



(10) **DE 10 2018 101 088 A1** 2019.07.18

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 101 088.5**

(22) Anmeldetag: **18.01.2018**

(43) Offenlegungstag: **18.07.2019**

(51) Int Cl.: **F21V 29/56 (2015.01)**

(71) Anmelder:
DH Licht GmbH, 42489 Wülfrath, DE

(72) Erfinder:
Dinter, Holger, 42489 Wülfrath, DE

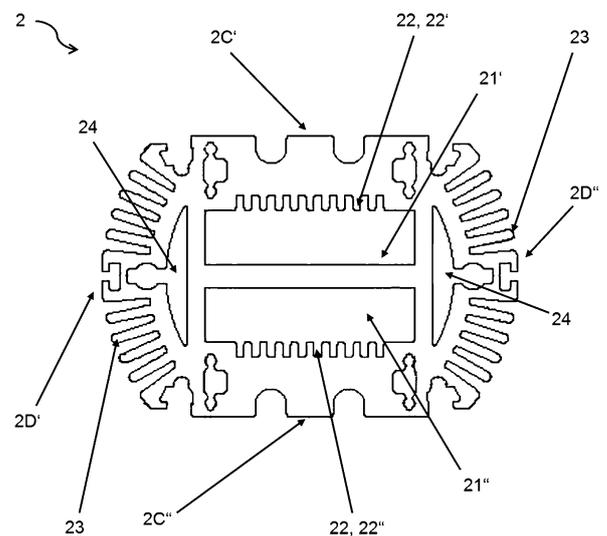
(74) Vertreter:
**Bendele, Tanja, Dipl.-Chem. Dr. rer. nat., 45133
Essen, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Fluidkühlbare LED-Leuchte sowie deren Verwendung in einem Verfahren zur Belichtung mit photosynthetisch aktiver Strahlung**

(57) Zusammenfassung: Gegenstand der Erfindung ist eine fluidkühlbare LED-Leuchte zur Bereitstellung von photosynthetisch aktiver Strahlung umfassend einen im Wesentlichen länglichen Kühlkörper und mindestens eine Leiterplatte mit mindestens einer LED, wobei innerhalb des Kühlkörpers mindestens ein Fluidkanal mit einer im Bereich der vorderen Endfläche des Kühlkörpers angeordneten vorderseitigen Öffnung und einer im Bereich der hinteren Endfläche des Kühlkörpers angeordneten rückseitigen Öffnung zur Leitung eines Fluids ausgebildet ist, dessen innere Oberfläche durch mindestens eine innenliegende Kühlfinne vergrößert wird als auch ein LED-Beleuchtungssystem umfassend mindestens eine fluidkühlbare LED-Leuchte sowie eine Software zum Betrieb der mindestens einen fluidkühlbaren LED-Leuchte. Ferner ist Gegenstand der Erfindung ein Verfahren, in dem die fluidkühlbare LED-Leuchte oder das LED-Beleuchtungssystem zur Belichtung mit photosynthetisch aktiver Strahlung, insbesondere in Klimakammern und/oder Phenotypisierungskammern, verwendet wird.



Beschreibung

[0001] Gegenstand der Erfindung ist eine fluidkühlbare LED-Leuchte zur Bereitstellung von photosynthetisch aktiver Strahlung umfassend einen im Wesentlichen länglichen Kühlkörper und mindestens eine Leiterplatte mit mindestens einer LED, wobei innerhalb des Kühlkörpers mindestens ein Fluidkanal mit einer im Bereich der vorderen Endfläche des Kühlkörpers angeordneten vorderseitigen Öffnung und einer im Bereich der hinteren Endfläche des Kühlkörpers angeordneten rückseitigen Öffnung zur Leitung eines Fluids ausgebildet ist, dessen innere Oberfläche durch mindestens eine innenliegende Kühlfinne vergrößert wird, als auch ein LED-Beleuchtungssystem umfassend mindestens eine fluidkühlbare LED-Leuchte sowie eine Software zum Betrieb der mindestens einen fluidkühlbaren LED-Leuchte. Ferner ist Gegenstand der Erfindung ein Verfahren, in dem die fluidkühlbare LED-Leuchte oder das LED-Beleuchtungssystem zur Belichtung mit photosynthetisch aktiver Strahlung, insbesondere in Klimakammern und/oder Phenotypisierungskammern, verwendet wird.

[0002] Licht stellt für Pflanzen neben der Verfügbarkeit von Wasser den wichtigsten Ökofaktor dar. So wird deren Wachstum und Entwicklung im Wesentlichen durch drei lichtbedürftige Prozesse - die Photosynthese, die Photomorphogenese und den Photoperiodismus - gesteuert. Die Photosynthese bildet als Erzeugungsreaktion für die organischen Komponenten der Pflanze die Grundvoraussetzung für alle weiteren Prozesse und wird am effektivsten mithilfe von Licht mit einer Wellenlänge von größer 400 nm (blau) und kleiner 700 nm (rot) betrieben. Unter Photomorphogenese wird der Formgebungseffekt des Lichts auf Pflanzen verstanden, wobei der blaue Spektralbereich zu gedrunghenen und der rote Spektralbereich zu gestreckten Pflanzen mit wenigen Seitentrieben führt. Photoperiodismus schließlich bezeichnet das Phänomen, dass Pflanzen auf unterschiedliche Weise auf die Länge der Tageslichtperiode, insbesondere in Bezug auf die Blütenbildung, reagieren. Dabei spielt vor allem die Wellenlänge des Lichts eine entscheidende Rolle, da der Übergang vom vegetativen in das generative Stadium lediglich durch den roten Anteil des Spektrums ausgelöst wird.

[0003] In diesem Sinne werden sowohl das Pflanzenwachstum als auch die Pflanzenentwicklung durch Faktoren wie die Belichtungsdauer und die spektrale Zusammensetzung der emittierten Strahlung (Strahlungsqualität) beeinflusst. Zudem muss entsprechend der Bedürfnisse der jeweiligen Pflanzkultur ein gewisses Maß an Strahlungsintensität gewährleistet werden.

[0004] Die natürliche Strahlungsintensität jedoch reicht, insbesondere in den Wintermonaten und in

Ländern zwischen dem 40. und 80. Breitengrad, aufgrund der erheblich kürzeren Tage sowie des niedrigen Sonnenstands und der häufigen Wolkendecke in der Regel nicht aus. Dementsprechend ist es zur Steigerung der Produktion und Qualität von Pflanzkulturen erforderlich, zusätzliche Mengen von Lichtenergie im Rahmen einer Assimilationsbelichtung durch künstliche Lichtquellen zuzuführen. Dabei ist sowohl eine das Tageslicht ergänzende Wachstumsbelichtung als auch eine photoperiodische Belichtung zur Blütezeitsteuerung möglich.

[0005] Darüber hinaus kann mithilfe geeigneter Lichtquellen sogar eine vollständige Ersetzung des Tageslichts durch künstliches Licht erfolgen. Diese Kultivierung ohne Tageslicht spielt beispielsweise im Zusammenhang mit wirtschaftlich genutzten oder für wissenschaftliche Zwecke eingerichteten Klimakammern und/oder Phenotypisierungskammern sowie Phytotronen eine wichtige Rolle.

[0006] Eine Kultivierung von Pflanzkulturen unter Ausschluss des natürlichen Tageslichts stellt im Allgemeinen eine große Herausforderung dar, bietet aber auch die Möglichkeit, sämtliche das Pflanzenwachstum und die Pflanzenentwicklung beeinflussenden Faktoren zu kontrollieren und so optimale, auf die jeweiligen Bedürfnisse der entsprechenden Pflanzkultur angepasste Bedingungen zu schaffen. So können in Abhängigkeit von der zu kultivierenden Pflanze beispielsweise Beleuchtungsstärken im Bereich von 350 bis 1500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ sowie eine individuelle spektrale Verteilung benötigt und auch zur Verfügung gestellt werden. Zu diesem Zweck werden bevorzugt LED-Leuchtmittel eingesetzt, da diese im Gegensatz zu den in den letzten Jahrzehnten verwendeten Natriumdampf- und Metallhalogenid-Leuchtmitteln eine beliebige Variation der entsprechenden Parameter ermöglichen. Allerdings ist insbesondere im Zusammenhang mit Hochleistungs-LEDs eine aktive Kühlung erforderlich.

[0007] Bei den aus dem Stand der Technik bekannten LED-Leuchten wird diese Kühlung in der Regel durch einen in der Leuchte eingebauten Lüfter bewerkstelligt. Dieser hat allerdings den Nachteil, dass die Abwärme im Raum verbleibt und die Umgebungsluft durch weitere Geräte, wie eine Klimaanlage, heruntergekühlt werden muss, was unter Umständen wiederum einen so starken Luftstrom erzeugt, dass die entsprechend Pflanzkulturen nicht mehr ihrer natürlichen Umgebung ausgesetzt sind. Alternativ ist beispielsweise aus der WO2017087644A1 eine LED-Leuchte mit einem Kühlmitteldurchgang bekannt, durch welchen zur aktiven Kühlung ein entsprechendes Kühlmittel vom einen zum anderen Ende der Leuchte geleitet werden kann.

[0008] Nachteilig an diesem System ist jedoch, dass das Kühlmittel den Kühlmitteldurchgang lediglich ein-

mal passiert und somit nur für kurze Zeit mit einem geringen Anteil der Oberfläche der LED-Leuchte in Kontakt kommt. Dementsprechend muss für eine ausreichende Kühlleistung entweder eine äußerst niedrige Fließgeschwindigkeit des Kühlmittels vorgegeben oder ein hoher Kühlmittelverbrauch in Kauf genommen werden.

[0009] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, eine LED-Leuchte bereitzustellen, welche hinsichtlich ihrer Kühlungseffizienz optimiert ist und zu einer Steigerung der Produktivität verschiedener Pflanzkulturen beiträgt. Insbesondere sollte eine LED-Leuchte bereitgestellt werden, die zur Verstärkung der Assimilation und Verbesserung der Pflanzenmorphologie in tageslichtfreien Räumen höhere Strahlungsleistungen bei gleichzeitiger Abwärmereduzierung ermöglicht. Ebenso liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein LED-Beleuchtungssystem umfassend die LED-Leuchte bereitzustellen, das die Anpassung und Steuerung unterschiedlicher, auf die jeweiligen Bedürfnisse der entsprechenden Pflanzkulturen abgestimmter Parameter gestattet, insbesondere auch auf deren Wachstumszyklen. Darüber hinaus bestand die Aufgabe, ein Belichtungsverfahren anzugeben, in dem eine hinsichtlich ihrer Kühlungseffizienz optimierte LED-Leuchte zur Beeinflussung des Pflanzenwachstums und der Pflanzenentwicklung in Klimakammern und/oder Phenotypisierungskammern verwendet wird.

[0010] Die Aufgaben der Erfindung werden gelöst durch eine fluidkühlbare LED-Leuchte nach Anspruch 1 und ein LED-Beleuchtungssystem nach Anspruch 15, durch ein Verfahren zur Belichtung mit photosynthetisch aktiver Strahlung nach Anspruch 18 sowie durch eine Software zum Betrieb der LED-Leuchte nach Anspruch 20. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen sowie in der Beschreibung detailliert offenbart.

[0011] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe der vorliegenden Erfindung dadurch gelöst, dass eine fluidkühlbare LED-Leuchte mit mindestens einem Fluidkanal, insbesondere mindestens zwei Fluidteilkanälen, besonders bevorzugt mindestens zwei zueinander parallel und parallel zur Längsachse des Kühlkörpers verlaufenden Fluidkanälen, dessen innere Oberfläche durch mindestens eine innenliegende Kühlfinne vergrößert ist, zur Belichtung von Pflanzkulturen mit photosynthetisch aktiver Strahlung bereitgestellt wird. Vorzugsweise sind eine Vielzahl an Kühlfinnen, vorzugsweise je Fluidkanal 2 bis 50, bevorzugt 5 bis 20 Kühlfinnen, in den mindestens zwei Fluidkanälen entlang der Längsachse des Kühlkörpers ausgebildet, die vorzugsweise alle in Richtung der Beleuchtungsabschnitte in den Fluidkanälen ausgebildet sind. Die Kühlfinnen sind somit vorzugsweise in Richtung der Fließrichtung des Fluids ausgebildet.

[0012] Die photosynthetisch aktive Strahlung (PAR = photosynthetically active radiation) beschreibt den für die Photosynthese entscheidenden Wellenlängenbereich der elektromagnetischen Strahlung, nämlich den Spektralbereich des Lichts zwischen 400 und 700 nm. Die Einheit zur Quantifizierung der PAR ist die elektronische Photonenflussdichte (PPFD), welche die Anzahl an Photonen im Wellenlängenbereich der PAR beschreibt, die innerhalb einer Sekunde auf einer Fläche auftreffen und von einem Blatt absorbiert werden. Die PPFD wird in $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ angegeben. Die Höhe der jeweils erforderlichen PPFD hängt von den Ansprüchen der entsprechenden Pflanzkultur ab. Pflanzen mit einem niedrigen Strahlungsbedarf genügen in der Regel eine PPFD zwischen 10 und 30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$, wohingegen bei einem hohen Strahlungsbedarf eine PPFD von bis zu 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ erforderlich ist. Eine weitere Steigerung der PPFD führt regelmäßig zu keinem vorteilhafteren Effekt, da sich die maximale Photosyntheseleistung der meisten Pflanzen bei etwa 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ einem Sättigungswert annähert. Dennoch kann es bei einer ausschließlich künstlichen Belichtung bevorzugt sein, eine PPFD von 100 bis 800 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ bereitzustellen.

[0013] Die erfindungsgemäßen LED-Leuchten können sowohl im Rahmen einer das Tageslicht ergänzenden Wachstumsbelichtung oder einer photoperiodischen Belichtung als auch zur Kultivierung ohne natürliches Tageslicht eingesetzt werden. Die erfindungsgemäßen LED-Leuchten oder das Beleuchtungssystem erlaubt eine Einstellung der photosynthetisch aktiven Strahlung an die Wachstumsphasen einer Pflanze, insbesondere Pflanzenkultur. Bei fachgemäßer Anwendung stimuliert dabei die zusätzliche bzw. ausschließliche Belichtung die Assimilation und damit das Wachstum der entsprechenden Pflanzkulturen und führt somit zu einem kürzeren Produktionszyklus, stärkeren und gesünderen Pflanzen sowie zu einer früheren Blüte. Demgemäß wird der Anwender in die Lage versetzt, die Produktivität durch die Erzeugung von mehr und besseren Pflanzen in kürzeren Kulturzeiten zu steigern und die Pflanzen so zu produzieren, dass sie zu jeweils günstigen Zeiten am Markt zur Verfügung stehen. Darüber hinaus bietet insbesondere die Kultivierung unter Ausschluss des Tageslichts, beispielsweise in pflanzenbiologischen Versuchen in Klimakammern und Phenotypisierungskammern sowie Phytotronen, die Möglichkeit, verschiedenste Umweltbedingungen zu simulieren.

[0014] Dementsprechend ist es erfindungsgemäß vorteilhaft, wenn die Strahlungsintensität und die Strahlungsqualität der LED-Leuchten einstellbar und regelbar sind. Insbesondere sind die erfindungsgemäßen LED-Leuchten Teil eines LED-Beleuchtungssystems, in welchem mithilfe eines Steuerungsgeräts und einer Software das Spektrum aus weißem (4000 K), blauem (440 nm und 465 nm), rotem (660 nm) und

dunkelrotem (730 nm) Licht in Intensität und Verhältnis beliebig zusammengesetzt werden kann.

[0015] Der Begriff LED-Leuchte umfasst im Rahmen der vorliegenden Erfindung zumindest ein Gehäuse und mindestens eine LED als künstliche Licht- und Strahlungsquelle (Leuchtmittel) sowie optional einen Reflektor und/oder ein Vorschaltgerät. LEDs (light emitting diodes) sind Halbleiterbauelemente, bei denen der Chip aus Halbleitermaterialien besteht und bei Anlegen einer Spannung und des entstehenden Stromflusses Strahlung in einer vom Halbleitermaterial abhängigen Wellenlänge emittiert wird. Sie zeichnen sich durch sehr schmale Emissionsspektren aus und sind in unterschiedlichen Farben und Weißtönen erhältlich, so dass das optimale Strahlungsspektrum der LED-Leuchte durch die Zusammenstellung unterschiedlicher LEDs erzielt werden kann. Insbesondere sollte eine LED-Leuchte zur Bereitstellung hoher Strahlungsleistungen mehrere LEDs, wie mindestens 40 LEDs, insbesondere mindestens 50 bis 80 LEDs, umfassen. Mit der Anzahl der LEDs steigt allerdings auch die Höhe der von der LED-Leuchte ausgehenden Abwärme, so dass in Bezug auf die Leuchtengröße und das Temperaturmanagement für eine effiziente Kühlung gesorgt werden muss.

