

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50491/2021
(22) Anmeldetag: 17.06.2021
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2022

(51) Int. Cl.: **G02B 19/00** (2006.01)
F21V 7/00 (2006.01)
F21V 7/04 (2006.01)
F21V 5/04 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 2823346 B1
KR 101195239 B1
CN 111120969 A
US 2014204591 A1
KR 20120079665 A
US 2014117391 A1
KR 20110138866 A
DE 19728354 A1
US 8068288 B1
DE 102015226633 A1

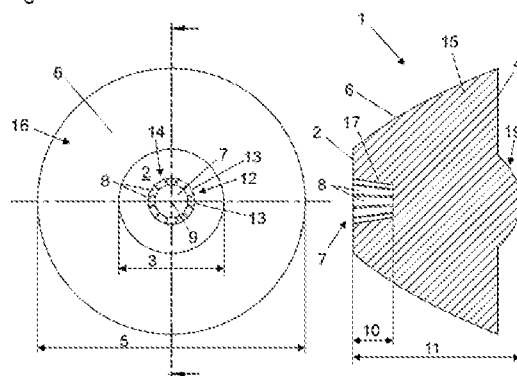
(71) Patentanmelder:
Optronia GmbH
6020 Innsbruck (AT)

(74) Vertreter:
Torggler & Hofmann Patentanwälte GmbH & Co
KG
6020 Innsbruck (AT)

(54) **Totalreflexionslinse**

(57) Totalreflexionslinse (1) umfassend eine erste Deckfläche (2) mit einem ersten Durchmesser (3) und eine parallel zu der ersten Deckfläche (2) angeordnete zweite Deckfläche (4) mit einem zweiten Durchmesser (5), wobei der zweite Durchmesser (5) größer als der erste Durchmesser (3) ist, wobei die zwei Deckflächen (2, 4) über eine, insbesondere konvex gekrümmte, Mantelfläche (6) verbunden sind, wobei zwischen der ersten Deckfläche (2) und der zweiten Deckfläche (4) wenigstens eine an die erste Deckfläche (2) angrenzende und in Richtung der zweiten Deckfläche (4) weisende Aussparung (7) angeordnet ist, wobei die wenigstens eine Aussparung (7) zumindest sechs in Richtung der zweiten Deckfläche (4) weisende und voneinander gesonderte planare Grenzflächenabschnitte (8) zur Brechung von Licht in Richtung der Mantelfläche (6) aufweist.

Fig. 3a



1
Zusammenfassung

Totalreflexionslinse (1) umfassend eine erste Deckfläche (2) mit einem ersten Durchmesser (3) und eine parallel zu der ersten Deckfläche (2) angeordnete zweite Deckfläche (4) mit einem zweiten Durchmesser (5), wobei der zweite Durchmesser (5) größer als der erste Durchmesser (3) ist, wobei die zwei Deckflächen (2, 4) über eine, insbesondere konvex gekrümmte, Mantelfläche (6) verbunden sind, wobei zwischen der ersten Deckfläche (2) und der zweiten Deckfläche (4) wenigstens eine an die erste Deckfläche (2) angrenzende und in Richtung der zweiten Deckfläche (4) weisende Aussparung (7) angeordnet ist, wobei die wenigstens eine Aussparung (7) zumindest zwei in Richtung der zweiten Deckfläche (4) weisende und voneinander gesonderte Grenzflächenabschnitte (8) zur Brechung von Licht in Richtung der Mantelfläche (6) aufweist.

(Fig. 3a)

Die Erfindung betrifft eine Totalreflexionslinse umfassend eine erste Deckfläche mit einem ersten Durchmesser und eine parallel zu der ersten Deckfläche angeordnete zweite Deckfläche mit einem zweiten Durchmesser, wobei der zweite Durchmesser größer als der erste Durchmesser ist, wobei die zwei Deckflächen über eine, insbesondere konvex gekrümmte, Mantelfläche verbunden sind. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Beleuchtungsoptik umfassend zumindest zwei Lichtquellen, insbesondere Leuchtdioden, und wenigstens eine solche Totalreflexionslinse zur Fokussierung von Licht der zumindest zwei Lichtquellen auf einen den beiden Lichtquellen gemeinsamen Abbildungsbereich. Weiters betrifft die Erfindung eine Anordnung aus wenigstens einer solchen Beleuchtungsoptik und wenigstens einem Sensor, insbesondere Photodiode, zur elektromagnetischen Detektion von an einem Objekt reflektiertem Licht der wenigstens einen Beleuchtungsoptik. Zuletzt betrifft die Erfindung eine Verwendung einer solchen Totalreflexionslinse, einer solchen Beleuchtungsoptik und/oder einer solchen Anordnung.

Derartige Totalreflexionslinsen sind allgemein unter dem Begriff TIR-Linse (total internal reflection lense) bekannt und sind charakterisiert durch eine im Wesentlichen totale interne Reflexion, um Licht als elektromagnetische Strahlung geführt durch die Totalreflexionslinse in einen gewünschten Bereich zu propagieren.

Eine solche Totalreflexionslinse ist bereits aus der Schrift EP 3 480 571 A2 bekannt, in welcher Licht zweier Wellenlängen über die Totalreflexionslinse zur Tiererkennung bei der Bearbeitung einer landwirtschaftlichen Fläche genutzt wird, wobei ein Sensor das am zu detektierenden Objekt reflektierte Licht erfasst. Licht einer Strahlungsquelle tritt hierbei in einen Körper der Totalreflexionslinse über eine Eintrittsfläche ein und wird an einer Mantelfläche durch innere Totalreflexion weiter abgelenkt, sodass Licht durch eine Austrittsfläche die Totalreflexionslinse verlässt. Eine Oberflächenform der Eintrittsfläche ist hierbei für einen hohen Wirkungsgrad, d.h. ein hohes Maß an Licht im Arbeitsbereich der Totalreflexionslinse ausgestaltet, wobei eine konische Erhebung in Richtung der Strahlungsquelle weist und die konische Erhebung in einer konischen Vertiefung des Körpers der Totalreflexionslinse angeordnet ist.

Nachteilig am Stand der Technik ist, dass durch die konstruktive Ausgestaltung mit konischer Erhebung und konischer Vertiefung eine spektrale Analyse des Lichtes der Strahlungsquelle nur sehr begrenzt möglich ist und eine unzulängliche Kollimationswirkung von abseits der optischen Achse angeordneten Strahlungsquellen bedingt ist. Eine präzise spektrale Analyse des Lichtes ist jedoch unabdingbar für eine verlässliche Detektion von Objekten, insbesondere bei einer erforderlichen Differenzierung hinsichtlich unterschiedlicher Wellenlängen des Lichtes, wobei eine hohe Kollimation von signifikanter Bedeutung für die Funktionalität der Totalreflexionslinse ist.

Die objektive technische Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, eine gegenüber dem Stand der Technik verbesserte Totalreflexionslinse sowie eine Beleuchtungsoptik und Anordnung aus wenigstens einer Beleuchtungsoptik und wenigstens einem Sensor anzugeben, bei welchen die Nachteile des Standes der Technik zumindest teilweise behoben sind, und welche sich insbesondere durch eine verbesserte Aufteilung des Lichtes nach Wellenlängenbereichen bei gleichzeitiger hoher Überlappung der Wellenlängenbereiche an einem Abbildungsbereich respektive einer hohen Kollimation bei gleichzeitig hoher Farbmischung auszeichnen.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruches 1 gelöst.

Es ist demnach erfindungsgemäß vorgesehen, dass zwischen der ersten Deckfläche und der zweiten Deckfläche wenigstens eine an die erste Deckfläche angrenzende und in Richtung der zweiten Deckfläche weisende Aussparung angeordnet ist, wobei die wenigstens eine Aussparung zumindest zwei in Richtung der zweiten Deckfläche weisende und voneinander gesonderte Grenzflächenabschnitte zur Brechung von Licht in Richtung der Mantelfläche aufweist.

Dadurch wird es erst ermöglicht, dass Licht einer Lichtquelle in die Totalreflexionslinse eintreten kann und bei Eintritt das Licht der Lichtquelle in Teilstrahlen aufgespalten wird. Im Stand der Technik steht aufgrund der konstanten Krümmung des Eintrittsbereiches des Lichtes lediglich ein Strahlenbündel zur

Analyse eines Spektrums von einem durch die Lichtquelle belichteten Objekt zur Verfügung, wodurch die Analysemöglichkeiten sehr begrenzt sind. Die Analysemöglichkeiten können erfindungsgemäß jedoch signifikant gesteigert werden, da für jede Lichtquelle eine Vielzahl an Teilstrahlen durch die Grenzflächenabschnitte erwirkt werden, wobei die Anzahl an Teilstrahlen mit der Anzahl an Grenzflächenabschnitten korrespondiert und abhängig von den Anforderungen an die Totalreflexionslinse adaptiert werden kann. Die Grenzflächenabschnitte agieren als, vorzugsweise krümmungslose oder orthogonal auf eine optische Achse/Symmetrieachse der Totalreflexionslinse planare, Facetten, wodurch das Spektrum des von dem Objekt über die Totalreflexionslinse reflektierten Licht besonders vorteilhaft für eine Spektralanalyse herangezogen werden kann.

Besonders bevorzugt sind die zumindest zwei Grenzflächenabschnitte planare Oberflächen, sodass die zumindest zwei Grenzflächenabschnitte eine Segmentierung der wenigstens einen Aussparung bedingen und/oder Facetten der wenigstens einen Aussparung erwirken, wobei in einer bidirektionalen Raumrichtung parallel zur optischen Achse eine Krümmung der zumindest zwei Grenzflächenabschnitte vorgesehen sein kann. Eine Krümmung der zumindest zwei Grenzflächenabschnitte quer zur optischen Achse, wie es bei einer konischen Aussparung der Fall ist, ist jedoch abträglich hinsichtlich Kollimationseffekten und/oder einer spektralen Aufteilung von Licht und unerwünscht.

Die zumindest zwei Grenzflächenabschnitte können über Kanten und/oder Radien miteinander verbunden sein und/oder zueinander um die optische Achse angrenzend angeordnet sein, wobei besonders bevorzugt Verlängerungen der zumindest zwei Grenzflächenabschnitte zueinander einen unstetigen Übergang im Sinne einer Kante umfassen. Vorzugsweise ist eine Einhüllende der wenigstens einen Aussparung ein Kegelstumpf, wobei die wenigstens eine Aussparung in Form eines Pyramidenstumpfes (gegebenenfalls mit Krümmung der Seitenflächen des Pyramidenstumpfes entlang einer Symmetrieebene) vorliegt.

Hinzu kommt die positive Eigenschaft, dass selbst bei Lichtquellen unterschiedlicher Frequenzen respektive Wellenlängen, welche mit einer seitlichen Beabstandung um

die optische Achse der Totalreflexionslinse angeordnet sind, die durch die Grenzflächenabschnitte aufgespaltenen und über die Mantelfläche kollimierten Teilstrahlen derart propagieren, dass an einem Abbildungsbereich eine Überlappung der Teilstrahlen generiert wird, wobei die Überlappung der einzelnen Teilstrahlen einer Wellenlänge und/oder der Teilstrahlen unterschiedlicher Wellenlängen kreisförmig und/oder konzentrisch (mit im Wesentlichen gleichen Mittelpunkten einer Intensitäts- und/oder Wellenlängen-Verteilung) ist und/oder eine hohe Farbmischung nach erfolgter Kollimation über die Totalreflexionslinse umfasst.

