

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 717 004 B1

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(51) Int. Cl.: **F21S 8/08** (2006.01)
F21V 11/00 (2015.01)
F21V 13/00 (2006.01)
F21Y 115/10 (2016.01)
F21W 131/10 (2006.01)
F21W 131/10 (2006.01)
F21Y 107/00 (2016.01)

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 001603/2020

(22) Anmeldedatum: 16.12.2020

(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.06.2021

(30) Priorität: 16.12.2019 CH 01629/19
16.03.2020 GB 2003801.4

(24) Patent erteilt: 14.02.2025

(45) Patentschrift veröffentlicht: 14.02.2025

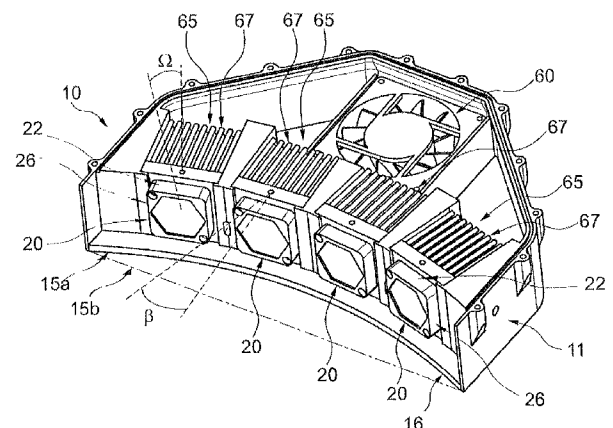
(73) Inhaber:
Harald Pier, Route de la Pâla 9
1785 Cressier (CH)

(72) Erfinder:
Harald Piers, 3280 Murten (CH)

(74) Vertreter:
Sonnenberg Harrison Partnerschaft mbB,
Bahnhofstrasse 100
8001 Zürich (CH)

(54) **Beleuchtungssystem für Aussenbereiche.**

(57) Die Erfindung betrifft ein Beleuchtungssystem zur Beleuchtung von Außenbereichen, wie z.B. einem Sportplatz. Das Beleuchtungssystem umfasst eine oder mehrere Leuchten (10) wobei jede der Leuchten (10) umfasst eine Vielzahl von Beleuchtungselementen (20), angeordnet in einer nicht-koplanaren Weise auf einem Rahmen oder in mindestens einem Gehäuse (11), zum Erzeugen einer Vielzahl von Lichtstrahlen mit einer optischen Achse im Wesentlichen in Richtung der Außenbereiche und mindestens ein Abschirmelement. Das mindestens eine Abschirmelement ist angeordnet in einem oberen Bereich (22) der Vielzahl von Beleuchtungselemente (20), derart angeordnet, um mindestens einen Teil der Vielzahl von Lichtstrahlen in Richtung des Horizonts und darüber von der Erde weg abzuschirmen.



Beschreibung**Querverweis auf verwandte Anwendungen**

[0001] Keine

Gebiet der Erfindung

[0002] Die Erfindung bezieht sich auf ein Beleuchtungssystem zur Beleuchtung von Außenbereichen, wie Straßen, Wegen, Sportanlagen und anderen Außenflächen, mit einer oder mehreren Beleuchtungselemente bzw. Lichtquellen.

Hintergrund der Erfindung

[0003] Das vorliegende Dokument bezieht sich auf ein Beleuchtungssystem mit einem oder mehreren Flutlicht-Leuchten zur Beleuchtung von Außenbereichen, wie sie beispielsweise zur Beleuchtung von Wegen, Straßen, Außenflächen, Sportplätzen, Skipisten, Hallen usw. verwendet werden. Solche Beleuchtungssysteme werden in der Regel in einer bestimmten Höhe über der Oberfläche des zu beleuchtenden Außenbereichs angebracht. Die Installation des Beleuchtungssystems erfolgt in der Regel an einem oder mehreren Masten, an einer Wand oder einem Seil, an einer Decke, einem Dach oder einem anderen Bauteil oder auch an einem Naturkörper, wie beispielsweise einem Felsen.

Stand der Technik

[0004] Die in den Beleuchtungssystemen verwendeten Leuchten, wie Flutlicht-Leuchten oder Straßenlampen, müssen ausreichend starke Beleuchtungselemente haben, um den Außenbereich angemessen beleuchten zu können. Das Licht der Leuchte wird von einem oder mehreren in der Leuchte angeordneten Leuchtelementen abgestrahlt, die auf einer Leuchtfläche montiert sind. Das von dem Beleuchtungssystem erzeugte Licht wird mit diesen Beleuchtungselementen so verteilt, dass die Beleuchtungsaufgabe, d.h. die Lichtverteilung auf der Oberfläche des Außenraumes, ausreichend erreicht wird.

[0005] Eines der Probleme im Zusammenhang mit Leuchten im Außenbereich ist die Erzeugung von Streulicht, d.h. jenem Licht, das von der Leuchte abgestrahlt wird, aber nicht zur Beleuchtung des Außenbereichs gerichtet ist. Es gibt verschiedene Effekte im Beleuchtungssystem und in den Leuchten selbst, die einen unvermeidbaren Anteil des Streulichts erzeugen können. Die Beleuchtungsrichtung des Streulichts wird in den Beleuchtungssystemen nach dem Stand der Technik in der Regel nicht durch optische Elemente gesteuert, so dass das Streulicht das Beleuchtungssystem im Wesentlichen unkontrollierbar verlässt. Zu diesen verschiedenen Effekten gehören u.a. Unvollkommenheiten in den optischen Elementen der Leuchten, Toleranzen bei der Montage des Beleuchtungssystems, die Beleuchtungselemente selbst, die keine echten Punktlichtquellen sind, Verschmutzung oder auch durch unterschiedliche Wärmeausdehnung. Schließlich werden andere Oberflächen innerhalb der und außerhalb der Leuchten vom Licht bestrahlt und reflektieren oder streuen das Licht in zufällige Richtungen.

[0006] Die Wirkung dieses reflektierten und gestreuten Streulichts führt dazu, dass das Licht des Beleuchtungssystems oft in Richtungen abgestrahlt wird, die nicht kontrolliert und nicht zur Erfüllung der Beleuchtungsaufgabe genutzt werden können. Auch in diesen Streulichtrichtungen wird das Beleuchtungssystem als heller Lichtpunkt wahrgenommen, da die relativ kleine Lichtaustrittsfläche der Leuchte an dieser Stelle zu einer sehr hohen Leuchtdichte im Vergleich zur dunklen Umgebung und auch im Vergleich zur beleuchteten Fläche des Außenbereichs führt.

[0007] Derzeit sind Leuchtdioden (LEDs) die bevorzugten Beleuchtungselemente in den Leuchten.

[0008] Die nach dem Stand der Technik konstruierten Beleuchtungssysteme haben eine oder mehrere Lichtaustrittsflächen, die im Wesentlichen planarer beziehungsweise ebener Natur sind. Diese Lichtaustrittsflächen nehmen in der Regel fast die gesamte Fläche der Leuchte ein, insbesondere bei Hochleistungs-Beleuchtungssystemen, die zur Ausleuchtung großer Flächen eingesetzt werden. Die Mindestfläche einer Leuchte nach dem Stand der Technik ergibt sich aus der Anzahl der Einzel-LEDs, die für einen ausreichenden Gesamtlichtstrom erforderlich sind, und der Größe der mit den LEDs verbundenen Optik. Die Größe dieser Optiken hängt von der erforderlichen Konzentration der aus den LEDs austretenden Lichtstrahlen und der Größe der Lichtaustrittsflächen der LEDs ab.

[0009] Ein Beispiel für ein Beleuchtungssystem mit LEDs ist aus der US Patentveröffentlichung Nr. US 9,581,303 B2 (Gordin et al.) bekannt, die ein Beleuchtungssystem mit einer Vielzahl von LED-Beleuchtungselementen offenbart und bei dem eine lange Betriebslebensdauer angemessen gewährleistet werden kann, indem die Anforderungen der Anwendung, die Eigenschaften der LEDs, die Eigenschaften der Leuchte, die diese LEDs umfasst, die gewünschte Anzahl von Betriebsstunden und ein iterativer Ansatz für die Stromversorgung der LEDs gelehrt wird. LED-Beleuchtungselemente sind einzeln mit einer Form versehen, so gestaltet, dass ein Teil des Lichts von der Lichtaustrittsfläche einer Linse in bevorzugten Winkeln blockiert wird. Die LED-Beleuchtungselemente sind mit schwarzen, lichtabsorbierenden Sichtscheiben versehen, die so konstruiert sind, dass sie einen Zielbereich beleuchten, aber Licht absorbieren, das Blendung verursachen könnte.