[0016] Gegenstand der Erfindung ist daher eine fluidkühlbare LED-Leuchte zur Bereitstellung von photosynthetisch aktiver Strahlung umfassend einen im Wesentlichen länglichen Kühlkörper und mindestens eine Leiterplatte mit mindestens einer LED, vorzugsweise mit mindestens zwei bis eintausend LEDs, wobei der Kühlkörper eine vordere Endfläche und eine der vorderen Endflächen gegenüberliegende hintere Endfläche sowie mindestens einen oberhalb und/oder unterhalb der Längsachse des Kühlkörpers angeordneten Beleuchtungsabschnitt, auf welchem die mindestens eine Leiterplatte befestigbar ist, aufweist, und wobei innerhalb des Kühlkörpers mindestens ein Fluidkanal mit einer im Bereich der vorderen Endfläche angeordneten vorderseitigen Öffnung und einer im Bereich der hinteren Endfläche angeordneten rückseitigen Öffnung zur Leitung eines Fluids ausgebildet ist, dessen innere Oberfläche durch mindestens eine innenliegende Kühlfinne, welche vorzugsweise in Richtung des mindestens einen Beleuchtungsabschnitts ausgebildet ist, vergrößert wird. Somit ist die mindestens eine Kühlfinne vorzugsweise im jeweiligen Fluidkanal nach außen oberhalb und/oder unterhalb der Längsachse des Kühlkörpers in Richtung des jeweiligen Beleuchtungsabschnitts ausgebildet.

[0017] Erfindungsgemäß umfasst die LED-Leuchte einen im Wesentlichen länglichen Kühlkörper, auf dem mindestens eine Leiterplatte befestigbar ist. Unter einem im Wesentlichen länglichen Kühlkörper ist im Sinne der Erfindung ein dreidimensionaler Körper aus einem wärmeleitenden Material zu verste-

hen, welcher über eine Längsachse, die sich in Richtung seiner größten Ausdehnung erstreckt, verfügt. Dabei kann der Kühlkörper in seiner Länge über eine Abmessung von mindestens 5 bis 200 cm, insbesondere von mindestens 100 cm, vorzugsweise über eine Abmessung von mindestens 30 bis 200 cm, bevorzugt von 30 bis 60 cm verfügen. Vorzugsweise ist der Kühlkörper im Wesentlichen quaderförmig und besitzt mindestens sechs Seitenflächen, welche eben und/oder gekrümmt ausgebildet sein können. So besitzt der Kühlkörper vorzugsweise einen im Wesentlichen rechteckigen Querschnitt mit einer Breite von größer gleich 5 bis kleiner gleich 30 cm und einer Höhe von größer gleich 5 bis kleiner gleich 20 cm, insbesondere mit einer Breite um 10 cm und einer Höhe um 7 cm. Der Kühlkörper ist bevorzugt aus einem gut wärmeleitenden Material hergestellt, bevorzugt aus einem Metall, einer Legierung oder einem Hybridmaterial umfassend Metall oder eine Legierung mit keramischen Bestandteilen. Besonders bevorzugt ist Aluminium oder eine Aluminiumlegierung. Der Kühlkörper ist vorzugsweise ein Stranggußteil.

[0018] Die mindestens eine Leiterplatte wird vorzugsweise auf dem oberhalb und/oder unterhalb der Längsachse des Kühlkörpers angeordneten Beleuchtungsabschnitts, insbesondere auf der Oberseite und/oder der Unterseite des Kühlkörpers, befestigt. Dabei können die Leiterplatten über ein vorgegebenes Bohrlochsystem, ein System mit Hinterschnitten oder eine Verklebung flexibel auf dem Kühlkörper angebracht werden, vorzugsweise mithilfe von mindestens zwei bis zehn, insbesondere mithilfe von sechs Schrauben. Alternativ können die Leiterplatten auf dem Kühlkörper verrastet werden. Der direkte Kontakt der mindestens einen Leiterplatte mit dem Kühlkörper ermöglicht einen direkten Wärmetransfer von der mindestens einen Leiterplatte, insbesondere von der mindestens einen LED der mindestens einen Leiterplatte, auf den Kühlkörper. Dies vereinfacht wiederum die Abfuhr der erzeugten Abwärme über das durch den mindestens einen Fluidkanal geleitete Fluid.

[0019] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der mindestens eine Fluidkanal zweigeteilt entlang der Längsachse des Kühlkörpers ausgebildet und umfasst mindestens einen ersten Fluidteilkanal sowie mindestens einen zweiten Fluidteilkanal mit jeweils einer vorderseitigen Öffnung und einer rückseitigen Öffnung, wobei die innere Oberfläche des mindestens einen ersten Fluidteilkanals und/oder die innere Oberfläche des mindestens einen zweiten Fluidteilkanals jeweils unabhängig voneinander durch mindestens eine innenliegende Kühlfinne, welche vorzugsweise in Richtung des mindestens einen Beleuchtungsabschnitts ausgebildet ist, vergrößert wird. Die Fluidkanäle weisen vorzugsweise einen im Wesentlichen rechteckigen, quadratischen oder ellipti-

schen Querschnitt auf, bevorzugt ist der Querschnitt rechteckig.

[0020] Der mindestens eine erste Fluidteilkanal bzw. der mindestens eine zweite Fluidteilkanal ist, wie auch der mindestens eine Fluidkanal, als in sich geschlossener Kanal ausgebildet, welcher mit Ausnahme seiner im Bereich der vorderen Endfläche angeordneten vorderseitigen Öffnung und seiner im Bereich der hinteren Endfläche angeordneten rückseitigen Öffnung keine weiteren Öffnungen aufweist. Der Kanal durchbricht somit keine anderen Oberflächen der des Kühlkörpers. Dabei hat der mindestens eine Fluidkanal oder der mindestens eine erste und/oder zweite Fluidteilkanal vorzugsweise zumindest teilweise einen Querschnitt mit der Geometrie eines Rechtecks. Insbesondere hat der mindestens eine Fluidkanal oder der mindestens eine erste und/oder zweite Fluidteilkanal zumindest teilweise einen Querschnitt mit einer Breite von größer gleich 2 bis kleiner gleich 10 cm und/oder einer Höhe von größer gleich 0,5 bis kleiner gleich 5 cm. Besonders bevorzugt ist ein Fluidkanal oder ein Fluidteilkanal mit einer Breite um 5 cm und einer Höhe um 1,5 cm.

[0021] Erfindungsgemäß wird die innere Oberfläche des mindestens einen Fluidkanals bzw. des mindestens einen ersten und/oder zweiten Fluidteilkanals durch mindestens eine innenliegende Kühlfinne, insbesondere durch mindestens zwei bis fünfzig innenliegende Kühlrippen, vergrößert. Die innenliegenden Kühlrippen können an jeder Seite der inneren Oberfläche des mindestens einen Fluidkanals bzw. des mindestens einen ersten und/oder zweiten Fluidteilkanals ausgebildet und/oder in jede Richtung jeder Seitenfläche des Kühlkörpers ausgerichtet sein. Vorzugsweise umfasst die innere Oberfläche des mindestens einen Fluidkanals bzw. des mindestens einen ersten und/oder zweiten Fluidteilkanals mindestens zehn innenliegende Kühlrippen, welche in Richtung der Oberseite und/oder der Unterseite des Kühlkörpers und vorzugsweise entlang der Längsachse des Kühlkörpers, insbesondere in Richtung des mindestens einen Beleuchtungsabschnitts des Kühlkörpers, ausgerichtet sind. Vorzugsweise weisen die Kühlrippen eine Lamellenform auf.

[0022] Die einzelnen innenliegenden Kühlrippen sind vorzugsweise in Rippenform bzw. Lamellenform, insbesondere mit einer Beabstandung zueinander von mindestens 0,1 cm bis 0,5 cm angeordnet. Dabei kann es erfindungsgemäß bevorzugt sein, wenn sich die Abmessungen einer einzelnen innenliegenden Kühlrippe auf eine Länge und Breite von mindestens 0,05 cm, besonders bevorzugt auf eine Länge von mindestens 0,2 bis 1 cm und auf eine Breite von mindestens 0,1 bis 0,5 cm, belaufen. Insbesondere verlaufen die einzelnen innenliegenden Kühlrippen jeweils parallel zueinander von der vorderseitigen bis zur rückseitigen Öffnung des mindestens ei-

nen Fluidkanals bzw. des mindestens einen ersten und/oder zweiten Fluidteilkanals.

[0023] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist der mindestens eine Fluidkanal, insbesondere der mindestens eine erste Fluidteilkanal und der mindestens eine zweite Fluidteilkanal zusammengefasst, i) eine innere Oberfläche von größer gleich 1500 cm², bevorzugt eine innere Oberfläche von größer gleich 2000 cm², und/oder ii) ein Innenvolumen von größer gleich 750 cm³ bis kleiner gleich 1500 cm³, bevorzugt ein Innenvolumen von größer gleich 900 cm³ bis kleiner gleich 1100 cm³, jeweils in Bezug auf eine Länge des Kühlkörpers von 50 cm, auf. Dementsprechend ist es erfindungsgemäß besonders bevorzugt, wenn der, insbesondere rechteckige, Querschnitt des mindestens einen Fluidteilkanals bzw. des mindestens einen ersten Fluidteilkanals und des mindestens einen zweiten Fluidteilkanals i) einen Umfang von größer gleich 150 cm, bevorzugt einen Umfang von größer gleich 300 cm, und/oder ii) einen Flächeninhalt von größer gleich 1200 cm² bis kleiner gleich 2500 cm², bevorzugt einen Flächeninhalt von größer gleich 1500 cm² bis kleiner gleich 2000 cm², aufweist. Die innere Oberfläche und/oder das Innenvolumen wie auch der Querschnittsumfang und/oder der Querschnittsflächeninhalt jedes Fluidkanals oder Fluidteilkanals lässt sich zudem durch eine größere Anzahl an innenliegenden Kühlrippen weiter vergrößern.

[0024] In einer weiter bevorzugten Ausführungsform ist der mindestens eine Fluidkanal, insbesondere der mindestens eine erste Fluidteilkanal und/oder der mindestens eine zweite Fluidteilkanal, zur Leitung einer Kühlflüssigkeit, vorzugsweise zur Leitung von Wasser und/oder wässrigen Gemischen, oder zur Leitung eines Gases ausgebildet.

[0025] In diesem Zusammenhang ist als Fluid im Sinne der Erfindung ein nieder- bis hoch-viskoses Medium zu verstehen, welches vorzugsweise unter Druck, insbesondere mit mindestens 2 bis 20 bar_{abs}, insbesondere 0,5 bis 2 bar_{abs}, durch den mindestens einen Fluidkanal, insbesondere den ersten Fluidteilkanal und/oder den zweiten Fluidteilkanal, geleitet werden kann. Fluide umfassen somit sowohl Gase und Flüssigkeiten als auch Gemische von Gasen und/oder Flüssigkeiten mit Feststoffen sowie untereinander, wie Lösungen, Emulsionen, Suspensionen oder Schäume. Vorzugsweise ist das Fluid eine Kühlflüssigkeit, wie Wasser oder Alkohol sowie deren Gemische. Alternativ kann das Fluid ein Wärmeträgermedium sein, das Ethylenglykol, Propylenglykol und Wasser sowie optional weitere Additive umfasst.

[0026] Besonders bevorzugte Fluide umfassen zur Eindämmung von Mikroorganismen zudem mindestens ein Biozid, insbesondere ein Algizid. Geeignete Algizide können ausgewählt sein aus Simazin, Atra-

zin, Desmetryn, Cybutryn, Terbutryn, Dichlorophen, Benzalkoniumchlorid, Pelargonsäure sowie Kupferoxychlorid und Kupfersulfat. Darüber hinaus kann es erfindungsgemäß bevorzugt sein, wenn das Fluid, insbesondere die Kühlflüssigkeit, mindestens einen Hilfsstoff, vorzugsweise ausgewählt aus Salzbildnern, Puffern, Säureregulatoren, Lösungsmitteln, Lösungsvermittlern, Emulgatoren, Fließregulatoren, Netzmitteln, Gleitmitteln, Schmiermitteln, Formtrennmitteln, Bindemitteln, Verdickungsmitteln, Stabilisatoren, Weichmachern, Konservierungsmitteln und/oder Färbemitteln umfasst.

[0027] In einer weiter bevorzugten Ausführungsform weist der Kühlkörper ferner mindestens einen jeweils unabhängig ein- oder beidseitig der Längsachse des Kühlkörpers angeordneten Kühlungsabschnitt, insbesondere einen linkseitig der Längsachse des Kühlkörpers angeordneten ersten Kühlungsabschnitt und einen rechtsseitig der Längsachse des Kühlkörpers angeordneten zweiten Kühlungsabschnitt, auf, wobei die äußere Oberfläche des mindestens einen Kühlungsabschnitts oder die äußere Oberfläche des ersten Kühlungsabschnitts und/oder des zweiten Kühlungsabschnitts jeweils unabhängig voneinander durch mindestens eine außenliegende Kühlfinne vergrößert wird.

[0028] Der mindestens eine Kühlungsabschnitt, insbesondere der erste Kühlungsabschnitt und/oder der zweite Kühlungsabschnitt, bildet erfindungsgemäß die rechtsseitige und/oder linksseitige Seitenfläche des Kühlkörpers aus und verläuft dementsprechend vorzugsweise von der vorderen bis zur hinteren Endfläche des Kühlkörpers. Besonders bevorzugt ist der mindestens eine Kühlungsabschnitt bzw. der erste und/oder zweite Kühlungsabschnitt als gekrümmte, rechtsseitige und/oder linksseitige Seitenfläche des Kühlkörpers ausgebildet und mit mindestens einer außenliegenden Kühlfinne, insbesondere mit mindestens zwei bis fünfzig außenliegenden Kühlfinnen, versehen. Die Kühlfinnen verlaufen vorzugsweise parallel zur Längsachse des Kühlkörpers.

[0029] Die einzelnen außenliegenden Kühlfinnen sind vorzugsweise in Rippenform, insbesondere mit einer Beabstandung zueinander von mindestens 0,1 cm bis 0,5 cm angeordnet. Dabei kann es erfindungsgemäß bevorzugt sein, wenn sich die Abmessungen einer einzelnen außenliegenden Kühlfinne auf eine Länge und Breite von mindestens 0,1 cm, besonders bevorzugt auf eine Länge von mindestens 0,5 bis 3 cm und auf eine Breite von mindestens 0,2 bis 1 cm, belaufen. Insbesondere verlaufen die einzelnen außenliegenden Kühlfinnen jeweils strahlenförmig nebeneinander von der vorderen bis zur hinteren Endfläche des Kühlkörpers.

[0030] Daneben kann es bevorzugt sein, wenn innerhalb des mindestens einen Kühlungsabschnitts,

insbesondere innerhalb des ersten Kühlungsabschnitts und/oder des zweiten Kühlungsabschnitts, mindestens ein Kühlkanal, der sich vorzugsweise von der vorderen Endfläche bis zur hinteren Endfläche des Kühlkörpers erstreckt, ausgebildet ist. Dabei befindet sich der Kühlkanal vorzugsweise unterhalb der äußeren Oberfläche des mindestens einen Kühlungsabschnitts bzw. des ersten und/oder zweiten Kühlungsabschnitts und ist in sich geschlossen, so dass er mit Ausnahme seiner Öffnungen an der vorderen und hinteren Endfläche des Kühlkörpers dessen Oberfläche nicht berührt. Der Kühlkanal eignet sich erfindungsgemäß sowohl zur Luftkühlung als auch zur Kühlung mit einem entsprechenden Fluid.

[0031] Insbesondere kann es bevorzugt sein, wenn die LED-Leuchte mit dem mindestens einen Kühlungsabschnitt, insbesondere dem ersten Kühlungsabschnitt und dem zweiten Kühlungsabschnitt zusammengenommen, einen passiven Kühlbereich und mit dem mindestens einen Fluidkanal, insbesondere mit dem ersten Fluidteilkanal und dem zweiten Fluidteilkanal zusammengenommen, einen aktiven Kühlbereich besitzt, wobei vorzugsweise das Verhältnis von passivem Kühlbereich zu aktivem Kühlbereich 1 : 1 bis 2 : 1, insbesondere 3 : 2, beträgt.