Die zumindest zwei Grenzflächenabschnitte – wobei besonders bevorzugt eine Vielzahl in Richtung der zweiten Deckfläche weisende und, vorzugsweise räumlich, voneinander gesonderte Grenzflächenabschnitte vorgesehen sind, agieren als Transmissionsabschnitte respektive Eintrittsflächen bei Eintritt von Licht in die Totalreflexionslinse, wobei im Allgemeinen ein Übergang von Licht aus dem Medium Luft zu dem Material der Totalreflexionslinse, vorzugsweise Glas, generiert wird.

Der Abbildungsbereich ist durch die Geometrie der Totalreflexionslinse (wie Krümmung der Mantelfläche) und/oder die konstruktive Ausgestaltung der Totalreflexionslinse (wie Anzahl an Grenzflächenabschnitten und Winkel der Grenzflächenabschnitte gegenüber der optischen Achse und/oder der Mantelfläche) bedingt und kann durch einen entlang der optischen Achse der Totalreflexionslinse verlaufenden Bereich, in welchem ein Überlappungsbereich im Wesentlichen kreisförmig ausgestaltet ist, definiert werden.

Vor und nach dem Abbildungsbereich, wobei der Abbildungsbereich als Arbeitsbereich der Totalreflexionslinse definiert sein kann, kann beispielsweise eine Farbmischung ungeeignet sein, um besonders günstige Überlappungen und/oder akkurate Abbildungen über unterschiedlichen Wellenlängen zu generieren, oder die Überlappung ist aufgrund einer Propagation von Teilstrahlen durch Dispersion elliptisch, wodurch eine Auswerteelektronik ebenfalls keine hinreichend akkuraten Abbildungen oder Diagnosen des abzubildenden Objektes erstellen kann, insbesondere da Objekte ein lateral inhomogenes Reflexionsverhalten aufweisen und durch Lichtquellen generierte „Beleuchtungsflecken“, bevorzugt über einen

zeitlichen Versatz hinweg, in hinreichendem Maße überlagert sein sollten (wie es im Abbildungsbereich respektive Arbeitsbereich der Fall ist). Auch eine partielle Überlappung kann hinderlich sein, präzise Abbildungen des zu analysierenden Objektes zu erwirken. Im Abbildungsbereich, welcher an das jeweilige Anwendungsgebiet über die Totalreflexionslinse angepasst ist, ist dieser Sachverhalt jedoch unterbunden, wobei eine unzulängliche Überlappung genutzt werden kann, um Objekte außerhalb des Abbildungsbereiches ignorieren zu können, welche nicht Teil des zu untersuchenden Objektes sind. Der Abbildungsbereich erstreckt sich im Allgemeinen orthogonal auf die optische Achse der Totalreflexionslinse.

Wie eingangs ausgeführt, wird Schutz auch begehrt für eine Beleuchtungsoptik umfassend zumindest zwei Lichtquellen, insbesondere Leuchtdioden, und wenigstens eine solche Totalreflexionslinse zur Fokussierung von Licht der zumindest zwei Lichtquellen auf einen den beiden Lichtquellen gemeinsamen Abbildungsbereich.

Da die Totalreflexionslinse im Besonderen für Lichtquellen genutzt werden kann, welche abseits der optischen Achse der Totalreflexionslinse im Sinne eines lateralen Versatzes von der optischen Achse verortet sind, kann eine Vielzahl an Lichtquellen genutzt werden, um beispielsweise die Intensität des Lichtes oder die Anzahl an Wellenlängen zur Untersuchung des Objektes zu erhöhen.

Wie eingangs ausgeführt, wird Schutz auch begehrt für eine Anordnung aus wenigstens einer solchen Beleuchtungsoptik und wenigstens einem Sensor, insbesondere Photodiode, zur elektromagnetischen Detektion von an einem Objekt reflektiertem Licht der wenigstens einen Beleuchtungsoptik.

Besonders bevorzugt ist die Verwendung einer solchen Totalreflexionslinse, einer solchen Beleuchtungsoptik und/oder einer solchen Anordnung zur Pflanzenerkennung und/oder Untergrunderkennung.

Beispielsweise kann eine solche Anordnung an einer landwirtschaftlichen Gerätschaft angeordnet sein und individuelle Pflanzen und/oder spezifisch zu

bewässernde Bereiche eines Untergrundes erkennen. Auch kann eine Menge an Herbiziden und/oder Pestiziden dadurch reduziert werden, dass Unkraut durch die Beleuchtungsoptik und über die Totalreflexionslinse von anderweitigen Pflanzen unterschieden wird. Erkennt die Anordnung beispielsweise zu erntende Pflanzen nach gewünschten Kriterien, kann eine landwirtschaftliche Fläche effektiver geerntet werden. Bei einer Differenzierung von Untergrund und Pflanzen ist auch eine Bepflanzung effizienter möglich.

Besonders bevorzugt ist die Verwendung einer solchen Totalreflexionslinse, einer solchen Beleuchtungsoptik und/oder einer solchen Anordnung zur Tiererkennung, insbesondere in der Landwirtschaft.

Beispielsweise kann eine an einer landwirtschaftlichen Gerätschaft wie einem Mähwerk angeordnete Anordnung Tiere in einem definierten Abstand zum Mähwerk erkennen und einen Vorschub des Mähwerkes und/oder das Mähwerk an sich stoppen, um die Gefahr von Verletzungen der Tiere zu unterbinden.

Die Einsatzgebiete der Totalreflexionslinse sind jedoch breit gestreut, wobei die Geometrie der Totalreflexionslinse (beziehungsweise der Anordnung) an das zu erfassende Objekt und/oder einen Abstand des zu erfassenden Objektes adjustiert werden kann. Auch die Wellenlängenbereiche und/oder Anzahl der Lichtquellen sind individuell an das Anwendungsgebiet adaptierbar.

Besonders bevorzugt wird die Totalreflexionslinse dahingehend verwendet, um mit einer RGB-LED ein entferntes Objekt gleichmäßig auszuleuchten, wobei der Farbton und/oder Weißton über ein Verhältnis aus Rot-/ , Grün-/ und/oder Blauanteilen adjustierbar ist. Die Art der LED als Lichtquelle ist jedoch im Allgemeinen beliebig.

Es ist durchaus denkbar, dass die Totalreflexionslinse, die Beleuchtungsoptik oder die Anordnung gleichzeitig für unterschiedliche Anwendungsgebiete eingesetzt wird – beispielsweise zur Tiererkennung, Pflanzenerkennung und Untergrunderkennung.

Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die wenigstens eine Aussparung mittig, vorzugsweise entlang einer Symmetrieachse oder einer optischen Achse der Totalreflexionslinse, an der ersten Deckfläche angeordnet ist und/oder zwischen den beiden Deckflächen endet, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass eine Längserstreckung der wenigstens einen Aussparung kleiner als ein Drittel, besonders bevorzugt ein Fünftel, einer Längserstreckung der Totalreflexionslinse ist.

Es ist jedoch auch denkbar, dass sich die wenigstens eine Aussparung im Wesentlichen über eine gesamte Längserstreckung der Totalreflexionslinse hinweg erstreckt.

Besonders bevorzugt ist die Längserstreckung der wenigstens einen Aussparung zumindest ein Zehntel der Längserstreckung der Totalreflexionslinse, um ein hohes Maß an Licht einer Lichtquelle über die wenigstens eine Aussparung aufzuteilen und über die Mantelfläche aufgespalten kollimieren zu können.

Im Allgemeinen ist die Symmetrieachse der Totalreflexionslinse deckungsgleich mit der optischen Achse der Totalreflexionslinse. Im Allgemeinen kann sich die wenigstens eine Aussparung auch bis zu der zweiten Deckfläche hin erstrecken. Die Symmetrieachse ist in diesem Kontext im Allgemeinen auf eine Außenkontur der Totalreflexionslinse bezogen, wobei die wenigstens eine Aussparung ebenfalls eine Symmetrieachse aufweisen kann, wobei im Falle eines ungeraden Polygons im Querschnitt der Mittelpunkt des Querschnittes (der Rotationssymmetrie) zu betrachten ist.

Vorteilhafter Weise ist vorgesehen, dass in einem Querschnitt der Totalreflexionslinse im Wesentlichen parallel zu der ersten Deckfläche die zumindest zwei Grenzflächenabschnitte eine Gerade umfassen und/oder die wenigstens eine Aussparung einen Streckenzug umfasst.

Durch die Gerade des jeweiligen Grenzflächenabschnittes im Querschnitt der Totalreflexionslinse kann gewährleistet werden, dass Licht in einen Teilstrahl aufgespalten und in Richtung der Mantelfläche zur Kollimation gelenkt wird. Die Anzahl an Grenzflächenabschnitten korrespondiert mit der Anzahl an Teilstrahlen des Lichtes, welches durch die Totalreflexionslinse zur Erfassung von Objekten im Abbildungsbereich genutzt wird.

Eine Krümmung der Grenzflächenabschnitte orthogonal zur optischen Achse ist jedoch ebenfalls möglich, wobei in diesem Zusammenhang eine konvexe Asphäre denkbar ist.

Bevorzugt weist die wenigstens eine Aussparung im Querschnitt orthogonal auf die optische Achse einen geschlossenen Polygonzug auf, wobei die wenigstens eine Aussparung im Querschnitt besonders bevorzugt keinen Abschnitt mit einer Krümmung ungleich Null (vgl. konische Ausgestaltung im Stand der Technik) auf. Eine Krümmung der Grenzflächenabschnitte orthogonal zu dem Querschnitt ist im Allgemeinen denkbar, wobei sich fertigungstechnisch eine konstante Steigung (Verbreiterung) in Richtung der ersten Deckfläche und/oder eine Verjüngung in Richtung der zweiten Deckfläche mit sich erhöhender Krümmung der wenigstens einen Aussparung als günstig erwiesen hat.

Als günstig hat sich erwiesen, dass die Totalreflexionslinse aus transparentem Material, vorzugsweise Glas oder Kunststoff, besteht, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die Totalreflexionslinse als Spritzgussteil ausgebildet ist.

Ist die Totalreflexionslinse als Spritzgussteil – gegebenenfalls mit Nachbearbeitungsschritten wie Beschichtung, Bemannung, Schleifprozessen et cetera – gefertigt, können Produktionskosten in einer Massenanfertigung reduziert werden. Beispiele für Kunststoffmaterialien der Totalreflexionslinse sind PMMA, PC oder dergleichen.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Mantelfläche eine Beschichtung, vorzugsweise CPC-Beschichtung, zur im Wesentlichen vollständigen Reflexion von Licht in einen Bereich innerhalb der Mantelfläche, vorzugsweise im Wesentlichen in Richtung der zweiten Deckfläche und/oder im Wesentlichen orthogonal auf die zweite Deckfläche, umfasst.

Durch die Beschichtung kann ein Maß an Licht, welches durch die zweite Deckfläche tritt über eine Minimierung an Absorption an der Mantelfläche beziehungsweise Austritt über die Mantelfläche erhöht werden.

Der Fachterminus CPC-Beschichtung (compound parabolic concentrator coating) betrifft in diesem Kontext eine auf die Linse aufgebrachte Schicht, welche funktional die totale interne Reflexion der Totalreflexionslinse bedingen beziehungsweise begünstigen kann, im Allgemeinen jedoch nicht zwingend erforderlich ist.

Als vorteilhaft hat sich erwiesen, dass die Totalreflexionslinse, vorzugsweise die erste Deckfläche, die zweite Deckfläche und/oder die zumindest zwei Grenzflächenabschnitte der wenigstens einen Aussparung, einen Brechungsindex im Bereich von 1,4 und 1,8, vorzugsweise im Bereich von 1,45 und 1,6, aufweist.