[0010] Planare Flächen der Leuchten werden in einer Einbaulage, z.B. auf einem Trägerelement, wie z.B. einem Mast, Rahmen oder Pfahl, so ausgerichtet, dass in Kombination mit den anderen Beleuchtungselementen des Beleuchtungssystems, die den zu beleuchtenden Außenbereich umgeben, eine akzeptable, d.h. den Normen entsprechende Lichtverteilung

lung auf der Oberfläche des Außenbereichs erreicht wird. Diese Ausrichtung der lichtemittierenden Flächen bedeutet, dass solche Beleuchtungssysteme oft aus sehr großer Entfernung sichtbar sind, da die Beleuchtungssysteme auf dem Trager- element in einem Abstand oberhalb der Oberfläche des beleuchteten Außenbereichs angeordnet sind. Das Streulicht wird in viele Richtungen verteilt und trägt nicht zur Beleuchtungsaufgabe bei. Selbst wenn das Beleuchtungssystem prinzipiell so angeordnet werden könnte, dass kein Streulicht aus der Ferne gesehen wird, bleibt ein Winkelanteil der Lichtstrahlen der Beleuchtungsanlage unterhalb des Horizonts, innerhalb dessen das abgestrahlte Licht nicht zur Beleuchtungsaufgabe des Außenbereichs beiträgt.

[0011] Ein weiteres Beispiel für ein Beleuchtungssystem mit LEDs und Abschirmelementen zur Vermeidung von Streu- licht ist das ALO-Beleuchtungssystem von AEC. Einzelheiten zu diesem Beleuchtungssystem finden sich auf der Website <http://alo.aecilluminazione.com> (heruntergeladen am 16. März 2020). Es zeigt die LED-Beleuchtungselemente, die auf einer flachen, ebenen Fläche mit einer großen Lichtaustrittsfläche montiert sind. Die optischen Achsen dieser LED-Be- leuchtungselemente verlaufen senkrecht zu der flachen, ebenen Oberfläche.

[0012] Wie bereits erwähnt, sind die Beleuchtungssysteme nach dem Stand der Technik aus großer Entfernung als helle Lichtpunkte sichtbar. Diese Lichtpunkte sind aus mehreren Gründen unerwünscht. Sportanlagen befinden sich oft in oder in der Nahe von Wohngebieten, und es gibt immer mehr Fälle, in denen sich die Bewohner über Lichtbelästigungen durch die in der Nähe der Fenster der Bewohner angebrachten Beleuchtungssysteme beschwert haben. Die Beleuchtungssysteme sollen durch das kaltweiße Licht der LEDs in den Leuchten in Kombination mit den sehr hellen Lichtaustrittsflächen der Beleuchtungsanlage unangenehme Effekte und Blendung durch die Fenster verursachen.

[0013] Ein Fahrzeugführer auf einer Verkehrsrouten wird diese Lichtpunkte beobachten, die viel heller als die Fahrbahn selbst erscheinen und wird dadurch möglicherweise abgelenkt. Lichtverschmutzung, selbst verursacht durch das fast ho- rizontal abgestrahlte Licht, ist ein unangenehmer Nebeneffekt der Beleuchtung von Plätzen und Straßen.

[0014] Die Beleuchtungssysteme sind auch für nachtaktive Tiere und Insekten attraktiv, die sich dann auf die Beleuch- tungssysteme zubewegen. Die Insekten können letztendlich erschöpft sterben, da sie sich aufgrund der Entfernung zum Beleuchtungssystem und des Verweilens in einer „Umlaufbahn“ um die Lichtpunkte befinden.

[0015] Typische Leuchten in den Beleuchtungssystemen für die Beleuchtung beispielsweise von Sportanlagen nach dem Stand der Technik haben ein Gewicht von 20-30 Kilogramm und geben zwischen 120000 - 200000 Lumen ab. Der dafür nötige Abstrahlwinkel beträgt etwa 20 Grad oder weniger. Eine klare Abgrenzung bei der Ausleuchtung zwischen beleuch- tetem und nicht beleuchtetem Bereich ist ebenfalls eine Herausforderung beim bekannten Stand der Technik und liegt meist daran, dass immer noch Teile der Lichtaustrittsfläche sichtbar bleiben, und diese selbst unter optimalen Bedingun- gen immer Licht in den gesamten Halbraum abgeben.

[0016] Zusätzlich bedingt der hohe Lichtstrom eine große Anzahl an Beleuchtungselementen mit zugeordneter Optik. Um die benötigte Abstrahlcharakteristik zu erzeugen, müssen diese Optiken eine Größe von ca. 8-10-fachen Kantenlänge der abstrahlenden LED-Chipfläche aufweisen. Pro Quadratzentimeter können so maximal 300-400 Lumen generiert werden. Dieser Wert wird aber dramatisch verringert, wenn asymmetrisch abgestrahlt werden soll, wie dies bei den heutzutage verwendeten Leuchten verlangt wird. Alternativ könnten die Leuchten zwar aufgerichtet werden, dies würde aber unver- meidlich zu einer Abstrahlung Richtung Horizont und darüber hinausführen.

[0017] Eine weitere Herausforderung bei der asymmetrischen Abstrahlung besteht darin, dass die benötigten Optiken eine wesentlich größere Fläche benötigen, da das Licht einer LED möglichst gut nur auf eine Seite umgelenkt werden soll. Eine zu enge Anordnung der LEDs bzw. Optiken führt zu gegenseitiger Verschattung und dadurch zu Effizienzverlust und mehr Streuung. Aufgrund dieser Tatsache besitzen bekannte Leuchten typischerweise Dimensionen von wenigstens 60 cm mal 60 cm, wodurch sich auch das zuvor genannten Gewicht ergibt. Es sind auch deutlich größere Ausführungen anzutreffen.

[0018] Es ist Aufgabe der vorliegenden Offenbarung ein Beleuchtungssystem mit geringem Gewicht und einem hohen Lichtstrom bei wenig Streustrahlung bereitzustellen.

Zusammenfassung der Erfindung

[0019] Das Beleuchtungssystem dieses Dokuments ist für die Beleuchtung von Außenbereichen, wie z.B. Sportplätzen, ausgelegt und umfasst eine Vielzahl von Leuchten mit einer Vielzahl von Beleuchtungselementen bzw. Lichtquellen, die auf einem Rahmen in einer nicht-koplanaren Anordnung zur Erzeugung einer Vielzahl von Lichtstrahlen mit einer optischen Achse im Wesentlichen in Richtung der Außenbereiche angeordnet sind. Mindestens ein Abschirmelement ist in einem oberen Bereich der Vielzahl von Beleuchtungselementen angeordnet, um zumindest den größten Teil der Vielzahl von Lichtstrahlen in Richtung des Horizonts und darüber (von der Erde weg) abzuschirmen.

[0020] Die nicht-koplanare Anordnung der Beleuchtungselemente auf dem Rahmen bedeutet, dass die optischen Achsen der Beleuchtungselemente nicht parallel zueinander verlaufen und die optischen Achsen der Beleuchtungselemente sich irgendwann im Raum kreuzen werden.

[0021] In einer Ausführungsform sind die Beleuchtungselemente Leuchtdioden.

[0022] In einer weiteren Ausführungsform umfasst das Beleuchtungssystem ferner Bündelungsoptik/en zur Bündelung von Lichtstrahlen in einer gezielten Richtung.

[0023] In einer weiteren Ausführungsform umfassen die Beleuchtungselemente eine Vielzahl von Leuchtdioden, welche in mindestens einem von einem versetzten Muster oder einem hexagonalen Muster angeordnet sind. Dadurch kann eine gleichmäßige Lichtverteilung erzeugt werden.

[0024] In einer weiteren Ausführungsform treten die Lichtstrahlen in einem Winkel von weniger als 25° aus der/den Bündelungsoptik/en aus. Dadurch wird der größte Teil des Lichts der Beleuchtungselemente entlang der optischen Achse gelenkt.

[0025] In einer weiteren Ausführungsform sind mehrere der Vielzahl von Beleuchtungselementen in einer konvexen Weise angeordnet. Dadurch kann Streulicht besser abgeschirmt werden.

[0026] In einer weiteren Ausführungsform kreuzen sich optische Achsen der Vielzahl von Beleuchtungselementen in einem geometrischen Raumbereich vor den Beleuchtungselementen.

[0027] In einer weiteren Ausführungsform sind mehrere der Vielzahl von Beleuchtungselementen in einem Rahmen oder in dem Gehäuse angeordnet. Durch die Anordnung in einem Rahmen oder Gehäuse kann die Ausrichtung der optischen Achse beeinflusst werden.

[0028] In einer weiteren Ausführungsform ist der Rahmen und/oder das Gehäuse an mindestens einem Mast befestigt.

[0029] In einer weiteren Ausführungsform ist das mindestens eine Abschirmelement in einem seitlichen Bereich angeordnet. Die Lichtstrahlen des/der Beleuchtungselement/e können dadurch an jeder Seite einer Lichtaustrittsfläche abgeschirmt werden.

[0030] In einer weiteren Ausführungsform beträgt eine Länge der Vielzahl von Abschirmelementen weniger als 40 cm, vorzugsweise weniger als 20 cm. Dadurch kann die Größe bzw. die Dimension der Leuchte weiter verringert werden.

[0031] In einer weiteren Ausführungsform haben die Vielzahl der Beleuchtungselemente eine Lichtaustrittsweite von weniger als 10 cm, vorzugsweise weniger als 5 cm. Dadurch kann die Größe bzw. die Dimension der Leuchte noch weiter verringert werden.