[0032] In diesem Zusammenhang wird im Rahmen der Erfindung unter dem Begriff aktiver Kühlung ein Vorgang verstanden, bei dem Wärmeenergie mithilfe einer Kühlungskomponente, wie einem Fluid, abgeführt wird. Im Gegensatz dazu wird bei der passiven Kühlung die Wärmeenergie an die umgebende Luft abgegeben. Dementsprechend verfügt die erfindungsgemäße LED-Leuchte - mit dem mindestens einen Fluidkanal, insbesondere mit dem ersten Fluidteilkanal und dem zweiten Fluidteilkanal zusammengenommen, und insbesondere mit der mindestens einen innenliegenden Kühlfinne - über einen Bereich, in dem die von der mindestens einen LED erzeugte Abwärme mittels eines Fluids abgeführt wird, der als aktiver Kühlbereich gilt, sowie - mit dem mindestens einen Kühlungsabschnitt, insbesondere dem ersten Kühlungsabschnitt und dem zweiten Kühlungsabschnitt zusammengenommen, und insbesondere mit der mindestens einen außenliegenden Kühlfinne - über einen weiteren Bereich, in dem die von der mindestens einen LED erzeugte Abwärme an die Umgebungsluft abgegeben wird, der als passiver Kühlbereich verstanden wird.

[0033] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfasst die LED-Leuchte einen oberhalb der Längsachse des Kühlkörpers angeordneten ersten Beleuchtungsabschnitt und optional einen unterhalb der Längsachse des Kühlkörpers angeordnete zweiten Beleuchtungsabschnitt, wobei auf dem ersten Beleuchtungsabschnitt mindestens eine erste Leiterplatte mit mindestens einer LED, vorzugsweise

mit mindestens zwei bis eintausend LEDs, und optional auf dem zweiten Beleuchtungsabschnitt mindestens eine zweite Leiterplatte mit mindestens einer LED, vorzugsweise mit mindestens zwei bis eintausend LEDs, befestigbar ist.

[0034] Dementsprechend kann die mindestens eine Leiterplatte, insbesondere die mindestens eine erste Leiterplatte und/oder die mindestens eine zweite Leiterplatte, wahlweise auf der Oberseite oder auf der Unterseite des Kühlkörpers installiert werden. Auf diese Weise kann sowohl in der horizontalen als auch in der vertikalen belichtet werden, wobei die Ausrichtung der Aufhängung der LED-Leuchte nicht festgelegt ist.

[0035] Die mindestens eine Leiterplatte bzw. die mindestens eine erste und/oder zweite Leiterplatte umfasst vorzugsweise mindestens zwei LEDs, bevorzugt mindestens vier, besonders bevorzugt mindestens vierzig bis 500 LEDs. Dabei kann es erfindungsgemäß bevorzugt sein, wenn die mindestens zwei LEDs in mindestens einer Reihe, welche zur Längsachse der mindestens einen Leiterplatte bzw. der mindestens einen ersten und/oder zweiten Leiterplatte im Wesentlichen parallel verläuft, angeordnet sind. Besonders bevorzugt sind die mindestens zwei LEDs, insbesondere mindestens drei LEDs, unterschiedlicher Farbe, wie mindestens eine weiße, mindestens eine blaue und/oder mindestens eine rote LED, in Abhängigkeit von ihrer Farbe in mindestens zwei Reihen angeordnet, welche zur Längsachse der mindestens einen Leiterplatte bzw. der mindestens einen ersten und/oder zweiten Leiterplatte im Wesentlichen parallel verlaufen.

[0036] Des Weiteren kann es bevorzugt sein, wenn die mindestens eine LED der mindestens einen Leiterplatte, insbesondere die mindestens eine LED der ersten Leiterplatte und/oder die mindestens eine LED der zweiten Leiterplatte, ausgewählt ist aus weißen, blauen und/oder roten LEDs, wobei einzelne LEDs jeweils unabhängig voneinander kombinierbar und/oder ansteuerbar sind.

[0037] In diesem Zusammenhang wird unter weißen LEDs ein Leuchtmittel mit einer Farbtemperatur von größer gleich 2000 Kelvin bis kleiner gleich 7000 Kelvin verstanden, insbesondere ein Leuchtmittel mit einer Farbtemperatur von 4000 Kelvin. Blaue LEDs emittieren vorzugsweise Strahlung mit einer Wellenlänge von 420 bis 490 nm, wobei Wellenlängen von 440 nm und 465 nm besonders bevorzugt sind. Dagegen emittieren die roten LEDs vorzugsweise eine Strahlung vorzugsweise in einem Wellenlängenbereich von 650 bis 750 nm. Erfindungsgemäß bevorzugt sind rote LEDs die eine Strahlung mit mindestens einer Wellenlänge von 660 nm emittieren und dunkelrote LEDs, die mindestens eine Wellenlänge von 730 nm emittieren.

[0038] Vorzugsweise weist jede Leiterplatte der erfindungsgemäßen LED-Leuchte mindestens eine weiße LED, mindestens eine blaue LED und mindestens eine rote LED sowie optional mindestens eine dunkelrote LED auf. Insbesondere kann es bevorzugt sein, wenn jede Leiterplatte der erfindungsgemäßen LED-Leuchte mindestens zehn weiße, mindestens zehn blaue und mindestens zehn rote sowie optional mindestens zehn dunkelrote LEDs aufweist, welche jeweils unabhängig voneinander kombinierbar und/oder ansteuerbar sind.

[0039] So ist es erfindungsgemäß bevorzugt, wenn einzelne LEDs jeweils unabhängig voneinander über mindestens einen Kanal, insbesondere über jeweils mindestens einen elektronischen Kanal und optional einen Datenkanal für weiße LEDs, blaue LEDs und/oder rote LEDs, schaltbar sind. Dabei ist sowohl ein Serienschaltung als auch eine parallele Schaltung möglich. Insbesondere werden jeweils die weißen, blauen und roten LEDs sowie optional die dunkelroten LEDs gruppiert über einen eigenen Kanal, vorzugsweise einen elektronischen Kanal oder einen Datenkanal, geschaltet.

[0040] Der Abstrahlwinkel der mindestens einen LED, vorzugsweise der mindestens zwei bis eintausend LEDs, auf der Leiterplatte der erfindungsgemäßen LED-Leuchte beträgt vorzugsweise mindestens 60°, insbesondere mindestens 80° bis 90°. Besonders bevorzugt wird aufgrund des Abstrahlwinkels ein Kegeldurchmesser von mindestens 1,5 m in 1 m Entfernung zur LED-Leuchte oder ein Kegeldurchmesser von mindestens 5 m in 3 m Entfernung zur LED-Leuchte erreicht. Zur Anpassung des Abstrahlwinkels kann zudem ein Diffusor über der mindestens einen Leiterplatte angebracht werden.

[0041] Daher umfasst die LED-Leuchte in einer weiter bevorzugten Ausführungsform ferner mindestens einen Diffusor zur Abdeckung der mindestens einen Leiterplatte, insbesondere einen ersten Diffusor zur Abdeckung der mindestens einen ersten Leiterplatte und optional einen zweiten Diffusor zur Abdeckung der mindestens einen zweiten Leiterplatte, mit einem Transmissionsgrad von größer gleich 80 %, insbesondere mit einem Transmissionsgrad von größer gleich 85 % bis kleiner gleich 90 %, welcher vorzugsweise an dem mindestens einen Kühlungsabschnitt, insbesondere an dem ersten Kühlungsabschnitt und/oder an dem zweiten Kühlungsabschnitt, befestigbar ist.

[0042] Erfindungsgemäß wird der mindestens eine Diffusor oberhalb der mindestens einen LED-Leiterplatte, insbesondere oberhalb der mindestens einen ersten LED-Leiterplatte und/oder oberhalb der mindestens einen zweiten LED-Leiterplatte, angeordnet und dient dem Verschluss der LED-Leuchte gegen Wasser, Staub und Feuchtigkeit. Dementsprechend

ist es erfindungsgemäß bevorzugt, wenn der Kühlkörper, vorzugsweise im Bereich des mindestens einen Kühlungsabschnitts, insbesondere an dem ersten Kühlungsabschnitt und/oder an dem zweiten Kühlungsabschnitt, mindestens eine Aufnahme, insbesondere eine Nut, zur Befestigung des mindestens einen Diffusors aufweist. Dabei ist an dem mindestens einen Diffusor vorzugsweise mindestens ein entsprechendes Gegenstück ausgebildet, so dass der mindestens eine Diffusor, insbesondere gemeinsam mit mindestens einer Schnurdichtung, formschlüssig mit dem Kühlkörper verbunden werden kann.

[0043] Der mindestens eine Diffusor ist vorzugsweise aus einem polymeren, insbesondere amorphem und/oder thermoplastischen Material, wie Polymethylmethacrylat (PMMA) hergestellt. Bevorzugt ist ein amorphes thermoplastisches Polymer, besonders bevorzugt amorphes PMMA. Insbesondere umfasst der mindestens eine Diffusor ein Acrylglasgemisch, vorzugsweise eine Mischung aus Plexiglas® 7H und Plexiglas® Satinice df23 7H. Auf diese Weise entsteht eine homogene lichtstreuende Linse, die einen hohen Transmissionsgrad, insbesondere von größer gleich 85 % aufweist. Ferner kann es bevorzugt sein, wenn der mindestens eine Diffusor UVbeständig ist.

[0044] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfasst die LED-Leuchte ferner mindestens eine an der vorderen Endfläche befestigbare vordere Endkappe, welche mindestens ein vorderes Einlasselement, das vorzugsweise in Verbindung zu der vorderseitigen Öffnung angeordnet ist, zur Einspeisung des Fluids, vorzugsweise zur Einspeisung der Kühlflüssigkeit, sowie mindestens ein vorderes Auslasselement, das vorzugsweise in Verbindung zu der vorderseitigen Öffnung angeordnet ist, zur Ausspeisung des Fluids, vorzugsweise zur Ausspeisung der Kühlflüssigkeit, aufweist, sowie mindestens eine an der hinteren Endfläche befestigbare hintere Endkappe.

[0045] Vorzugsweise ist sowohl die vordere Endkappe als auch die hintere Endkappe als ein- oder mehrteiliges Teil ausgebildet, welches einen kraft- und/oder formschlüssigen Verschluss des Kühlkörpers, insbesondere des mindestens einen Fluidkanals, vorzugsweise des mindestens einen ersten Fluidteilkanals und/oder des mindestens einen zweiten Fluidteilkanals, erlaubt. Die Teile können gefräst sein oder mittels Laserschneiden aus Platten des Materials hergestellt werden. Dabei kann es erfindungsgemäß bevorzugt sein, wenn die mindestens eine vordere Endkappe und/oder die mindestens eine hintere Endkappe jeweils mithilfe mindestens einer Schraube, vorzugsweise mithilfe von mindestens zwei bis acht Schrauben an dem Kühlkörper, insbesondere an der vorderen bzw. hinteren Endfläche befestigbar ist. Besonderes bevorzugt ist die entsprechende Verschraubung zudem druckwasserdicht.

[0046] Weiterhin kann es bevorzugt sein, wenn die vordere Endkappe mindestens ein Anschlusselement zur elektrischen Einspeisung für die mindestens eine LED der mindestens einen Leiterplatte, insbesondere für die mindestens eine LED der ersten Leiterplatte und/oder für die mindestens eine LED der zweiten Leiterplatte, aufweist. Das Anschlusselement zur elektrischen Einspeisung ist vorzugsweise beabstandet zu dem mindestens einen vorderen Einlasselement und/oder zu dem mindestens einen vorderen Auslasselement angeordnet. Insbesondere ist die mindestens eine vordere Endkappe mehrteilig, vorzugsweise mindestens zweiteilig, ausgebildet und ein Teil weist das mindestens eine Anschlusselement und ein weiteres Teil weist das mindestens eine vordere Einlasselement und/oder das mindestens eine vordere Auslasselement auf. Bevorzugt umfasst das Einlasselement eine Einlassöffnung mit einem genormten Anschluss und/oder das Auslasselement umfasst eine Auslassöffnung mit einem genormten Anschluss.

[0047] Darüber hinaus kann es bevorzugt sein, wenn die hintere Endkappe mit einer Aufnahme versehen ist, insbesondere mit mindestens einer Vertiefung oder mindestens eine Nut, durch welche das Fluid, vorzugsweise die Kühlflüssigkeit, zwischen dem ersten Fluidteilkanal und dem zweiten Fluidteilkanal umleitbar ist oder mindestens ein hinteres Einlasselement, das vorzugsweise in Verbindung zu der rückseitigen Öffnung angeordnet ist, zur Einspeisung des Fluids, vorzugsweise zur Einspeisung der Kühlflüssigkeit, sowie mindestens ein hinteres Auslasselement, das vorzugsweise in Verbindung zu der rückseitigen Öffnung angeordnet ist, zur Ausspeisung des Fluids, vorzugsweise zur Ausspeisung der Kühlflüssigkeit, aufweist.

[0048] Demgemäß ist es erfindungsgemäß möglich, dass das Fluid, vorzugsweise die Kühlflüssigkeit, den mindestens einen Fluidkanal, insbesondere den mindestens einen ersten Fluidteilkanal und/oder den mindestens einen zweiten Fluidteilkanal, einmalig, von der vorderseitigen Öffnung bis zur rückseitigen Öffnung oder umgekehrt durchläuft und so an dem mindestens einen vorderen bzw. hinteren Einlasselement eingespeist und an dem mindestens einen vorderen bzw. hinteren Auslasselement ausgespeist wird. Alternativ kann das Fluid, vorzugsweise die Kühlflüssigkeit, aber auch an dem mindestens einen vorderen Einlasselement der vorderen Endkappe eingespeist und an dem mindestens einen hinteren Auslasselement der vorderen Endkappe ausgespeist werden, wobei die hintere Endkappe derart konzipiert ist, dass sie den Fluidvorlauf aus dem mindestens einen ersten Fluidteilkanal aufnimmt und als Fluidrücklauf in den mindestens einen zweiten Fluidteilkanal umleitet.

[0049] Alternativ kann Kühlkörper im Bereich der vorderen oder im Bereich der hinteren Endfläche zwischen den Fluidteilkanälen eine Ausnehmung aufweisen, durch die das Fluid von dem einen in den anderen Kanal umgeleitet werden kann. In einer weiteren Alternative können die hintere und vordere Endkappe so ausgebildet sein, dass durch die mindestens zwei Fluidteilkanäle parallel Fluide durchgeleitet werden können, d.h. es findet keine Umlenkung statt.

[0050] Erfindungsgemäß besonders bevorzugt befindet sich sowohl das Einlasselement als auch das Auslasselement sowie optional das Anschlusselement zur elektrischen Einspeisung an der vorderen Endkappe der mindestens einen LED-Leuchte. Dementsprechend wird die mindestens eine LED-Leuchte vorzugsweise einseitig elektrisch und wassertechnisch eingespeist.

[0051] Das mindestens eine vordere bzw. hintere Einlasselement und/oder das mindestens eine vordere bzw. hintere Auslasselement kann mit der vorderen bzw. hinteren Endkappe fest, insbesondere kraft- und/oder formschlüssig und/oder stoffschlüssig verbunden oder mit dieser einstückig ausgebildet sein. Insbesondere kann das mindestens eine vordere bzw. hintere Einlass- und/oder Auslasselement entweder als innenliegendes (weibliches) oder als außenliegendes (männliches) Element an der vorderen bzw. hinteren Endkappe angeordnet oder in diese integriert sein. Dabei ist das mindestens eine vordere bzw. hintere Einlass- und/oder Auslasselement vorzugsweise zum Anschluss an eine Fluidleitung, wie etwa einen Schlauch, ausgebildet, insbesondere umfassend ein entsprechendes Verbindungselement ausgebildet, wobei das mindestens eine vordere bzw. hintere Einlass- und/oder Auslasselement und/oder das mindestens eine Verbindungselement eine komplextäre Geometrie aufweisen.

[0052] In diesem Sinne kann es bevorzugt sein, wenn das mindestens eine vordere bzw. hintere Einlass- und/oder Auslasselement und das mindestens eine Verbindungselement über ein Konnektorsystem umfassend einen weiblichen und einen männlichen Konnektorteil, vorzugsweise über ein Konnektorsystem ausgewählt aus Steckverbindung, Schraubverbindung und Bajonettverbindung, verbindbar sind. Sowohl das mindestens eine vordere bzw. hintere Einlass- und/oder Auslasselement als auch das Verbindungselement können dabei jeweils unabhängig voneinander über einen O-Ring verfügen. Ebenso kann das männliche Konnektorteil auch durch Federkraft oder eine Rastung, wie ein Klick-Element, zusätzlichen Halt innerhalb des weiblichen Konnektorteils finden. Die Verbindung des Konnektorsystems ist vorzugsweise kraft- und/oder formschlüssig, so dass der männliche Konnektorteil mit dem weiblichen Konnektorteil dicht abschließt.

