Verfahren zur Ausrichtung und Nachführung eines Lichtsammelpaneels an die Sonnenposition mittels eines Trackingsystems gelöst, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- 15 - a) Ermittlung „Null“ Positionen des Lichtsammelpaneels durch Bestimmung von dessen Elevation und dessen Azimut durch die Tracker mittels Endschalter und mit einem Sensor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 und Übermittlung dieser Daten an eine Datenverarbeitungsanlage;
- 20 - b) Bestimmung der durch Datum und Zeit vorgegebenen Position der Sonne durch die Datenverarbeitungsanlage und Übermittlung dieser Daten an das Trackingsystem;
- c) Verfahren des Lichtsammelpaneels anhand dieser Daten in die vorgegebene Position;
- 25 - d) Veränderung der Position des Lichtsammelpaneels zur Sonne in einem Winkelbereich zwischen $0,1^\circ$ und 5° und Bestimmung von Azimut und Elevation des Lichtsammelpaneels solange, bis in dem Sensor die höchste erzielbare Lichtleistung ermittelt wird und Berechnung der Abweichung von der mathematischen Position;
- e) Neuausrichtung des Lichtsammelpaneels anhand der so ermittelten Abweichung durch Addition dieser Abweichung zu der ursprünglichen mathematischen Position;
- Gegebenenfalls Wiederholung der Schritte d) und e).

- 6 -

Von Vorteil ist, dass mit dem Sensor eine Nachführgenauigkeit von $0,05^\circ$ erreicht wird. Diese Genauigkeit liegt um den Faktor 20 über aktuell verfügbaren kommerziellen Tracking-Sensoren. Das System und das Verfahren ermöglichen eine praktisch permanente extrem genaue Nachführung eines Lichtsammelpaneels oder auch eines Photovoltaik-Moduls zur tatsächlichen Sonnen-Bahn. Der Sensor hat keine beweglichen Teile und das System ist komplett von
5 äußeren Umwelteinflüssen abgekapselt montierbar. Durch die diffus reflektierende Innenoberfläche des Hohlkörpers ist keine Richtungsabhängigkeit des einstrahlenden bzw. in den Hohlraum eingekoppelten Sonnenlichts vorhanden, sodass also der zu bestimmende Parameter des Lichts richtungsunabhängig bestimmt werden kann. Das Verfahren und das Tracking-
10 system können daher selbstlernend sein. Es ist damit eine zumindest annähernd exakt 90° des Paneels oder Moduls zum einfallenden Sonnenlicht erreichbar und erhaltbar. Zudem können mit dem Sensor minimale Bautoleranzen von damit ausgerüsteten Modulen ausgeglichen werden.

Nach einer Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass zur Erhöhung der
15 Messgenauigkeit die Messanordnung zumindest drei, insbesondere zumindest sechs, Lichtleit-
elemente und/oder zumindest drei, insbesondere zumindest sechs, Anschlüsselemente für
Lichtleit-elemente aufweist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das
20 Messelement zumindest eine Photodiode aufweist, beispielsweise durch einen Luxmeter-Chip
gebildet ist. Es ist damit eine messtechnisch robuste und generell kompakte Bauweise des
Sensors möglich.

Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die
elektronische Baugruppe eine Datenverarbeitungseinheit aufweist. Es ist damit möglich be-
reits im Sensor selbst Daten zu verarbeiten, womit die benötigten Rechnerleistungen der ein-
25 zeln Systembestandteile reduziert werden können. Damit ist wiederum ein raschere Nach-
führung von Lichtsammelpaneelen oder Photovoltaikmodulen einer Anlage mit mehreren der-
artigen Elementen möglich. Es ist damit auch einfacher möglich, die Paneele oder Module
von mehreren Anlagen an verschiedenen Standorten zu steuern.

Gemäß einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das Tra-
30 ckingsystem eine Datenverarbeitungsanlage mit einem Speicher aufweist, wobei in dem Spei-
cher Daten zur Position des zumindest einen Sensors oder bei mehr als einem Sensor Daten

- 7 -

zur Position jedes einzelnen Sensors gespeichert sind, und dass weitere Daten zum Datum und zum Uhrzeit bezogenen Sonnenstand des Aufstellungsortes des Lichtsammelpaneels sowie gegebenenfalls die Ausgangsposition des zumindest einen Antriebs hinterlegt sind. Die Nachfahrergenauigkeit und der Selbstlerneffekt können damit verbessert werden.

5 Es kann dabei nach einer Ausführungsvariante des Verfahrens vorgesehen sein, dass mit dem Sensor in vorzugebenden Intervallen Korrekturwerte für Azimut und Elevation ermittelt werden und diese Werte einer in der Datenverarbeitungsanlage hinterlegten Ephemeridenkurve überlagert werden, womit eine weitere Verbesserung der Nachfahrergenauigkeit des Lichtsammelpaneels oder des Photovoltaikmoduls erreicht werden kann.

10 Die Erfindung betrifft weiter ein Beleuchtungselement umfassend ein erstes Rohr mit einem ersten und einem zweiten Ende, wobei an dem ersten Ende zumindest ein Anschluss für eine Lichtquelle angeordnet ist, und das Rohr zumindest teilweise aus einem transparenten Werkstoff besteht, und wobei das Beleuchtungselement eine äußere Oberfläche aufweist.

15 Weiter betrifft die Erfindung eine Biomassezuchtanlage umfassend zumindest einen Tank zur Aufnahme der Biomasse und zumindest ein Beleuchtungssystem, das mit dem Tank wirkungsverbunden ist, wobei das zumindest eine Beleuchtungssystem zumindest ein Beleuchtungselement aufweist.

Der vorliegenden Erfindung liegt auch die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Beleuchtungselement der eingangs genannten Art bzw. eine verbesserte Biomassezuchtanlage zu schaffen.

20 Diese Aufgabe der Erfindung wird bei dem eingangs genannten Beleuchtungselement dadurch gelöst, dass das Rohr mit einer transparenten Flüssigkeit gefüllt ist.

Zudem wird die Aufgabe der Erfindung durch die eingangs genannte Biomassezuchtanlage gelöst, die ein derartiges Beleuchtungselement umfasst.

25 Von Vorteil ist, dass mit einer derartigen Ausführung des Beleuchtungselementes kein optischer Film mehr benötigt wird, wie dies bei aus dem Stand der Technik, beispielsweise der WO 2018/167721 A1, bekannten Systemen, der Fall ist. Das Rohr funktioniert aufgrund seiner Füllung mit einer Flüssigkeit nach dem Prinzip der Totalreflexion, es entsteht - optisch betrachtet - ein rund 20 cm dicker „Vollstab“, der aus Vollmaterial nicht herstellbar wäre.

- 8 -

Dieses System hat deutliche Wirkungsgradvorteile, weil ein sehr hoher Anteil des eintreffenden Lichtes wieder ausgekoppelt werden kann, Medienübergänge finden nicht mehr statt.

Nach einer Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das erste Rohr außen von einem weiteren Rohr umgeben ist, das ein erstes und ein zweites Ende aufweist, und
5 das anstelle des ersten Rohres die äußere Oberfläche des Beleuchtungselementes bildet. Das Beleuchtungselement ist damit besser an den Einsatz in aggressiveren und/oder bewegten Medien, wie zum Beispiel ein bewegtes Salzwasser in einem Algenreaktor, angepasst, da das weitere Rohr einen Schutz für das erste Rohr bildet. Zudem kann dieses Rohr eine höhere
10 Wandstärke als das erste Rohr aufweisen, womit das Beleuchtungselement auch besser an höhere (hydrostatische) Drücke anpassbar ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die transparente Flüssigkeit durch ein stabilisiertes, destilliertes Wasser oder Silikonöl gebildet ist, da damit das Beleuchtungselement sehr gute optische Eigenschaften aufweist. Bei Einsatz
15 von stabilisiertem, destilliertem Wasser ist im Falle eines Bruches oder eines Lecks zudem keine Gefahr für die Umwelt gegeben, insbesondere auch nicht für den Biomassetankinhalt der Biomassezuchtanlage.

Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass an dem zweiten Ende des ersten Rohres ein Reflektorelement angeordnet ist. Mit dem Reflektorelement kann der Wirkungsgrad erhöht werden, so-dass zumindest annähernd 100% des eingekoppelten Lichtes wieder ausgekoppelt werden kann.
20

Zur besseren Verteilung des in das Beleuchtungselement eingekoppelten Lichts über die Länge des ersten Rohres kann vorgesehen sein, dass das erste Rohr auf seiner Außenseite zumindest teilweise mit einem Muster versehen ist. Das Muster kann beispielsweise durch eine weiße Bedruckung gebildet sein.

Zur weiteren Verbesserung dieses Effekts kann nach einer Ausführungsvariante der Erfindung dazu vorgesehen sein, dass das Muster durch Musterelemente gebildet ist, die über den Verlauf der Länge des ersten Rohres mit geringer werdendem Abstand zueinander angeordnet ausgebildet werden.
25

- 9 -

Gemäß einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass an der Außenseite des Beleuchtungselementes Strömungselemente angeordnet sind und/oder die Außenseite mit einer Oberflächenstrukturierung ausgebildet ist. Durch diese Maßnahme(n) kann ermöglicht werden, dass an der Außenseite eine laminare Strömung vorherrscht, beispielsweise des Tankinhalts einer Biomassezuchtanlage, womit die Bildung eines Biofilms an der Außenseite und damit eine Reduktion der Lichtausbeute vermieden bzw. reduziert werden kann.

Aus dem gleichen Grund kann vorgesehen sein, das erste und/oder das weitere Rohr an dem zweiten Ende kuppelförmig ausgebildet ist/sind.

10 Zur Verbesserung des Wirkungsgrades des Beleuchtungselementes kann nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass am ersten Ende des ersten Rohres und/oder des weiteren Rohres ein Anschlusselement mit zumindest einem Verbindungselement für ein Lichtleitelement angeordnet ist, wobei das Verbindungselement und/oder das Lichtleitelement in die transparente Flüssigkeit eintaucht/eintauchen. Es kann damit auch ein
15 zusätzlicher Medienübergang bei der Einleitung des Lichts in das Beleuchtungselement vermieden werden. Zudem kann durch das Eintauchen des Verbindungselements und/oder das Lichtleitelements eine Verbesserung der Kühlung der Lichtaustrittsfläche erreicht werden.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

20 Es zeigen jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

Fig. 1 einen Ausschnitt aus einer Biomassezuchtanlage;

Fig. 2 einen Ausschnitt aus einem Lichtsammelpaneel im Längsschnitt;

Fig. 3 ein Halteelement im Längsschnitt;

Fig. 4 ein Beleuchtungselement;

25 Fig. 5 einen Ausschnitt aus dem Beleuchtungselement nach Fig. 4;

Fig. 6 einen anderen Ausschnitt aus dem Beleuchtungselement nach Fig. 4;

Fig. 7 einen Ausschnitt aus einer Ausführungsvariante eines Beleuchtungselementes;

- 10 -

Fig. 8 einen Ausschnitt aus einer Biomassezuchtanlage mit Sensor und Trackingsystem;

Fig. 9 einen Bodenreflektor in Seitenansicht geschnitten;

Fig. 10 eine Ausführungsvariante von Strömungselementen.

Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen
5 gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind
10 diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

In Fig. 1 ist eine bevorzugte Ausführungsvariante der Anwendung der Erfindung dargestellt. Es sei jedoch bereits an dieser Stelle erwähnt, dass die Erfindung auch anderwärtig eingesetzt werden kann.