[0032] In einer weiteren Ausführungsform kann jedes einzelne der Vielzahl von Beleuchtungselementen um einen Winkel β verdreht und einen Winkel Ω verkippt werden. Dadurch kann jedes der einzelnen Beleuchtungselemente durch Einstellung der Winkel Ω und Winkel β verdreht und verkippt werden, um eine gleichmäßige Beleuchtung des Außenbereichs zu erzielen.

Beschreibung der Figuren

[0033]

- Fig. 1 zeigt ein Beleuchtungssystem, das einen Außensportplatz beleuchtet
- Fig. 2 zeigt die Verteilung des Lichts von Leuchten.
- Fig. 3 zeigt eine Leuchte mit einer Vielzahl von Beleuchtungselementen.
- Fig. 4 zeigt ein Beleuchtungselement mit einer Vielzahl von Leuchtdioden.
- Fig. 5 veranschaulicht die Abschirmung des Lichts von Leuchten.
- Fig. 6 zeigt das Prinzip eines Abschirmelements.
- Fig. 7 zeigt die Screening-Elemente auf einem Sportplatz.
- Fig. 8 zeigt ein weiteres schematisches Konstruktionsbeispiel der Leuchte.
- Fig. 9 ist eine perspektivische Ansicht der Leuchte aus Fig. 8.

Beschreibung der Erfindung

[0034] Auf der Grundlage der Zeichnungen wird die Erfindung nun beschrieben. Es wird davon ausgegangen, dass die hier beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung nur Beispiele sind und den Schutzbereich der Ansprüche in keiner Weise einschränken. Die Erfindung wird durch die Ansprüche und deren Äquivalente definiert. Es wird davon ausgegangen, dass Merkmale eines Aspekts oder einer Ausführungsform der Erfindung mit einem Merkmal eines anderen Aspekts oder anderer Aspekte und/oder Ausführungsformen der Erfindung kombiniert werden können.

[0035] Zum besseren Verständnis der Erfindung ist es hilfreich, die Anordnung von Beleuchtungssystemen 100 zur Beleuchtung eines Außenbereichs 5 näher zu betrachten. Eine solche beispielhafte Anordnung ist in Fig. 1 für die Beleuchtung eines Sportplatzes dargestellt. Das Beleuchtungssystem 100 umfasst eine Vielzahl von Leuchten 10 (im Zusammenhang mit einem Sportplatz oder einem Flughafenvorfeld auch als Flutlicht-Leuchte bezeichnet), angeordnet auf Trägerelementen, wie z.B. Masten 12, in einer Höhe h zwischen 12 m (Meter) und 20 m über der Oberfläche des Außenbereichs 5. Es

wird darauf hingewiesen, dass diese Abmessungen keine Beschränkung der Erfindung darstellen. Die Leuchten 10 umfassen eine Vielzahl von Beleuchtungselementen 20 bzw. Lichtquellen 20, umfassend eine Vielzahl von Leuchtdioden (LEDs), wie in Fig. 3 dargestellt. Die Höhe h der Masten 12, die in anderen Anwendungen, wie Flughäfen oder Stadien, verwendet werden, ist ebenfalls deutlich höher, z.B. bis zu etwa 40m. Die minimale Fläche, die in einer Richtung senkrecht zum Mast 12 zu beleuchten ist, hat typischerweise eine Abstrahldistanz l , wie in Fig. 2 und 7 gezeigt, zwischen 4-7mal der Höhe h des Mastes 12. Dies führt z.B. bei Sportplätzen, wie einem Fußballfeld, zu einer Abstrahldistanz l von etwa 60-70m. Auf Flughäfen oder Stadien mit den höheren Masten 12 ist die Abstrahldistanz l entsprechend größer. Es wird geschätzt, dass sich in der Praxis die Fläche des Außenbereichs 5, die von verschiedenen der Leuchten 10 beleuchtet wird, überlappen. Fig. 7 zeigt eine andere Anordnung, bei der die Leuchte 10 auf einem Mast 12 montiert ist und den gesamten Sportplatz ausleuchtet.

[0036] Die Abstände zwischen den an der Spitze des Mastes 12 montierten Leuchten 10 und einer maximalen Abstrahldistanz $l_{\max}$ (siehe Fig. 7) der beleuchteten Fläche des Außenbereichs 5 können groß sein, z.B. über 50 m. Die Leuchten 10 sind daher mit Bündelungsoptik/en 28 (siehe Fig. 4) in der Vielzahl der Beleuchtungselemente 20 versehen, um Lichtstrahlen 25 (siehe Fig. 2) der Vielzahl der Beleuchtungselemente 20 in eine gezielte Richtung zu bündeln und eine ausreichende Beleuchtungsstärke der Oberfläche des Außenbereichs 5 zu erreichen. Es ist bekannt, dass der Grad der Beleuchtungsstärke der Beleuchtungselemente 20 aufgrund des inversen Quadratgesetzes mit dem Quadrat des Abstands der Beleuchtungselemente 20 in der Leuchte 10 abnimmt. Daher muss die Formgebung oder die Konzentration der Lichtstrahlen 25 der Beleuchtungselemente 20 hauptsächlich in Richtung der maximalen Abstrahldistanz $l_{\max}$ auf der Fläche des Außenbereichs 5 erfolgen. Diese Richtung ist nur wenige Grad breit, wie aus einfachen geometrischen Überlegungen zu verstehen ist und später noch näher erläutert wird.

[0037] Das Verhältnis zwischen der Größe der Lichtaustrittsfläche der Leuchte 10 und der Größe der Bündelungsoptik/en 28, die zur Formung und Konzentration der Lichtstrahlung verwendet wird, bestimmt den erreichbaren Grad der Konzentration der Lichtstrahlen 25 der Beleuchtungselemente 20. Die Gesetze der Optik besagen, dass die Größe der Bündelungsoptik/en 28 umso größer ist, je enger der Konzentrationsgrad der Lichtstrahlen 25 ist, die von der/den Bündelungsoptik/en 28 benötigt werden.

[0038] Andererseits dürfen die Leuchten 10 aufgrund statischer Überlegungen der Masten 12 nicht sehr groß bzw. schwer werden, da die Masten 12 das zusätzliche Gewicht oder die Windlast möglicherweise nicht tragen können. Die Größe der Bündelungsoptik/en 28 in der Leuchte 10, die erforderlich ist, um das Licht ausreichend zu formen, begrenzt daher die Anzahl der Beleuchtungselemente 20, was wiederum den erreichbaren Lichtstrom des Lichts aus den Leuchten 10 begrenzt. Andererseits können aufgrund derselben Überlegungen nicht beliebig viele Leuchten an einem Mast 12 befestigt werden, so dass dem auf einem Mast mit bestimmter Traglast erreichbaren Lichtstrom in der Praxis durch den Stand der Technik enge Grenzen gesetzt sind.

[0039] Ein nicht einschränkendes erstes Beispiel für die Konstruktion der Leuchten 10 wird nun anhand von Fig. 3 beschrieben, die eine Leuchte 10 zeigt, wie sie z.B. für die Flutlichtbeleuchtung eines Sportplatzes eingesetzt werden würde. Man erkennt, dass die Leuchte 10 in Fig. 3 einen Rahmen 50 umfasst, bestehend aus zwei parallel angeordneten ringförmigen Elementen 510a und 510b. Die beiden ringförmigen Elemente 510a und 510b sind durch Abstandsplatten 520a und 520b miteinander verbunden. Zwischen den beiden Abstandsplatten 520a und 520b sind zwei gebogene Träger 530a und 530b angeordnet. Die gekrümmten Träger 530a und 530b haben mehrere Halter 540, in die mehrere der Beleuchtungselemente 20 konvex montiert sind/werden. Die konvexe Montageweise hilft bei der Abschirmung von Streulicht. Es wird geschätzt, dass andere nicht planare Oberflächenstrukturen verwendet werden können, solange sie das Licht von der Vielzahl der Beleuchtungselemente 20 in den Außenbereich 5 lenken. Dies führt dazu, dass sich optische Achsen 23 der Beleuchtungselemente 20 in einem geometrischen Raumbereich vor den Beleuchtungselementen kreuzen. Der Klarheit halber sei darauf hingewiesen, dass dieser Raumbereich der Kreuzung von mindestens zwei optischen Achsen 23 nicht unbedingt auf der Oberfläche des Außenbereichs 5 liegt, sondern in einem Raum „unter der Erdoberfläche“ oder in der Luft über der Fläche des Außenbereichs 5 liegen könnte. Die Halter 540 können um die gekrümmten Träger 530a und 530b gedreht werden, damit die Beleuchtungselemente 20, angeordnet in einem der mehreren Halter 540, das Licht in unterschiedliche Richtungen lenken können.

[0040] Wie bereits erwähnt, ist die Konstruktion der in Fig. 3 gezeigten Leuchten 10 nur beispielhaft. Der Rahmen aus den ringförmigen Elementen 510a und 510b und den Abstandsplatten 520a und 520b stellt keine Einschränkung der Erfindung dar und könnte unterschiedliche Formen annehmen, wie z.B. eine ovale Form oder eine rechteckige Form. Die Anzahl der Träger 530a und 530b in der Leuchte 10 kann bei Bedarf ebenfalls geändert werden, und auch die Anzahl der Halter 540 stellt keine Beschränkung der Erfindung dar.