[0053] Darüber hinaus ist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Einsatz von Dichtungen zwischen dem Kühlkörper und der vorderen bzw. hinteren Endkappe sowie optional zwischen dem mindestens einen Diffusor und der vorderen bzw. hinteren Endkappe vorgesehen. Die Dichtungen sind vorzugsweise aus einem polymeren Material mit einer Shore-A-Härte von mindestens 50°, insbesondere mit einer Shore-A-Härte von 60° plus/minus 5°, hergestellt. Zudem kann es erfindungsgemäß bevorzugt sein, wenn das Dichtungsmaterial eine Temperaturbeständigkeit im Bereich von -50 bis -150 °C sowie optional eine Beständigkeit gegen Witterung, UV und/oder Ozon aufweist. Besonders bevorzugt handelt es sich bei dem Dichtungsmaterial um Ethylen-Propylen-Dien-Monomer (EPDM).

[0054] Vorzugsweise liegt der Spritzwasserschutz der LED-Leuchte aufgrund der Dichtungen bei einer Kennziffer von mindestens IPX3, insbesondere bei IPX5. Zudem besitzt die LED-Leuchte eine mindestens 99 %ige, vorzugsweise eine 100 %ige, Dichtigkeit des Wasserkreislaufs gegenüber der elektrischen Einspeiseeinheit.

[0055] So wird das Fluid, vorzugsweise die Kühlflüssigkeit, während des Durchlaufs durch die LED-Leuchte ohne Verluste an den innenliegenden, oberflächenvergrößernden Kühlfinnen vorbeigeleitet und nimmt die von der mindestens einen LED erzeugte und an den Kühlkörper abgegebene Abwärme auf. Das erwärmte Fluid bzw. die erwärmte Kühlflüssigkeit wird anschließend aus der LED-Leuchte ausgespeist und kann beispielsweise umweltschonend zum Heizen verwendet werden. Dabei können erfindungsgemäß mehrere LED-Leuchten, insbesondere mindestens zwei LED-Leuchten, sowohl elektrisch als auch wassertechnisch miteinander verbunden werden, indem zum einen die jeweiligen Anschlusselemente und zum anderen die jeweiligen vorderen bzw. hinteren Einlass- und Auslasselemente gekoppelt werden, insbesondere über ein Verbindungsstück mit optionalen Verbindungselementen.

[0056] Ferner ist Gegenstand der vorliegenden Erfindung ein LED-Beleuchtungssystem zur Bereitstellung von photosynthetisch aktiver Strahlung umfassend mindestens eine fluidkühlbare LED-Leuchte umfassend einen im Wesentlichen länglichen Kühlkörper mit einer vorderen Endfläche und einer der vorderen Endfläche gegenüberliegenden hinteren Endfläche sowie mindestens einem oberhalb und/oder unterhalb der Längsachse des Kühlkörpers angeordneten Beleuchtungsabschnitts und mindestens eine Leiterplatte mit mindestens einer LED, vorzugsweise mit mindestens zwei bis eintausend LEDs, welche auf dem mindestens einen Beleuchtungsabschnitt befestigbar ist, wobei innerhalb des Kühlkörpers mindestens ein mit einer im Bereich der vorderen Endfläche angeordneten vorderseitigen Öffnung

und einer im Bereich der hinteren Endfläche angeordneten rückseitigen Öffnung zur Leitung eines Fluids ausgebildet ist, dessen innere Oberfläche durch mindestens eine innenliegende Kühlfinne, welche vorzugsweise in Richtung des mindestens einen Beleuchtungsabschnitts ausgebildet ist, vergrößert wird, mindestens ein Steuerungsgerät, insbesondere eine DALI-Bridge, und optional eine Steuerungssoftware, wobei die mindestens eine LED-Leuchte, insbesondere der Betrieb der mindestens einen LED-Leuchte, über das mindestens eine Steuerungsgerät und optional die Steuerungssoftware, insbesondere ein Klimacomputer, steuerbar ist.

[0057] Das LED-Beleuchtungssystem umfasst vorzugsweise mindestens zwei LED-Leuchten, insbesondere mindestens fünf bis hundertfünfzig LED-Leuchten, welche über mindestens ein Steuerungsgerät, insbesondere mindestens zwei bis fünfzehn Steuerungsgeräte, steuerbar sind. Dabei können die mindestens zwei LED-Leuchten sowohl miteinander verbunden sein und damit gemeinsam als auch unabhängig voneinander gesteuert werden. Besonders bevorzugt sind einem Steuerungsgerät mindestens zwei bis zwanzig miteinander verbundene oder unabhängige LED-Leuchten zugeordnet.

[0058] Das erfindungsgemäße LED-Beleuchtungssystem kann mindestens zwei in Serie oder in Reihe geschaltete fluidkühlbare LED-Leuchten umfassen.

[0059] Das mindestens eine Steuergerät fungiert vorzugsweise als Gateway zwischen der Steuerungssoftware, insbesondere dem Klimacomputer, und der mindestens einen LED-Leuchte, wobei bevorzugt ein gängiges Protokoll zur Steuerung von lichttechnischen Betriebsgeräten, insbesondere das Digital Addressable Lighting Interface (DALI), verwendet wird. So ist es erfindungsgemäß besonders bevorzugt, wenn das mindestens eine Steuerungsgerät ein DALI-Steuerungsgerät, insbesondere eine DALI-Bridge, ist und in der Lage ist, den Status der mindestens einen LED-Leuchte abzufragen und deren Zustand zu verändern. Dabei werden bevorzugt DALI-Busse zur Interaktion mit der mindestens einen LED-Leuchte eingesetzt. Die Verbindung mit der Steuerungssoftware, insbesondere dem Klimacomputer, erfolgt vorzugsweise über ein Local Area Network (LAN).

In diesem Sinne weist das Steuerungsgerät in einer bevorzugten Ausführungsform eine IP-Adresse auf und die mindestens eine LED-Leuchte ist unter Verwendung der IP-Adresse des mindestens einen Steuerungsgeräts, vorzugsweise der mindestens einen DALI-Bridge, über die mindestens eine Steuerungssoftware steuerbar. Insbesondere weisen mehrere Steuerungsgeräte, wie mindestens zwei bis zehn Steuerungsgeräte, jeweils unabhängig voneinander unterschiedliche IP-Adressen auf, so dass jedes der

Steuerungsgeräte, vorzugsweise jede DALI-Bridge, einzeln und/oder in Kombination steuerbar ist.

[0060] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist a) die Strahlungsleistung, insbesondere der photosynthetische Photonenfluss (PPF), der mindestens einen LED-Leuchte, vorzugsweise der mindestens einen LED, und/oder b) die Beleuchtungsstärke, insbesondere die photosynthetische Photonenflussdichte (PPFD), der mindestens einen LED-Leuchte, vorzugsweise der mindestens einen LED, und/oder c) die Lichtausbeute, insbesondere die photosynthetische Photonenflussausbeute (PFA), der mindestens einen LED-Leuchte, vorzugsweise der mindestens einen LED, und/oder d) das Spektrum der mindestens einen LED-Leuchte, vorzugsweise hinsichtlich des Anteils an weißem, blauem und rotem Licht, insbesondere hinsichtlich der Intensität des Anteils an weißem, blauem und rotem Licht und/oder e) der zeitliche Schaltzyklus der mindestens einen LED-Leuchte, vorzugsweise der mindestens einen LED, über das mindestens eine Steuerungsgerät und optional die Steuerungssoftware steuerbar.

[0061] In diesem Zusammenhang wird unter dem Begriff Strahlungsleistung die von der Strahlungsquelle, insbesondere der mindestens einen LED-Leuchte, vorzugsweise der mindestens einen LED, emittierte elektromagnetische Strahlung verstanden. Der photosynthetische Photonenfluss (PPF) beschreibt die Anzahl der Photonen im Bereich der PAR, die innerhalb einer Sekunde von einem Leuchtmittel ausgehen, und wird in $\mu\text{mol/s}$ angegeben.

[0062] Die Beleuchtungsstärke dagegen gibt die elektromagnetische Strahlung wieder, die auf einer bestimmten Fläche, vorzugsweise ein Blatt der zu belichtenden Pflanze oder Pflanzkultur, auftritt. So wird durch die photosynthetische Photonenflussdichte (PPFA) die Anzahl an Photonen im Bereich der PAR angegeben, welche innerhalb einer Sekunde auf einer Fläche auftreten und von einem Blatt absorbiert werden (gemessen in $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$).

[0063] Die Lichtausbeute schließlich ist ein Maß für die elektromagnetische Strahlung, die aus einem Watt zugeführter Leistung erzielt wird. Dabei liegen typische Bestrahlungsstärken zur Photosynthese bei einer Tageslicht ergänzenden Belichtung zwischen 500 und 2000 mW/m^2 . Im Falle einer Kultivierung unter Ausschluss des natürlichen Tageslichts können jedoch Bestrahlungsstärken von bis zu 300.000 mW/m^2 erforderlich sein. Dementsprechend beschreibt die photosynthetische Photonenflussausbeute (PPFA) einer Strahlungsquelle, insbesondere der mindestens einen LED-Leuchte, vorzugsweise der mindestens einen LED, die Umwandlung der elektrischen Leistung (in Watt) in den Photonenfluss im Wellenlängenbereich zwischen 400 und 700 nm und wird in $\mu\text{mol/sW}$ angegeben. So reicht die PPFA von

roten LEDs derzeit bis 2 $\mu\text{mol/sW}$. Blaue LEDs liegen derzeit bei etwas über 1,0 $\mu\text{mol/sW}$ und weiße LEDs positionieren sich zwischen den Werten von roten und blauen LEDs.

[0064] Neben der Anpassung der Parameter PPF, PPFD und PPFA der mindestens einen LED-Leuchte umfassend mindestens eine LED ist es ferner bevorzugt, wenn das zugehörige Spektrum, insbesondere im Hinblick auf die Intensität und die Zusammensetzung der weißen, blauen und roten LEDs ebenfalls mithilfe des mindestens einen Steuerungsgeräts und optional der Steuerungssoftware steuerbar, vorzugsweise einstellbar und regelbar, ist. Besonderes bevorzugt bietet das mindestens eine Steuerungsgerät die Möglichkeit, die Farben Weiß (4000 K), Blau (440 nm und 465 nm), Rot (660 nm) und Dunkelrot (730 nm) einzeln und/oder in Kombination zu steuern, insbesondere über mindestens einen elektrischen Kanal oder Datenkanal.

[0065] Darüber hinaus ist es außerdem bevorzugt, wenn die zeitlichen Schaltzyklen der mindestens einen LED-Leuchte, vorzugsweise der mindestens einen LED oder der weißen, blauen und roten LEDs einzeln und/oder in Kombination, geregelt werden können. Auf diese Weise ist es insbesondere möglich, dass in den jeweiligen Wachstumsphasen der zu belichtenden Pflanze bzw. Pflanzkultur unterschiedliche Spektren zur Belichtung zur Verfügung stehen ohne einen Positionswechsel vornehmen zu müssen. In diesem Zusammenhang kann es zudem bevorzugt sein, wenn das LED-Beleuchtungssystem ferner eine Hebe-Senk-Anlage umfasst, um die mindestens eine LED-Leuchte für die Belichtungsphasen direkt über die Pflanzen bzw. Pflanzkulturen zu fahren.

[0066] Gleichfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Belichtung von mindestens einem Mitglied aus der Klade der Diaphoretisches, vorzugsweise von mindestens einem Mitglied aus dem Regnum der Plantae, mit photosynthetisch aktiver Strahlung, vorzugsweise in Klimakammern und/oder Phenotypisierungskammern, in dem mindestens eine fluidkühlbare LED-Leuchte, welche einen im Wesentlichen länglichen Kühlkörper mit einer vorderen Endfläche und einer der vorderen Endfläche gegenüberliegenden hinteren Endfläche sowie mindestens einem oberhalb und/oder unterhalb der Längsachse des Kühlkörpers angeordneten Beleuchtungsabschnitt und mindestens eine Leiterplatte mit mindestens einer LED, vorzugsweise mit mindestens zwei bis eintausend LEDs, welche auf dem mindestens einen Beleuchtungsabschnitt befestigbar ist, umfasst, wobei innerhalb des Kühlkörpers mindestens ein Fluidkanal mit einer im Bereich der vorderen Endfläche angeordneten vorderseitigen Öffnung und einer im Bereich der hinteren Endfläche angeordneten rückseitigen Öffnung ausgebildet ist, dessen innere Oberfläche durch mindestens eine innenliegen-

de Kühlfinne welche vorzugsweise in Richtung des mindestens einen Beleuchtungsabschnitts ausgebildet ist, vergrößert wird, oder mindestens ein LED-Beleuchtungssystem, welches die mindestens eine LED-Leuchte sowie mindestens ein Steuerungsgerät, insbesondere eine DALI-Bridge, und eine Steuerungssoftware, über die die mindestens eine LED-Leuchte, insbesondere der Betrieb der mindestens einen LED-Leuchte, steuerbar ist, umfasst, verwendet wird und zum Abführen der von der mindestens einen Leiterplatte der mindestens einen LED-Leuchte ausgehenden Abwärme ein Fluid, vorzugsweise eine Kühlflüssigkeit, durch den mindestens einen Fluidkanal geleitet wird.

[0067] Erfindungsgemäß umfasst das Verfahren die Belichtung mit photosynthetisch aktiver Strahlung von mindestens einem Mitglied aus der Klade der Diaphoretisches. Hierbei handelt es sich um ein Taxon aus der Domäne der Eukaryonten, welches im Wesentlichen die zur Photosynthese fähigen Lebewesen umfasst und damit insbesondere Tiere sowie Pilze ausschließt. Bevorzugt umfasst das Verfahren die Belichtung von mindestens einem Mitglied aus der Gruppe der Archaeplastida, besonders bevorzugt die Belichtung von mindestens einer Pflanze bzw. Pflanzkultur (Plantae).

[0068] Dabei wird gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Strahlungsleistung von größer gleich 120 $\mu\text{mol/s}$, vorzugsweise eine Strahlungsleistung von größer gleich 140 $\mu\text{mol/s}$, pro Leiterplatte erzeugt. Insbesondere beträgt die Gesamtstrahlungsleistung der mindestens einen LED-Leuchte mindestens 1000 $\mu\text{mol/s}$.

[0069] Daneben umfasst das erfindungsgemäße Verfahren die Leitung eines Fluids, vorzugsweise einer Kühlflüssigkeit, durch den mindestens einen Fluidkanal, insbesondere durch den ersten Fluidteilkanal und/oder den zweiten Fluidteilkanal, um die von der mindestens einen LED-Leuchte ausgehende Abwärme, insbesondere die von der mindestens einen LED, insbesondere den mindestens zwei bis eintausend LEDs, verursachte Abwärme abzuführen. Vorzugsweise wird das Fluid bzw. die Kühlflüssigkeit dabei durch das mindestens eine vordere Einlasselement der vorderen Endkappe in den mindestens einen Fluidkanal oder den ersten Fluidteilkanal eingespeist und durch das mindestens eine hintere Auslasselement der mindestens einen hinteren Endkappe ausgespeist oder durch das mindestens eine hintere Einlasselement der hinteren Endkappe in den mindestens einen Fluidkanal oder den zweiten Fluidteilkanal eingespeist und durch das mindestens eine vordere Auslasselement der mindestens einen vorderen Endkappe ausgespeist. Alternativ kann das Fluid bzw. die Kühlflüssigkeit auch durch das mindestens eine vordere Einlasselement der vorderen End-

kappe in den ersten Fluidteilkanal eingespeist, durch die Aufnahme der hinteren Endkappe in den zweiten Fluidteilkanal umgeleitet und durch das mindestens eine vordere Auslasselement der vorderen Endkappe ausgespeist werden.