Die Fig. 1 zeigt eine Biomassezuchtanlage 1. Diese umfasst zumindest ein Beleuchtungselement 2, das Teil des Beleuchtungssystems ist. Das Beleuchtungselement 2 ist mit zumindest
15 einem Lichtsammelpaneel 3 (auch als Lichtkonzentrationspaneel bezeichnbar) wirkungsvoll verbunden. Im Lichtsammelpaneel 3 wird Sonnenlicht aufgenommen und über zumindest einen Lichtleiter 4 an das Beleuchtungselement 2 weitergeleitet. Das Beleuchtungselement 2 ist innerhalb eines Tanks 5 angeordnet, der die Biomasse aufnimmt, beispielsweise Algen. Weiter
20 kann die Biomassezuchtanlage 1 zumindest ein Trackingsystem 6 aufweisen.

Gegebenenfalls kann zur Verteilung/Aufteilung des Lichts zwischen dem zumindest einem Lichtsammelpaneel 2 und dem zumindest einen Tank 5 noch ein Lichtverteilungselement 7 angeordnet sein.

Da derartige Biomassezuchtanlagen 30 prinzipiell aus dem Stand der Technik bekannt sind,
25 sei zu weiteren Einzelheiten dazu auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass generell in Anwendungen der Erfindung, also beispielsweise der Biomassezuchtanlage 1, mehrere Beleuchtungselemente 2 und/oder mehrere Lichtsammelpaneele 3 und/oder mehrere Lichtleiter 4 und/oder mehrere Tanks 5 und/oder mehrere Trackingsysteme 6 vorhanden sein können (= Bausteine der Erfindung). Da diese Bausteine

- 11 -

der Erfindung vorzugsweise jeweils gleich ausgebildet sind, wird im Folgenden jeweils nur einer dieser Bausteine behandelt. Die jeweiligen Ausführungen dazu können somit auch auf die weiteren gleichen Bausteine der Erfindung angewandt werden.

In Fig. 2 ist ein Ausschnitt aus einem Lichtsammelpaneel 3 im Schnitt gezeigt.

5 Das Lichtsammelpaneel 3 umfasst einen Rahmen 8, in dem eine Anzahl von, insbesondere in einer Ebene, nebeneinander angeordneten Lichtsammelementen 9 und eine der Anzahl an Lichtsammelementen 9 entsprechenden Anzahl an Lichtleitern 4 angeordnet ist, wobei je-

10 Haltelemente 10 sind von einem Metallelement, das bevorzugt die Form einer Metallplatte 12 hat, gehalten.

Die Lichtsammelemente 9 sind als Sammellinsen ausgebildet, beispielsweise als sogenannte plankonvexe Linsen. Vorzugsweise sind die Lichtsammelemente 9 als Fresnel-Linsen ausgebildet. Da Fresnel-Linsen prinzipiell bekannt sind, sei dazu auf den dafür einschlägigen

15 Stand der Technik verwiesen. Es kann aber auch eine andere geeignete Linsenform verwendet werden.

Die Lichtleiter 4 weisen Lichteintrittsflächen 13 auf, die den Lichtsammelementen 9 zugewandt sind und im rechten Winkel zu optischen Achse 14 des Lichtsammelemente 9 stehen. Vorzugsweise verlaufen die optischen Achse 14 durch die Mittelpunkte der Lichteintrittsflächen 13 de mit zumindest annähernd kreisrundem Querschnitt ausgeführten Lichtleiter 4. Die

20 Lichteintrittsflächen 13 der Lichtleiters 4 sind von dem Lichtsammelementen 9 in dem Abstand 11 angeordnet, wobei jeweils ein Lichtleiter 4 unterhalb eines Lichtsammelementes 9 angeordnet ist.

Die Abstände 11 zwischen den Lichtsammelementen 9 und den Lichteintrittsfläche 13 der Lichtleiters 4 entsprechen der Brennweite der Lichtsammelemente 9. Die Brennweite ist bekanntermaßen definiert als der Abstand einer Hauptebene der Lichtsammelemente 9 von deren Brennpunkten. Mit anderen Worten ausgedrückt wird also einfallendes Licht 16 von dem

25 Lichtsammelementen 9 genau auf die Lichteintrittsflächen 13 der Lichtleiter 4 fokussiert.

- 12 -

Wie im Folgenden noch näher erläutert sind die Lichtleiter 4 in Haltelementen 10 gehalten. Diese weisen Freiflächen auf die dank Freiflächentechnologie omnidirektional funktionieren und das System somit unempfindlich gegen Fehlfokussierungen machen. Sonnenlicht kann also auch bei groben Abweichungen der/von Lichtsammeelemente(n) 9 von der Soll-Achse
5 noch korrekt fokussiert und damit verwertet werden.

Der Abstand 11 zwischen den Lichtsammeelementen 9 und den Lichteintrittsflächen 13 der Lichtleiters 4 entspricht bevorzugt maximal der Brennweite der Lichtsammeelemente 9 mit einem Toleranzbereich von ± 1 mm.

Es sei darauf hingewiesen, dass die Begriffe „optische Achse“, „Brennweite“ und „Brennpunkt“
10 entsprechend der üblichen Bedeutung in der Optik verwendet werden.

Zwischen den Lichtsammeelementen 9 und den Lichtleitern 4 sind, gegebenenfalls mit Ausnahme der Haltelemente 10, bevorzugt keine weiteren optischen Elemente, d.h. keine Sekundäroptik, angeordnet. Der Bereich 17 zwischen den Lichtsammeelementen 9 und den Lichteintrittsflächen 13 der Lichtleiter 4 ist also frei von lichtbrechenden und frei von lichtumlenkenden Elementen. Der Bereich 17 zwischen den Lichtsammeelementen 9 und den Lichteintrittsflächen 13 der Lichtleiter 4 kann gegebenenfalls mit einem Gas gefüllt oder evakuiert
15 sein.

Weiter besteht zwischen den Lichtleitern 4 und den Lichtsammeelementen 9 keine direkte mechanische Verbindung.

In der bevorzugten und in Fig. 2 dargestellten Ausführungsvariante des Lichtsammelpaneels 3 sind die Lichteintrittsflächen 13 innerhalb der Haltelementes 10 angeordnet. Ein Abstand zwischen den, den Lichtsammeelementen 9 zugewandten Endflächen 18 der Haltelemente 10 und der Lichtsammeelementes 9 ist also bevorzugt kleiner als der Abstand 8 zwischen den Lichtsammeelementen 9 und den Lichteintrittsflächen 13 der Lichtleiters 4.

Die Lichtleiter 4 sind bevorzugt mit den Haltelementen 10 verklebt. Für die Verklebung innerhalb der Haltelementes 10 ist bevorzugt vorgesehen, dass die Haltelemente 10 Aufnahmekanäle 19, insbesondere Sacklochbohrungen aufweisen, wie dies besser aus Fig. 3 zu ersehen ist, die einen Schnitt durch eine bevorzugte Ausführungsvariante eines Haltelementes 10 (vorzugsweise sind alle Haltelemente 10 eines Lichtsammelpaneels 3 gleich ausgebildet)

- 13 -

zeigt. Der Querschnitt dieser Aufnahmekanäle 19 ist bevorzugt größer als der Querschnitt des Lichtleiters 4 in gleicher Richtung betrachtet. Es wird damit möglich, zwischen den Lichtleitern 4 und den Wänden der Aufnahmekanäle 19 zumindest einen Freiraum auszubilden, über den die Luft, die sich in den Aufnahmekanälen 19 befindet, durch den Kleber, der durch das
5 Einführung des Lichtleiters 4 in die Aufnahmekanäle 19 verdrängt wird, entweichen kann. Durch den verdrängten Kleber kann zudem eine Versiegelung der Aufnahmekanäle 19 an der Unterseite des Halteelementes 10, an der der Lichtleiter 4 aus dem Halteelement 10 austritt, erreicht werden.

Die Aufnahmekanäle 19 können beispielsweise einen ovalen, viereckigen, z.B. quadratischen
10 Querschnitt aufweisen. Die Lichtleiter 4 weisen bevorzugt einen zumindest annähernd kreisrunden Querschnitt auf.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung sind die Aufnahmekanäle 19 der Halteelemente 10 jeweils durch eine Kombination aus einem Stumpfkegel 20 (Kegelstumpf), an den ein Zylinder 21 in Richtung auf die den Lichtsammелеlementen 9 zugewandten Endflächen 18 der Halteelementen 10 anschließt, gebildet, wie dies die Fig. 3 zeigt. Die
15 axiale Länge der Stumpfkegel 20 und/oder der Zylinder 21 kann verschieden gestaltet werden, wie dies die Fig. 3 anhand einer strichliert dargestellten Verlängerung des Zylinders 21 darstellt. Die Aufnahmekanäle 19 enden aber bevorzugt genau in der Ebene des Fokuspunktes (Brennpunktes).

20 Die Lichtleiter 4 werden vorzugsweise so in den Aufnahmekanälen 19 angeordnet, dass die Lichteintrittsflächen 13 der Lichtleiter 4 unmittelbar an den jeweiligen Bodenflächen 22 der Aufnahmekanäle 19 anliegen.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung erfolgt die Verklebung der Lichtleiter 4 mit den Halteelementen 10 ausschließlich im Bereich der Stumpfkegel
25 20.

Durch die Vermeidung von Lufteinschlüssen zwischen den Lichtleitern 4 und den Halteelement 10 kann eine Veränderung des optischen Verhaltens der Kombination Halteelement 14/Lichtleiter 4 und eine gegebenenfalls auftretende Überhitzung der Lichtleiters 4 im Bereich der Lichteintrittsflächen 13 besser vermieden werden.

- 14 -

Als Kleber wird bevorzugt ein UV-beständiger Kleber verwendet. Es ist weiter bevorzugt, wenn der Kleber keine optische Brechung des hindurchtretenden Lichts hervorruft.

Das Haltelemente 10 sind in der bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung aus einem lichtdurchlässigen (transparenten) Werkstoff gebildet. Die Haltelemente 10 können derart ausgebildet sein, dass in den Haltelementen 10 keine Lichtumlenkung stattfindet. Es kann also auch damit zwischen den Lichtsammelementen 9 und den Lichteintrittsflächen 13 der Lichtleiter 4 kein optisch aktives (im Sinne von Lichtumlenkung) Element angeordnet sein. Die Endfläche 18 der Haltelemente 10 sind vorzugsweise glänzend oder hochglänzend (aber nicht reflektierend) ausgebildet. Zudem können die Endfläche 18 parallel zur voranstehend genannten Hauptebene der Lichtsammelemente 9 und auch zu den Lichteintrittsflächen 13 der Lichtleiters 4 orientiert sind.

In der bevorzugten und in Fig. 3 gezeigten Ausführungsvariante der Erfindung bzw. der Haltelemente 10 sind die Endflächen 18 der Haltelemente 10 aber auf der den Lichtsammelementen 9 zugewandten Oberfläche 18 teilweise mit einer Rundung versehen. Die Rundung erstreckt sich nur über einen Teilbereich, insbesondere einen Randbereich, wobei der Rest der Oberflächen 18 eben ausgeführt sein kann, wie dies in Fig. 3 dargestellt ist. Die Rundungen können z.B. kugelscheibenförmig, ellipsoidscheibenförmig, etc., ausgebildet sein.

Es ist weiter bevorzugt, wenn die Haltelemente 10 aus einem Werkstoff bestehen, der einen Brechungsindex aufweist, der um nicht mehr als 5 %, insbesondere um nicht mehr als 3 %, vom Brechungsindex des Werkstoffes der Lichtleiters 4 abweicht. Vorzugsweise findet also in den Haltelementen 10 keine weitere Lichtbrechung statt.

Die Lichtsammelemente 9 und/oder die Haltelemente 10 können zumindest teilweise, vorzugsweise zur Gänze, aus einem polymeren, synthetischen Kunststoff hergestellt sein. Als Kunststoff kann beispielsweise Polymethylmethacrylat (PMMA), Polycarbonat (PC) oder Polystyrol (PS) bzw. generell ein hochtransparenter Kunststoff verwendet werden.