[0041] Es wäre auch zu begrüßen, wenn zwei oder mehr der Rahmen 50 gemeinsam an einem der Masten 12 montiert werden könnten und dies für Leuchten 10 geeignet wäre, die in Flutlicht-Leuchten platziert werden, um eine größere Fläche als einen Sportplatz auszuleuchten. Es wäre auch zu begrüßen, dass viel kleinere Leuchten 10 für die Straßenbeleuchtung verwendet werden könnten. Diese kleinen Leuchten 10 könnten z.B. nur ein oder zwei der Beleuchtungselemente 20 umfassen.

[0042] Fig. 4 zeigt ein Beispiel für eines der Beleuchtungselemente 20. Es ist zu sehen, dass die Beleuchtungselemente 20 eine Vielzahl von Leuchtdioden umfassen, die versetzt angeordnet sind, um eine sechseckige bzw. hexagonale An-

ordnung in einer Lichtaustrittsfläche 27 zu bilden, aber diese Anordnung stellt keine Beschränkung der Erfindung dar, und für die Vielzahl der Beleuchtungselemente 20 könnten andere Formen als eine runde Form oder eine rechteckige Form gewählt werden. Die sechseckige Anordnung wurde gewählt, da diese Anordnung einen im Wesentlichen gleichmäßigen Lichtstrahl von der Lichtaustrittsfläche 27 des Beleuchtungselements 20 sowie die höchste Dichte von Leuchtdioden erzeugt und somit die Gesamtgröße der Lichtaustrittsfläche 27 reduziert. Die Farbeigenschaften der Beleuchtungselemente 20 können identisch oder voneinander verschieden sein. In einem nicht einschränkenden Aspekt haben die Beleuchtungselemente 20 eine maximale Lichtaustrittsfläche 27 in einer Richtung ungefähr senkrecht zu einer Abstrahlrichtung von 50 mm (Millimeter). In anderen Aspekten haben die Beleuchtungselemente eine kleinere maximale Lichtaustrittsfläche 27 im genannten Sinn, zum Beispiel von maximal 36 mm oder sogar von maximal 25 mm. Die Beleuchtungselemente 20 sind durch die Bündelungsoptik/en 28 bedeckt und emittieren Licht in Lichtstrahlen 25 in Richtung einer optischen Achse, die im Wesentlichen senkrecht zur Ebene der Lichtaustrittsfläche 27 steht. Diese optische Achse 23 entspricht in der Regel der Richtung, in der das Licht der Beleuchtungselemente 20 gebündelt und geformt werden muss, um eine für den gewünschten Außenbereich 5 erforderliche Beleuchtungscharakteristik zu erzeugen. Die Lichtstrahlen 25 der in Fig. 4 dargestellten Beleuchtungselemente 20 treten in einem Winkel von weniger als 25° (Grad) aus der/den Bündelungsoptik/en 28 in einem Aspekt aus und treten in einem Winkel von weniger als 10° aus der/den Bündelungsoptik/en 28 in einem anderen Aspekt aus.

[0043] Diese Verkleinerung der Beleuchtungselemente 20 scheint zunächst der Intuition des Fachmanns zu widersprechen. Das Licht der Beleuchtungselemente 20 soll strahlenförmig genau in der Richtung senkrecht zur Lichtaustrittsfläche 27 konzentriert werden. Gleichzeitig darf/dürfen die Bündelungsoptik/en 28 in dieser Richtung nicht besonders groß dimensioniert sein, was die Konzentration eigentlich verhindert. Dies ist jedoch, wie weiter unten gezeigt wird, eine Voraussetzung dafür, dass eine Abschirmung des Lichtes möglich ist und damit das Streulicht und die Sichtbarkeit der Lichtaustrittsflächen 27 von außerhalb der zu beleuchtenden Fläche des Außenbereichs 5 reduziert werden kann.

[0044] Fig. 6 illustriert dieses Dilemma anhand der in dem Stand der Technik bekannten Leuchten 10 anhand von zwei Darstellungen (oben und unten). In der oberen Fig. 6 sind zwei Leuchten 10a und 10b dargestellt, die mit Abschirmelementen 30a und 30b ausgestattet sind. Die Lichtaustrittsflächen beider Leuchten sind in diesem Beispiel horizontal angeordnet, wie dies typisch für Straßenbeleuchtung ist. Die Leuchte 10a auf der linken Seite hat eine größere Lichtaustrittsfläche als die Leuchte 10b auf der rechten Seite. Die Abschirmelemente 30a und 30b in der oberen Fig. 6 haben die gleiche Größe, aber man erkennt, dass der effektive Abstrahlwinkel des Lichts der linken Leuchte 10a größer ist als der effektive Abstrahlwinkel des Lichts der rechten Leuchte 10b. Infolgedessen wird eine größere Fläche beleuchtet, bzw. mehr Streulicht in unerwünschte Richtungen erzeugt. Die sehr leuchtstarke Lichtaustrittsfläche der Leuchte 10a ist also aus mehr Richtungen und aus größerer Entfernung sichtbar als die Lichtaustrittsfläche der Leuchte 10b.

[0045] Dies lässt sich mit der unteren Fig. 6 vergleichen, in welcher der Beleuchtungsbereich von der linken Leuchte 10c und der rechten Leuchte 10d gleich groß ist. Die Größe des Abschirmelements 30c der linken Leuchte 10c ist jedoch wesentlich größer als die Größe des Abschirmelements 30d der rechten Leuchte 10d. Wie bereits erwähnt, bedeutet die Vergrößerung der Abschirmelemente 30c (im Vergleich zu 30a) eine Erhöhung des Gewichts und des Windwiderstandes, die möglicherweise nicht von den Masten 12 ertragen werden können.

[0046] Beim Beleuchtungssystem 100 dieses Dokuments sind die Beleuchtungselemente 20 der Leuchte mit einem individuellen Abschirmelement 21 versehen, wie in Bezug auf Fig. 5 gezeigt wird. Zur Beleuchtung von Sportanlagen werden die Beleuchtungselemente zweckmäßig so eingebaut, dass das Maximum ihrer Abstrahlung im Wesentlichen auf den weitest entfernten zu beleuchtenden Bereich gerichtet ist, wie weiter unten beispielhaft beschrieben. Die Beleuchtungselemente 20 umfassen die Lichtaustrittsfläche 27 mit einer vertikalen Abmessung bzw. einer Lichtaustrittsweite w (d.h. Abmessung im Wesentlichen senkrecht zur Ebene der Fläche des Außenbereichs 5) und der optischen Achse 23, verlaufend senkrecht zur Ebene der Lichtaustrittsfläche 27. Das Abschirmelement 21 hat eine Länge d und ist in einem Abstand b von der Kante der Lichtaustrittsfläche 27 angebracht und im oberen Bereich 22 des Beleuchtungselements 20 angeordnet. In einem weiteren Aspekt können weitere Abschirmelemente 21 auch in einem anderen Bereich als dem oberen Bereich 22, zum Beispiel seitlich an dem/den Beleuchtungselement/en 20 angeordnet sein. Das/Die Beleuchtungselement/e 20 umfassen demnach den oberen Bereich 22 und einen oder mehrere seitliche/n Bereich/e 26, wie in Fig. 9 gezeigt. Es wird verstanden, dass das Abschirmelement 21 das Licht zwischen den Winkeln α_B und α_E , den Winkeln zwischen dem Ende des Abschirmelements 21 und der optischen Achse 23, abschirmt, wie in Fig. 6 angezeigt. In einem nichteinschränkenden Beispiel könnte das mindestens eine Abschirmelement 21 als gekrümmtes oder gerades Element, mit oder ohne reflektierende Glieder ausgestaltet sein, welches die Lichtquelle/n komplett oder mindestens weitgehend überdeckt. Das bedeutet, dass die Lichtaustrittsfläche 27 des Beleuchtungselements ab einem Betrachtungswinkel α_E abgeschirmt wird und diese Abschirmung ab dem Winkel α_B vollendet ist, d.h. die Lichtaustrittsfläche für Winkel $>\alpha_B$ nicht mehr einsehbar ist und damit das Beleuchtungselement 20 dunkel erscheint. Dieser Winkel entspricht also einer gedachten Beobachtungsrichtung eines Betrachters in Bezug auf die optische Achse 23.

[0047] Aus der Mathematik ist bekannt, dass $\tan \alpha_E = \frac{b}{w}$. In ähnlicher Weise, $\tan \alpha_B = \frac{(b+w)}{d}$. Das Licht des Beleuchtungselements 20 wird daher so lange nicht beginnen zu streuen, bis der Wert des Winkels α_B so gewählt wird, um Bereiche außerhalb der Fläche des zu beleuchtenden Außenbereichs 5 abzuschirmen. Der Winkel α_B hat den größeren Wert und ist der Winkel, der, wenn er nicht korrekt eingestellt ist, die größte Menge an Streulicht verursacht.