[0070] Insbesondere wird das Fluid, vorzugsweise die Kühlflüssigkeit, mit einer durchschnittlichen Strömungsgeschwindigkeit von 0,5 m/s bis kleiner gleich 5 m/s, vorzugsweise mit einer durchschnittlichen Strömungsgeschwindigkeit von 0,7 m/s bis kleiner gleich 3 m/s, und oder einem Volumenstrom von größer gleich 15 l/min durch den mindestens einen Fluidkanal, insbesondere den ersten Fluidteilkanal und/oder den zweiten Fluidteilkanal, geleitet. Dabei beträgt der Druckverlust von der Einspeisung des Fluids, vorzugsweise der Kühlflüssigkeit, an dem mindestens einen vorderen bzw. hinteren Einlasselement bis zur Ausspeisung des Fluids, vorzugsweise der Kühlflüssigkeit, an dem mindestens einen vorderen bzw. hinteren Auslasselement nicht mehr als 0,25 bar, besonders bevorzugt nicht mehr als 0,05 bar.

[0071] Dementsprechend wird durch das Fluid, vorzugsweise die Kühlflüssigkeit, mindestens 50 % der von der mindestens einen Leiterplatte, insbesondere der mindestens einen ersten Leiterplatte und/oder der mindestens einen zweiten Leiterplatte, der mindestens einen LED-Leuchte ausgehenden Abwärme, bevorzugt mindestens 60 %, besondere mindestens 80 % der von der mindestens eine Leiterplatte, insbesondere der mindestens einen ersten Leiterplatte und/oder der mindestens einen zweiten Leiterplatte, der mindestens einen LED-Leuchte ausgehenden Abwärme, abgeführt. Vorzugsweise beträgt der Temperaturanstieg des Fluids bzw. der Kühlflüssigkeit von der Einspeisung an dem mindestens einen vorderen bzw. hinteren Einlasselement bis zur Ausspeisung an dem mindestens einen vorderen bzw. hinteren Auslasselement maximal 0,5 °C, insbesondere maximal 0,4 °C bei einem Volumenstrom von mindestens 17,5 l/min oder maximal 0,2 °C bei einem Volumenstrom von mindestens 35 l/s.

[0072] In diesem Zusammenhang ist es erfindungsgemäß vorteilhaft, wenn das Verfahren vorsieht, dass die mindestens eine LED-Leuchte mithilfe mindestens eines Steuerungsgeräts, insbesondere einer DALI-Bridge, und einer Steuerungssoftware betrieben wird. Dabei ist es besonderes bevorzugt, wenn die mindestens eine Steuerungssoftware sowohl die Fluidkühlung als auch den Betrieb der mindestens einen LED-Leuchte regelt.

[0073] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher eine Software zum Betrieb mindestens einer erfindungsgemäßen fluidkühlbaren LED-Leuchte, welche die Strahlungsleistung, insbesondere den photosynthetischen Photonenfluss (PPF), die Beleuchtungsstärke, insbesondere die

photosynthetische Photonenflussdichte (PPFD), die Lichtausbeute, insbesondere die photosynthetische Photonenflussausbeute (PFA), das Spektrum vorzugsweise hinsichtlich des Anteils an weißem, blauem und rotem Licht, und/oder den zeitlichen Schaltzyklus der mindestens einen LED-Leuchte steuert. Darüber hinaus ist es besonders bevorzugt, wenn die Software die Fluidkühlung der mindestens einen LED-Leuchte, insbesondere die Strömungsgeschwindigkeit und/oder den Volumenstrom des Fluids, vorzugsweise der Kühlflüssigkeit, steuert.

[0074] Vorzugsweise kann das Spektrum der mindestens einen LED-Leuchte, insbesondere das Spektrum von mindestens zwei bis einhundert LED-Leuchten, aus weißem, blauem, rotem und dunkelrotem Licht mithilfe der Software hinsichtlich Intensität und Verhältnis beliebig zusammengesetzt werden. Dies ermöglicht für eine ausgewählte Pflanzkultur die Einstellung eines individuellen Spektrums mit einer für das Pflanzenwachstum und die Pflanzenentwicklung relevanten Photonenstrahlung. So ist der Anwender der Software vorzugsweise in der Lage für die regelbaren Wellenlängen jeweils unabhängig voneinander eine Leistung zwischen 0 und 100 % anzugeben. In diesem Zusammenhang ist es besonders bevorzugt, wenn die Software ein Hybrid-Dimmverfahren verwendet, um durch Amplitudensteuerung ein flackerfreies Betreiben der LEDs zwischen 30 und 100 % Leistung zu erlauben und bis zu einer Leistung von 30 % eine Dimmung mittels Pulsweiten-Modulation zu ermöglichen.

[0075] Darüber hinaus kann es in einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Software bevorzugt sein, wenn für die mindestens eine LED-Leuchte, insbesondere für die mindestens zwei bis einhundert LED-Leuchten die Möglichkeit einer individuellen und/oder einer in Gruppen zusammengefassten Steuerung, vorzugsweise unter Verwendung mindestens eines Steuerungsgeräts bzw. der IP-Adresse mindestens eines Steuerungsgeräts, besteht. Dabei können vorzugsweise mindestens zwei, besonderes bevorzugt mindestens acht, verschiedene zeitliche Schaltzyklen mit unterschiedlichen Spektren angegeben werden, welche automatisch abgerufen werden, solange die Software mit den LED-Leuchten verbunden ist.

[0076] Dementsprechend ist es mithilfe der erfindungsgemäßen Software möglich, verschiedene Pflanzkulturen, insbesondere verschiedene Sorten innerhalb der Pflanzkulturen, in den jeweiligen Wachstumsphasen unterschiedlich zu belichten.

[0077] Beispielsweise benötigen Salatkulturen (*Lactuca sativa*), sofern sie nicht unter Tageslicht kultiviert werden, in bestimmten Wachstumsphasen unterschiedliche Lichtspektren. So ist in den ersten zehn Tagen der Kultivierung ein hoher Blaulichtan-

teil notwendig, damit die Jungpflanze kräftig und stark wurzelt und sich verzweigt. In den nächsten zehn Tagen ist es die Mischung aus weißem, blauem und rotem Licht, die es der Kultur ermöglicht innerhalb kürzester Zeit große und kräftige Blätter zu generieren, während in den letzten zehn Tagen schließlich ein hoher Rotlichtanteil zur Massebildung benötigt wird. In diesem Sinne kann mithilfe der erfindungsgemäßen Software für jede der Wachstumsphasen ein geeignetes Spektrum in Intensität und Verhältnis der regelbaren Wellenlängen zusammengesetzt werden.

[0078] Auch für die Kultivierung von Schaumkressen (*Arabidopsis*), welche eine meist verbreiteten Versuchspflanzen darstellen, ist eine detaillierte Steuerung der zur Belichtung verwendeten LED-Lampen mithilfe der erfindungsgemäßen Software erforderlich. Da die Kultivierung in den meisten Fällen in Kulturräumen ohne Tageslicht stattfindet, müssen möglichst neutrale, dem natürlichen Tageslicht gleiche Ergebnisse durch die Auswahl tagesähnlicher Spektren und Intensitäten erzielt werden. Dabei gebieten insbesondere die teilweise erforderlichen Tageslichtintensitäten mit Beleuchtungsstärken von bis zu 2000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ eine ausreichende Kühlung der verwendeten, vorzugsweise erfindungsgemäßen, LED-Leuchten.

[0079] Die Erfindung wird anhand der Figuren näher erläutert, ohne die Erfindung auf diese Ausführungsbeispiele zu begrenzen. Es zeigen:

Fig. 1: eine erfindungsgemäße LED-Leuchte 1 umfassend einen Kühlkörper 2 und eine Leiterplatte 3, wobei innerhalb des Kühlkörpers 2 ein Fluidkanal 21 mit einer durch eine innenliegende Kühlfinne 22 vergrößerten inneren Oberfläche ausgebildet ist

Fig. 2a, Fig. 2b: eine Querschnittsdarstellung bzw. eine Querschnittsteildarstellung eines erfindungsgemäßen Kühlkörpers 2, optional mit einer Leiterplatte 3 und einem Diffusor 4

Fig. 3a - d: je eine Ansicht einer erfindungsgemäßen LED-Leuchte 1

Fig. 4: ein erfindungsgemäßes LED-Beleuchtungssystem 7 umfassend ein Steuerungsgerät 8 und eine Steuerungssoftware 9 sowie mehrere LED-Leuchten 1

Fig. 5a - e: verschiedene PPF-D-Spektren von weißen, blauen, roten und dunkelroten LEDs

[0080] Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße LED-Leuchte 1 zur Bereitstellung von photosynthetisch aktiver Strahlung mit einem länglichen, insbesondere quaderförmigem, Kühlkörper 2. Der Kühlkörper 2 weist eine vordere Endfläche 2A und eine der vorderen Endfläche 2A gegenüberliegende hintere Endfläche 2B sowie einen an der Oberseite des Kühlkörpers 2 gelegenen Beleuchtungsabschnitt 2C auf.

Auf dem Beleuchtungsabschnitt 2C befindet sich eine Leiterplatte 3 mit 45 LEDs 31. Zudem ist innerhalb des Kühlkörpers 2 ein Fluidkanal 21 mit einer im Bereich der vorderen Endfläche 2A angeordneten vorderseitigen Öffnung 21a und einer im Bereich der hinteren Endfläche angeordneten rückseitigen Öffnung 21b ausgebildet. Die innere Oberfläche des Fluidkanals 21 wird durch eine in Richtung des Beleuchtungsabschnitts 2C ausgebildete innenliegende Kühlfinne 22 vergrößert.

[0081] Die Fig. 2a und Fig. 2b zeigen je einen Querschnitt bzw. einen Teilquerschnitt senkrecht zur Längsachse des erfindungsgemäßen Kühlkörpers 2.

[0082] Fig. 2a stellt einen Querschnitt eines Kühlkörpers 2 mit je einem oberhalb bzw. unterhalb der Längsachse des Kühlkörpers 2 angeordneten Beleuchtungsabschnitt 2C' und 2C'' sowie je einem linksseitig bzw. rechtsseitig der Längsachse des Kühlkörpers 2 angeordneten Kühlungsabschnitt 2D' und 2D'' dar. Innerhalb des Kühlkörpers 2 ist ein erster Fluidteilkanal 21' mit zehn in Richtung des ersten Beleuchtungsabschnitts 2C' ausgebildeten Kühlfinnen 22, 22' und ein zweiter Fluidteilkanal 21'' mit zehn in Richtung des zweiten Beleuchtungsabschnitts 2C'' ausgebildeten Kühlfinnen 22, 22'' vorgesehen. Der erste Kühlungsabschnitt 2D' und der zweite Kühlungsabschnitt 2D'' umfassen zur Vergrößerung ihrer äußeren Oberfläche jeweils acht außenliegende Kühlfinnen 23. Zudem ist innerhalb der beiden Kühlungsabschnitte 2D' und 2D'' jeweils ein Kühlungskanal 24 ausgebildet.

[0083] Fig. 2b stellt einen Teilquerschnitt eines Bereichs oberhalb der Längsachse eines Kühlkörpers 2 sowie einer auf dem Kühlkörper 2 befestigten Leiterplatte 3, 3' und einem Diffusor 4, 4' dar. Die Leiterplatte 3, 3' umfasst mehrere LEDs 31, 31' und wird von dem Diffusor 4, 4' abgedeckt. Der Diffusor 4, 4' kann an den Kühlungsabschnitten 2D, 2D', 2D'' (nicht gezeigt) befestigt werden.

[0084] Die Fig. 3a bis Fig. 3d zeigen je eine erfindungsgemäße LED-Leuchte 1 in verschiedenen Außenansichten, so dass der innenliegende mindestens eine Fluidkanal 21 mit seiner vorderseitigen Öffnung 21a und seiner rückseitigen Öffnung 21b bzw. der mindestens eine erste Fluidteilkanal 21' sowie der mindestens eine zweite Fluidteilkanal 21'' mit den vorderseitigen Öffnungen 21a', 21a'' und den rückseitigen Öffnungen 21b', 21b'' nicht gezeigt ist.

[0085] Fig. 3a und Fig. 3b stellen eine LED-Leuchte 1 in der Draufsicht bzw. in der Untersicht und in der Seitenansicht dar. Die LED-Leuchte umfasst einen Kühlkörper 2, zwei Leiterplatten 3, 3', 3'' sowie eine vordere Endkappe 5 und eine hintere Endkappe 6. Die erste Leiterplatte 3, 3' ist auf der Oberfläche des Kühlkörpers 2 befestigbar und weist mehrere

LEDs **31**, **31'** sowie verschiedene Kanäle **32**, **32'** zur Schaltung der LEDs **31**, **31'** auf. Dagegen ist die zweite Leiterplatte **3**, **3''** auf der Unterseite des Kühlkörpers **2** befestigbar und weist ebenfalls mehrere LEDs **31**, **31''** sowie verschiedene Kanäle **32**, **32''** zur Schaltung der LEDs **31**, **31''** auf.

[0086] Fig. 3c stellt eine LED-Leuchte **1** in der Vorderansicht dar. Dabei werden die vorderseitigen Öffnungen **21a**, **21a'**, **21a''** (nicht gezeigt) von einer vorderen Endkappe **5**, welche insbesondere mehrteilig ausgebildet ist, abgedeckt. Die vordere Endkappe **5** umfasst ein, vorzugsweise korrespondierend zur vorderseitigen Öffnung **21a**, **21a'** angeordnetes, vorderes Einlasselement **51** zur Einspeisung und ein, vorzugsweise korrespondierend zur vorderseitigen Öffnung **21a**, **21a''**, vorderes Auslasselement **52** zur Ausspeisung des Fluids. Zudem weist die vordere Endkappe **5** vier Anschlusselemente **53** zur elektrischen Einspeisung auf.

[0087] Fig. 3d stellt eine LED-Leuchte **1** in der Rückansicht dar. Dabei werden die rückseitigen Öffnungen **21b**, **21b'**, **21b''** (nicht gezeigt) von einer, vorzugsweise mehrteilig ausgebildeten, hinteren Endkappe **6** abgedeckt. Nicht dargestellt sind die in die hintere Endkappe **6** integrierte Aufnahme **61** zum Umleiten des Fluids sowie das alternative hintere Einlasselement **62** bzw. das alternative hintere Auslasselement **63**.

[0088] Fig. 4 zeigt ein LED-Beleuchtungssystem **7**, in welchem sechs LED-Leuchten **1** über drei Steuerungsgeräte **8**, insbesondere drei DALI-Bridges, und eine Steuerungssoftware **9**, insbesondere einen Klimacomputer, gesteuert werden. Die Steuerungsgeräte **8** sind vorzugsweise mithilfe einer Switch über Ethernet mit der Software **9** verbunden und können über ihre IP-Adresse angesteuert werden. Die Steuerung der LED-Leuchten **1** erfolgt vorzugsweise unter Einsatz von DALI-Bussen.

[0089] In den Fig. 5a bis Fig. 5e ist jeweils die Quantität der photosynthetischen Photonenflussdichte von weißen, blauen, roten und dunkelroten LEDs gegen die Wellenlänge aufgetragen. Dabei zeigt Fig. 5a das PPF-Spektrum (Ref (schwarze Kennlinie: McCREEs ACTION SPECTRUM Linie) von weißem Licht (4000 K). Fig. 5b stellt das PPF-Spektrum (Ref.: McCREEs ACTION SPECTRUM) von blauem Licht mit einem Maximum bei 440 nm und 465 nm, Fig. 5c das PPF-Spektrum (Ref.: McCREEs ACTION SPECTRUM) von rotem Licht mit einem Maximum bei 660 nm und Fig. 5d das PPF-Spektrum (Ref.: McCREEs ACTION SPECTRUM) vom dunkelrotem Licht mit einem Maximum bei 730 nm dar. In Fig. 5e schließlich ist ein gemeinsames PPF-Spektrum (Ref.: McCREEs ACTION SPECTRUM) widergeben, wobei die Intensität der weißen, blauen, roten

und dunkelroten LEDs jeweils auf 100 % Leistung geregelt ist.