Die Lichtleiter 4 können aus Glas oder aus einem polymeren, synthetischen Kunststoff bestehen, beispielsweise aus Polymethylmethacrylat (PMMA), Polycarbonat (PC) oder Polystyrol (PS).

- 15 -

Die Leiter 4 und die Halteelemente 10 können aus dem gleichen polymeren Werkstoff oder aus verschiedenen Werkstoffen bestehen.

Vorzugsweise ist jeder Lichtleiter 4 in einem eigenen Halteelement 10 angeordnet. Die Halteelemente 10 sind nicht direkt miteinander verbunden. Die Halteelemente 10 sind vorzugsweise in Form eines Zylinders ausgebildet.

Zur beabstandeten Halterung der Lichtsammelemente 9 von der Lichtleitern 4 können zwischen diesen mehrere (stabförmige) Abstandhalter 22 angeordnet sein. Diese stützen sich bevorzugt auf der Metallplatte 12 ab. Die Lichtsammelemente 9 sind bevorzugt zu plattenförmigen (gegebenenfalls einstückigen) Lichtsammelement-Modulen mit jeweils mehrere Lichtsammelementen 9 zusammengefasst, die auf den Abstandhaltern 22 aufliegen. Die Abstandhalter 22 können gegebenenfalls in Bohrungen bzw. Ausnehmungen in der Metallplatte 12 und den Lichtsammelement-Modulen (formschlüssig) aufgenommen sein. Eine stoffschlüssige oder kraftschlüssige Verbindung der Abstandhalter mit der Metallplatte 12 und den Lichtsammelement-Modulen ist ebenfalls möglich.

Diese Abstandhalter 22 befinden sich neben den Halteelementen 10, also im Sinne der Erfindung nicht im Bereich unmittelbar unterhalb der Lichtsammelemente 9 und zwischen den Lichtsammelementen 9 und den Lichtleiter 4 und haben keine optische Funktion im Sinne von Lichtleitung oder Lichtumlenkung.

Wie bereits voranstehend ausgeführt, sind die Halteelemente 10 in der Metallplatte 12 gehalten. Dazu kann die Metallplatte 12 in Form eine Lochplatte ausgeführt sein, wobei die Löcher einen Durchmesser aufweisen, der dazu geeignet ist, die Halteelemente 10 hineinzustecken. Die Halteelemente 10 können mit der Metallplatte 12 verbunden sein. Bevorzugt sind die Halteelemente 10 alternativ oder zusätzlich zur Verbindung mit der Metallplatte 12 zumindest im Bereich der Metallplatte 12 zylindrisch ausgeführt und weisen einen umlaufenden Steg 22 auf, mit dem sie auf der Metallplatte 12 aufliegen. Die Stege 22 können durch eine Querschnittserweiterung der Halteelemente 10 gebildet sein, die Auflageschultern für die Halteelemente 10 bilden. Die Stege 22 können sich von der Metallplatte 12 bis zu den Endflächen 18 der Halteelemente 10 erstrecken. Es sind aber auch andere form-, stoff- oder kraftschlüssige Verbindungen zwischen den Halteelementen 10 und der Metallplatte 12 einsetzbar.

- 16 -

Obwohl in der bevorzugten Ausführungsvariante des Lichtsammelpaneels 3 nur eine einzige Metallplatte 12 für alle dem Lichtsammelpaneel 3 zugeordneten Halteelemente 10 vorhanden ist, können auch mehrere kleiner Metallplatten 12 in dem Lichtsammelpaneel 3 anstelle einer großen Metallplatte eingesetzt werden.

- 5 Die Metallplatte 12 übernimmt neben der Funktion der Halterung der Halteelemente 10 auch die Funktion der besseren Kühlung der Halteelemente 10 und der darin enthaltenen Lichtleiter 4. Dazu kann die Metallplatte 12 gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung aus einem Metall oder einer Metalllegierung bestehen, das/die eine Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C von mindestens 200 W/(m.K) aufweist. Beispielsweise kann die Metallplatte 12 aus
10 Kupfer oder einer Kupferlegierung bestehen. In der bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung besteht die Metallplatte 12 aber aus Aluminium bzw. einer Aluminiumlegierung.

- Nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Metallplatte 12 zumindest auf der den Lichtsammelementen 9 zugewandten Oberfläche eine Reflexionsschicht 24 aufweist. Die Reflexionsschicht 24 ist bevorzugt weiß ausgeführt, kann
15 aber auch hellgrau, etc., bzw. generell hell ausgeführt sein. Beispielsweise kann die Reflexionsschicht 24 durch eine matte Lackierung, z.B. auf Alkydharzbasis, eine Pulverbeschichtung, z.B. ein Pulverlack, oder eine Folie, jeweils in einer der angegebenen Farben, gebildet sein. Über diese Reflexionsschicht 24 kann eine verstärkte Reflexion des einfallenden Lichts 16 und damit eine Verbesserung der Kühlung erreicht werden.

- 20 Die Reflexionsschicht 24 kann durch Beschichtung der Metallplatte 12 auf dieser erzeugt sein. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass die Reflexionsschicht 24 aufgedruckt, aufgeklebt, etc., ist.

Es ist auch möglich, dass die gesamte Metallplatte 12 mit einer derartigen Reflexionsschicht 24 ausgestattet ist.

- 25 Wie voranstehend ausgeführt weist das Lichtsammelpaneel 3 den Rahmen 8 auf, der das optische System des Lichtsammelpaneels 3 umgibt, also dessen seitlichen Abschluss bildet. Das Lichtsammelpaneel 3 weist weiter einen nicht näher dargestellten Boden und eine transparente Abdeckung 25 auf, die vom Rahmen 8 gehalten wird. Der Rahmen 8 und der Boden können auch einstückig als Wanne ausgeführt sein.

- 17 -

Vorzugsweise besteht der Rahmen 8 ebenfalls aus einem metallischen Werkstoff, wobei gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung der Rahmen 8 aus dem Metall oder der Metalllegierung besteht, aus dem/der auch die Metallplatte 12 besteht, also beispielsweise aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung.

- 5 Die Abdeckung 25 besteht bevorzugt aus Glas, insbesondere aus einem entspiegelten Glas, das gegebenenfalls einen UV-Filter aufweist.

- Zur Ausleitung des gebündelten Lichts aus dem Lichtsammelpaneel 3 können an diesem, beispielsweise am Rahmen 8, Stecker oder Kupplungen, beispielsweise handelsübliche POF-Stecker (POF = polymeric optical fibre) vorgesehen sein. Die Lichtleiter 4 können dabei im
10 Lichtsammelpaneel 3 zu einem oder mehreren Faserbündel gebündelt werden.

Vorzugsweise werden die Lichtleiter 4 durch den Rahmen 8 hindurchgeführt, beispielsweise mittels Kabelverschraubungen, z.B. PG Kabelverschraubungen.

Das Lichtsammelpaneel 3 weist eine verbesserte Stabilität und Festigkeit auf.

- Über die Haltelemente 10 mit der gerundeten Endfläche 18 kann eine zusätzliche Fokussierung stattfinden, sodass die Haltelemente 10 auch als Fokussierungszylinder bezeichnet werden können. Die Fokussierungszylinder weisen an ihrer optischen Oberseite „gerundete Freiflächen“ auf, um etwaige geringfügige Verschiebungen im Optischen System ausgleichen zu können und den Fokuspunkt zentral zu halten. Das System ist omnidirektional für den Lichteintritt. Die Haltelemente 10 dienen als nicht nur der Temperaturableitung, wie dies im Stand
15 der Technik der Fall ist.

- Das Lichtsammelpaneel 3 wird insbesondere für ein Beleuchtungssystem verwendet, beispielsweise um damit Sonnenlicht in das Innere eines Gebäudes zu leiten. In der bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung wird das von dem Lichtsammelpaneel 3 aufgefangenen Sonnenlicht aber zur Versorgung von Biomasse, insbesondere Algen, mit Licht verwendet,
25 um deren Wachstum im technischen Stil zu verbessern bzw. zu ermöglichen. Dazu wird das Sonnenlicht aus dem Lichtsammelpaneel 3 an das Beleuchtungselement 2 weitergeleitet. Das Beleuchtungselement 2 ist zumindest teilweise innerhalb des Tanks 5 angeordnet.

Eine bevorzugte Ausführungsvariante des Beleuchtungselements 2 ist (teilweise ausschnittsweise) in den Fig. 4 bis 6 dargestellt.

- 18 -

Das Beleuchtungselement 2 weist ein erstes Rohr 26 mit einem ersten Ende 27 und einem entlang einer Längsmittelachse 28 durch das erste Rohr 26 dem ersten Ende 27 gegenüberliegenden zweiten Ende 29 auf. An dem ersten Ende 27 des ersten Rohres 26 ist ein Anschlusselement 30 für eine Lichtquelle angeordnet. Nachdem das Beleuchtungselement 2 für verschiedenste Anwendungen eingesetzt werden kann, und insbesondere dafür dient, Licht möglichst gleichmäßig zu verteilen, kann die Lichtquelle eine beliebige, geeignete Lichtquelle sein. In der bevorzugten Ausführungsvariante dient das Beleuchtungselement 2 jedoch zur Verteilung von Sonnenlicht, insbesondere zur Einkopplung von Sonnenlicht in den Tank 5 der Biomassezuchtanlage 1. Demzufolge ist die Lichtquelle bevorzugt Sonnenlicht. Das Sonnenlicht kann über das Beleuchtungselement 2 aber beispielsweise auch zur Beleuchtung eines Raumes verwendet werden.

Das Anschlusselement 30 ist besser aus Fig. 6 zu ersehen. Das Anschlusselement 30 ist insbesondere plattenförmig ausgebildet. Bevorzugt weist es POF-Stecker 31 oder Kupplungen für POF-Stecker auf. Es ist damit der direkte Anschluss von Lichtleitern 4 an dem Anschlusselement 30 möglich, also insbesondere der Lichtleiter 4, die das Licht von der Lichtsammelpaanel 3 (Fig. 1) an das Beleuchtungselement 2 weiterleiten.

Das Anschlusselement 30 bildet insbesondere einen Deckel für das erste Rohr 26. Bevorzugt bildet es ein Abdichtelement, da damit das erste Rohr 26 gegebenenfalls dichtend verschlossen werden kann. Dabei sind auch die POF-Stecker 31 oder die Kupplungen hierfür flüssigkeitsdicht verschlossen.

Am zweiten Ende 29 kann das erste Rohr 26 ein Bodenelement 32 aufweisen.

Das erste Rohr 26 ist aus einem transparenten Werkstoff gebildet. Bevorzugt ist es aus einem transparenten Kunststoff gebildet, beispielsweise aus Polymethylmethacrylat (PMMA), Polycarbonat (PC) oder Poly-styrol (PS).

Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, dass „transparent“ im Sinne der Erfindung bedeutet, dass der Werkstoff zumindest für sichtbares Licht im Wellenlängenbereich zwischen 350 nm und 750 nm durchlässig ist. Der Werkstoff kann aber zusätzlich noch für andere Wellenlängen aus dem nicht sichtbaren Bereich durchlässig sein.

- 19 -

Es ist nun vorgesehen, dass das erste Rohr 26 mit einer transparenten Flüssigkeit gefüllt ist. Die transparente Flüssigkeit füllt das gesamte Volumen des ersten Rohres 26 aus bzw. das Restvolumen, falls im ersten Rohr 26 Einbauten, etc., vorhanden sind. Zum Druckausgleich kann zumindest ein entsprechendes Ventil vorgesehen werden, beispielsweise im Deckel des Beleuchtungselementes 2. Dieses zumindest ein Ventil kann auch zur Befüllung des ersten Rohres 26 mit der transparenten Flüssigkeit verwendet werden.