[0048] Wie dies auf einem Sportplatz als Außenbereich 5 funktioniert, zeigt Fig. 7, welche die auf dem Mast 12 montierte Leuchte 10 zeigt. Im Detail der Fig. 7 ist zu sehen, dass die optische Achse 23 der Leuchte 10 schräg nach unten um den Kippwinkel Θ geneigt ist, um das Licht auf den zu beleuchtenden Außenbereich 5 zu lenken. Die optische Achse 23 der Lichtaustrittsfläche 27 eines Beleuchtungselements 20 innerhalb einer Leuchte 10 ist daher so angeordnet, dass sie höchstens noch auf bzw. knapp neben den Sportplatz deutet. Der Mast 12 wird an einer Seite des Sportfeldes montiert und die Leuchten 10 sollen quer oder diagonal bis zur anderen Seite des Sportfeldes, d.h. höchstens etwas über das Ende des Sportfeldes hinaus, beleuchten. Dies kann, wie in Fig. 7 dargestellt, erreicht werden. Die Länge d des Abschirmelements 21 (siehe Fig. 5) sollte jedoch so gewählt werden, dass der äußerste Beleuchtungswinkel $\Theta - \alpha_E$ nur noch einen kleinen Bereich außerhalb des Sportplatzes ausleuchtet, und zwar in einer Richtung, die parallel zur Erdoberfläche zum Horizont 8 verläuft, was durch den Richtungspfeil angezeigt wird. Um die volle Ausleuchtung des Sportplatzes durch die Leuchte 10 zu gewährleisten, muss der Beleuchtungswinkel $\Theta - \alpha_E$ im Wesentlichen mit einem ersten Rand 6 des Sportplatzes zusammenfallen. In Kombination mit einem verspiegelten Abschirmelement und dem passend eng gewählten Abstrahlwinkel des Beleuchtungselements 20 ist so sichergestellt, dass fast das gesamte abgestrahlte Licht auf das Spielfeld, welches im Wesentlichen den zu beleuchtenden Außenbereich 5 darstellt, auftrifft.

[0049] In der Praxis, verfügt die Leuchte 10 über eine Vielzahl von Beleuchtungselementen 20, die in unterschiedlichen Kippwinkeln Θ montiert sind, um eine weitgehend gleichmäßige Ausleuchtung des Sportplatzes zu gewährleisten.

[0050] Die Abschirmelemente 21 können mit einer lichtabsorbierenden Schicht versehen werden, die z.B. aus einer mattschwarzen Lackschicht oder Eloxal auf dem Abschirmelement besteht. Häufiger werden die Abschirmelemente 21 Spiegel sein, die das Licht auf den Sportplatz reflektieren. In einem Aspekt kann das Abschirmelement 21 mindestens eines der Vielzahl von Beleuchtungselementen 20 abschirmen. In einem weiteren Aspekt kann das Abschirmelement 21 eine Vielzahl von Beleuchtungselementen 20 abschirmen.

[0051] Es wird nun ein Beispiel für die Dimensionen gegeben. Angenommen, der Abstand des Mastes 12 zu einem zweiten Rand 7 des Sportfeldes beträgt k und die Breite des Sportfeldes ist s (siehe Fig. 7). Die Höhe des Mastes ist h (wie oben). Der größtmögliche Wert von $\alpha_E = .$ sei gegeben, wenn dieser gleich dem Wert des Kippwinkels Θ ist, bei dem das Licht beginnt, parallel zur Erdoberfläche in Richtung des Horizonts 8 zu strahlen. Es ist bekannt, dass

$$\tan \alpha_B = (b + w) / d$$

und

$$\tan \Theta = (h) / (k + s)$$

[0052] Dies bedeutet, dass

$$(b + w) / d = (h) / (k + s)$$

oder

$$w = \left((h) \cdot d / (k + s) \right) - b$$

[0053] Nehmen wir an, dass die Lichtaustrittsweite w der Lichtaustrittsfläche 27 etwa 10 cm beträgt, die Länge d des Abschirmelements 21 40 cm (Centimeter) (0,4 m) und die Höhe h des Mastes 12 18 m beträgt. Sei die Breite s eines Fußballsportfeldes gleich 64 m und der Abstand k des Mastes 12 zum zweiten Rand 7 des Sportfeldes gleich 3,5 m, so beträgt $(k+s)$ gleich 67,5 m. Ist der Abstand b ferner Null, dann bedeutet dies, dass der zugehörige Kippwinkel Θ für diesen Fall einen Grenzwert von mindestens etwa 15° betragen müsste. Beachtet werden muss, dass es sich hierbei um eine Minimalanforderung handelt, nämlich dass die Lichtaustrittsflächen nicht von Positionen oberhalb ihrer Montageebene einsehbar sein dürfen. Selbst diese Minimalanforderung wird von den meisten Beleuchtungssystemen nach dem Stand der Technik für Sportanlagen derzeit nicht erreicht. Hinzu kommt, dass Abschirmelemente einer Größe von 40 cm in der Praxis nicht umsetzbar sind, da sie aufgrund ihrer flächigen Struktur eine erhebliche zusätzliche Windlast darstellen, und eine Vielzahl solcher Abschirmelemente pro Leuchte 10 erforderlich sein kann.

[0054] In der Praxis wird sogar eine noch kleinere Lichtaustrittsweite w von rund 5 cm (0,05 m) gewünscht. Denn diese grundlegende Berechnung würde nur die Emission des Streulichts und damit die Sichtbarkeit der Beleuchtungselemente hoher Leuchtdichte bis zum Horizont 8 begrenzen. In der Praxis soll aber auch vermieden werden, dass das Licht in der Nähe von Gebäudefassaden, Bäumen oder einfach nicht auf den zu beleuchtenden Außenbereich 5 außerhalb des Ziel-Außenbereichs trifft. Daher sollte der Wert des Winkels $\alpha_E = .$ kleiner und nicht gleich dem Wert des Kippwinkels Θ , wie im obigen Beispiel dargestellt, sein.

[0055] Es ist möglich, den maximalen Wert des Winkels α_B anzunehmen, wenn man davon ausgeht, dass es in einer Entfernung von 80 m vom Mast 12 unerwünscht ist, eine Ausstrahlung des Lichts von über 2 m in senkrechter Richtung zur Erdoberfläche zu haben. Dies entspräche in etwa einer typischen Wohnsituation mit Gebäuden nicht allzu weit vom Sportplatz entfernt. In diesem Fall würde die Gleichung lauten:

$$(18\text{m}-2\text{m})/80\text{m} = 0,2 = \tan(\Theta - \alpha_B)$$

[0056] Der Wert des Kippwinkels Θ kann nicht willkürlich gewählt werden. Er entspricht dem Winkel des Scheitelpunktes der Lichtemission eines Beleuchtungselements einer Leuchte 10. Wie bereits erwähnt, wird der größte Teil des Lichts zumindest in der Mitte des Sportplatzes benötigt, wo der Wert des Winkels Θ berechnet wird aus $\tan \Theta = 18\text{m}/(64\text{m}/2+3,5\text{m}) = 0,5$ im besten Fall. Es ist zu beachten, dass die Masten 12 oft nur 16 m oder 14 m hoch sind, und eine gewisse Überlappung der Lichtverteilungen in der Mitte sehr gewünscht wird. Mit diesen praktischeren Zahlen erhält man die folgenden Gleichungen:

$$0.2 = \tan(\Theta - \alpha_B) ; \Theta - \alpha_B = 11,3^\circ ;$$

$$\alpha_B = \Theta - 11,3^\circ = 26,6^\circ - 11,3^\circ = 15,3^\circ,$$

Deshalb, da

$$\tan \alpha_B = (b + w)/d$$

$$b + w = d * \tan \alpha_B = d * 0.27$$

[0057] Dies ist in der Tat im besten Fall die praktische Grenze für die vollständige Begrenzung der Beleuchtungselemente für die Beleuchtung eines Fußballfeldes, gilt aber auch mit angepassten Werten für Masthöhe und Flächenausrichtung und -größe für andere Beleuchtungsanwendungen im Außenbereich. Bei einer Länge des Abschirmelements $d = 20$ cm ergibt sich im Vergleich zum oben beschriebenen Fall eine kleinere Lichtaustrittsweite w von rund 5 cm (0,05 m), wodurch die Abstrahlung des aus der Lichtaustrittsfläche w kommenden Lichts lediglich bis zum Horizont 8 begrenzt wird. Durch den flachen Auftreffwinkel des Lichts auf die horizontale Fläche entsteht ein Bereich, über den das Licht von der vollen Intensität auf Null abgeblendet wird. Dieser Bereich entspricht in der Fig. 7 der Distanz zwischen den Schnittpunkten der den Kippwinkeln $\Theta - \alpha_B$ und $\Theta - \alpha_E$ zugeordneten Strahlen mit der Sportplatzebene. Diese Distanz wird für kleinere Kippwinkel Θ , die niedrigeren Masthöhen h entsprechen, und kürzeren Blenden sehr lang. Um denselben Abschirmeffekt zu erreichen, muss das Verhältnis aus Länge des Abschirmelements d und Lichtaustrittsweite w plus Abstand b zum Abschirmelement immer gleich sein. Dadurch ergibt sich, dass der Wert b möglichst klein, idealerweise sogar 0 sein sollte, und die Lichtaustrittsweite w ebenfalls möglichst klein, was wiederum dem Erfordernis der engen Bündelung entgegensteht. Gelöst werden kann dieses Dilemma durch die Verwendung entsprechend hochleistungsfähiger Lichtquellen gemäß Fig. 4.