Bezugszeichenliste

1	LED-Leuchte
2	Kühlkörper, 2A vordere Endfläche des Kühlkörpers, 2B hintere Endfläche des Kühlkörpers, 2C Beleuchtungsabschnitt, 2C' , 2C'' erster bzw. zweiter Beleuchtungsabschnitt des Kühlkörpers, 2D Kühlungsabschnitt, 2D' , 2D'' erster bzw. zweiter Kühlungsabschnitt des Kühlkörpers
21	Fluidkanal, 21a vorderseitige Öffnung des Fluidkanals, 21b rückseitige Öffnung des Fluidkanals
21', 21''	erster bzw. zweiter Fluidteilkanal, 21a' , 21a'' vorderseitige Öffnungen des ersten bzw. zweiten Fluidteilkanals, 21b' , 21b'' rückseitige Öffnungen des ersten bzw. zweiten Fluidteilkanals
22	innenliegende Kühlfinne
23	außenliegende Kühlfinne
24	Kühlungskanal
3	Leiterplatte
3', 3''	erste bzw. zweite LED-Leiterplatte
31, 31', 31''	LED
32, 32', 32''	Kanal, insbesondere elektronischer Kanal und optional Datenkanal
4	Diffusor
4', 4''	erster bzw. zweiter Diffusor
5	vordere Endkappe
51	vorderes Einlasselement
52	vorderes Auslasselement
53	Anschlusselement
6	hintere Endkappe
61	Aufnahme
62	hinteres Einlasselement
63	hinteres Auslasselement

- 7 LED-Beleuchtungssystem
- 8 Steuerungsgerät
- 9 Steuerungssoftware

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 2017087644 A1 [0007]

Patentansprüche

1. Fluidkühlbare LED-Leuchte (1) zur Bereitstellung von photosynthetisch aktiver Strahlung umfassend einen im Wesentlichen länglichen Kühlkörper (2) und mindestens eine Leiterplatte (3) mit mindestens einer LED (31), wobei der Kühlkörper (2) eine vordere Endfläche (2A) und eine der vorderen Endfläche (2A) gegenüberliegende hintere Endfläche (2B) sowie mindestens einen oberhalb und/oder unterhalb der Längsachse des Kühlkörpers (2) angeordneten Beleuchtungsabschnitt (2C) aufweist, auf welchem die mindestens eine Leiterplatte (3) befestigbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass innerhalb des Kühlkörpers (2) mindestens ein Fluidkanal (21) mit einer im Bereich der vorderen Endfläche (2A) angeordneten vorderseitigen Öffnung (21a) und einer im Bereich der hinteren Endfläche (2B) angeordneten rückseitigen Öffnung (21b) zur Leitung eines Fluids ausgebildet ist, dessen innere Oberfläche durch mindestens eine innenliegende Kühlfinne (22), welche vorzugsweise in Richtung des mindestens einen Beleuchtungsabschnitts (2C) ausgebildet ist, vergrößert wird.

2. LED-Leuchte (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Fluidkanal (21) zweigeteilt entlang der Längsachse des Kühlkörpers (2) ausgebildet ist und mindestens einen ersten Fluidteilkanal (21') sowie mindestens einen zweiten Fluidteilkanal (21'') mit jeweils einer vorderseitigen Öffnung (21a', 21a'') und einer rückseitigen Öffnung (21b', 21b'') umfasst, wobei die innere Oberfläche des mindestens einen ersten Fluidteilkanals (21') und/oder die innere Oberfläche des mindestens einen zweiten Fluidteilkanals (21'') jeweils unabhängig voneinander durch mindestens eine innenliegenden Kühlfinne (22', 22''), welche vorzugsweise in Richtung des mindestens einen Beleuchtungsabschnitts (2C) ausgebildet ist, vergrößert wird.

3. LED-Leuchte (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Fluidkanal (21), insbesondere der mindestens eine erste Fluidteilkanal (21') und der mindestens eine zweite Fluidteilkanal (21'') zusammengenommen, i) eine innere Oberfläche von größer gleich 1500 cm^2 , bevorzugt eine innere Oberfläche von größer gleich 2000 cm^2 , und/oder ii) ein Innenvolumen von größer gleich 750 cm^3 bis kleiner gleich 1500 cm^3 , bevorzugt ein Innenvolumen von größer gleich 900 cm^3 bis kleiner gleich 1100 cm^3 , jeweils in Bezug auf eine Länge des Kühlkörpers (2) von 50 cm, aufweist.

4. LED-Leuchte (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Fluidkanal (21), insbesondere der mindestens eine erste Fluidteilkanal (21') und/oder der mindestens eine zweite Fluidteilkanal (21''), zur Leitung einer Kühlflüssigkeit, vorzugsweise zur Leitung

von Wasser und/oder wässrigen Gemischen, oder zur Leitung eines Gases ausgebildet ist.

5. LED-Leuchte (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kühlkörper (2) ferner mindestens einen jeweils unabhängig ein- oder beidseitig der Längsachse des Kühlkörpers (2) angeordneten Kühlungsabschnitt (2D), insbesondere einen linkseitig der Längsachse des Kühlkörpers (2) angeordneten ersten Kühlungsabschnitt (2D') und einen rechtsseitig der Längsachse des Kühlkörpers (2) angeordneten zweiten Kühlungsabschnitt (2D''), aufweist, wobei die äußere Oberfläche des mindestens einen Kühlungsabschnitts (2D) oder die äußere Oberfläche des ersten Kühlungsabschnitts (2D') und/oder des zweiten Kühlungsabschnitts (2D'') jeweils unabhängig voneinander durch mindestens eine außenliegende Kühlfinne (23) vergrößert wird.

6. LED-Leuchte (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass innerhalb des mindestens einen Kühlungsabschnitts (2D), insbesondere innerhalb des ersten Kühlungsabschnitts (2D') und/oder des zweiten Kühlungsabschnitts (2D''), mindestens ein Kühlungskanal (24), der sich vorzugsweise von der vorderen Endfläche (2A) bis zur hinteren Endfläche (2B) des Kühlkörpers (2) erstreckt, ausgebildet ist.

7. LED-Leuchte (1) nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die LED-Leuchte (1) mit dem mindestens einen Kühlungsabschnitt (2D), insbesondere dem ersten Kühlungsabschnitt (2D') und dem zweiten Kühlungsabschnitt (2D'') zusammengenommen, einen passiven Kühlbereich und mit dem mindestens einen Fluidkanal (21), insbesondere mit dem ersten Fluidteilkanal (21') und dem zweiten Fluidteilkanal (21'') zusammengenommen, einen aktiven Kühlbereich besitzt, wobei vorzugsweise das Verhältnis von passivem Kühlbereich zu aktivem Kühlbereich 1 : 1 bis 2:1, insbesondere 3 : 2, beträgt.

8. LED-Leuchte (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die LED-Leuchte (1) einen oberhalb der Längsachse des Kühlkörpers (2) angeordneten ersten Beleuchtungsabschnitt (2C') und optional einen unterhalb der Längsachse des Kühlkörpers (2) angeordnete zweiten Beleuchtungsabschnitt (2C'') umfasst, wobei auf dem ersten Beleuchtungsabschnitt (2C') mindestens eine erste Leiterplatte (3') mit mindestens einer LED (31') und optional auf dem zweiten Beleuchtungsabschnitt (2C'') mindestens eine zweite Leiterplatte (3'') mit mindestens einer LED (31'') befestigbar ist.

9. LED-Leuchte (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine LED (31) der mindestens einen Leiterplatte (3), insbesondere die mindestens eine LED (31') der ersten Leiterplatte

(3') und/oder die mindestens eine LED (31'') der zweiten Leiterplatte (3''), ausgewählt ist aus weißen, blauen und/oder roten LEDs, wobei einzelne LEDs (31, 31', 31'') jeweils unabhängig voneinander kombinierbar und/oder ansteuerbar sind.

10. LED-Leuchte (1) nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass einzelne LEDs (31, 31', 31'') jeweils unabhängig voneinander über mindestens einen Kanal (32, 32', 32''), insbesondere über jeweils mindestens einen elektronischen Kanal und optional einen Datenkanal für weiße LEDs, blaue LEDs und/oder rote LEDs, schaltbar sind.

11. LED-Leuchte (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die LED-Leuchte (1) ferner mindestens einen Diffusor (4) zur Abdeckung der mindestens einen Leiterplatte (3), insbesondere einen ersten Diffusor (4') zur Abdeckung der mindestens einen ersten Leiterplatte (3') und optional einen zweiten Diffusor (4'') zur Abdeckung der mindestens einen zweiten Leiterplatte (3''), mit einem Transmissionsgrad von größer gleich 80 % umfasst, welcher vorzugsweise an dem mindestens eine Kühlungsabschnitt (2D), insbesondere an dem ersten Kühlungsabschnitt (2D') und/oder an dem zweiten Kühlungsabschnitt (2D''), befestigbar ist.

12. LED-Leuchte (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die LED-Leuchte (1) ferner mindestens eine an der vorderen Endfläche (2A) befestigbare vordere Endkappe (5), welche mindestens ein vorderes Einlasselement (51), das vorzugsweise in Verbindung zu der vorderseitigen Öffnung (21a, 21a') angeordnet ist, zur Einspeisung des Fluids, vorzugsweise zur Einspeisung der Kühlflüssigkeit, sowie mindestens ein vorderes Auslasselement (52), das vorzugsweise in Verbindung zu der vorderseitigen Öffnung (21a, 21a'') angeordnet ist, zur Ausspeisung des Fluids, vorzugsweise zur Ausspeisung der Kühlflüssigkeit, aufweist, sowie mindestens eine an der hinteren Endfläche (2B) befestigbare hintere Endkappe (6) umfasst.

13. LED-Leuchte (1) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vordere Endkappe (5) mindestens ein Anschlusselement (53) zur elektrischen Einspeisung für die mindestens eine LED (31) der mindestens einen Leiterplatte (3), insbesondere für die mindestens eine LED (31') der ersten Leiterplatte (3') und/oder für die mindestens eine LED (31'') der zweiten Leiterplatte (3''), aufweist.

14. LED-Leuchte (1) nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die hintere Endkappe (6) mit einer Aufnahme (61) versehen ist, durch welche das Fluid, vorzugsweise die Kühlflüssigkeit, zwischen dem ersten Fluidteilkanal (21') und dem zweiten Fluidteilkanal (21'') umleitbar ist oder mindestens ein hinteres Einlasselement (62), das vorzugs-

weise in Verbindung zu der rückseitigen Öffnung (21, 21'') angeordnet ist, zur Einspeisung des Fluids, vorzugsweise zu Einspeisung der Kühlflüssigkeit, sowie mindestens ein hinteres Auslasselement (63), das vorzugsweise in Verbindung zu der rückseitigen Öffnung (21, 21') angeordnet ist, zur Ausspeisung des Fluids, vorzugsweise zur Ausspeisung der Kühlflüssigkeit, aufweist.

15. LED-Beleuchtungssystem (7) zur Bereitstellung von photosynthetisch aktiver Strahlung umfassend

- mindestens eine fluidkühlbare LED-Leuchte (1), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 14, umfassend einen im Wesentlichen länglichen Kühlkörper (2) mit einer vorderen Endfläche (2A) und einer der vorderen Endfläche (2A) gegenüberliegenden hinteren Endfläche (2B) sowie mindestens einem oberhalb und/oder unterhalb der Längsachse des Kühlkörpers (2) angeordneten Beleuchtungsabschnitt (2C) und mindestens eine Leiterplatte (3) mit mindestens einer LED (31), welche auf dem mindestens einen Beleuchtungsabschnitt (2C) befestigbar ist, wobei innerhalb des Kühlkörpers (2) mindestens ein Fluidkanal (21) mit einer im Bereich der vorderen Endfläche (2A) angeordneten vorderseitigen Öffnung (21a) und einer im Bereich der hinteren Endfläche (2B) angeordneten rückseitigen Öffnung (21b) zur Leitung eines Fluids ausgebildet ist, dessen innere Oberfläche durch mindestens eine innenliegende Kühlfinne (22), welche vorzugsweise in Richtung des mindestens einen Beleuchtungsabschnitts (2C) ausgebildet ist, vergrößert wird,

- mindestens ein Steuerungsgerät (8), insbesondere eine DALI-Bridge, und optional

- eine Steuerungssoftware (9), **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine LED-Leuchte (1), insbesondere der Betrieb der mindestens einen LED-Leuchte (1), über das mindestens eine Steuerungsgerät (8) und optional die Steuerungssoftware (9) steuerbar ist.

16. LED-Beleuchtungssystem (7) nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Steuerungsgerät (8) eine IP-Adresse aufweist und die mindestens eine LED-Leuchte (1) unter Verwendung der IP-Adresse des mindestens einen Steuerungsgeräts (8) über die mindestens eine Steuerungssoftware (9) steuerbar ist.

17. LED-Beleuchtungssystem (7) nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass

a) die Strahlungsleistung, insbesondere der photosynthetische Photonenfluss (PPF), der mindestens einen LED-Leuchte (1), und/oder

b) die Beleuchtungsstärke, insbesondere die photosynthetische Photonenflussdichte (PPFD), der mindestens einen LED-Leuchte (1), und/oder

c) die Lichtausbeute, insbesondere die photosynthetische Photonenflussausbeute (PFA), der mindestens einen LED-Leuchte (1), und/oder
 d) das Spektrum der mindestens einen LED-Leuchte (1), vorzugsweise hinsichtlich des Anteils an weißem, blauem und rotem Licht, und/oder
 e) der zeitliche Schaltzyklus der mindestens einen LED-Leuchte (1) über das mindestens eine Steuerungsgerät (8) und optional die Steuerungssoftware (9) steuerbar ist.

die Beleuchtungsstärke, insbesondere die photosynthetische Photonenflussdichte (PPFD), die Lichtausbeute, insbesondere die photosynthetische Photonenflussausbeute (PFA), das Spektrum vorzugsweise hinsichtlich des Anteils an weißem, blauem und rotem Licht, und/oder den zeitlichen Schaltzyklus der mindestens einen LED-Leuchte (1) steuert.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

18. Verfahren zur Belichtung von mindestens einem Mitglied aus der Klade der Diaphoretickes, vorzugsweise von mindestens einem Mitglied aus dem Regnum der Plantae, mit photosynthetisch aktiver Strahlung, vorzugsweise in Klimakammern und/oder Phenotypisierungskammern, in dem mindestens eine fluidkühlbare LED-Leuchte (1), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 14, welche einen im Wesentlichen länglichen Kühlkörper (2) mit einer vorderen Endfläche (2A) und einer der vorderen Endfläche (2A) gegenüberliegenden hinteren Endfläche (2B) sowie mindestens einem oberhalb und/oder unterhalb der Längsachse des Kühlkörpers (2) angeordneten Beleuchtungsabschnitt (2C) und mindestens eine Leiterplatte (3) mit mindestens einer LED (31), welche auf dem mindestens einen Beleuchtungsabschnitt (2C) befestigbar ist, umfasst, wobei innerhalb des Kühlkörpers (2) mindestens ein Fluidkanal (21) mit einer im Bereich der vorderen Endfläche (2A) angeordneten vorderseitigen Öffnung (21a) und einer im Bereich der hinteren Endfläche (2B) angeordneten rückseitigen Öffnung (21b) ausgebildet ist, dessen innere Oberfläche durch mindestens eine innenliegende Kühlfinne (22) welche vorzugsweise in Richtung des mindestens einen Beleuchtungsabschnitts (2C) ausgebildet ist, vergrößert wird, oder mindestens ein LED-Beleuchtungssystem (7), insbesondere nach einem der Ansprüche 15 bis 17, welches die mindestens eine LED-Leuchte (1) sowie mindestens ein Steuerungsgerät (8), insbesondere eine DALI-Bridge, und eine Steuerungssoftware (9), über die die mindestens eine LED-Leuchte (1), insbesondere der Betrieb der mindestens einen LED-Leuchte (1), steuerbar ist, umfasst, verwendet wird und zum Abführen der von der mindestens einen Leiterplatte (3) der mindestens einen LED-Leuchte (1) ausgehenden Abwärme ein Fluid, vorzugsweise eine Kühlflüssigkeit, durch den mindestens einen Fluidkanal (21) geleitet wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, in dem eine Strahlungsleistung von größer gleich $120 \mu\text{mol/s}$, vorzugsweise eine Strahlungsleistung von größer gleich $140 \mu\text{mol/s}$ pro Leiterplatte (3, 3', 3'') erzeugt wird.