Die transparente Flüssigkeit kann gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung durch ein stabilisiertes, destilliertes Wasser, z.B. ein mit Silberionen stabilisiertes Wasser (beispielsweise zwischen 2,5 mg und 4 mg Silberionen pro Liter) gebildet sein. Alternativ oder zusätzlich dazu kann das Wasser auch Chlor enthalten. Die transparente Flüssigkeit kann beispielsweise auch ein Silikonöl sein.

Die transparente Flüssigkeit dient als Lichtleitmedium. Es ist damit möglich, einen „Lichtleiter“ herzustellen, der aus Vollmaterial in Serie nicht herstellbar wäre.

Zur Verdeutlichung der Dimensionen des Beleuchtungselementes 2 sei angemerkt, dass dieses beispielsweise eine Länge von bis zu 8.000 mm und einen Durchmesser von bis zu 400 mm aufweisen kann. Die Wandstärke des ersten Rohres 26 kann bis zu 8 mm betragen. Diese Zahlenangaben sind aber nicht beschränkend zu verstehen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das erste Rohr 26 außen von einem weiteren Rohr 33 umgeben ist. Das weitere Rohr 33 weist ebenfalls ein erstes Ende 34 und ein zweites Ende 35 auf. Naturgemäß bildet das weitere Rohr 33 anstelle des ersten Rohres 26 eine äußere Oberfläche 36 des Beleuchtungselementes 2.

Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass im Rahmen dieser Beschreibung entweder die Oberfläche 36 des weiteren Rohres 26 oder die äußere Oberfläche des ersten Rohres 26 angesprochen ist, wenn die äußere Oberfläche des Beleuchtungselementes 2 angesprochen ist. Das „oder“ bezieht sich dabei auf das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein des weiteren Rohres 33.

Das weitere Rohr 33 ist ebenfalls aus einem transparenten Kunststoff gebildet, beispielsweise aus Polymethylmethacrylat (PMMA), Polycarbonat (PC) oder Polystyrol (PS).

Bevorzugt werden im Rahmen der Erfindung generell für transparente Kunststoffe solche aus PMMA eingesetzt.

- 20 -

Das weitere Rohr 33 kann eine größere Wandstärke aufweisen, als das erste Rohr 26. Dabei kann die Wandstärke des weiteren Rohres 33 beispielsweise ausgewählt sein aus einem Bereich von bis 10 mm. Es sei aber auch dazu wieder darauf hingewiesen, dass diese Zahlenangaben keinen einschränkenden Charakter haben.

- 5 Der Abstand der Außenoberfläche des ersten Rohres 26 von der Innenoberfläche des weiteren Rohres 33 kann beispielsweise zwischen 0 mm und 10 mm betragen. Dabei kann der Abstand über den Umfang des Beleuchtungselementes 2 betrachtet auch variieren.

Bei dieser Ausführungsvariante der Erfindung mit dem weiteren Rohr 33 kann das voranstehend genannten Anschlusselement 30 auch den, insbesondere dichtenden, Deckel für das weitere Rohr bilden. In diesem Fall kann das Anschlusselement 30 auch nur den, insbesondere
10 dichtenden, Deckel für das weitere Rohr 33 bilden, da damit auch das erste Rohr 26, das ja bevorzugt innerhalb des weiteren Rohres 33 angeordnet ist, abgedichtet werden kann.

Wie bereits voranstehend ausgeführt, kann das erste Rohr 26 ein Bodenelement 32 aufweisen. Das „kann“ bezieht sich dabei auf das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein des weiteren
15 Rohres 33, wobei das erste Rohr 26 selbst dann ein Bodenelement 32 aufweisen kann, wenn es im weiteren Rohr 33 angeordnet ist. Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung kann das Bodenelement 32 des ersten Rohres 26 als Reflektorelement ausgebildet sein, das das in das erste Rohr 26 eingestrahlte Licht wieder in die Flüssigkeit im ersten Rohr 26 zurückreflektiert. Das Reflektorelement kann insbesondere scheibenförmig oder als Kegelstumpf oder
20 als Kegel ausgebildet sein, wie dies in Fig. 9 dargestellt ist. Die der Flüssigkeit im ersten Rohr 26 zugewandte Oberfläche des Bodenelementes 32 kann mit einer Schicht versehen, z.B. bedampft, sein, mit der die Reflexionseigenschaft des Bodenelementes 32 verbessert werden kann. Die Schicht kann z.B. eine Verspiegelung oder eine Folie sein.

Wie aus Fig. 9 ersehen werden kann, weist das Bodenelement 32 vorzugsweise eine geringe
25 Höhe auf. Beispielsweise kann die Höhe zwischen der Wandstärke des Bodenelementes 32 und 20 mm betragen.

Auch das weitere Rohr 33 weist bevorzugt am zweiten Ende 35 ein Bodenelement 37 auf. Dieses Bodenelement 37, das einstückig mit dem zweiten Rohr 33 ausgebildet sein kann, weist bevorzugt eine gekrümmte Form auf. Insbesondere kann es halbkugelförmig bzw. generell kuppelförmig ausgebildet sein.
30

- 21 -

Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, dass auch das erste Rohr 26 am zweiten Ende kuppelförmig ausgebildet sein kann, insbesondere wenn kein weiteres Rohr 33 angeordnet ist. Es kann dabei bei Bedarf ein zusätzliches Reflektorelement anstelle des Bodenelementes 32 im Bereich des zweiten Endes 29 des ersten Rohres 26 angeordnet sein.

- 5 Durch die kuppelförmige Ausgestaltung des zweiten Endes 35 des weiteren Rohres 33 oder des zweiten Endes 29 des ersten Rohres 26 kann eine laminare Strömung um das Beleuchtungselement 2 erzeugt werden, die einen Algenbewuchs bzw. einen Bewuchs mit Biomasse aus dem Nährmedium des Tanks 5 vermeidet bzw. verhindert.

10 Aus dem gleichen Grund kann gemäß einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass an der Außenseite des Beleuchtungselementes 2 Strömungselemente 37 angeordnet und/oder eine Oberflächenstrukturierung 38 ausgebildet ist, wie dies in Fig. 7 anhand eines Ausschnittes aus einer Ausführungsvariante eines Beleuchtungselements 2 dargestellt ist.

15 Die Strömungselemente 37 können in Form von gerade oder schräg (bezogen auf die Längsmittelachse durch das Beleuchtungselement 2) verlaufenden Stegen oder dreieckförmigen Elementen, etc. ausgebildet sein. Beispielsweise können die Strömungselemente 37 durch eine transparente Fouling Release Folie gebildet sein, die gegebenenfalls Mikrogravuren aufweist.

20 Die Strömungselemente 37 können auch flügelartig als sogenannte „Winglets“ mit abnehmender Höhe und zumindest teilweise schrägen Verlauf (bezogen auf die Längsmittelachse durch das Beleuchtungselement 2) ausgeführt sein, wie dies in Fig. 10 anhand des Bodenteils des weiteren Rohres 33 dargestellt ist, oder haiflossenartig, etc. Die Winglets haben den Vorteil, dass sie eine Wirbelschleppe verursachen, die um das Beleuchtungselement 2 rotiert.

25 Vorzugsweise sind die Strömungselemente 37 über den Außenumfang des weiteren Rohres 33 verteilt, insbesondere gleichmäßig verteilt, angeordnet.

Generell sind die Strömungselemente 37 vorzugsweise transparent ausgeführt und/oder einstückig mit dem weiteren Rohr 33 bzw. dessen Bodenelement ausgebildet.

Die Oberflächenstrukturierung 38 kann beispielsweise eine Mikrorillen ausgebildet sein. Diese Mikrorillen können einen geraden Verlauf oder einen (mehrfach) gekrümmten Verlauf

- 22 -

über ihre Längserstreckung aufweisen. Generell können die Mikrorillen eine Breite 39 zwischen 1 μm und 20 μm und eine Länge 40 zwischen 1 mm und 200 mm aufweisen. Zudem können die Mikrorillen eine maximale Tiefe aufweisen, die ausgewählt ist aus einem Bereich von 1 μm bis 5 μm . Die Mikrorillen können in einem Abstand zueinander über den Umfang
5 des Beleuchtungselementes 2 angeordnet sein, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 3 mm bis 30 mm.

Die Oberflächenstrukturierung 38 kann aber auch anders ausgebildet sein, beispielsweise in Form von Dreiecken, oder mit einer ovalen Form der einzelnen Strukturelemente, etc.

Die Oberflächenstrukturierung 38 kann mechanisch oder mit einem Laser oder chemisch
10 durch Ätzen, etc., hergestellt werden.

Derartige Strömungselemente 37 bzw. eine derartige Oberflächenstrukturierung 38 können auch auf dem voranstehend beschriebenen kuppelförmig ausgebildeten Ende des Beleuchtungselementes 2 angeordnet sein (Fig. 10).

Mit den Strömungselementen 37 und/oder der Oberflächenstrukturierung 38 kann eine lami-
15 nare Strömung entlang der gesamten Länge des Beleuchtungselementes 2 erzeugt werden, die einen Algenbewuchs bzw. einen Bewuchs mit Biomasse aus dem Nährmedium des Tanks 5 vermeidet bzw. verhindert.

Das Beleuchtungselement 2 koppelt/leitet Licht aus Lichtleitern 4 (z.B. POF) oder anderen stark gerichteten Lichtquellen in eine Flüssigkeit ein, wobei innerhalb des Beleuchtungselementes 2 das Prinzip der „Totalreflexion“ genutzt wird.
20

Für eine verbesserte Lichtauskopplung aus dem Beleuchtungselement 2 in die Umgebung des Beleuchtungselementes 2 kann gemäß einer anderen Ausführungsvariante vorgesehen sein, dass das erste Rohr 26 auf seiner Außenseite zumindest teilweise mit einem Muster 39 versehen ist. Durch dieses Muster 39 kann erreicht werden, dass die „Totalreflexion“ unterbrochen
25 wird, womit das Licht besser aus dem ersten Beleuchtungselement 2 austreten kann bzw. ausgestrahlt werden kann.

Das Muster 39 kann mit Musterelementen in Form von Punkten, Strichen, etc., ausgebildet sein. Insbesondere kann das Muster 39 auf die Außenoberfläche des ersten Rohres 26 aufgedruckt sein. Das Muster 39 kann aber auch mit anderen bekannten Beschichtungsverfahren

- 23 -

hergestellt sein bzw. aufgeklebt sein. So besteht beispielsweise die Möglichkeit, dass das Muster auf eine transparente Kunststofffolie aufgedruckt wird und mit dieser auf die Außen-
oberfläche des ersten Rohres 26 aufgeklebt wird oder mit dieser in Art eines Transferbe-
schichtungsverfahrens auf die Außenoberfläche des ersten Rohres 26 aufgebracht wird. In
5 letzterem Fall kann auch eine nichttransparente Folie verwendet werden.

Das Muster 39 kann an den Licht-Austrittswinkel der Lichtleiter 4 angepasst sein. Die Licht-
leiter 4 können beispielsweise einen Licht-Austrittswinkel von $2 \times 30^\circ$, also in Summe 60° ,
aufweisen.

Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung dazu kann vorgesehen sein, dass das Muster
10 39 durch Musterelemente gebildet ist, die über den Verlauf der Länge des ersten Rohres 26
vom ersten Ende 27 bis zum zweiten Ende 29 mit geringer werdendem Abstand zueinander
angeordnet werden.