Als besonders vorteilhaft hat sich erwiesen, dass eine chromatische Dispersion der Totalreflexionslinse niedrig ist. Beispielsweise kann PMMA mit einem materialcharakteristischen Spezifikum von $dn/d\lambda = -0,043329 \mu\text{m}^{-1}$ herangezogen werden. Vorzugsweise liegt eine chromatische Dispersion der Totalreflexionslinse im Bereich zwischen $dn/d\lambda = -0,02 \mu\text{m}^{-1}$ und $dn/d\lambda = -0,06 \mu\text{m}^{-1}$.

Der Brechungsindex respektive Brechzahl kann im Allgemeinen eine Geometrie der Totalreflexionslinse beeinflussen, wobei durch eine geeignete Geometrie der wenigstens einen Aussparung beziehungsweise der Ausrichtung der zumindest zwei Grenzflächenabschnitte dem vorliegenden Brechungsindex Rechnung getragen werden kann.

Der Brechungsindex ist hierbei auf eine Wellenlänge von 587,6 nm und bei Raumtemperatur referenziert.

Eine vorteilhafte Variante besteht darin, dass sich die wenigstens eine Aussparung ausgehend von der ersten Deckfläche in Richtung der zweiten Deckfläche verjüngt, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die wenigstens eine Aussparung als Pyramidenstumpf, besonders bevorzugt mit konvex gekrümmten und/oder ebenen Grenzflächenabschnitten, ausgebildet ist.

Durch die Verjüngung und/oder die pyramidenstumpffartige Ausgestaltung der wenigstens einen Aussparung kann beispielsweise ein Herstellungsverfahren über eine Spritzgussmaschine vereinfacht werden, da eine Entnahme der Totalreflexionslinse erleichtert wird. Die Anzahl an Seitenflächen des Pyramidenstumpfes ist im Allgemeinen beliebig und insbesondere nicht auf vier beschränkt.

Besonders bevorzugt ist, dass die wenigstens eine Aussparung zumindest sechs Grenzflächenabschnitte, vorzugsweise genau zwölf Grenzflächenabschnitte, umfasst, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die zumindest sechs Grenzflächenabschnitte äquidistant und/oder entlang eines gedachten Kreises an der wenigstens einen Aussparung angeordnet sind.

Sind zumindest sechs Grenzflächenabschnitte vorhanden, wird Licht durch die Totalreflexionslinse in zumindest sechs Teilstrahlen aufgespalten, welche für eine Analyse eines Objektes genutzt werden können, wobei bei einer Vielzahl an Lichtquellen auch eine Vielzahl an zumindest sechs Teilstrahlen – gegebenenfalls mit unterschiedlichen Wellenlängen – in einer Datenauswertung genutzt werden können. Beispielsweise sind jedoch auch vier Grenzflächenabschnitte denkbar, welche sich von einer Pyramidenstumpfbasis (im Allgemeinen in der Ebene der ersten Deckfläche) zu einer Pyramidenstumpfdeckfläche (als Deckfläche der wenigstens einen Aussparung in Angrenzung zum Medium der Totalreflexionslinse) hin erstrecken.

Bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist vorgesehen, dass die erste Deckfläche eben ausgebildet ist und/oder die zweite Deckfläche eine Fresnellinse umfasst und/oder asphärisch oder sphärisch zur Kollimation von Licht von der Mantelfläche im Wesentlichen orthogonal auf die erste Deckfläche ausgebildet ist, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass in Verlängerung der wenigstens einen Aussparung eine, besonders bevorzugt stoffschlüssig mit der zweiten Deckfläche verbundene, asphärische Linse, besonders bevorzugt mit einem kleineren Linsendurchmesser als der zweite Durchmesser, an der zweiten Deckfläche angeordnet ist.

Durch eine asphärische Ausgestaltung der zweiten Deckfläche wird Licht bei einem Austritt über die zweite Deckfläche besonders günstig in Richtung des Abbildungsbereiches gebündelt, wobei im Abbildungsbereich ein defokussierter Bereich des Lichtes entsteht, welcher ein scharfes Abbild des Objektes generieren kann. Im Allgemeinen kann die zweite Deckfläche jedoch auch planar ausgestaltet sein, wobei über eine Krümmung der Mantelfläche die Kollimation bewerkstelligt wird. Denkbar ist auch eine sphärische Ausgestaltung der zweiten Deckfläche (mit gegebenenfalls vorhandener asphärischer Linse). Bei einer Fokussierung würde aufgrund eines seitlichen Versatzes von Lichtquellen zu der optischen Achse ein Messfleck exzentrisch (in Bezug auf die optische Achse) ausgestaltet sein, wobei durch eine Defokussierung der Messfleck zu einem Kreisring verformt werden kann, um den Messfleck in Richtung eines Zentrums des Abbildungsbereiches entlang der optischen Achse hin zu versetzen. Je größer eine Brennweite einer Asphäre, desto geringer fällt eine Exzentrizität aus, wodurch eine Asphäre mit hoher Brennweite besonders bevorzugt ist.

Durch die asphärische Linse als Verlängerung der Totalreflexionslinse, insbesondere entlang der optischen Achse, kann ein zusätzlicher Teilstrahl an Licht genutzt werden, wobei bevorzugt Licht im Wesentlichen parallel zur optischen Achse über die asphärische Linse im Wesentlichen parallel zur optischen Achse in Richtung des Abbildungsbereiches gelenkt wird, um mit den weiteren Teilstrahlen des Lichtes im Abbildungsbereich zu überlappen.

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist vorgesehen, dass die zumindest zwei Lichtquellen im Bereich der ersten Deckfläche außerhalb der wenigstens einen Totalreflexionslinse angeordnet sind, sodass Licht der zumindest zwei Lichtquellen über die wenigstens eine Aussparung durch die zweite Deckfläche transmittierbar ist, wobei die zumindest zwei Lichtquellen in einer Ebene parallel zu der ersten Deckfläche mit einem seitlichen Versatz um eine Symmetrieachse, vorzugsweise einer optischen Achse, der Totalreflexionslinse angeordnet sind.

Im Allgemeinen können die zumindest zwei Lichtquellen auch innerhalb der Totalreflexionslinse, das heißt im Bereich der wenigstens einen Aussparung angeordnet sein.

Durch die Grenzflächenabschnitte der wenigstens einen Aussparung wird Licht der zumindest zwei Lichtquellen auch bei einem seitlichen Versatz zur optischen Achse gemeinsam in einem Abbildungsbereich gebündelt und fokussiert. Dies ist auch bei unterschiedlichen Wellenlängen einer Lichtquelle und/oder bei unterschiedlichen Wellenlängen zweier Lichtquellen möglich. Beispielsweise kann eine Lichtquelle Licht im grünen Spektrum und eine zweite Lichtquelle Licht im blauen und/oder roten Spektrum emittieren. Vorteilhaft haben sich Wellenlänge im Bereich zwischen 300 nm und 2200 nm, besonders bevorzugt zwischen 300 nm und 1100 nm, erwiesen.

Als günstig hat sich erwiesen, dass die zumindest zwei Lichtquellen monochromatisch und/oder polychromatisch ausgebildet sind, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die zumindest zwei Lichtquellen eine Steuereinrichtung umfassen, mit welcher die zumindest zwei Lichtquellen alternierend, besonders bevorzugt zwischen 1 μ s und 20 μ s gepulst, mit Licht zumindest zweier disjunkten Wellenlängenbereiche betreibbar sind. Pulsdauern bis 100 μ s sind jedoch ebenfalls anwendbar. Beispielsweise können unterschiedliche Betriebsmodi durch die Steuereinrichtung, wie moduliert, kontinuierlich, zeitgleich, zeitliche Abfolge et cetera, verwirklicht werden.

Monochromatisch ist derart auszulegen, dass auch eine durch die Lichtquelle (technisch) bedingte Spektrumsverteilung um eine gewünschte Spektrallinie umfasst

ist, wobei eine typische FWHM von LEDs zwischen 20 nm und 200 nm angenommen werden kann. Polychromatisch ist derart auszulegen, dass die Lichtquelle monochromatisches Licht variierender Wellenlängen alternierend emittieren kann, wobei auch eine gleichzeitige Emission mehrerer monochromatischer Wellenlängen denkbar ist.

Eine gepulste Lichtquelle im Bereich zwischen 1 μ s und 20 μ s gewährleistet, dass in einer Anwendung auf einer Vorrichtung mit Vorschub die Vorschubgeschwindigkeit im Allgemeinen vernachlässigbar gegenüber der Abbildungsdauer des Objektes ist. Die Pulsdauer kann für eine Lichtquelle hinsichtlich eines Wechsels der Wellenlängen und/oder bezüglich mehrerer elektronisch, insbesondere alternierend, geschalteten Lichtquellen vorgesehen sein.

Weiters ist bevorzugt vorgesehen, dass die zumindest zwei Lichtquellen eine Primärlinse zur Kollimation umfassen, welche gesondert von der wenigstens einen Totalreflexionslinse ausgebildet ist.

Durch die Primärlinse kann Licht einer Lichtquelle besonders vorteilhaft vor dem Eintritt in die Totalreflexionslinse kollimiert werden, wobei Licht der Lichtquelle aus der Primärlinse besonders bevorzugt mit einem halben Abstrahlwinkel von circa 60° austritt.

In einer weiteren Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass genau drei Lichtquellen an einem Dreiecksraster um eine Symmetrieachse, vorzugsweise einer optischen Achse, der Totalreflexionslinse angeordnet sind.

Dadurch kann das Objekt mit Teilstrahlen von Licht in drei voneinander unterschiedenen Wellenlängen abgebildet werden. Bevorzugt ist ein seitlicher Versatz der drei Lichtquellen bezogen auf die optische Achse der Totalreflexionslinse identisch.

Besonders bevorzugt ist eine optische Achse des wenigstens einen Sensors im Wesentlichen parallel zu der optischen Achse der Totalreflexionslinse orientiert.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die wenigstens eine Totalreflexionslinse, vorzugsweise die wenigstens eine Aussparung, und/oder die zumindest zwei Lichtquellen derart ausgebildet und/oder aufeinander abgestimmt sind, um Licht der zumindest zwei Lichtquellen über die wenigstens eine Totalreflexionslinse in einem vorgebbaren und/oder vorgegebenen Abstand von der wenigstens einen Totalreflexionslinse mit einer im Wesentlichen

- konzentrischen Wellenlängenverteilung und/oder
- rotationssymmetrischen Wellenlängenverteilung und/oder
- konzentrischen Intensitätsverteilung und/oder
- rotationssymmetrischen Intensitätsverteilung

zu fokussieren.

Bei einer konzentrischen und/oder rotationssymmetrischen Wellenlänge- und/oder Intensitätsverteilung ist eine Analyse des Spektrums (insbesondere über die Spektren der einzelnen Lichtquellen und/oder Teilstrahlen) selbigen Objektes, welches von Leuchtmitteln bei unterschiedlichen Wellenlängen zur Abbildung beleuchtet wird, besonders einfach und mit einer hohen Genauigkeit möglich.

Besonders bevorzugt ist eine Steuerungs- und/oder Regelungseinheit vorgesehen, welche in Abhängigkeit eines Abbildes des Objektes – bedingt durch Abbilder unterschiedlicher Wellenlängen selbigen Objektes – einen Vorgang initiiert, wobei der Vorgang beispielsweise eine abbildungsspezifische Ansteuerung einer landwirtschaftlichen Ausbringungseinrichtung, zum Beispiel zur selektiven respektive räumlich differenzierten Ausbringung von Fluiden und/oder Feststoffen zur Bewässerung, Düngung und/oder zum Pflanzenschutz umfassen kann. Dadurch kann eine Menge an Fluiden und/oder Feststoffen eingespart werden und/oder Pflanzen besonders schonend und/oder hinsichtlich günstiger Wachstumseigenschaften behandelt werden. Ein Stopp einer landwirtschaftlichen Maschine und/oder beispielsweise einem Mähwerk der Maschine bei einer Detektion von verdächtigen Objekten ist ebenfalls möglich.