20. Software zum Betrieb mindestens einer fluidkühlbaren LED-Leuchte (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, welche die Strahlungsleistung, insbesondere der photosynthetische Photonenfluss (PPF),

Anhängende Zeichnungen

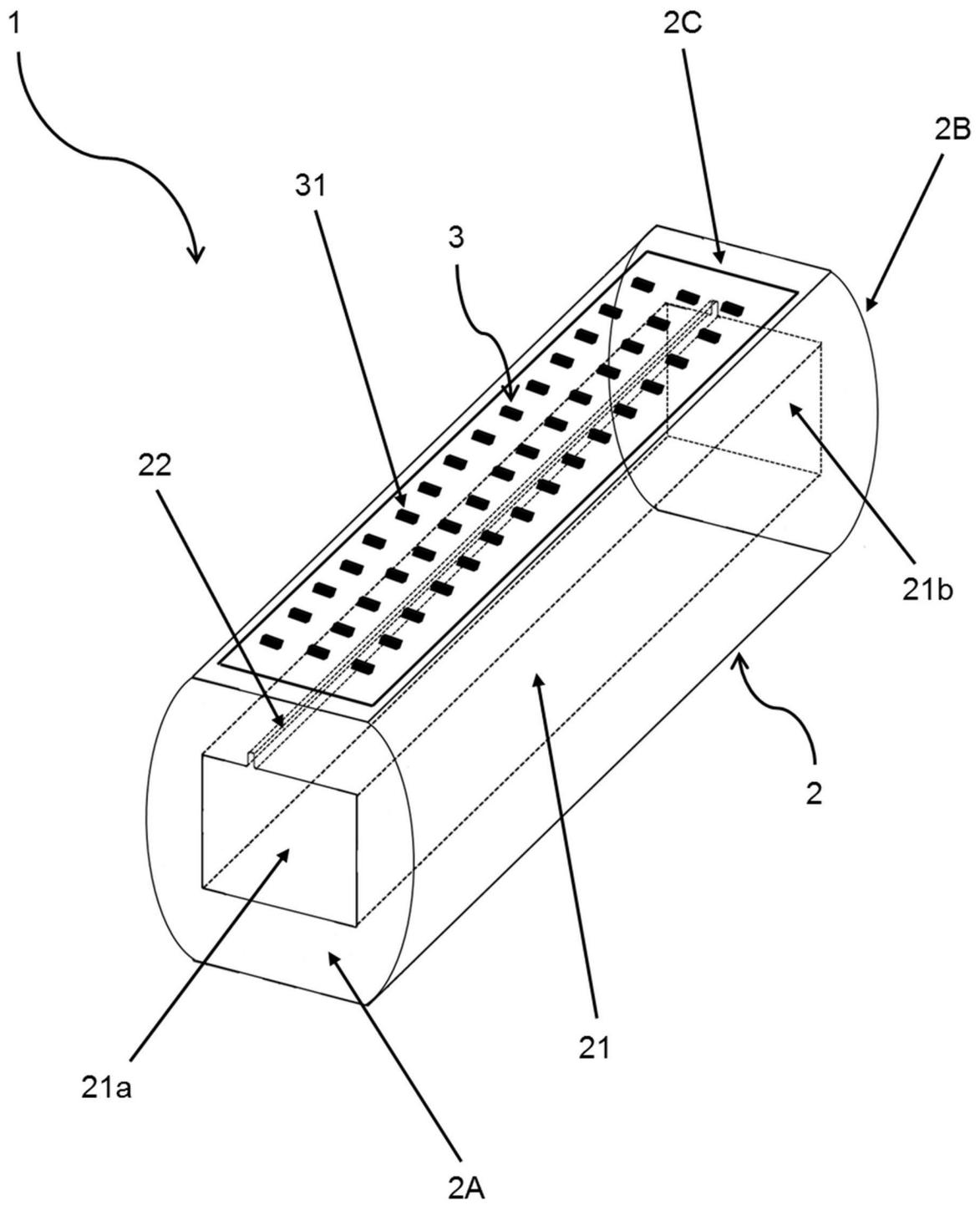
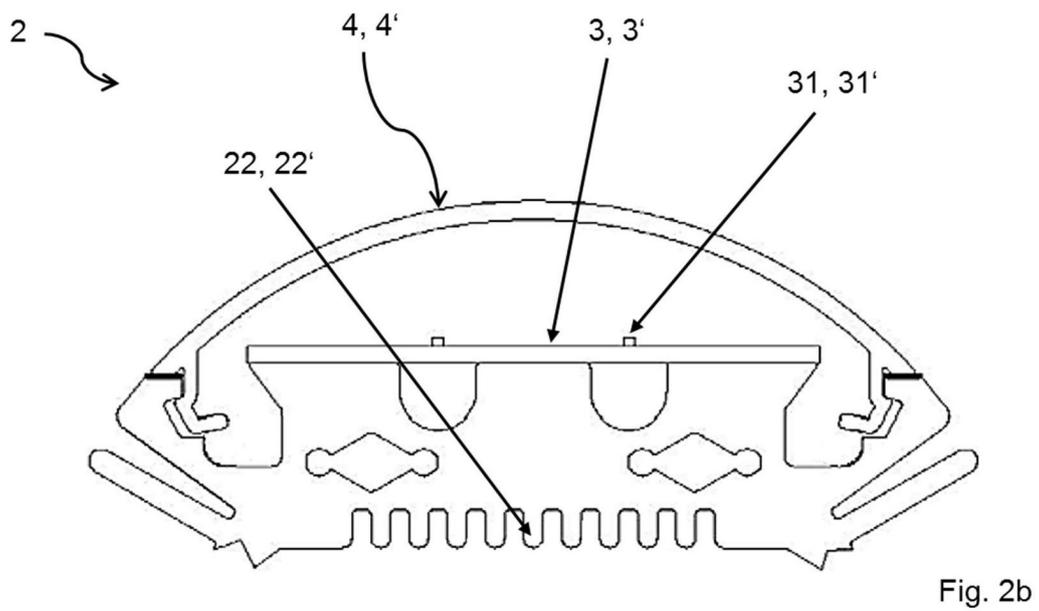
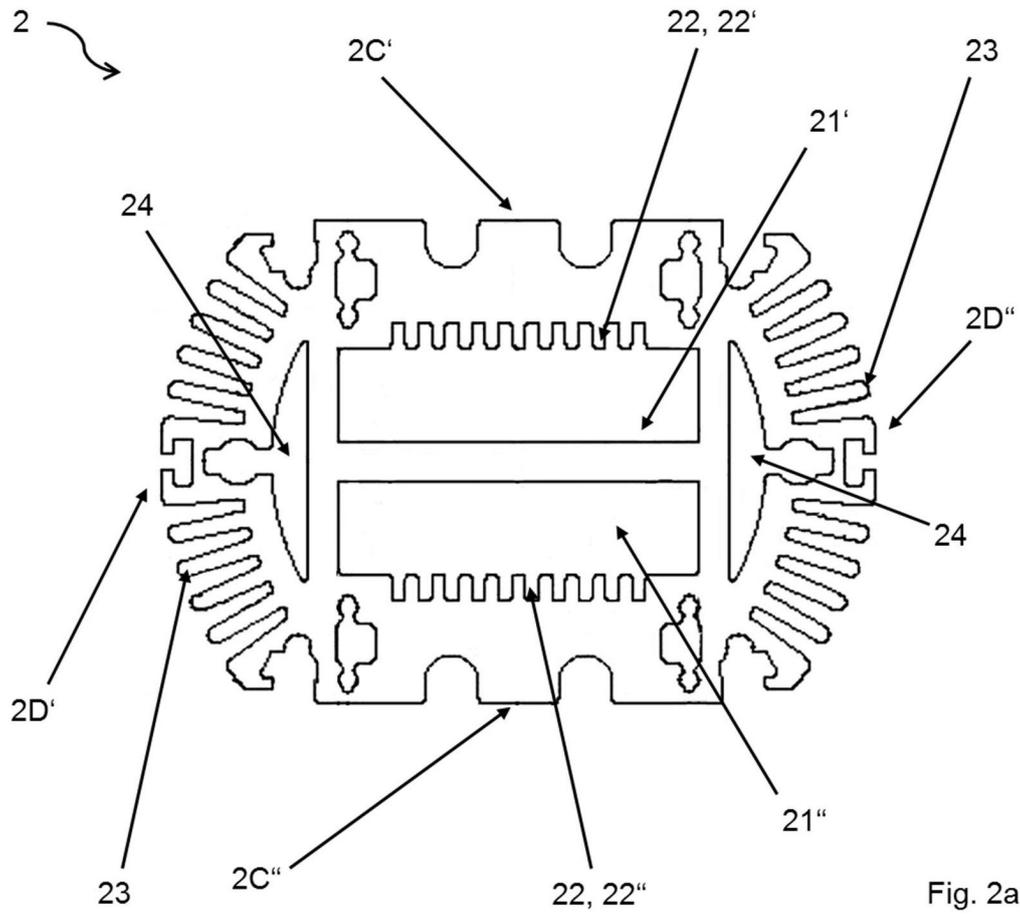