Jedes Musterelement stellt einen Lichtaustritt aus dem Beleuchtungselement 2 dar. Um einen
über die Länge des ersten Rohres 26 gleichmäßigen Lichtaustritt zu erreichen, ist die Zahl
15 und/oder die Fläche der Musterelemente nahe am Lichteintritt in die Flüssigkeit kleiner und
nimmt mit dem Abstand zum Lichteintritt zu. Damit kann berücksichtigt werden, dass die in
der Röhre vorhandene Lichtenergie durch die ersten Austrittsöffnungen bereits abgenommen
hat und daher mehr bzw. größere Austrittsöffnungen vorhanden sein sollen, um einen zumin-
dest annähernd gleichmäßigen Abstrahlungswert über die gesamte Rohrlänge zu erreichen.

20 Bevorzugt wird die Dichte des Muster 39 mit abnehmender Lichtenergie größer.

Nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass am ersten
Ende 27, 34 des ersten Rohres 26 und/oder des weiteren Rohres 33 die Lichtleiter 4 und/oder
die POF-Stecker 31 und/oder die Kupplungen für die POF-Stecker in die transparente Flüssig-
keit im ersten Rohr 26 eintaucht/eintauchen, wie dies am besten aus der Detailansicht in Fig. 5
25 ersichtlich ist. Damit kann eine bessere Lichteinkopplung in das Beleuchtungselement 2 er-
reicht werden. Zudem ist damit ein bessere Kühlung der POF-Stecker 31 und/oder der Kupp-
lungen für die POF-Stecker und/oder der Lichtleiter 4 erreichbar.

- 24 -

Mit dem Beleuchtungselement 2 nach der Erfindung kann eine gleichmäßigere Lichtabstrahlung und eine gleichmäßigere Verteilung des abgestrahlten Lichts über die Länge des Beleuchtungselementes 2 erreicht werden.

Wie bereits voranstehend zu Fig. 1 ausgeführt, kann das Lichtsammelpaneel 3 ein Tracking-
5 system 6 aufweisen, mit dessen Hilfe das Lichtsammelpaneel 3 hinsichtlich seiner Ausrichtung zur Sonne dem Sonnenlauf folgen kann. In Fig. 8 ist dazu eine bevorzugte Ausführungsvariante des Trackingsystems 6 gezeigt. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass für das Lichtsammelpaneel 3 auch herkömmliche, aus dem Stand der Technik bekannte Trackingsysteme eingesetzt werden können. Das im Folgenden beschriebene Trackingsystem 6 hat jedoch Vor-
10 teile in Hinblick auf die Nachführgenauigkeit. Mit diesem Trackingsystem 6 kann eine Nachführgenauigkeit von besser als $0,05^\circ$ erreicht werden.

Das Trackingsystem 6 umfasst einen Sensor 40. Der Sensor 40 und das Trackingsystem 6 werden bevorzugt für die Biomassezuchtanlage 1 verwendet, insbesondere in Verbindung mit dem voranstehend beschriebenen Lichtsammelpaneel 3. Der Sensor 40 und/oder das Trackingsystem 6 können aber auch in anderen Systemen eingesetzt werden, in denen die Erfassung eines Parameters von Licht und/oder das Ergebnis dieser Erfassung von Bedeutung sind. Beispielsweise kann/können der Sensor 40 und das Trackingsystem 6 in einer Photovoltaikanlage oder eine Solaranlage zur Warmwassererzeugung bzw. generell in einem heliostatischen System, also z.B. auch einer Solar-Beleuchtung, eingesetzt werden, um ein Modul dem Sonnenstand nachzuführen.
20

Der Sensor 40 ist insbesondere zur Bestimmung der Lichtleistung einer Lichtquelle ausgebildet. Dazu umfasst er eine Messanordnung 41 mit einem Messelement 42 zur Erfassung zumindest eines Parameters zumindest eines in die Messanordnung 41 eintretenden Lichtstroms, zumindest ein Lichtleitelement 43 und/oder zumindest ein Anschlusselement 44 für ein Lichtleitelement 43, und bevorzugt zumindest eine elektronische Baugruppe 45 zur Verarbeitung des von dem Messelement 42 erfassten Parameters des Lichts.
25

Das Lichtleitelement 43 ist bevorzugt mit der Lichtquelle verbunden, also im in Fig. 8 dargestellten Ausführungsbeispiel mit dem Lichtsammelpaneel 3. Das Lichtleitelement wird vorzugsweise durch zumindest einen Lichtleiter 4 gebildet bzw. umfasst diesen. Der zumindest eine Lichtleiter 4 kann aus Glas oder einem POF bestehen, wie dies voranstehend bereits ausgeführt wurde. Bevorzugt wird ein drei- bis sechsadriges Lichtleitelement 43 eingesetzt.
30

- 25 -

Demzufolge kann das Anschlusselement 44 ein POF-Stecker oder eine POF-Steckerkupplung sein.

Das Messelement 42 ist vorzugsweise außerhalb des Abstrahlungswinkels des Lichtleitelements 43 in den Hohlkörper 46 angeordnet.

- 5 Die elektronische Baugruppe ist vorzugsweise ein Bestandteil des Sensors 40. Alternativ kann sie aber auch in eine (zentrale) Steuer- und/oder Regeleinrichtung für die Lichtquelle oder generell eine Datenverarbeitungsanlage integriert sein.

- 10 Die Messanordnung 41 weist weiter einen Hohlkörper 46 auf. Der Hohlkörper 46 ist mit ebenen Seitenflächen 47 gebildet. Beispielsweise ist der Hohlkörper 46 ein Quader oder ein Würfel oder ein gerades Prisma mit sechseckiger oder achteckiger, etc., Grundfläche, etc. Bevorzugt wird ein Hohlkörper 46 eingesetzt, der möglichst wenig Seitenflächen 47 aufweist, also insbesondere ein Quader oder ein Würfel.

- 15 Das voranstehend genannte Messelement 42 ist innerhalb des Hohlkörpers 46 angeordnet. Insbesondere befindet es sich zur Gänze innerhalb des Hohlkörpers 46. Weiter ist das Messelement 42 mit der elektronischen Baugruppe 46 drahtlos oder drahtgebunden verbunden.

- 20 Der Hohlkörper 46 weist eine (gegebenenfalls diffus reflektierende) Innenoberfläche 46 auf, die mit einer, insbesondere weißen, Beschichtung versehen ist. Durch die Beschichtung kann eine gleichmäßige Belichtung im Inneren des Hohlkörpers 46 erreicht werden. Die Beschichtung kann beispielsweise ein weißer, handelsüblicher Elektroniklack sein. Sie kann aber auch aus Bariumsulfat oder optischen Teflon bestehen. Es ist jedoch auch möglich, dass auf die Innenoberfläche 46 eine Schicht aufgebracht ist, beispielsweise aufgeklebt ist, mit der eine Verbesserung der Beleuchtung des Innenraums des Hohlkörpers 46 erreicht werden kann.

- 25 Der Hohlkörper 46 weist bevorzugt ein Volumen zwischen 80 cm^3 und 150 cm^3 auf. Es kann damit die Integration des Sensors 40 bzw. des Trackingsystems 6 in die Lichtquelle, insbesondere das Lichtsammelpaneel 3, vereinfacht werden.

Obwohl es möglich ist, dass die Messanordnung 41, d.h. der Hohlkörper 46, nur ein Lichtleitelement 43 und/oder nur ein Anschlusselement 44 für ein Lichtleitelement 43 aufweist, kann nach einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass die Messan-

5 ordnung 41, d.h. der Hohlkörper 46, zumindest drei, insbesondere zumindest sechs, Lichtleitelemente 43 und/oder zumindest drei, insbesondere zumindest sechs, Anschlusselemente 44 für Lichtleitelemente 43 aufweist, wodurch die Nachführgenauigkeit des Trackingsystems 6 weiter verbessert werden kann. Beispielsweise kann die Messanordnung 41 zwischen drei und sechs Lichtleitelemente 43 und/oder zwischen drei und sechs Anschlusselemente 44 für Lichtleitelemente 43 aufweisen.

Die mehreren Lichtleitelemente 43 und/oder die mehreren Anschlusselemente 44 für Lichtleitelemente 43 können alle auf der gleichen Seitenfläche 47 oder auf verschiedenen Seitenflächen 47 des Hohlkörpers 46 angeordnet sein.

10 Prinzipiell kann als Messelement 42 jedes geeignete eingesetzt werden. Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung wird als Messelement 42 aber eine Photodiode (mit entsprechender Messcharakteristik, die durch eine elektronische Schaltung verändert oder die jeweiligen Gegebenheiten am Aufstellungsort des Messelementes 42 angepasst werden kann) oder ein handelsübliches Luxmeter auf Chipbasis eingesetzt.

15 Nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann aus voranstehend genannten Gründen vorgesehen sein, dass die elektronische Baugruppe 45 eine Datenverarbeitungseinheit 49 aufweist, sodass die elektronische Baugruppe 45 auch einen Minicomputer bildet. Bei dieser Ausführungsvariante des Sensors 40 kann dieser, d.h. die Datenverarbeitungseinheit 49, auch die Steuerung und Positionsbestimmung von zumindest einem Antrieb 50 für die
20 Verstellung des Lichtsammelpaneels 3 übernehmen.

Weiter kann der Sensor 40 gegebenenfalls auch die „Verteilung“ der Versorgungsspannung übernehmen.

25 Bevorzugt weist jedes Lichtsammelpaneel 3 einen eigenen derartigen Sensor 40 auf, wobei vorzugsweise die Sensoren 40 an oder in dem jeweiligen, zugehörigen Lichtsammelpaneel 3 angeordnet sind.

Das Trackingsystem 6 umfasst neben dem Sensor 40 auch den zumindest Antrieb 50, der mit dem Lichtsammelpaneel 3 verbunden ist, und der dessen relative Stellung zur Sonne ändert bzw. anpasst, sodass das Lichtsammelpaneel 3 immer möglichst in einem bestimmten Winkel, vorzugsweise 90° , zur Sonne ausgerichtet ist. Sofern ein anderes Element, wie beispielsweise

- 27 -

ein Photovoltaikmodul, mit dem Trackingsystem nachgeführt wird, weist entsprechend dieses andere Element den Antrieb 50 auf.

Der Antrieb 50 kann beispielsweise ein Elektromotor sein, der über ein entsprechendes Ge-
triebe, beispielsweise Zahnräder, die Verstellung des Lichtsammelpaneels 3 bewirkt. Andere
5 geeignete Antriebe 50 sind selbstverständlich auch verwendbar.

Der Antrieb 50 kann mit dem Sensor 40 direkt verbunden sein, beispielsweise mit der Daten-
verarbeitungseinheit 49 der elektronischen Baugruppe. Die Verbindung kann leitungsgebun-
den oder drahtlos sein.

Nach einer Ausführungsvariante des Trackingsystems 6 kann vorgesehen sein, dass dieses
10 eine (zentrale) Datenverarbeitungsanlage 51 (beispielsweise einen PC) aufweist. Mit dieser
können dann gegebenenfalls mehrere Sensoren 40 leitungsgebunden oder drahtlos verbunden
sein. In diesem Fall erfolgt die Weiterleitung der Daten an den zumindest einen Antrieb 50 zu
dessen Steuerung und/oder Regelung dann bevorzugt über dieser (zentrale) Datenverarbei-
tungsanlage 51.

15 Nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung dazu kann vorgesehen sein, dass in
einem Speicher dieser Datenverarbeitungsanlage 51 Daten zur Position des zumindest einen
Sensors 40 oder bei mehr als einem Sensor Daten zur Position jedes einzelnen Sensors 40 ge-
speichert sind. Weiter können in dem Speicher Daten zum Sonnenstand mit Bezug auf das
Datum und die Uhrzeit und bezogenen auf den Aufstellungsort des Lichtsammelpaneels 3 (=
20 Ephemeriden-Tafel) sowie gegebenenfalls die Ausgangsposition/Ausgangsstellung des zu-
mindest einen Antriebs 40 hinterlegt sein.