Ist die Lichtquelle beispielsweise als Leuchtdiode (LED) ausgebildet, so kann über einen der Leuchtdiode zugehörigen elektronischen Chip eine spezifische Intensitäts- und oder Wellenlängen-Verteilung emittiert werden, welche gegebenenfalls über eine Primärlinse der LED kollimiert wird und üblicherweise eine Gaußverteilung darstellt.

Nach Austritt der Teilstrahlen des Lichtes der zumindest zwei Lichtquellen aus der zweiten Deckfläche der Totalreflexionslinse propagiert das Licht im Allgemeinen entlang der optischen Achse mit einer elliptischen Intensitätsverteilung (aufgrund von Dispersion) orthogonal auf die optische Achse, wobei im Abbildungsbereich die Intensitätsverteilung im Wesentlichen eine kreisförmige Intensitätsverteilung orthogonal auf die optische Achse annimmt, welche bezogen auf die zumindest zwei Lichtquellen im Wesentlichen konzentrisch ist. Objekte entlang der optischen Achse, welche sich in diesem Abbildungsbereich befinden, können besonders günstig anhand des reflektierten Spektrums analysiert werden, wobei Objekte außerhalb des Abbildungsbereiches ausgeblendet werden können.

Eine Abstimmung der Geometrie des Abbildungsbereiches an die Beleuchtungsoptik kann beispielsweise über den seitlichen Versatz der zumindest zwei Lichtquellen, einen Abstand der zumindest zwei Lichtquellen entlang der optischen Achse der Totalreflexionslinse, einen Winkel der zumindest zwei Grenzflächenabschnitte relativ zu der ersten Deckfläche und/oder eine orthogonale Beabstandung der Grenzflächenabschnitte relativ zu der optischen Achse der Totalreflexionslinse erfolgen.

Die Totalreflexionslinse kann bei gegebener Lichtquellenanordnung relativ zu der Totalreflexionslinse dadurch abgestimmt werden, dass der Winkel der Grenzflächenabschnitte relativ zu der ersten Deckfläche derart eingestellt ist, dass die Winkel der über die Grenzflächenabschnitte aufgespaltenen Teilstrahlen der Lichtquelle (unter Berücksichtigung der Brechung) an der Mantelfläche gemeinsam – und im Allgemeinen gemeinsam mit den Teilstrahlen der weiteren Lichtquellen – an dem Abbildungsbereich gebündelt werden. Es kann im Allgemeinen jedoch auch alternativ oder in Ergänzung eine Oberflächengeometrie wie Krümmung der Mantelfläche an die vorliegenden Anforderungen adaptiert werden. Eine

Randbedingung kann ein Abstand zu dem gewünschten Abbildungsbereich entlang der optischen Achse der Totalreflexionslinse oder eine Ausdehnung des Abbildungsbereiches parallel und/oder orthogonal zu der optischen Achse der Totalreflexionslinse darstellen.

Es ist beispielsweise denkbar, den Abstand der zumindest zwei Lichtquellen entlang der optischen Achse der Totalreflexionslinse während des Betriebes der Beleuchtungsoptik, vorzugsweise automatisch, zu adaptieren, um einen Abbildungsbereich entlang der optischen Achse zu ändern.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass zumindest zwei Sensoren, vorzugsweise genau vier in Paaren angeordnete Sensoren, seitlich um die wenigstens eine Beleuchtungsoptik angeordnet sind, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass wenigstens einer der zumindest zwei Sensoren und/oder die zumindest zwei Sensoren eine Empfängerlinse und/oder einen Filter umfassen.

Durch zumindest zwei Sensoren kann eine räumliche Auflösung des Abbildes des zu untersuchenden Objektes besonders günstig durch eine Auswerteelektronik ermittelt werden. Die Empfängerlinse kollimiert und/oder fokussiert die vom Objekt reflektierten Teilstrahlen in Richtung des Sensors. Der Filter kann beispielsweise für die Abbildung irrelevante Frequenzbereiche filtern, um die Rechenkapazität der Auswerteelektronik zu reduzieren.

Besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass eine Auswerteelektronik vorgesehen ist, mit welcher von der wenigstens einen Beleuchtungsoptik, an einem Objekt reflektiertes und durch den wenigstens einen Sensor detektiertes Licht nach Wellenlängen und/oder nach Detektionsposition an dem wenigstens einen Sensor differenzierbar ist.

Dadurch kann ein Abbild des über die Beleuchtungsoptik beleuchteten Objektes in variierenden Wellenlängenbereichen erstellt werden.

Gemäß einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel der Erfindung ist vorgesehen, dass durch die Auswerteelektronik ein Abbild eines Objektes jeder Wellenlänge erstellt wird, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass ein Objektabbild über eine Vielzahl an Abbildern erstellt wird.

Die Abbilder können individuell oder in Kombination miteinander für Diagnose-Algorithmen des Objektes genutzt werden, um beispielsweise zu identifizieren, welches Objekt von der Beleuchtungsoptik mit Licht bestrahlt wurde. Die Objekte können durch einen Algorithmus klassifiziert, gruppiert und/oder geordnet werden.

Bevorzugt ist wenigstens ein, vorzugsweise durch eine Blende von dem wenigstens einen Sensor getrennten, Streulichtsensor, vorzugsweise Photodiode, vorgesehen.

Durch den wenigstens einen Streulichtsensor können Veränderungen von Wellenlängen aufgrund einer Alterung der zumindest zwei Lichtquellen, eines gegebenenfalls vorhandenen Filters und/oder des wenigstens einen Sensors ermittelt werden. Beispielsweise misst der wenigstens eine Streulichtsensor aufgrund der Blende lediglich das durch die zumindest zwei Lichtquellen entstehende Streulicht und kein von dem Objekt reflektiertes Licht.

Bevorzugt ist der wenigstens eine Streulichtsensor über die Auswerteelektronik über einen Lichtleiter mit der Beleuchtungsoptik, vorzugsweise mit den zumindest zwei Lichtquellen, verbunden.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden anhand der Figurenbeschreibung unter Bezugnahme auf die in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele im Folgenden näher erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1a-1b eine nicht erfindungsgemäße Totalreflexionslinse und eine erfindungsgemäße Totalreflexionslinse in einer schematisch dargestellten Schnittansicht während einer Aufnahme eines Abbildes eines Objektes,

- Fig. 2 eine landwirtschaftliche Gerätschaft mit einer Vielzahl an Anordnungen aus einer Beleuchtungsoptik mit einer Totalreflexionslinse in einer schematischen Darstellung,
- Fig. 3a-3c eine Totalreflexionslinse gemäß einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel in einer Draufsicht mit einer Schnittdarstellung sowie zwei perspektivischen Ansichten unterschiedlicher Blickwinkel,
- Fig. 4 eine Totalreflexionslinse gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3a in einer perspektivischen Ansicht einer Schnittdarstellung,
- Fig. 5 eine Anordnung aus einer Beleuchtungsoptik und einer Totalreflexionslinse gemäß der Ausführungsform nach Fig. 3a in einer Draufsicht,
- Fig. 6a-6b die Anordnung gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 6 in einer perspektivischen Ansicht einer Schnittdarstellung und einer perspektivischen Darstellung mit einer Auswerteelektronik,
- Fig. 7a-7b eine schematische Darstellung einer nicht erfindungsgemäßen Totalreflexionslinse mit unterschiedlichen Anordnungen einer Lichtquelle,
- Fig. 8a-8b einen Abbildungsbereich einer Totalreflexionslinse mit unterschiedlichen Intensitäts- und Wellenlängenverteilungen von nicht erfindungsgemäßen Totalreflexionslinsen zu erfindungsgemäßen Totalreflexionslinsen.

Fig. 1a zeigt eine nicht erfindungsgemäße Totalreflexionslinse 1 während einer Abbildung eines Objektes 32, wobei die Totalreflexionslinse 1 eine konvex gekrümmte Aussparung 7 ohne Grenzflächenabschnitte 8 zur verbesserten Kollimation und spektralen Aufteilung aufweist.

Fig. 1b hingegen zeigt eine erfindungsgemäße Totalreflexionslinse 1, welche eine Vielzahl an Grenzflächenabschnitte 8 aufweist (in der Schnittansicht sind zwei dieser Grenzflächenabschnitte 8 ersichtlich), um das Licht von Lichtquellen 21 mit seitlichem Versatz 36 (siehe Fig. 5) zur optischen Achse 9 in Teilstrahlen aufzuteilen, um das Objekt 32 besonders günstig über unterschiedliche Wellenlängen mit hoher

Kollimationswirkung beziehungsweise Überlappung der Teilstrahlen/Wellenlängen zu untersuchen.

Fig. 2 zeigt ein Anwendungsgebiet der Totalreflexionslinse 1 in der Verwendung der Totalreflexionslinse 1 in einer Beleuchtungsoptik 20 einer Anordnung 30 zur Pflanzenerkennung und Untergrunderkennung, wobei eine Vielzahl an Totalreflexionslinsen 1 an einem Sprühvorrichtung eines landwirtschaftlichen Gerätes angeordnet ist. Gleichzeitig ist die Verwendung der Totalreflexionslinse 1 zur Tiererkennung während landwirtschaftlichen Tätigkeiten möglich.

Fig. 3a zeigt die Totalreflexionslinse 1 vergrößert dargestellt, wobei die Totalreflexionslinse 1 eine erste Deckfläche 2 mit einem ersten Durchmesser 3 und eine parallel zu der ersten Deckfläche 2 angeordnete zweite Deckfläche 4 mit einem zweiten Durchmesser 5 umfasst, wobei der zweite Durchmesser 5 größer als der erste Durchmesser 3 ist. Die zwei Deckflächen 2, 4 sind über eine konvex gekrümmte Mantelfläche 6 miteinander verbunden sind.

Zwischen der ersten Deckfläche 2 und der zweiten Deckfläche 4 ist eine an die erste Deckfläche 2 angrenzenden und in Richtung der zweiten Deckfläche 4 weisende Aussparung 7 angeordnet, wobei die Aussparung 7 eine Vielzahl an in Richtung der zweiten Deckfläche 4 weisenden und voneinander gesonderten Grenzflächenabschnitte 8 zur Bildung von Teilstrahlen und Brechung von Licht in Richtung der Mantelfläche 6 aufweist.

Die Aussparung 7 ist mittig entlang einer Symmetrieachse der Totalreflexionslinse 1, welche mit einer optischen Achse 9 der Totalreflexionslinse 1 deckungsgleich ist, an der ersten Deckfläche 2 angeordnet und endet zwischen den beiden Deckflächen 2, 4, wobei im Allgemeinen die Aussparung 7 durchgängig durch die Totalreflexionslinse 1 ausgebildet sein kann. Eine Längserstreckung 10 der Aussparung 7 ist kleiner als ein Drittel einer Längserstreckung 11 der Totalreflexionslinse 1, wobei auch anderweitige konstruktive Ausgestaltungen möglich sind.