[0058] Ein weiteres Konstruktionsbeispiel der Leuchte 10 wird in Fig. 8 und Fig. 9 ohne Abschirmelement(e) 21 gezeigt. Die Leuchte 10 umfasst dabei ein oder mehrere Gehäuse 11, die jeweils eine Vielzahl von Beleuchtungselementen 20 und gegebenenfalls ein oder mehrere optionale Lüfter 60 umfassen. Ein Gehäuse 11 kann beispielsweise aus einer Blechkonstruktion, durch Gussverfahren, oder auch durch additive Fertigung hergestellt werden. Ein solches Gehäuse 11 umfasst Kühlkanäle 65 zwischen einem Deckel 18 und Boden 16 des Gehäuses 11 und Kühlelemente 67. Die Kühlelemente 67 sind an der Rückseite der Beleuchtungselemente 20 angebracht und haben beispielsweise die Form von Rippen, Lamellen, Waben und anderen Formen und dienen dazu, eine größere Oberfläche bereitzustellen, um die Wärme, erzeugt von den Beleuchtungsmitteln 20, an die Umgebung abzuführen. Um die Abfuhr der Wärme weiter zu erhöhen, wird Umgebungsluft durch die Kühlkanäle 65 an die Kühlelemente 67 und/oder die Beleuchtungselemente 20 geführt. Der bzw. die optionalen Lüfter 60 kann/können ein Axiallüfter oder Radiallüfter sein. In einem Aspekt ist der eine oder die mehreren Lüfter 60 ein Radiallüfter. Der Lüfter 60 kann durch eine bekannte Art und Weise, wie beispielsweise durch einen Elektromotor angetrieben werden (nicht dargestellt).

[0059] Die Kühlkanäle 65 und Kühlelemente 67 können, mit dem Gehäuse zusammen oder getrennt vom Gehäuse 11 durch additive Fertigung hergestellt werden. Daraus ergibt sich, dass die Konstruktion des Gehäuses 11, der Kühlkanäle 65 und Kühlelemente 67 individuell angepasst werden kann. Vor allem kann so die Form und Anzahl der Kühlkanäle 65 individuell angepasst werden. Falls gewünscht, kann die Form des Gehäuses 11 auch weitere, zur Abfuhr der Wärme dienende Elemente umfassen.

[0060] Die Beleuchtungselemente 20 werden im Gehäuse 11 platziert und montiert. In einem Aspekt kann jedes einzelne der Beleuchtungselemente 20 unter einem unterschiedlichen Winkel Ω im Gehäuse 11 orientiert werden. Der Winkel Ω kann in einem Bereich zwischen -50° und 0° relativ zu einer Ausgangslage eingestellt werden. Die optische Achse 23 der einzelnen Beleuchtungselemente 20 kann ferner derart individuell eingestellt werden, indem die Beleuchtungselemente 20 vor dem Fixieren um einen Winkel β verdreht werden. Der Winkel β kann in einem Bereich zwischen -40° und 40° eingestellt werden. Der Winkel β hängt von der Position des jeweiligen Beleuchtungselements 20 im jeweiligen Gehäuse 11 und dem jeweiligen Anwendungsfall ab. Die additive Fertigung ermöglicht eine Einstellung der Abstrahlrichtung der Beleuch-

tungselemente 20 durch integrierte Konstruktion des Winkels Ω und Winkels β in dem Gehäuse 11. Eine Drehbarkeit und Verkipfung der einzelnen Beleuchtungselemente 20 durch Einstellung der Winkel Ω und Winkel β ermöglicht das Erzielen einer gleichmäßigen Beleuchtung des Außenbereichs 5. Wie in Fig. 9 dargestellt, kann ein derartiges Gehäuse 11 eine nicht-gerade (geschwungene) Front 15a umfassen. Das Gehäuse 11 kann aber auch eine gerade Front 15b aufweisen, wie sie durch die strichpunktierte Linie angedeutet ist. In einem Aspekt können weitere Öffnungen bzw. Konstruktionen, zum Beispiel ohne die Absicht die Erfindung einzuschränken für Leitungsführung und Dichtungen, geschaffen werden.

[0061] Die obigen geometrischen Berechnungen gelten auch für unterschiedlich orientierte Lichtaustrittsflächen und asymmetrische Strahlmuster. Dabei ist die Projektion der Lichtaustrittsfläche auf eine Ebene senkrecht zur optischen Achse 23 zu berücksichtigen, ebenso die vertikale Ausdehnung des Abschirmelements in Bezug auf diese Lichtaustrittsfläche w der Beleuchtungselemente 20. Daher sind die obigen Berechnungen universell und beschränken die Erfindung nicht auf die Verwendung von symmetrischen Bündelungsoptik/en in den Beleuchtungselementen 20, die Verwendung von planaren Abschirmelementen (da nur die vertikale Verschiebung des äußeren Randes der Abschirmelemente in Bezug auf die Position des Beleuchtungselements berücksichtigt wird) oder andere in dieser Beschreibung beispielhaft erwähnte Merkmale.

[0062] Mit den hier offenbarten Beleuchtungssystem 100 kann ein Lichtstrom von rund 30.000 Lumen pro Gehäuse 11 bei einem Gewicht von unter 2 Kilogramm erreicht werden. Mit beispielsweise fünf Gehäusen 11 pro Leuchte 10 kann somit ein Lichtstrom von rund 150.000 Lumen bei 10 Kilogramm Nettogewicht erzeugt werden. Hinzu kommt noch das Gewicht einer Haltevorrichtung, wie beispielsweise einem Rahmen 50 aus Fig. 3. Im Vergleich zu den bekannten Leuchten aus dem Stand der Technik, entspricht dies einer Gewichtsreduktion von bis zu 50% bei gleichem Lichtstrom, aber wesentlich besser gerichteter Abstrahlung. Mit zehn Leuchten 10 kann somit ein Lichtstrom von rund 1.500.000 Lumen bei einem Gewicht von rund 20 Kilogramm pro Leuchte erzeugt werden. Im Vergleich zu den bekannten Leuchten aus dem Stand der Technik, entspricht dies einem wesentlich niedrigeren Gewicht pro Mast, da durch die erreichte präzisere Ausleuchtung auch weniger Licht als nach dem Stand der Technik benötigt wird. Dies schont Ressourcen und vereinfacht auch die Installation eines Beleuchtungssystems 100 gemäß der Erfindung.

[0063] Beispielsweise würde für ein Ausleuchten eines Fußballstadions der Kategorie 4 (Elite-Fußballstadion), mit einer benötigten Beleuchtungsstärke von etwa 140 Lux und einer Spielfläche von 7.140 m² (Quadratmetern), ein Lichtstrom von knapp einer Million Lumen benötigt werden. Mit dem hier gelehrtten Beleuchtungssystem 100 wäre es möglich, acht Masten 12 bereitzustellen, wobei die mittleren Masten je zwei Leuchten 10 mit je fünf Gehäusen 11 und vier Eckmasten mit je einer Leuchte 10 mit je fünf Gehäusen 11 umfassen würden.

Bezugszeichen

[0064]

5	Außenbereich/e
6	erster Rand des Sportplatzes
7	zweiter Rand des Sportplatzes.
8	Horizont
10	Leuchte
11	Gehäuse
12	Mast
16	Boden
15a	nicht-gerade Front
15b	gerade Front
18	Deckel
20	Beleuchtungselement/e
21	Abschirmelement/e
22	oberer Bereich
23	Optische Achse
24	Leuchtdioden
25	Lichtstrahlen
26	seitlicher Bereich
27	Lichtaustrittsfläche
50	Rahmen
510a,b	Ringförmige Elemente
520a,b	Abstandsplatten
530a,b	Gekrümmte Balken
540	Halter
60	Lüfter
65	Kühlkanäle
67	Kühlelemente