Zur Nachführung des Lichtsammelpaneels 3 bzw. eines anderen, das Trackingsystem 6 auf-
weisendes Elements kann folgendes Verfahren durchgeführt werden.

In einem ersten Schritt wird die „Null“ Positionen des Lichtsammelpaneels 3 (bzw. des ande-
ren Elements) durch Bestimmung von dessen Elevation und dessen Azimut durch den Tracker
25 (Antrieb 50) mittels Endschalter und mit dem Sensor 40 ermittelt. Diese Daten werden der
Datenverarbeitungsanlage 51 übermittelt und darin gespeichert.

- 28 -

Weiter wird die durch Datum und Zeit vorgegebenen Position der Sonne an dem Standort des Lichtsammelpaneels 3 durch die Datenverarbeitungsanlage 51 bestimmt und diese Daten an das Trackingsystem 6 übermittelt.

5 Anhand dieser Daten wird dann das Lichtsammelpaneel 3 in die damit vorgegebene Position verfahren.

10 Wenn das Lichtsammelpaneel 3 sich in der vorgegebenen Position befindet, wird diese Position des Lichtsammelpaneels 3 zur Sonne in einem Winkelbereich zwischen $0,1^\circ$ und 5° , bevorzugt zwischen $0,1^\circ$ und 3° bzw. zwischen $0,1^\circ$ und 2° , horizontal und/oder vertikal verändert und der Azimut und Elevation des Lichtsammelpaneels 3 solange bestimmt, bis in dem Sensor 40 die höchste erzielbare Lichtleistung ermittelt wird. Die Abweichung der Position mit dieser höchsten Lichtleistung zu jener, die anhand der anfänglichen Positionsdaten und der dazugehörigen Sonnenstand-Daten ermittelt wurde (= mathematischen Position), wird berechnet, und der berechnete Wert der zu der ursprünglichen mathematischen Position addiert.

Gegebenenfalls werden diese Schritte im letzten Absatz mehrmals wiederholt.

15 Nach einer Ausführungsvariante des Verfahrens kann vorgesehen werden, dass mit Sensor 40 in vorzugebenden Intervallen Korrekturwerte für Azimut und Elevation ermittelt werden und diese Werte einer in der Datenverarbeitungsanlage 51 hinterlegten Ephemeriden-Kurve überlagert werden.

20 Wenn die gemessene Lichtleistung im Hohlkörper 46 unter den erwarteten bzw. vorbestimmten Wert sinkt, kann eine „Neukalibration“ gestartet werden. Dieser Ablauf kann wahlweise händisch über den Operator oder automatisch über ein Steuerprogramm aus dem (zentralen) Datenverarbeitungsanlage 51 gestartet und kontrolliert werden.

25 Die Ausführungsbeispiele zeigen bzw. beschreiben mögliche Ausführungsvarianten der Biomassezuchtanlage 1, des Beleuchtungselementes 2, des Lichtsammelpaneels 3, des Sensors 40 und des Trackingsystems 6, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass auch Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind.

Falls keine Neuermittlung des Korrekturwertes (z.B. wegen Wolken, Regen, etc.) stattfinden kann, wird der Korrekturwert aus der unmittelbar vorausgegangenen Bestimmung des Korrekturwertes herangezogen. Dazu werden zumindest diese „letzten“ Korrekturwerte gespeichert.

- 29 -

Für das/jedes Lichtsammelpaneel 3 kann somit die unter Berücksichtigung mechanischer und klimatischer Einflüsse optimale Sonnen-Folge-Kurve erreicht werden.

Der Selbstlernalgorithmus des Trackingsystems 6 erlaubt eine Real-Time Optimierung und damit Reaktion auf sich kurzfristig ändernde klimatische oder mechanische Rahmenbedingungen im Bereich des Lichtsammelpaneels 3/der Lichtsammelpaneele 3.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus der Biomassezuchtanlage 1, des Beleuchtungselementes 2, des Lichtsammelpaneels 3, des Sensors 40 und des Trackingsystems 6 diese nicht zwingenderweise maßstäblich dargestellt sind.

10

15

20

25

30

Bezugszeichenaufstellung

1	Biomassezuchtanlage	31	POF-Stecker
2	Beleuchtungselement	32	Bodenelement
3	Lichtsammelpaneel	33	Rohr
4	Lichtleiter	34	Ende
5	Tank	35	Ende
6	Trackingsystem	36	Oberfläche
7	Lichtverteilungselement	37	Strömungselement
8	Rahmen	38	Oberflächenstrukturierung
9	Lichtsammелеlement	39	Muster
10	Halteelement	40	Sensor
11	Abstand	41	Messanordnung
12	Metallplatte	42	Messelement
13	Lichteintrittsfläche	43	Lichtleitelement
14	Achse	44	Anschlusselement
15	Hauptebene	45	Baugruppe
16	Licht	46	Hohlkörper
17	Bereich	47	Seitenfläche
18	Endfläche	48	Innenoberfläche
19	Aufnahmekanal	49	Datenverarbeitungseinheit
20	Stumpfkegel	50	Antrieb
21	Zylinder	51	Datenverarbeitungsanlage
22	Abstandhalter		
23	Steg		
24	Reflexionsschicht		
25	Abdeckung		
26	Rohr		
27	Ende		
28	Längsmittelachse		
29	Ende		
30	Anschlusselement		

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Lichtsammelpaneel (3) umfassend einen Rahmen (8), in dem eine Anzahl von, insbesondere in einer Ebene, nebeneinander angeordneten Lichtsammelementen (9) und
5 eine der Anzahl an Lichtsammelementen (9) entsprechenden Anzahl an Lichtleitern (4) angeordnet ist, wobei jedem Lichtsammelement (9) ein Lichtleiter (4) zugeordnet ist und jeder Lichtleiter (4) jeweils in einem Haltelement (10) in einem Abstand (11) zu den Lichtsammelementen (9) gehalten ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Haltelemente (10) von einer Metallplatte (12) gehalten sind.
- 10 2. Lichtsammelpaneel (3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Metallplatte (12) aus einem Metall oder einer Metalllegierung besteht, das/die eine Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C von mindestens 200 W/(m.K) aufweist.
3. Lichtsammelpaneel (3) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Metallplatte (12) aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung besteht.
- 15 4. Lichtsammelpaneel (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Metallplatte (12) zumindest auf der den Lichtsammelementen (9) zugewandten Oberfläche eine Reflexionsschicht (24) aufweist.
- 20 5. Lichtsammelpaneel (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Rahmen (8) aus einem Metall oder einer Metalllegierung besteht, aus dem/der auch die Metallplatte (12) besteht.
6. Lichtsammelpaneel (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Haltelemente (10) auf der den Lichtsammelementen (9) zugewandten Oberfläche teilweise mit einer Rundung oder mit einem Freiflächensystem versehen sind.

7. Lichtsammelpaneel (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteelemente (10) zumindest im Bereich der Metallplatte (12) zylindrisch ausgeführt sind und einen umlaufenden Steg (23) aufweisen, mit dem sie auf der Metallplatte (12) aufliegen.
- 5 8. Lichtsammelpaneel (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteelemente (10) auf der den Lichtsammelementen (9) abgewandten Seite einen Aufnahmekanal (19) für den zugeordneten Lichtleiter (4) aufweisen, wobei der Aufnahmekanal (19) durch eine Kombination aus einem Stumpfkegel (20) und einen Zylinder (21), der an den Stumpfkegel (20) anschließt, gebildet ist.
- 10 9. Lichtsammelpaneel (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtleiter (4) ausschließlich im Bereich des Stumpfkegels (20) mit den Halteelementen (10) verklebt sind.
- 15 10. Biomassezuchtanlage (1) umfassend zumindest einen Tank (5) zur Aufnahme der Biomasse und zumindest ein Beleuchtungssystem, das mit dem Tank (5) wirkungsverbunden ist, wobei das zumindest ein Beleuchtungssystem zumindest ein Lichtzufuhrelement aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest ein Lichtzufuhrelement zumindest ein Lichtsammelpaneel (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 aufweist.
- 20 11. Sensor (40) zur Bestimmung der Lichtleistung einer Lichtquelle umfassend eine Messanordnung (41) mit einem Messelement (42) zur Erfassung zumindest eines Parameters zumindest eines in die Messanordnung (41) eintretenden Lichtstroms, zumindest ein Lichtleitelement (43) und/oder zumindest ein Anschlusselement (44) für ein Lichtleitelement (43), und vorzugsweise zumindest eine elektronische Baugruppe (45) zur Verarbeitung des von dem Messelement (42) erfassten Parameters des Lichts, dadurch gekennzeichnet, dass die Messanordnung (41) einen Hohlkörper (46) mit ebenen Seitenflächen (47) umfasst, wobei der
25 Hohlkörper (46) eine Innenoberfläche (49) aufweist, und auf der Innenoberfläche (49) eine, insbesondere weiße, Schicht angeordnet ist, und wobei das Messelement (42) in dem Hohlkörper (46) angeordnet ist.

12. Sensor (40) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Messanordnung (41) zumindest drei, insbesondere zumindest sechs, Lichtleitelemente (43) und/oder zumindest drei, insbesondere zumindest sechs, Anschlusselemente (44) für Lichtleitelemente (43) aufweist.
- 5 13. Sensor (40) nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (42) zumindest eine Photodiode aufweist.
14. Sensor (40) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronische Baugruppe (45) eine Datenverarbeitungseinheit (49) aufweist.
- 10 15. Trackingsystem (6) für ein Lichtsammelpanel (3) umfassend zumindest einen Antrieb (50) zur Verstellung der relativen Position des Lichtsammelpanels (3) zur Sonne, wobei das Trackingsystem (6) weiter zumindest einen Sensor (40) umfasst, mit dem zumindest ein Parameter des Sonnenlichts bestimmt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (40) gemäß einem der Ansprüche 11 bis 14 gebildet ist.
- 15 16. Trackingsystem (6) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass dieses eine Datenverarbeitungsanlage (51) mit einem Speicher aufweist, wobei in dem Speicher Daten zur Position des zumindest einen Sensors (40) oder bei mehr als einem Sensor (40) Daten zur Position jedes einzelnen Sensors (40) gespeichert sind, und dass weiter Daten zum Datum und zum Uhrzeit bezogenen Sonnenstand des Aufstellungsortes des Lichtsammelpanels (3) sowie gegebenenfalls die Ausgangsposition des zumindest einen Antriebs (50) hinterlegt sind.
- 20 17. Lichtsammelpaneel (3) mit einem Trackingsystem (6) zur Nachstellung der relativen Stellung des Lichtsammelpanels (3) zur Sonne, dadurch gekennzeichnet, dass das Trackingsystem (6) nach Anspruch 15 oder 16 gebildet ist.
18. Biomassezuchtanlage (1) umfassend zumindest einen Tank (5) zur Aufnahme der Biomasse und zumindest ein Beleuchtungssystem, das mit dem Tank (5) wirkungsverbun-

den ist, wobei das zumindest eine Beleuchtungssystem zumindest ein Lichtzufuhrelement aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Lichtzufuhrelement zumindest ein Lichtsammelpaneel (2) nach Anspruch 17 aufweist.