In einem Querschnitt 12 (angedeutet in der Darstellung durch die Anbindung der Grenzflächenabschnitte 8 mit der ersten Deckfläche 2) der Totalreflexionslinse 1 parallel zu der ersten Deckfläche 2 umfassen die Grenzflächenabschnitte 8 jeweils eine Gerade 13 und die Aussparung 7 umfasst einen Streckenzug 14.

Die Aussparung 7 verjüngt sich ausgehend von der ersten Deckfläche 2 in Richtung der zweiten Deckfläche 4, wobei die Grenzflächenabschnitte 8 als planare Oberflächen ausgebildet sind. Die Aussparung 7 ist als Pyramidenstumpf 17 ausgebildet, wobei die ebenen Grenzflächenabschnitte 8 im Allgemeinen auch konvex gekrümmt ausgebildet sein können, um ein Ausformen aus einer Spritzgussform zu begünstigen.

Die Aussparung 7 umfasst zwölf Grenzflächenabschnitte 8, wobei die Grenzflächenabschnitte 8 äquidistant und entlang eines gedachten Kreises 18 (in orthogonal auf die optische Achse 9 – vgl. Fig. 3) an der Aussparung 7 angeordnet sind.

Fig. 3b zeigt die Totalreflexionslinse in perspektivischer Ansicht, wobei die Mantelfläche 6 eine Beschichtung 16 in Form einer CPC-Beschichtung zur vollständigen Reflexion von Licht in einen Bereich innerhalb der Mantelfläche 6 in Richtung der zweiten Deckfläche 4 und orthogonal auf die zweite Deckfläche 4 umfasst. Die erste Deckfläche 2 ist eben ausgebildet; kann jedoch im Allgemeinen auch schräg oder gekrümmt ausgebildet sein.

Fig. 3c unterscheidet sich von Fig. 3b lediglich dahingehend, dass die Totalreflexionslinse 1 von einem unterschiedlichen Blickwinkel betrachtet wird, wodurch eine in Verlängerung der Aussparung 7 stoffschlüssig mit der zweiten Deckfläche 4 verbundene asphärische Linse 19 mit einem kleineren Linsendurchmesser 40 als der zweite Durchmesser 5 ersichtlich ist. Alternativ oder in Ergänzung könnte die zweite Deckfläche mit einer Fresnellinse bestückt sein. Die zweite Deckfläche 4 ist eben ausgebildet, wobei eine asphärische oder sphärische Ausgestaltung zur Kollimation von Licht von der Mantelfläche 6 orthogonal auf die erste Deckfläche 2 ebenso denkbar ist.

Fig. 4 zeigt die Totalreflexionslinse 1 in einem Schnitt entlang der optischen Achse 9, wobei die Totalreflexionslinse 1 aus transparentem Material in Form von Glas 15 ausgebildet ist. Die Totalreflexionslinse 1 kann jedoch auch aus Kunststoff wie PMMA oder PC mit niedriger chromatischer Dispersion bestehen oder durch eine Kombination von Materialien gebildet sein. Die Totalreflexionslinse 1 ist als Spritzgussteil gefertigt.

Die Totalreflexionslinse 1 und insbesondere die erste Deckfläche 2, die zweite Deckfläche 4 und die Grenzflächenabschnitte 8 der Aussparung 7 weisen einen Brechungsindex von 1,5 auf.

Fig. 5 zeigt eine Anordnung 30 aus einer Beleuchtungsoptik 20 und vier als Photodioden ausgebildeten Sensoren 31 zur elektromagnetischen Detektion von an einem Objekt 32 reflektiertem Licht der Beleuchtungsoptik 20. Die vier Sensoren 31 sind in Paaren seitlich um die Beleuchtungsoptik 20 angeordnet.

Die Beleuchtungsoptik 20 umfasst drei Lichtquellen 21 in Form von (über einen Chip gesteuerten) Leuchtdioden und eine Totalreflexionslinse 1 zur Fokussierung von Licht der Lichtquellen 21 auf einen den beiden Lichtquellen 21 gemeinsamen Abbildungsbereich 22. Bei dieser Ausführungsform sind exakt drei Lichtquellen 21 an einem Dreiecksraster 26 um die Symmetrieachse und optische Achse 9 der Totalreflexionslinse 1 angeordnet.

Fig. 6a zeigt einen Schnitt durch die Anordnung 30, wobei die vier Sensoren 31 eine Empfängerlinse 33 für jeweils zwei Sensoren 31 umfassen, welche von den Sensoren 31 räumlich beabstandet sind, jedoch den jeweiligen Sensoren 31 zugehörig sind. Ein Paar der Sensoren 31 umfasst einen Filter 34 zur Modifikation des Spektrums und/oder der Wellenlänge des Lichtes der Lichtquellen 21 vor Detektion durch den jeweiligen Sensor 31.

Die drei Lichtquelle 21 sind außerhalb der Totalreflexionslinse 1 angeordnet und umfassen eine Primärlinse 25 zur Kollimation vor Eintritt in die Aussparung 7, wobei

die Lichtquellen 21 auch innerhalb der Aussparung 7 (und somit innerhalb der Totalreflexionslinse 1) angeordnet sein können oder jeweils eine eigene Primärlinse 25 vor Transmission durch die Grenzflächenabschnitte 8 umfassen können. Die Primärlinse 25 ist gesondert von der Totalreflexionslinse 1 ausgebildet. Die Lichtquellen 21 sind im Bereich der ersten Deckfläche 2 außerhalb der Totalreflexionslinse 1 angeordnet, sodass Licht der Lichtquellen 21 über die Aussparung 7 durch die zweite Deckfläche 4 transmittierbar ist.

Die Lichtquellen 21 verfügen über einen gemeinsamen individuell konfigurierbaren Chip zur Ansteuerung, welcher jedoch im Allgemeinen gesondert für jede Lichtquelle 21 zur individuellen Ansteuerung ausgebildet sein kann. Die Lichtquellen 21 sind in einer Ebene 23 parallel zu der ersten Deckfläche 2 mit einem seitlichen Versatz 24 um die Symmetrieachse/die optische Achse 9 der Totalreflexionslinse 1 angeordnet.

In dieser Ausführungsform sind zwei Lichtquellen 21 monochromatisch und eine Lichtquelle 21 polychromatisch ausgebildet, wobei die zwei Lichtquellen 21 eine Steuereinrichtung 24 umfassen, mit welcher die zwei Lichtquellen 21 alternierend zwischen $1\ \mu\text{s}$ und $100\ \mu\text{s}$ gepulst betreibbar sind. Die polychromatische Lichtquelle 21 ist über die Steuereinrichtung 24 mit Licht zweier disjunkten Wellenlängenbereiche betreibbar. Die Steuereinrichtung 24 ist für alle drei Lichtquellen 21 gemeinsam vorgesehen, wobei auch den einzelnen Lichtquellen 21 eigene Steuereinrichtungen 24 genutzt werden können.

Ein in der Darstellung nicht ersichtlicher und durch eine Blende von den Sensoren 31 getrennter Streulichtsensor in Form einer Photodiode ist zur Identifikation von Alterungserscheinungen der Lichtquellen 21 vorgesehen, wobei der Streulichtsensor über einen Lichtleiter an die Lichtquellen 21 angebunden ist.

Fig. 6b zeigt die Anordnung 30 aus Beleuchtungsoptik 20 und Totalreflexionslinse 1 mit Lichtquellen 21 und Sensoren 31 in einem Gehäuse eingefasst, wobei eine in signalleitender Verbindung mit den Sensoren 31 stehende Auswerteelektronik 35 vorgesehen ist, mit welcher von der Beleuchtungsoptik 20 an einem Objekt 32 reflektiertes und durch die Sensoren 31 detektiertes Licht nach Wellenlängen und

nach Detektionsposition an den Sensoren 31 differenzierbar ist. Die Datenübertragung zu der Auswerteelektronik 35 kann im Allgemeinen jedoch auch via Funksignal erfolgen.

Durch die Auswerteelektronik 35 kann ein Abbild des Objektes 32 jeder Wellenlänge erstellt werden, wobei ein Objektabbild über eine Vielzahl an Abbildern erstellt werden kann.

Fig. 7a und Fig. 7b zeigen die Problematik hinsichtlich herkömmlicher Totalreflexionslinsen 1 auf, sobald eine Lichtquelle 21 mit seitlichem Versatz 36 zur optischen Achse 9 angeordnet ist und somit orthogonal von der Symmetrieachse beabstandet ist. In Fig. 7a ist die Lichtquelle 21 entlang der optischen Achse 9 verortet, wodurch die Strahlengänge von Teilstrahlen kollimiert wie gewünscht auf einen Messfleck im Abbildungsbereich 22 fokussiert werden können. Bei spektralen Analysen des Objektes 32 hingegen, bei welchen unterschiedliche Wellenlängen simultan zu Abbildungszwecken genutzt werden und ein seitlicher Versatz 36 erforderlich ist, kann dies bei herkömmlichen Geometrien der Totalreflexionslinse 1 nicht mehr gewährleistet werden, wodurch keine sachgemäße Beurteilung des Objektes 32 und keine hinreichende Differenzierung von scharf gewünschten Abbildungen mehrerer disjunkter Wellenlängen erfolgt.

Das Resultat nicht erfindungsgemäßer Totalreflexionslinsen 1 ist in Fig. 8a dargestellt, wobei eine präzise Darstellung des Objektes 32 über einzelne Wellenlängen der jeweiligen Lichtquellen 21 unzulänglich ist, da die Wellenlängenverteilung 28 nicht hinreichend überlappend ist. Darüber hinaus ist die Intensitätsverteilung 29 nicht konzentrisch und auch nicht rotationssymmetrisch, da die Strahlengänge (auch für eine spezifische Wellenlänge) unterschiedliche Wegstrecken zurücklegen, variierender Dispersion unterliegen und keine Grenzflächenabschnitte 8 zur Kompensation dieser unerwünschten Propagation bereitgestellt sind, sodass die Zusammenführung von Teilstrahlen zu elliptischen und exzentrischen Formen innerhalb der Ausdehnung des Abbildungsbereich 22 (am gewünschten Messfleck) führen. Eine akkurate Analyse des Objektes 32 ist daher nicht möglich.

In Fig. 8b hingegen sind die Totalreflexionslinse 1, die Aussparung 7 und die Lichtquellen 21 derart ausgebildet und aufeinander abgestimmt, um Licht der Lichtquellen 21 über die Totalreflexionslinse 1 in einem vorgebbaren oder vorgegebenen Abstand 27 von der Totalreflexionslinse 1 mit einer konzentrischen Wellenlängenverteilung 28, einer rotationssymmetrischen Wellenlängenverteilung 28, einer konzentrischen Intensitätsverteilung 29 sowie einer rotationssymmetrischen Intensitätsverteilung 29 zu kollimieren, wodurch besonders günstige Abbildungen des Objektes 32 generiert werden können und eine Weiterverarbeiten der digitalen Informationen effizient und effektiv erfolgen kann.