Patentansprüche

1. Beleuchtungssystem (100) umfassend eine oder mehrere Leuchten (10) zur Beleuchtung von Außenbereichen (5), wobei jede der Leuchten (10) umfasst:
 - eine Vielzahl von Beleuchtungselementen (20), angeordnet in einer nicht-koplanaren Weise auf einem Rahmen (50) oder in mindestens einem Gehäuse (11), um eine Vielzahl von Lichtstrahlen (25) mit einer optischen Achse (23) im Wesentlichen in Richtung der Außenbereiche (5) zu erzeugen;
 - mindestens ein Abschirmelement (21), angeordnet in einem oberen Bereich (22) der Vielzahl von Beleuchtungselementen (20), derart angeordnet, um mindestens einen Teil der Vielzahl von Lichtstrahlen (25) in Richtung des Horizonts (8) und darüber der Erde weg abzuschirmen.
2. Beleuchtungssystem (100) nach Anspruch 1, bei dem die Beleuchtungselemente (20) Leuchtdioden sind.
3. Beleuchtungssystem (100) nach Anspruch 2, weiter umfassend Bündelungsoptik/en (28) zur Bündelung von Lichtstrahlen (25) in einer gezielten Richtung.
4. Beleuchtungssystem (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Beleuchtungselemente (20) eine Vielzahl von Leuchtdioden umfassen, welche in mindestens einem von einem versetzten Muster oder einem hexagonalen Muster angeordnet sind.
5. Beleuchtungssystem (100) nach einem der Ansprüche 3 und 4, bei dem die Lichtstrahlen (25) unter einem Winkel von weniger als 25° um die optische Achse aus der/den Bündelungsoptik/en (28) austreten.
6. Beleuchtungssystem (100) nach einem der zuvor genannten Ansprüche, wobei mehrere der Vielzahl von Beleuchtungselementen (20) in einer konvexen Weise (40) angeordnet sind.
7. Beleuchtungssystem (100) nach einem der zuvor genannten Ansprüche, bei dem sich optische Achsen (23) der Vielzahl von Beleuchtungselementen (20) in einem geometrischen Raumbereich vor den Beleuchtungselementen kreuzen.
8. Beleuchtungssystem (100) nach Anspruch 7, bei dem der Rahmen (50) und/oder das Gehäuse (11) an mindestens einem Mast (12) befestigt ist.
9. Beleuchtungssystem (100) nach einem der zuvor genannten Ansprüche, bei dem das mindestens eine Abschirmelement (21) an einem seitlichen Bereich (26) angeordnet ist.
10. Beleuchtungssystem (100) nach einem der zuvor genannten Ansprüche, wobei eine Länge (d) jedes einer Vielzahl von Abschirmelementen (21) weniger als 40 cm, vorzugsweise weniger als 20 cm beträgt.
11. Beleuchtungssystem (100) nach einem der zuvor genannten Ansprüche, bei dem die Vielzahl der Beleuchtungselemente (20) eine Lichtaustrittsweite (w) von weniger als 10 cm, vorzugsweise weniger als 5 cm haben.
12. Beleuchtungssystem (100) nach einem der zuvor genannten Ansprüche, bei dem jedes einzelne der Vielzahl von Beleuchtungselementen (20) um einen Winkel β verdreht und einen Winkel Ω verkippt werden kann.

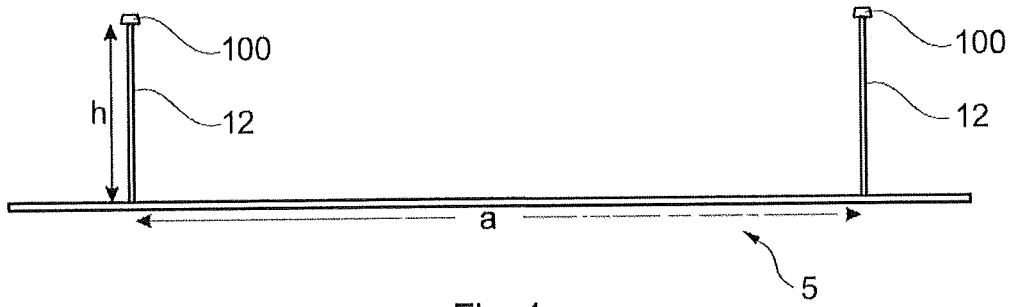


Fig. 1

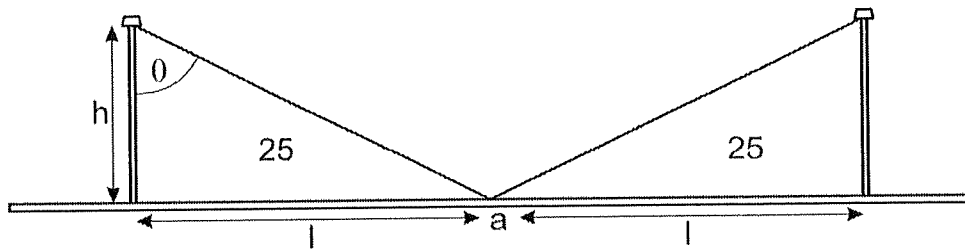


Fig. 2

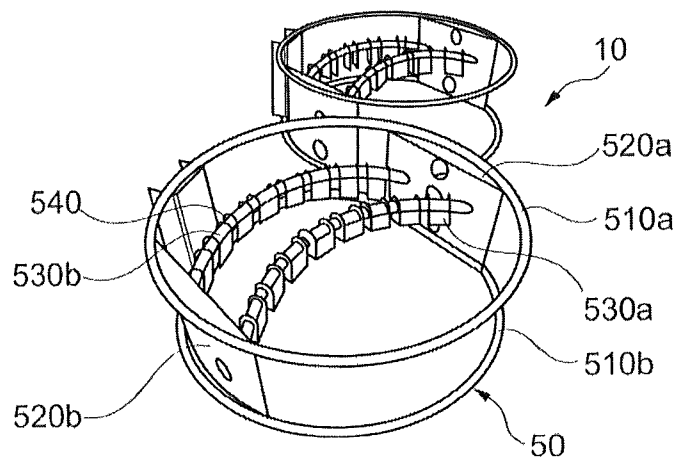
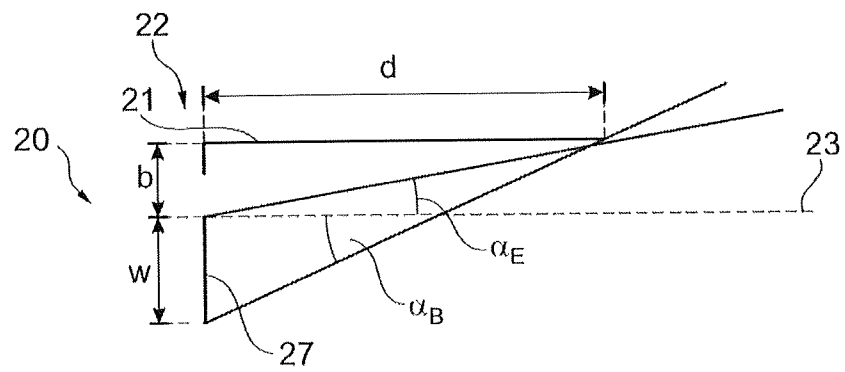
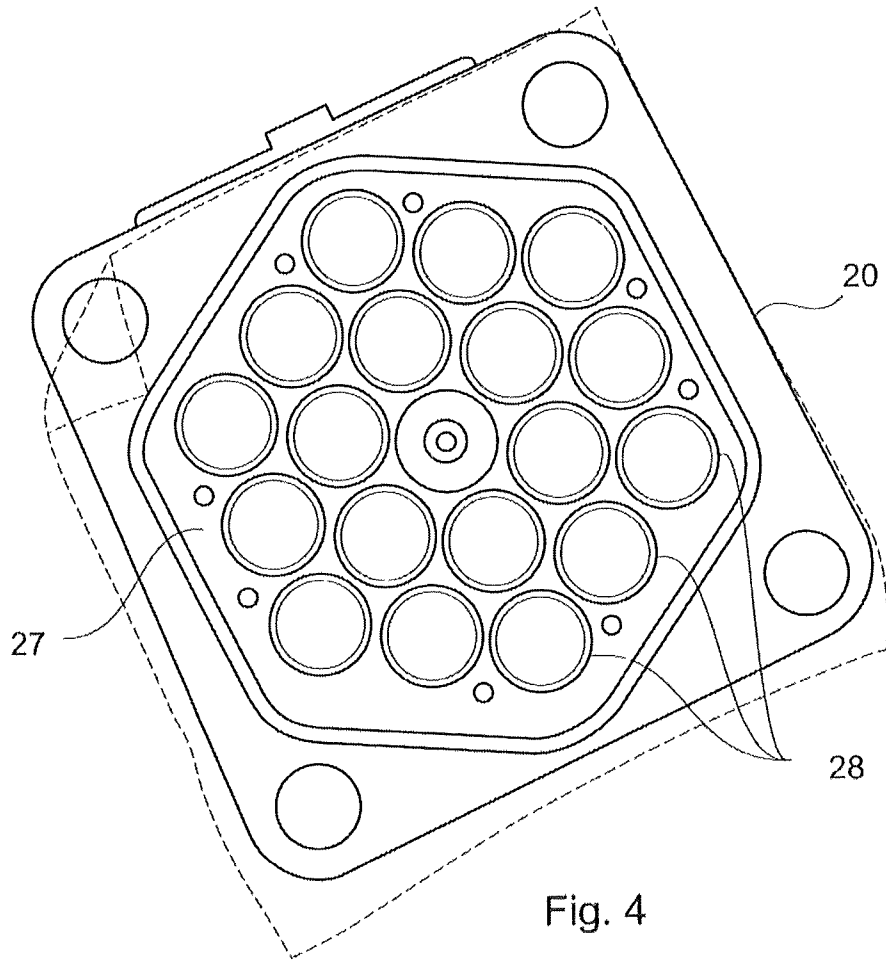