19. Verfahren zur Ausrichtung und Nachführung eines Lichtsammelpaneels (3) an die Sonnenposition mittels eines Trackingsystems (6) umfassend die folgenden Schritte:
- a) Ermittlung „Null“ Positionen des Lichtsammelpaneels (3) durch Bestimmung von dessen Elevation und dessen Azimut mit zumindest einem Antrieb (50) des Lichtsammelpaneels (3) anhand von Endschalter des Antriebs (50) und mit einem Sensor (40) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 und Übermittlung dieser Daten an eine Datenverarbeitungsanlage (51);
 - b) Bestimmung der durch Datum und Zeit vorgegebenen Position der Sonne durch die Datenverarbeitungsanlage (51) und Übermittlung dieser Daten an das Trackingsystem (6);
 - c) Verfahren des Lichtsammelpaneels (3) anhand dieser Daten in die vorgegebene Position;
 - d) Veränderung der Position des Lichtsammelpaneels (2) zur Sonne in einem Winkelbereich zwischen $0,1^\circ$ und 5° und Bestimmung von Azimut und Elevation des Lichtsammelpaneels (2) solange, bis in dem Sensor (40) die höchste erzielbare Lichtleistung ermittelt wird und Berechnung der Abweichung von der mathematischen Position;
 - e) Neuausrichtung des Lichtsammelpaneels (3) anhand der so ermittelten Abweichung durch Addition dieser Abweichung zu der ursprünglichen mathematischen Position; Gegebenenfalls Wiederholung der Schritte d) und e).
20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass mit Sensor (40) in vorzugebenden Intervallen Korrekturwerte für Azimut und Elevation ermittelt werden und diese Werte einer in der Datenverarbeitungsanlage (51) hinterlegten Ephemeriden-Kurve überlagert werden.
21. Beleuchtungselement (2) umfassend ein erstes Rohr (26) mit einem ersten und einem zweiten Ende (27, 29), wobei an dem ersten Ende (27) zumindest ein Anschluss für eine Lichtquelle angeordnet ist, und das erste Rohr (26) zumindest teilweise aus einem transparenten Werkstoff besteht, und wobei das Beleuchtungselement (2) eine äußere Oberfläche (36) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Rohr (26) mit einer transparenten Flüssigkeit gefüllt ist.

- 35 -

22. Beleuchtungselement (2) nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Rohr (26) außen von einem weiteren Rohr (33) umgeben ist, das ein erstes und ein zweites Ende (34, 35) aufweist, und das anstelle des ersten Rohres (26) die äußere Oberfläche (36) des Beleuchtungselementes (2) bildet.
- 5 23. Beleuchtungselement (2) nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass die transparente Flüssigkeit durch ein stabilisiertes, destilliertes Wasser oder Silikonöl gebildet ist.
24. Beleuchtungselement (2) nach einem der Ansprüche 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass an dem zweiten Ende (29) des ersten Rohres (26) ein Reflektorelement angeordnet ist.
- 10
25. Beleuchtungselement (2) nach einem der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Rohr (26) auf seiner Außenseite zumindest teilweise mit einem Muster (39) versehen ist.
26. Beleuchtungselement (2) nach einem der Ansprüche 21 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass das Muster (39) durch Musterelemente gebildet ist, die über den Verlauf der Länge des ersten Rohres (26) mit geringer werdendem Abstand zueinander angeordnet und/oder mit zunehmender Größe ausgebildet sind.
- 15
27. Beleuchtungselement (2) nach einem der Ansprüche 21 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass an der Außenseite des Beleuchtungselementes (2) Strömungselemente (37) angeordnet sind und/oder eine Oberflächenstrukturierung (38) ausgebildet ist.
- 20
28. Beleuchtungselement (2) nach einem der Ansprüche 21 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und/oder das weitere Rohr (26, 33) an dem zweiten Ende (29, 35) kuppelförmig ausgebildet ist/sind.
29. Beleuchtungselement (2) nach einem der Ansprüche 21 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass am ersten Ende (27, 34) des ersten Rohres (26) und/oder des weiteren Rohres
- 25

- 36 -

(33) ein Anschlusselement (30) mit zumindest einem Verbindungselement für ein Lichtleitelement angeordnet ist, wobei Verbindungselement und/oder das Lichtleitelement in die transparente Flüssigkeit eintaucht/eintauchen.

5 30. Biomassezuchtanlage (1) umfassend zumindest einen Tank (5) zur Aufnahme der Biomasse und zumindest ein Beleuchtungssystem, das mit dem Tank (5) wirkungsverbunden ist, wobei das zumindest eine Beleuchtungssystem zumindest ein Beleuchtungselement (2) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Beleuchtungselement (2) durch zumindest ein Beleuchtungselement (2) nach einem der Ansprüche 21 bis 29 gebildet ist.