Innsbruck, am 16. Juni 2021

Patentansprüche:

1. Totalreflexionslinse (1) umfassend eine erste Deckfläche (2) mit einem ersten Durchmesser (3) und eine parallel zu der ersten Deckfläche (2) angeordnete zweite Deckfläche (4) mit einem zweiten Durchmesser (5), wobei der zweite Durchmesser (5) größer als der erste Durchmesser (3) ist, wobei die zwei Deckflächen (2, 4) über eine, insbesondere konvex gekrümmte, Mantelfläche (6) verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der ersten Deckfläche (2) und der zweiten Deckfläche (4) wenigstens eine an die erste Deckfläche (2) angrenzende und in Richtung der zweiten Deckfläche (4) weisende Aussparung (7) angeordnet ist, wobei die wenigstens eine Aussparung (7) zumindest zwei in Richtung der zweiten Deckfläche (4) weisende und voneinander gesonderte Grenzflächenabschnitte (8) zur Brechung von Licht in Richtung der Mantelfläche (6) aufweist.
2. Totalreflexionslinse (1) nach Anspruch 1, wobei die wenigstens eine Aussparung (7) mittig, vorzugsweise entlang einer Symmetrieachse oder einer optischen Achse (9) der Totalreflexionslinse (1), an der ersten Deckfläche (2) angeordnet ist und/oder zwischen den beiden Deckflächen (2, 4) endet, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass eine Längserstreckung (10) der wenigstens einen Aussparung (7) kleiner als ein Drittel, besonders bevorzugt ein Fünftel, einer Längserstreckung (11) der Totalreflexionslinse (1) ist.
3. Totalreflexionslinse (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei in einem Querschnitt (12) der Totalreflexionslinse (1) im Wesentlichen parallel zu der ersten Deckfläche (2) die zumindest zwei Grenzflächenabschnitte (8) eine Gerade (13) umfassen und/oder die wenigstens eine Aussparung (7) einen Streckenzug (14) umfasst.
4. Totalreflexionslinse (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Totalreflexionslinse (1) aus transparentem Material, vorzugsweise Glas (15)

oder Kunststoff, besteht, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die Totalreflexionslinse (1) als Spritzgussteil ausgebildet ist.

5. Totalreflexionslinse (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Mantelfläche (6) eine Beschichtung (16), vorzugsweise CPC-Beschichtung, zur im Wesentlichen vollständigen Reflexion von Licht in einen Bereich innerhalb der Mantelfläche (6), vorzugsweise im Wesentlichen in Richtung der zweiten Deckfläche (4) und/oder im Wesentlichen orthogonal auf die zweite Deckfläche (4), umfasst.
6. Totalreflexionslinse (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Totalreflexionslinse (1), vorzugsweise die erste Deckfläche (2), die zweite Deckfläche (4) und/oder die zumindest zwei Grenzflächenabschnitte (8) der wenigstens einen Aussparung (7), einen Brechungsindex im Bereich von 1,4 und 1,8, vorzugsweise im Bereich von 1,45 und 1,6, aufweist.
7. Totalreflexionslinse (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei sich die wenigstens eine Aussparung (7) ausgehend von der ersten Deckfläche (2) in Richtung der zweiten Deckfläche (4) verjüngt, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die wenigstens eine Aussparung (7) als Pyramidenstumpf (17), besonders bevorzugt mit konvex gekrümmten und/oder ebenen Grenzflächenabschnitten (8), ausgebildet ist.
8. Totalreflexionslinse (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die wenigstens eine Aussparung (7) zumindest sechs Grenzflächenabschnitte (8), vorzugsweise genau zwölf Grenzflächenabschnitte (8), umfasst, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die zumindest sechs Grenzflächenabschnitte (8) äquidistant und/oder entlang eines gedachten Kreises (18) an der wenigstens einen Aussparung (7) angeordnet sind.
9. Totalreflexionslinse (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die erste Deckfläche (2) eben ausgebildet ist und/oder die zweite Deckfläche (4) eine Fresnellinse umfasst und/oder asphärisch oder sphärisch zur Kollimation

von Licht von der Mantelfläche (6) im Wesentlichen orthogonal auf die erste Deckfläche (2) ausgebildet ist, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass in Verlängerung der wenigstens einen Aussparung (7) eine, besonders bevorzugt stoffschlüssig mit der zweiten Deckfläche (4) verbundene, asphärische Linse (19), besonders bevorzugt mit einem kleineren Linsendurchmesser (40) als der zweite Durchmesser (5), an der zweiten Deckfläche (4) angeordnet ist.

10. Beleuchtungsoptik (20) umfassend zumindest zwei Lichtquellen (21), insbesondere Leuchtdioden, und wenigstens eine Totalreflexionslinse (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche zur Fokussierung von Licht der zumindest zwei Lichtquellen (21) auf einen den beiden Lichtquellen (21) gemeinsamen Abbildungsbereich (22).
11. Beleuchtungsoptik (20) nach Anspruch 10, wobei die zumindest zwei Lichtquellen (21) im Bereich der ersten Deckfläche (2) außerhalb der wenigstens einen Totalreflexionslinse (1) angeordnet sind, sodass Licht der zumindest zwei Lichtquellen (21) über die wenigstens eine Aussparung (7) durch die zweite Deckfläche (4) transmittierbar ist, wobei die zumindest zwei Lichtquellen (21) in einer Ebene (23) parallel zu der ersten Deckfläche (2) mit einem seitlichen Versatz (36) um eine Symmetrieachse, vorzugsweise einer optischen Achse (9), der Totalreflexionslinse (1) angeordnet sind.
12. Beleuchtungsoptik (20) nach Anspruch 10 oder 11, wobei die zumindest zwei Lichtquellen (21) monochromatisch und/oder polychromatisch ausgebildet sind, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die zumindest zwei Lichtquellen (21) eine Steuereinrichtung (24) umfassen, mit welcher die zumindest zwei Lichtquellen (21) alternierend, besonders bevorzugt zwischen 1 μ s und 20 μ s gepulst, mit Licht zumindest zweier disjunkten Wellenlängenbereiche betreibbar sind.
13. Beleuchtungsoptik (20) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei die zumindest zwei Lichtquellen (21) eine Primärlinse (25) zur Kollimation

umfassen, welche gesondert von der wenigstens einen Totalreflexionslinse (1) ausgebildet ist.

14. Beleuchtungsoptik (20) nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei genau drei Lichtquellen (21) an einem Dreiecksraster (26) um eine Symmetrieachse, vorzugsweise einer optischen Achse (9), der Totalreflexionslinse (1) angeordnet sind.
15. Beleuchtungsoptik (20) nach einem der Ansprüche 10 bis 14, wobei die wenigstens eine Totalreflexionslinse (1), vorzugsweise die wenigstens eine Aussparung (7), und/oder die zumindest zwei Lichtquellen (21) derart ausgebildet und/oder aufeinander abgestimmt sind, um Licht der zumindest zwei Lichtquellen (21) über die wenigstens eine Totalreflexionslinse (1) in einem vorgebbaren und/oder vorgegebenen Abstand (27) von der wenigstens einen Totalreflexionslinse (1) mit einer im Wesentlichen
 - konzentrischen Wellenlängenverteilung (28) und/oder
 - rotationssymmetrischen Wellenlängenverteilung (28) und/oder
 - konzentrischen Intensitätsverteilung (29) und/oder
 - rotationssymmetrischen Intensitätsverteilung (29)
 zu fokussieren.
16. Anordnung (30) aus wenigstens einer Beleuchtungsoptik (20) nach einem der Ansprüche 10 bis 15 und wenigstens einem Sensor (31), insbesondere Photodiode, zur elektromagnetischen Detektion von an einem Objekt (32) reflektiertem Licht der wenigstens einen Beleuchtungsoptik (20).
17. Anordnung (30) nach Anspruch 16, wobei zumindest zwei Sensoren (31), vorzugsweise genau vier in Paaren angeordnete Sensoren (31), seitlich um die wenigstens eine Beleuchtungsoptik (20) angeordnet sind, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass wenigstens einer der zumindest zwei Sensoren (31) und/oder die zumindest zwei Sensoren (31) eine Empfängerlinse (33) und/oder einen Filter (34) umfassen.

18. Anordnung (30) nach Anspruch 16 oder 17, wobei eine Auswerteelektronik (35) vorgesehen ist, mit welcher von der wenigstens einen Beleuchtungsoptik (20), an einem Objekt (32) reflektiertes und durch den wenigstens einen Sensor (31) detektiertes Licht nach Wellenlängen und/oder nach Detektionsposition an dem wenigstens einen Sensor (31) differenzierbar ist.
19. Anordnung (30) nach Anspruch 18, wobei durch die Auswerteelektronik (35) ein Abbild eines Objektes (32) jeder Wellenlänge erstellt wird, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass ein Objektabbild über eine Vielzahl an Abbildern erstellt wird.
20. Anordnung (30) nach einem der Ansprüche 16 bis 19, wobei wenigstens ein, vorzugsweise durch eine Blende von dem wenigstens einen Sensor (31) getrennten, Streulichtsensor, vorzugsweise Photodiode, vorgesehen ist.
21. Verwendung einer Totalreflexionslinse (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, einer Beleuchtungsoptik (20) nach einem der Ansprüche 10 bis 15 und/oder einer Anordnung (30) nach einem der Ansprüche 16 bis 20 zur Pflanzenerkennung und/oder Untergrunderkennung.
22. Verwendung einer Totalreflexionslinse (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, einer Beleuchtungsoptik (20) nach einem der Ansprüche 10 bis 15 und/oder einer Anordnung (30) nach einem der Ansprüche 16 bis 20 zur Tiererkennung, insbesondere in der Landwirtschaft.