Fig. 3



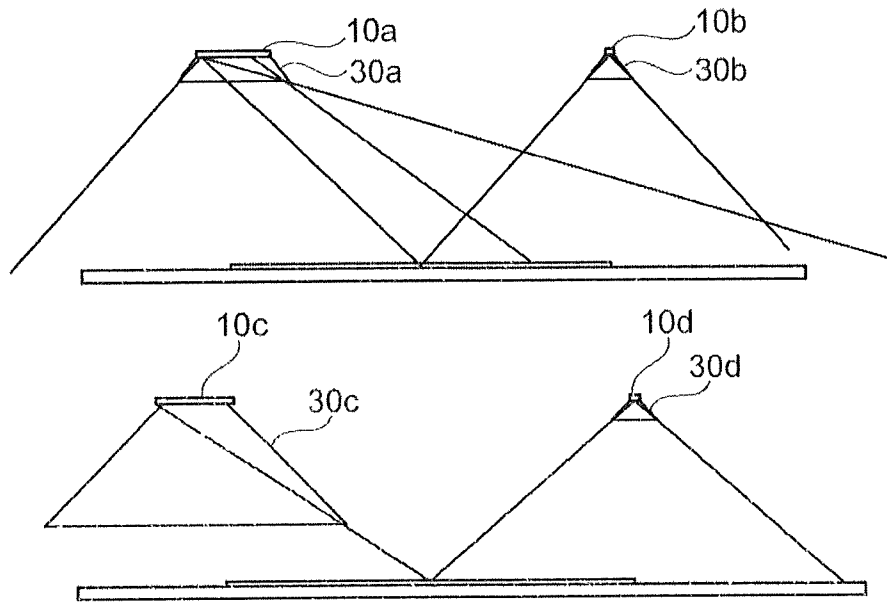


Fig. 6

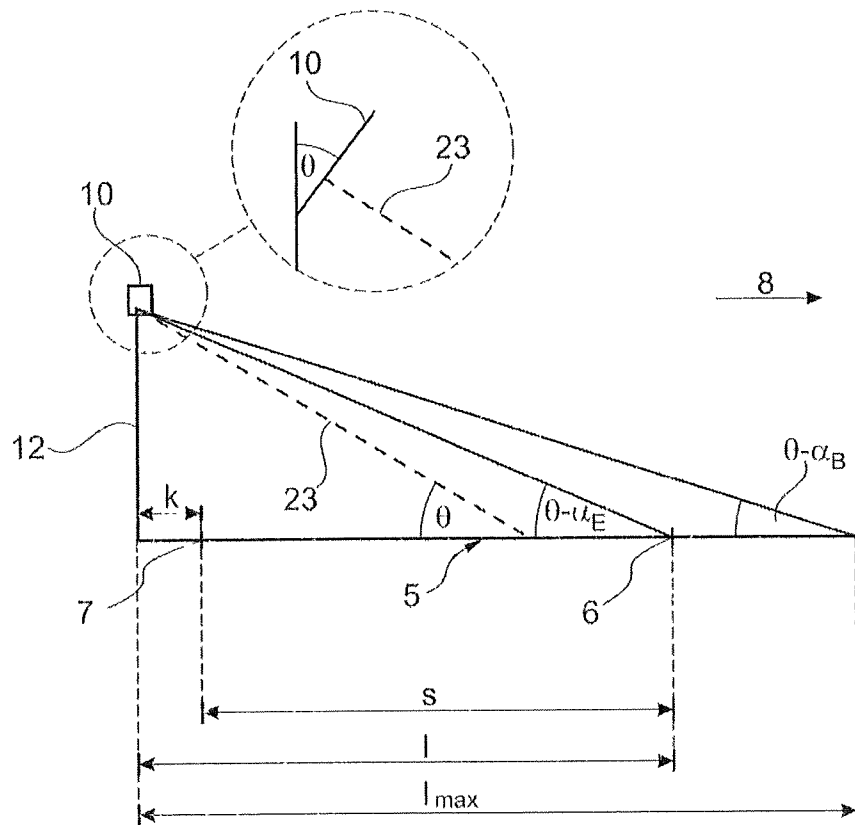


Fig. 7

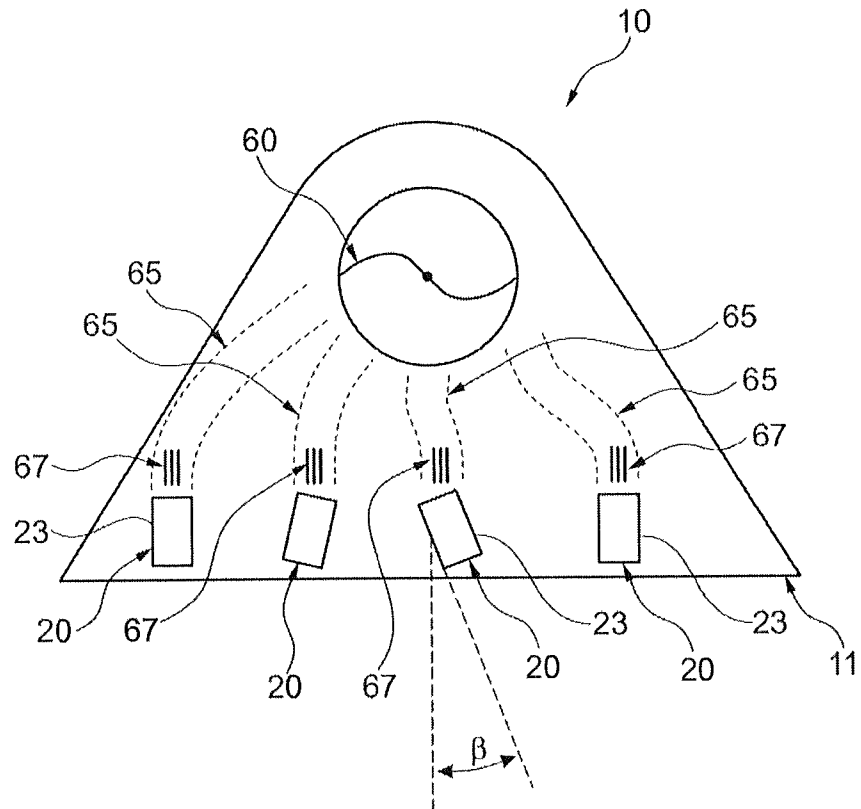


Fig. 8

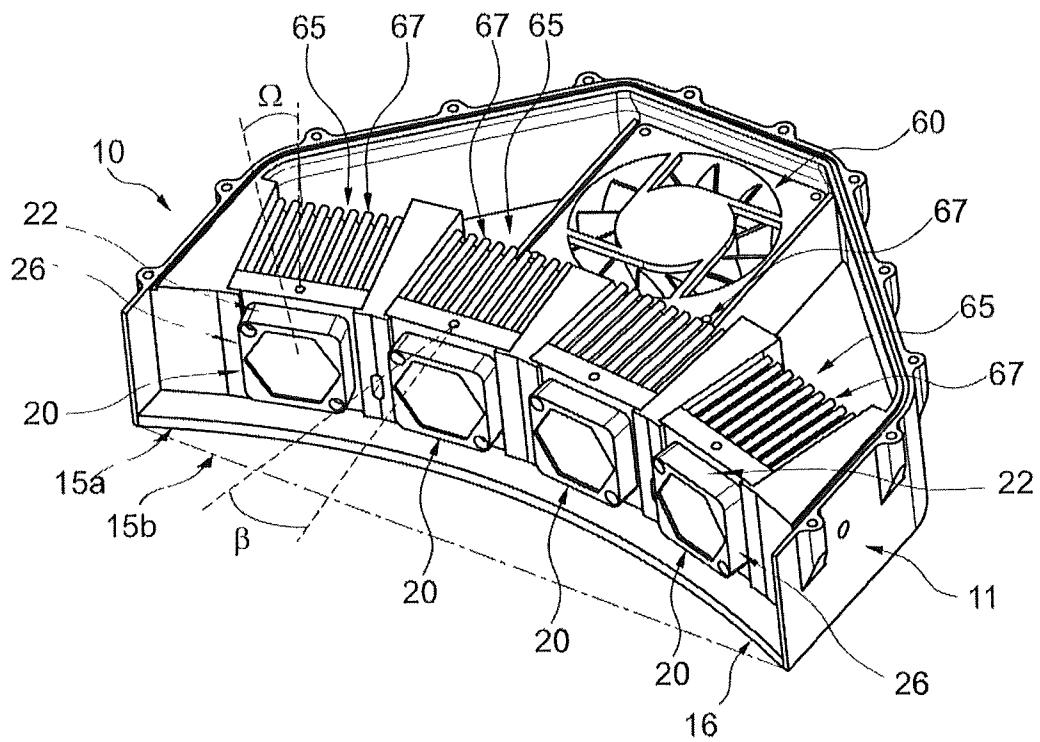


Fig. 9