10

15

20

25

30

Fig.1

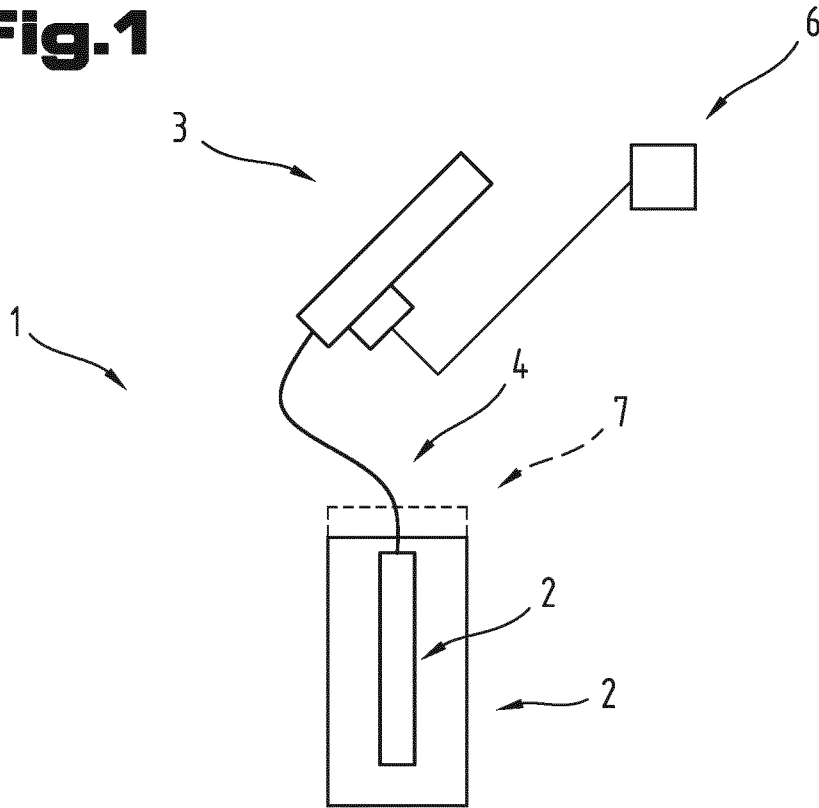


Fig.2

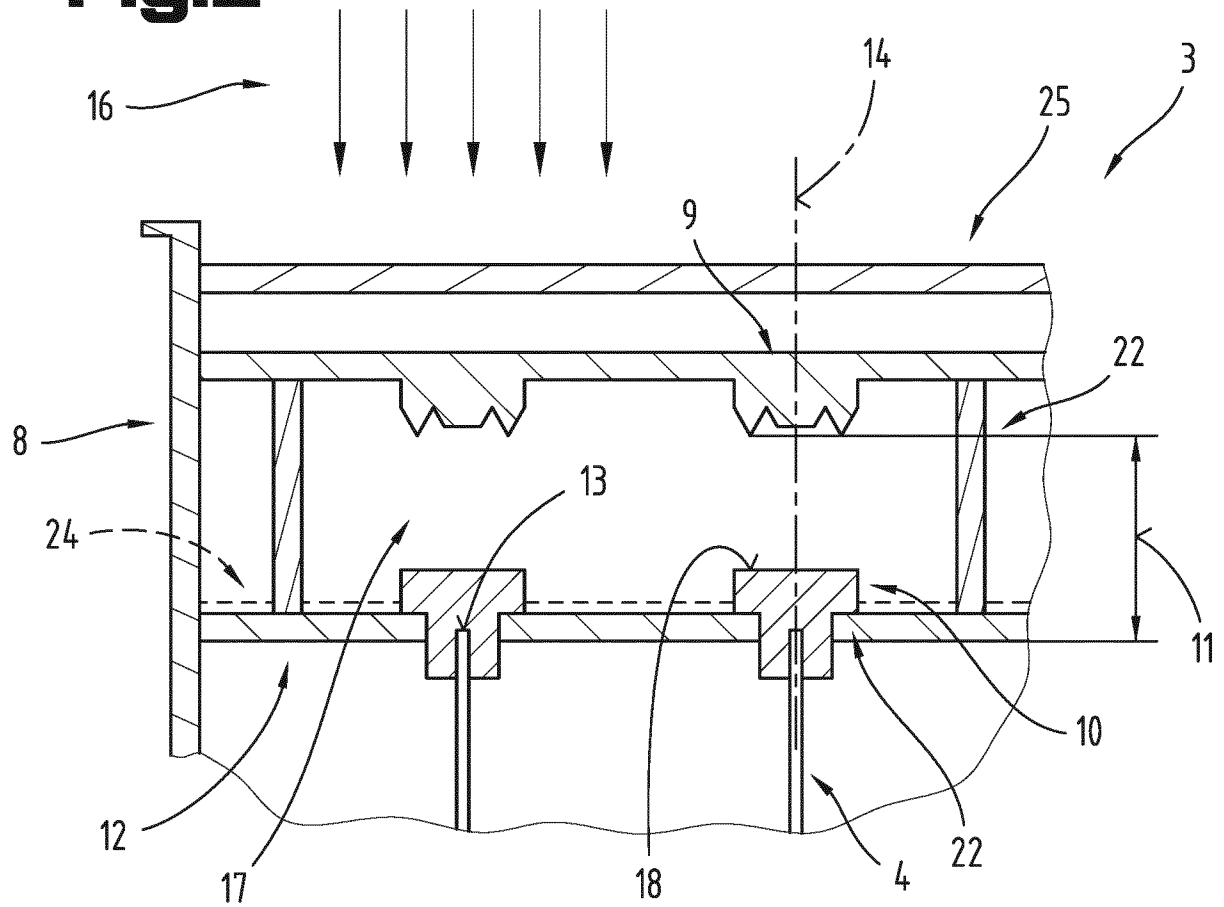


Fig.3

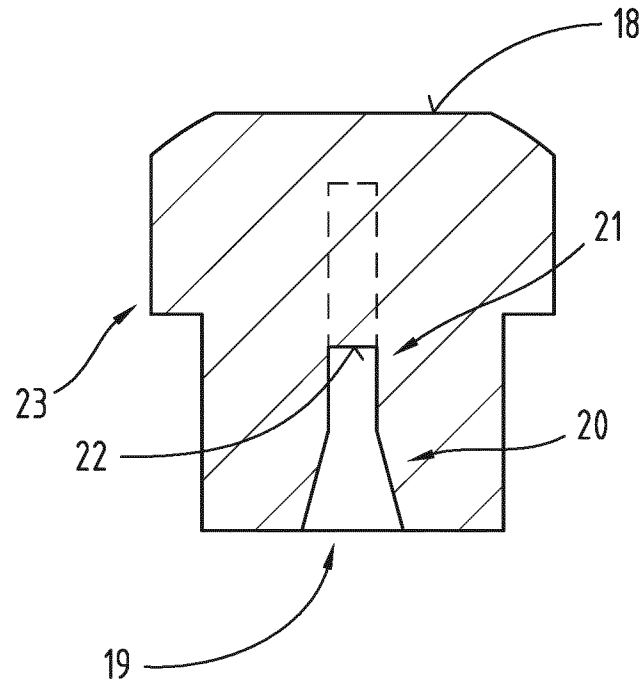


Fig.4

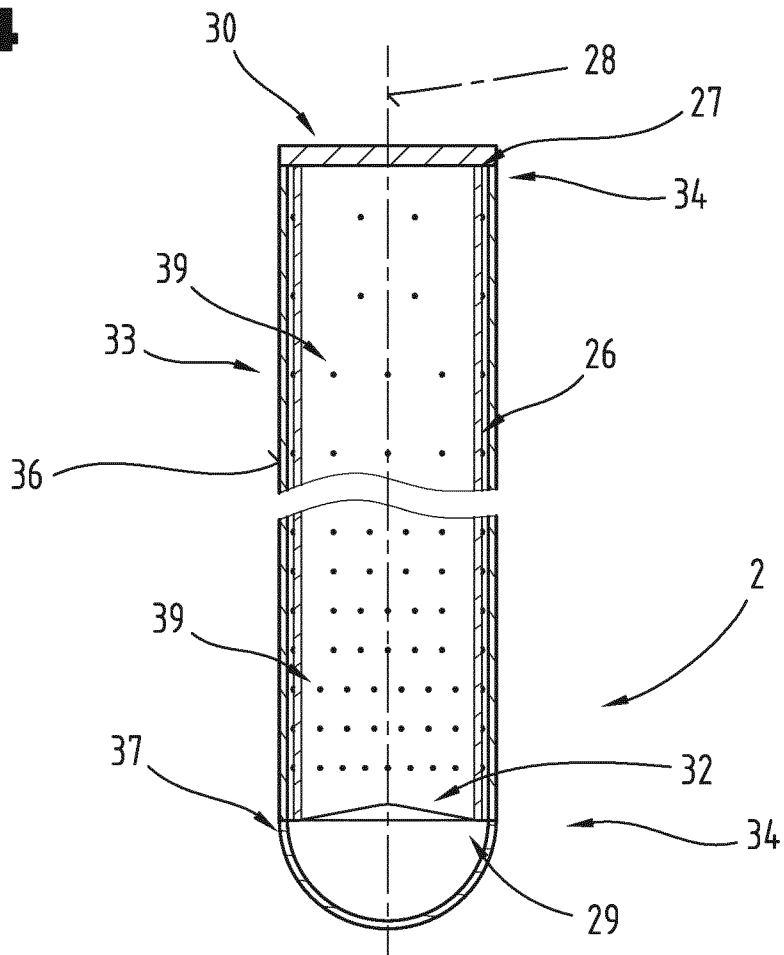


Fig.5

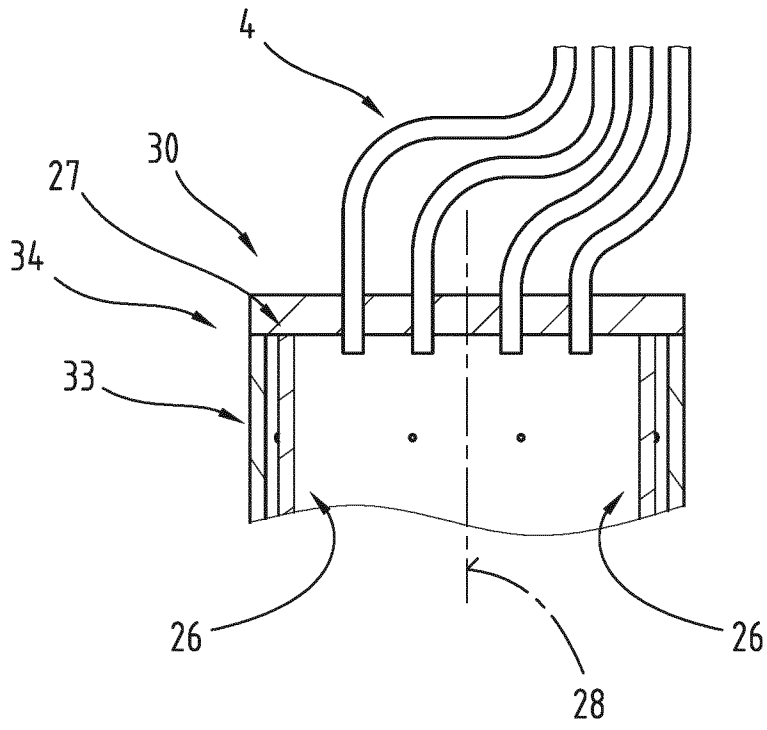


Fig.6

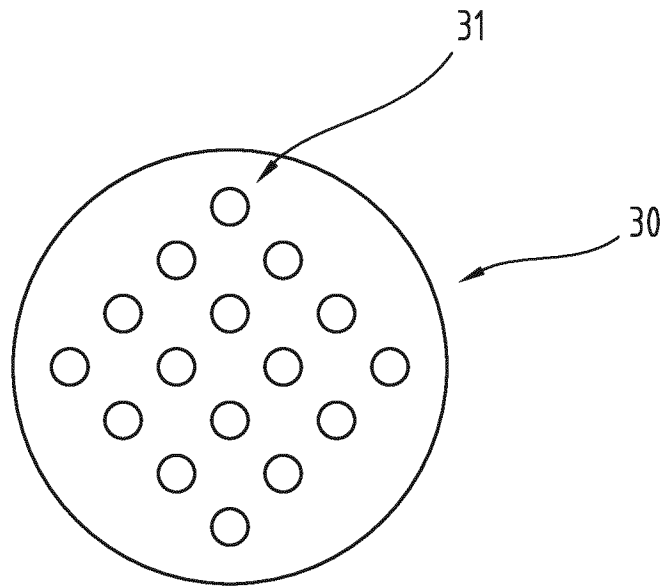


Fig.7

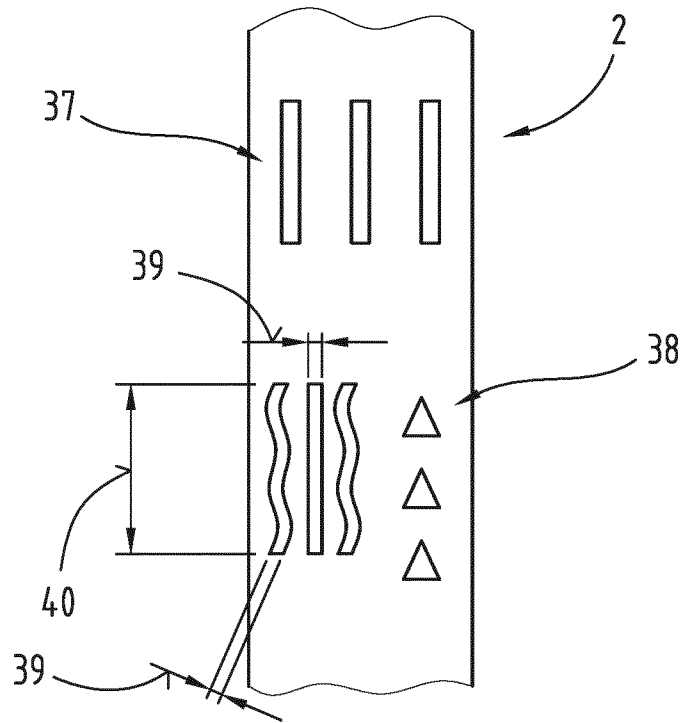


Fig.8

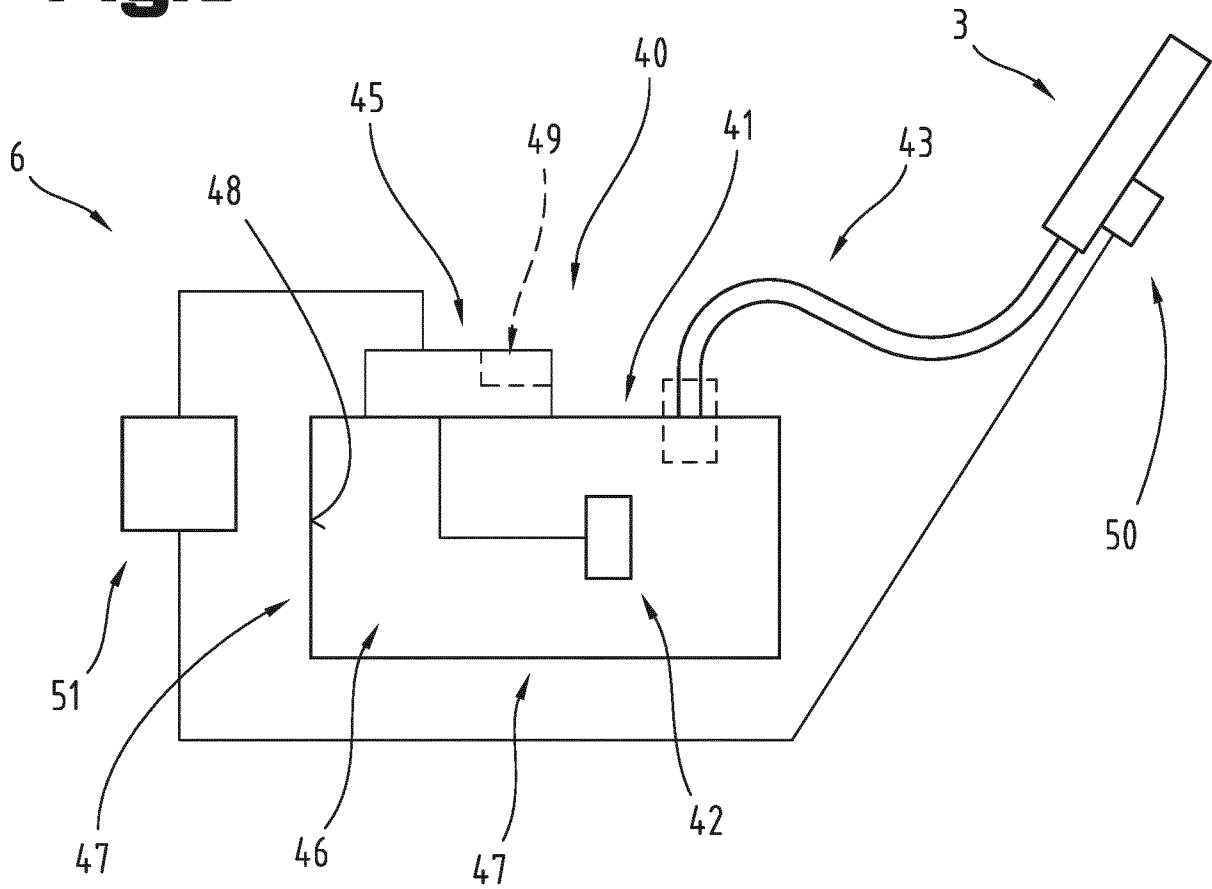


Fig.9

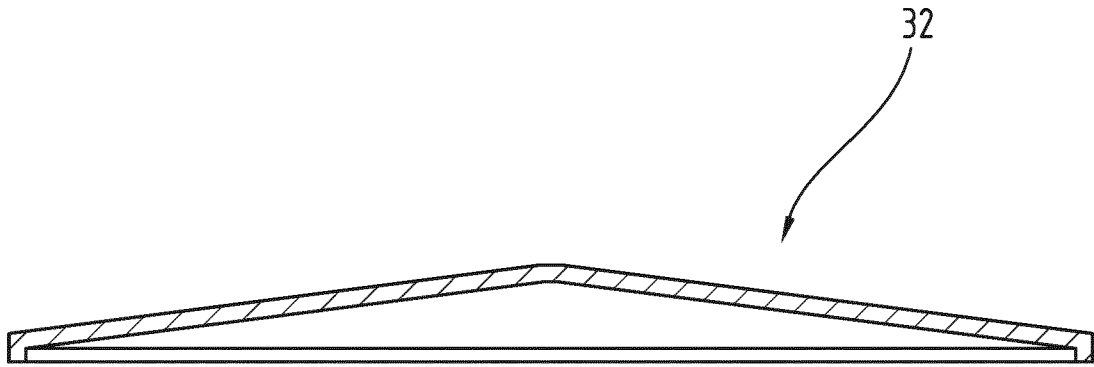


Fig.10