Innsbruck, am 16. Juni 2021

Fig. 1a

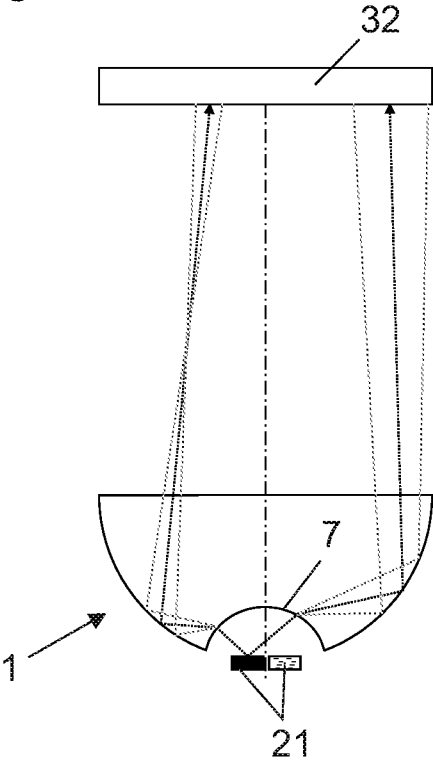


Fig. 1b

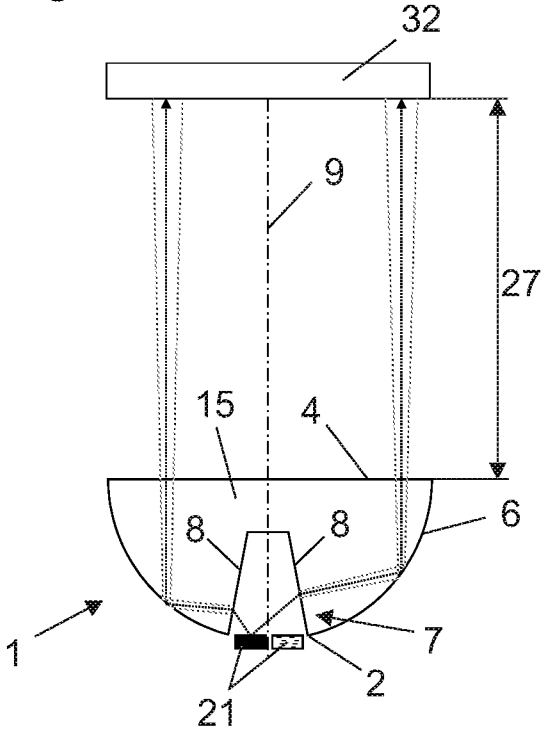


Fig. 2

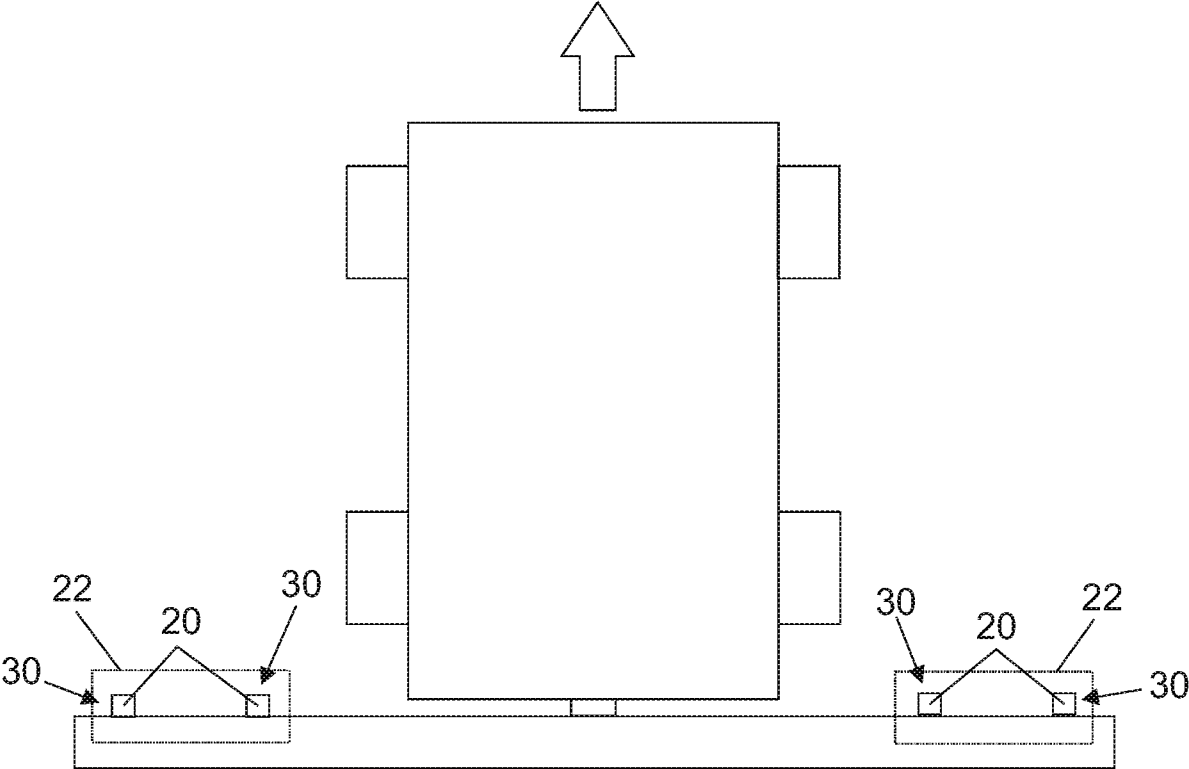


Fig. 3a

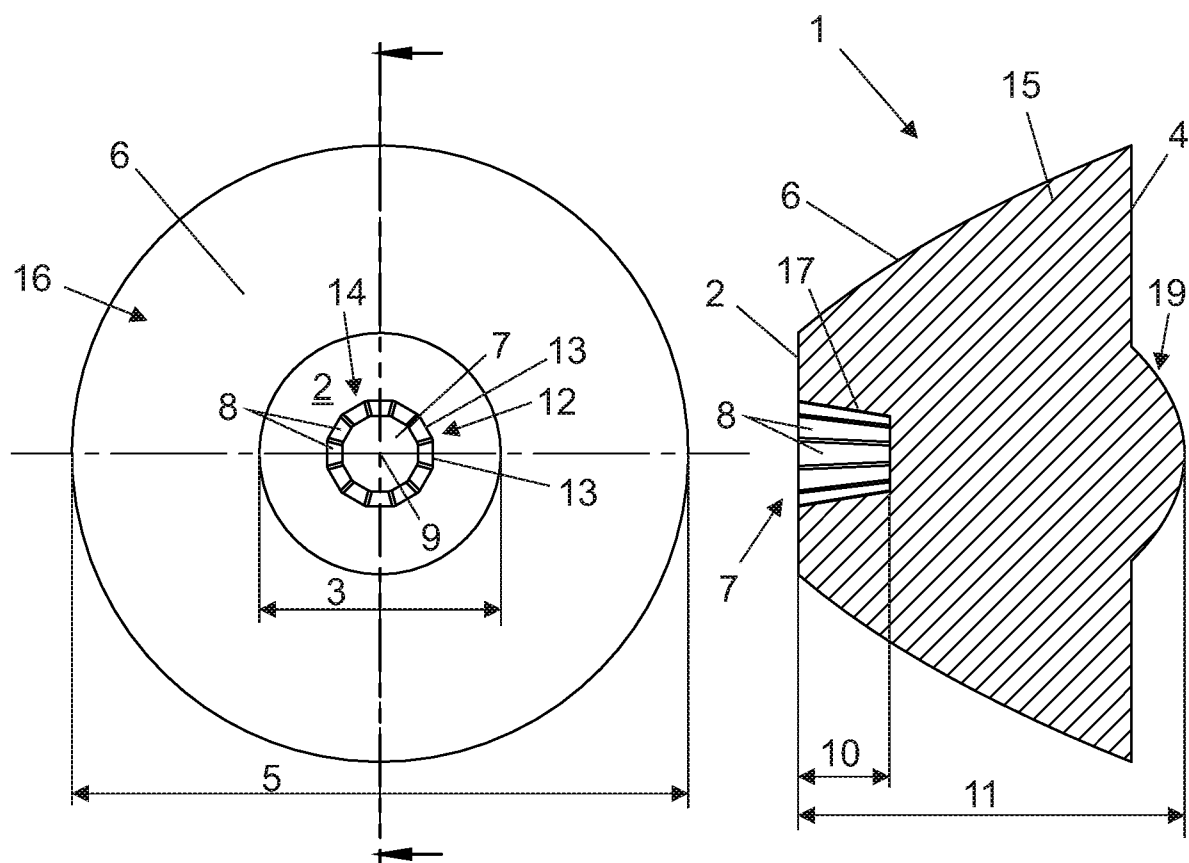


Fig. 3b

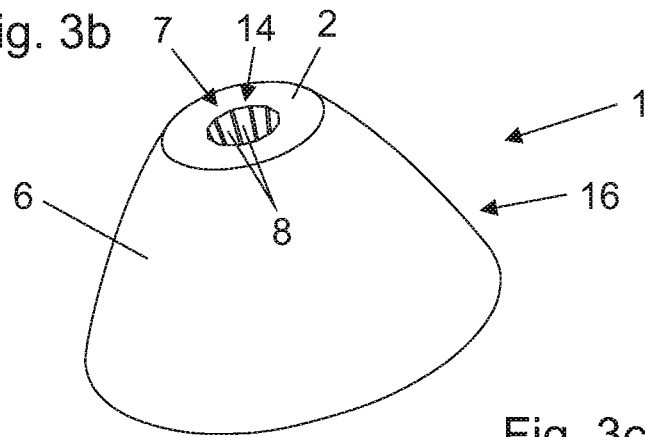


Fig. 3c

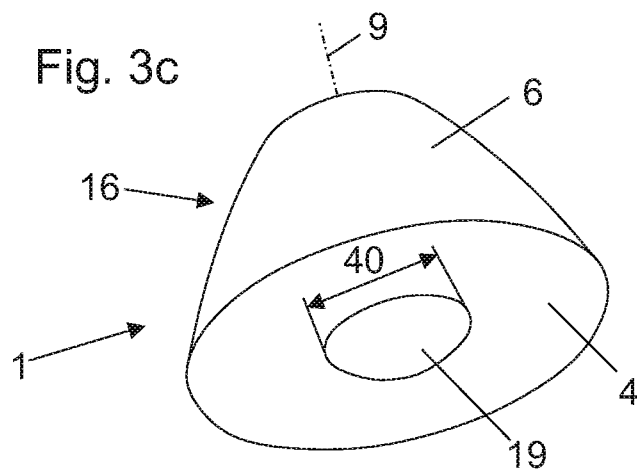


Fig. 4

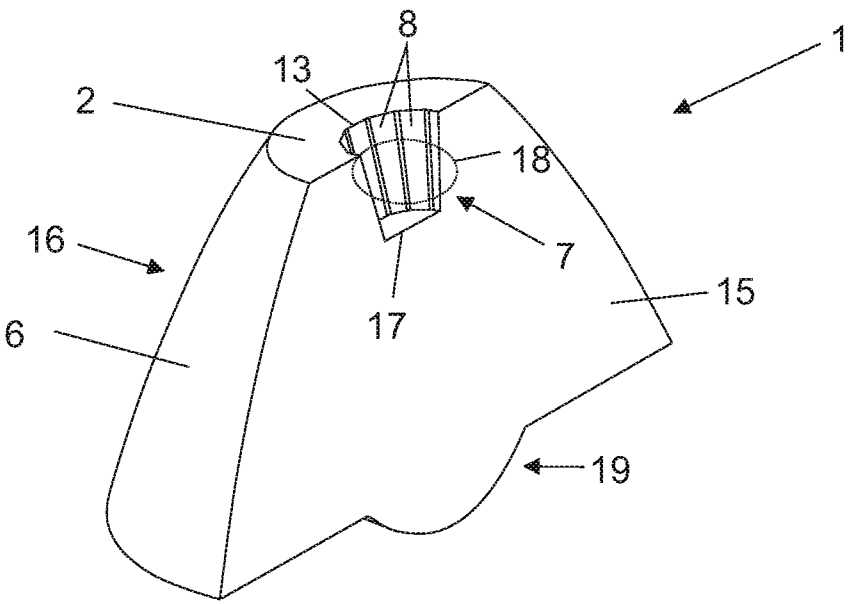


Fig. 5

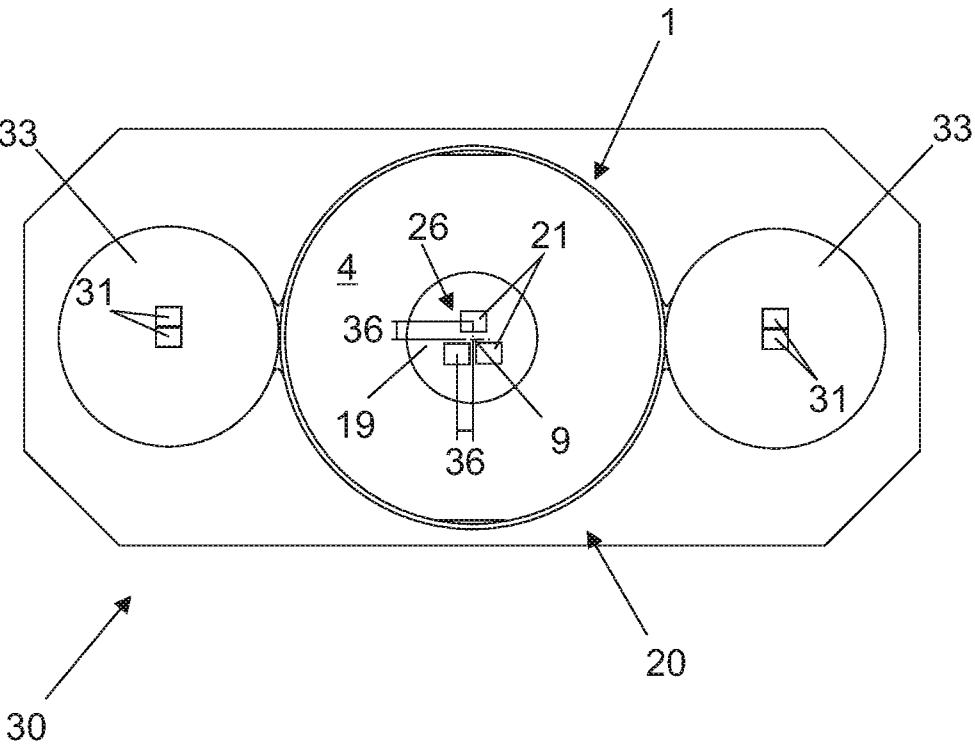


Fig. 6a

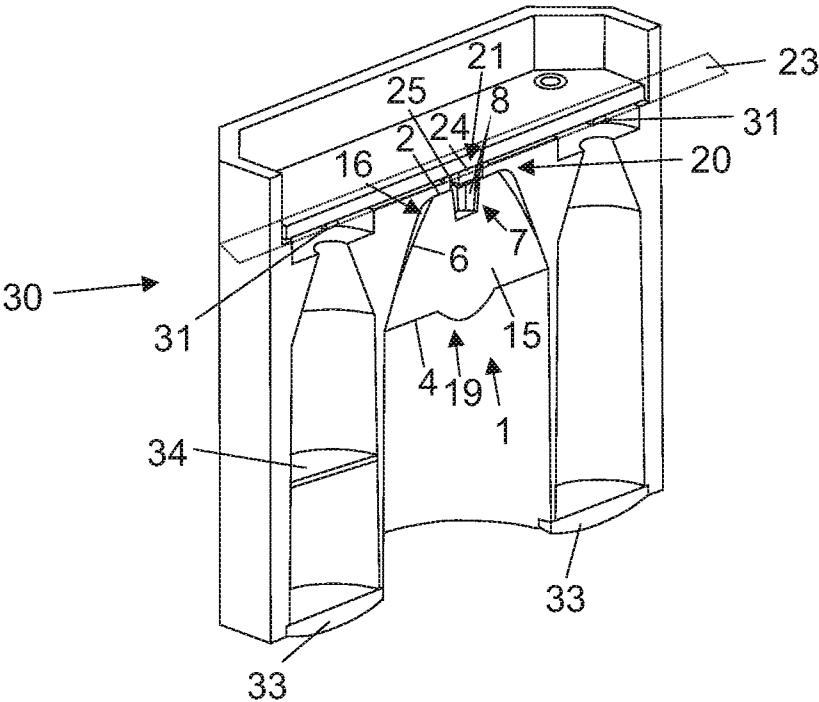


Fig. 6b

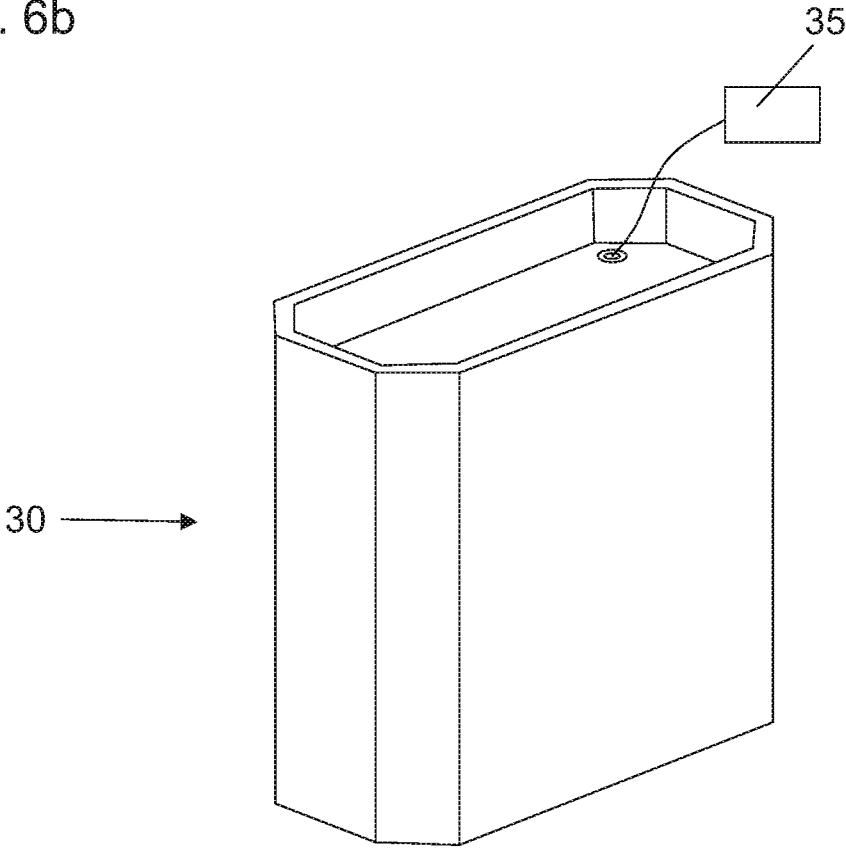


Fig. 7a

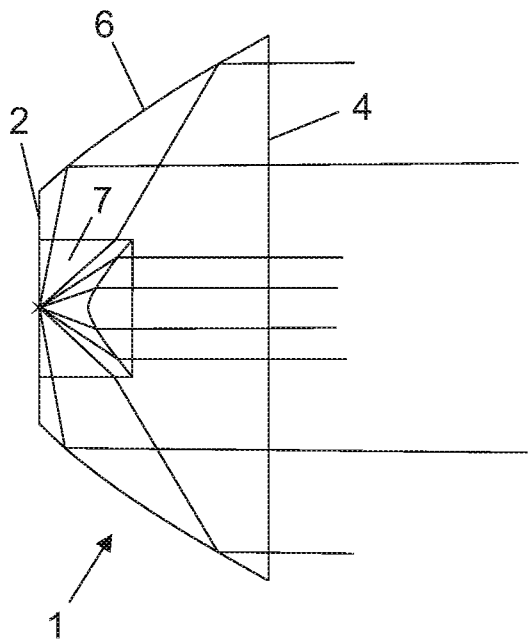


Fig. 7b

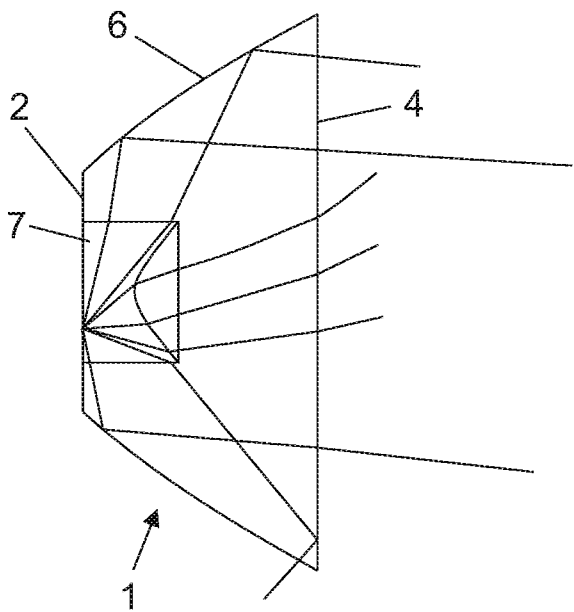


Fig. 8a

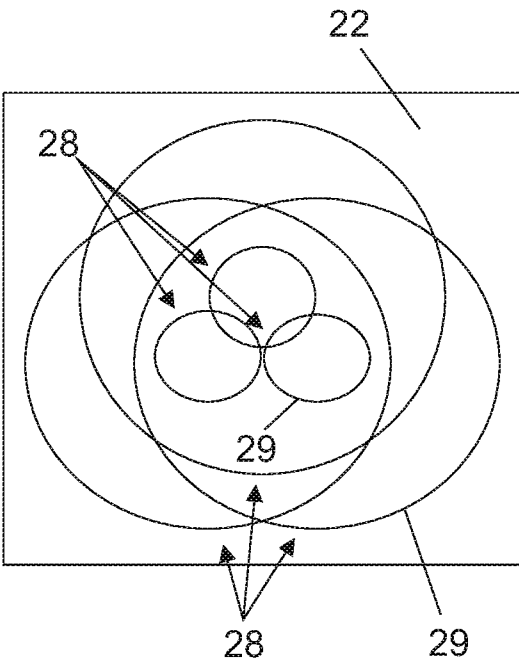
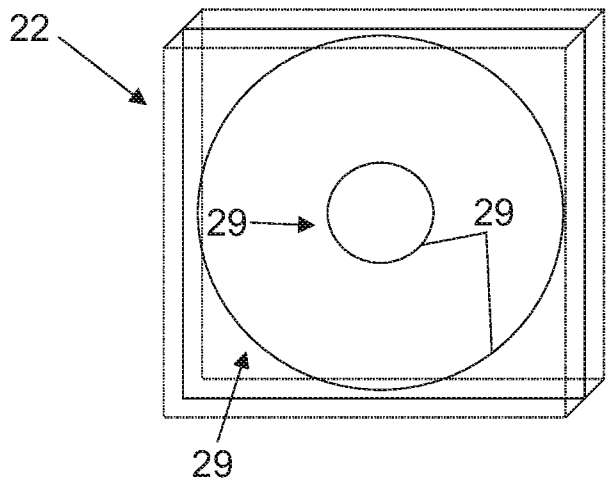


Fig. 8b



Geänderte Patentansprüche:

1. Totalreflexionslinse (1) umfassend eine erste Deckfläche (2) mit einem ersten Durchmesser (3) und eine parallel zu der ersten Deckfläche (2) angeordnete zweite Deckfläche (4) mit einem zweiten Durchmesser (5), wobei der zweite Durchmesser (5) größer als der erste Durchmesser (3) ist, wobei die zwei Deckflächen (2, 4) über eine, insbesondere konvex gekrümmte, Mantelfläche (6) verbunden sind, wobei zwischen der ersten Deckfläche (2) und der zweiten Deckfläche (4) wenigstens eine an die erste Deckfläche (2) angrenzende und in Richtung der zweiten Deckfläche (4) weisende Aussparung (7) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Aussparung (7) zumindest sechs in Richtung der zweiten Deckfläche (4) weisende und voneinander gesonderte planare Grenzflächenabschnitte (8) zur Brechung von Licht in Richtung der Mantelfläche (6) aufweist.