Fig. 1



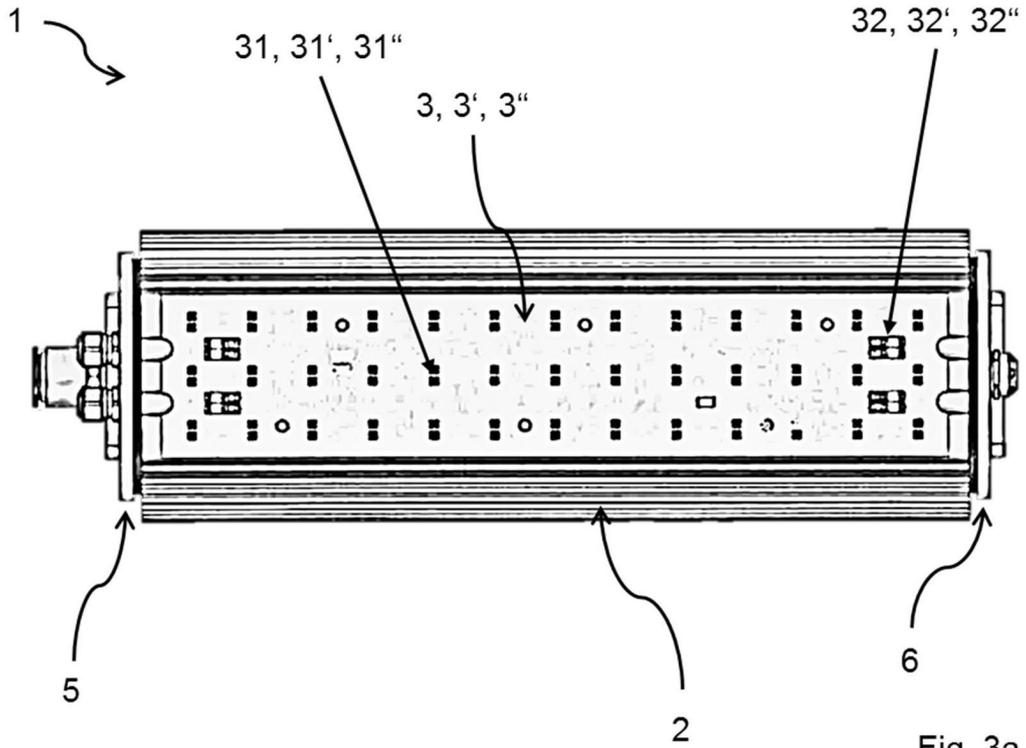


Fig. 3a

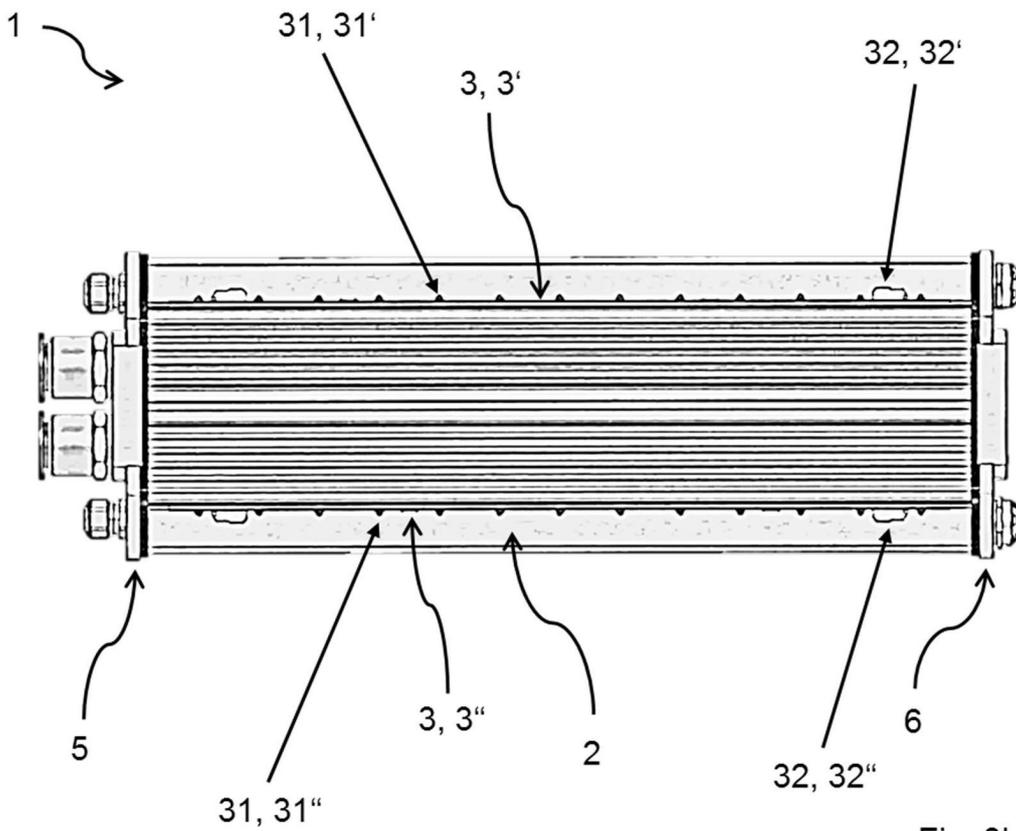


Fig. 3b

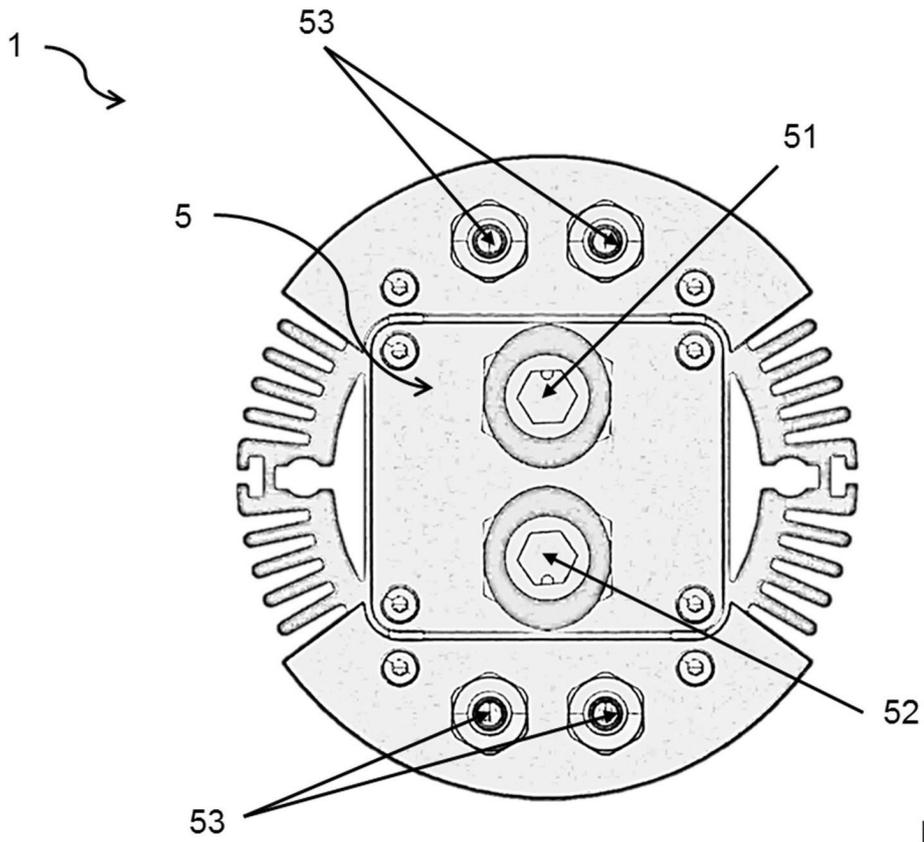


Fig. 3c

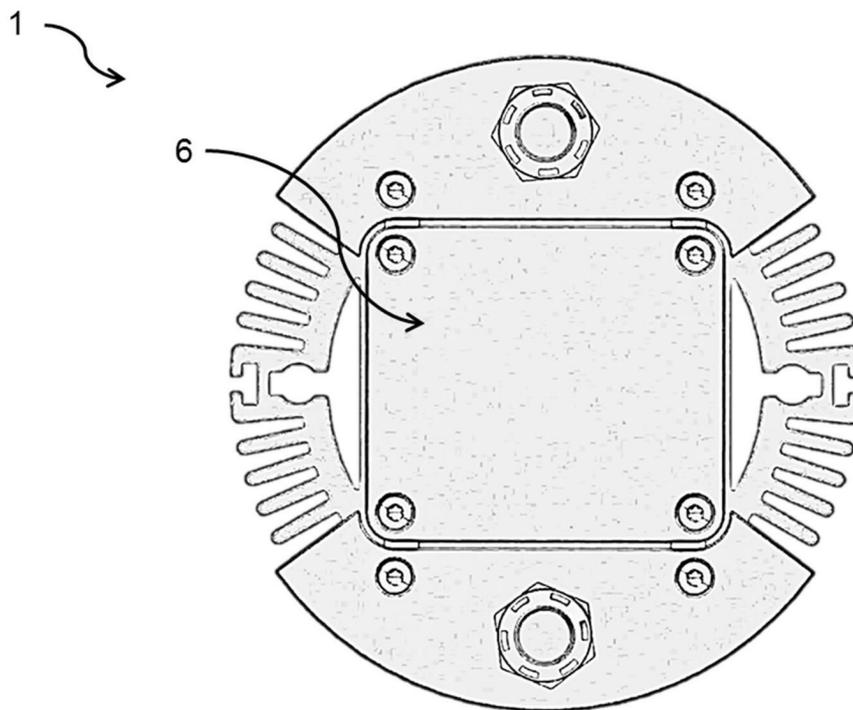


Fig. 3d

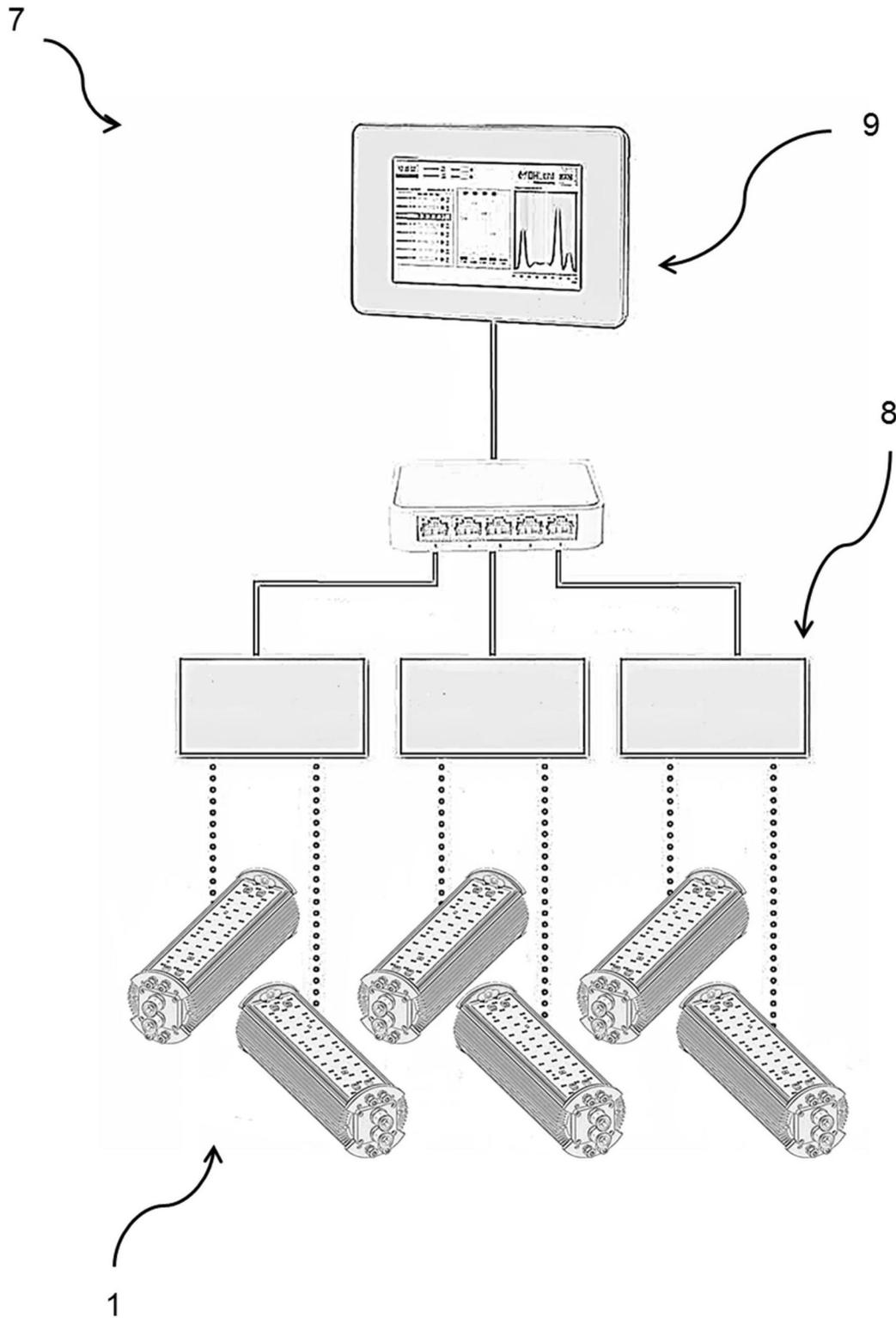


Fig. 4

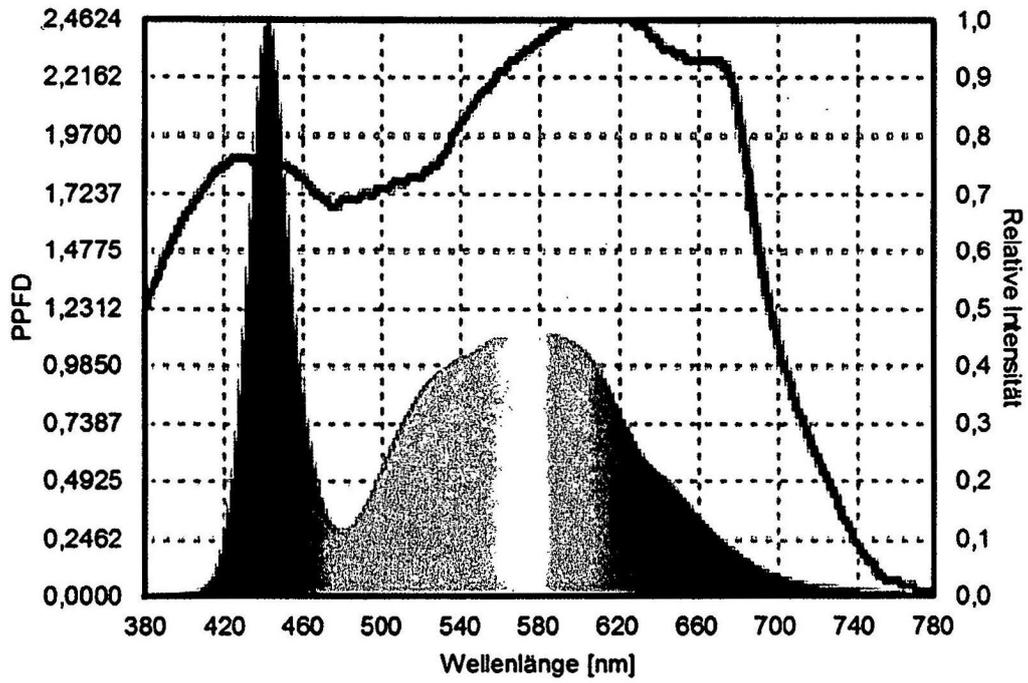


Fig. 5a

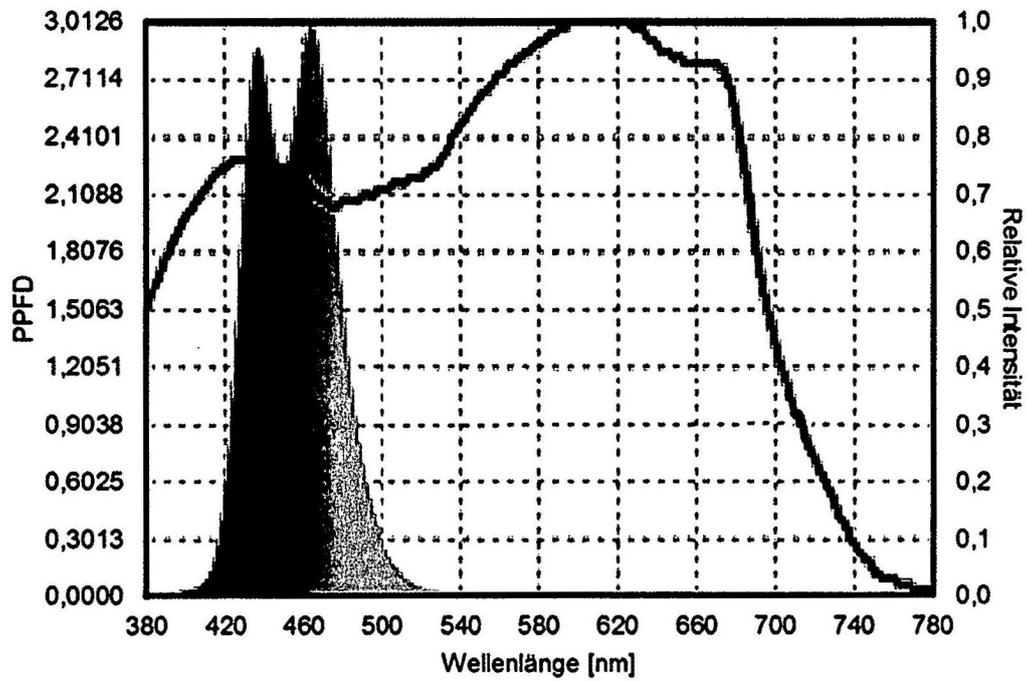


Fig. 5b

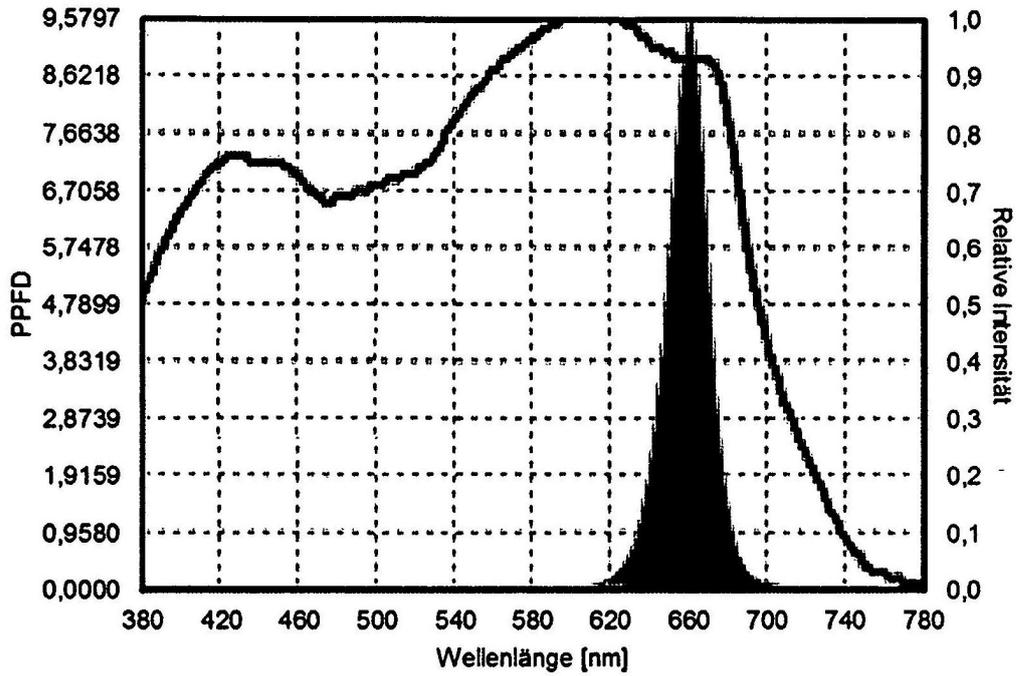


Fig. 5c

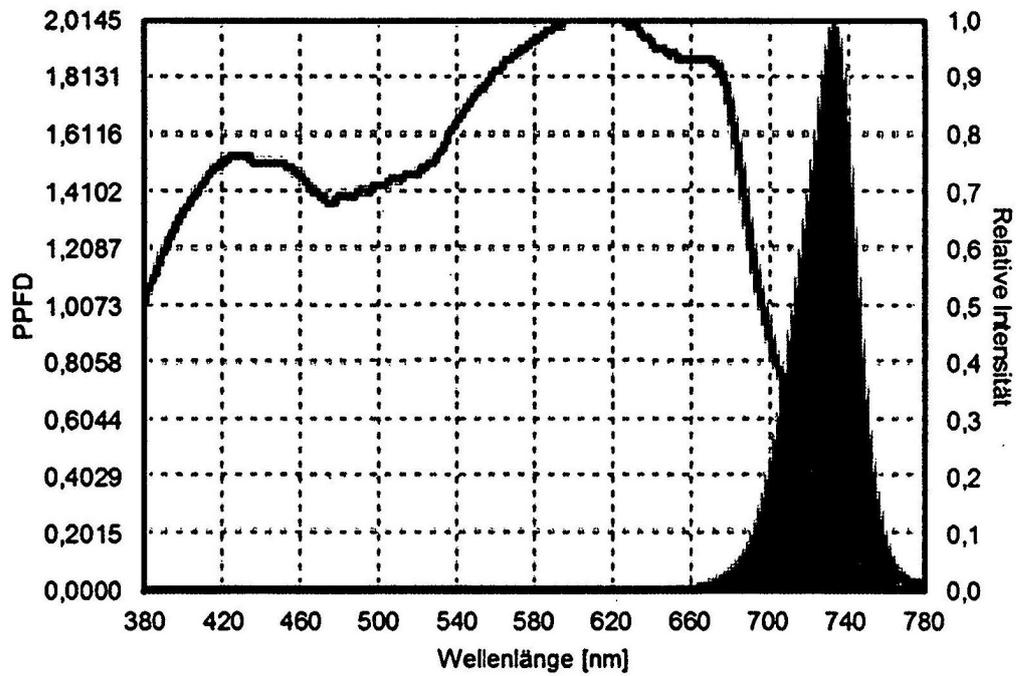


Fig. 5d

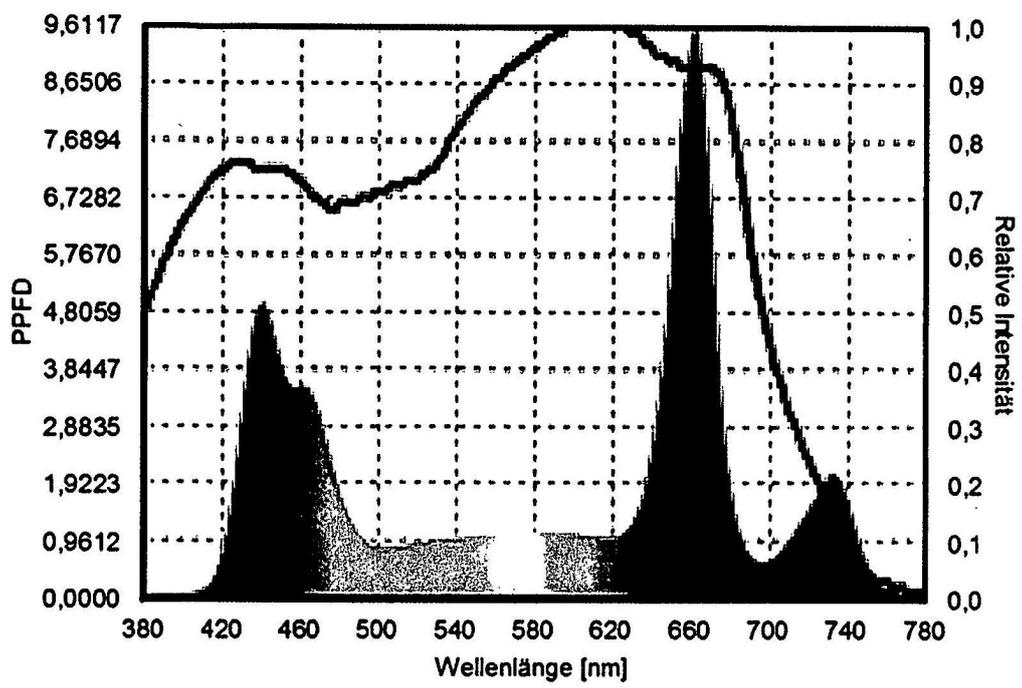


Fig. 5e