2. Totalreflexionslinse (1) nach Anspruch 1, wobei die wenigstens eine Aussparung (7) mittig, vorzugsweise entlang einer Symmetrieachse oder einer optischen Achse (9) der Totalreflexionslinse (1), an der ersten Deckfläche (2) angeordnet ist und/oder zwischen den beiden Deckflächen (2, 4) endet, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass eine Längserstreckung (10) der wenigstens einen Aussparung (7) kleiner als ein Drittel, besonders bevorzugt ein Fünftel, einer Längserstreckung (11) der Totalreflexionslinse (1) ist.
3. Totalreflexionslinse (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei in einem Querschnitt (12) der Totalreflexionslinse (1) im Wesentlichen parallel zu der ersten Deckfläche (2) die zumindest zwei Grenzflächenabschnitte (8) eine Gerade (13) umfassen und/oder die wenigstens eine Aussparung (7) einen Streckenzug (14) umfasst.
4. Totalreflexionslinse (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Totalreflexionslinse (1) aus transparentem Material, vorzugsweise Glas (15) oder Kunststoff, besteht, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die Totalreflexionslinse (1) als Spritzgussteil ausgebildet ist.

5. Totalreflexionslinse (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Mantelfläche (6) eine Beschichtung (16), vorzugsweise CPC-Beschichtung, zur im Wesentlichen vollständigen Reflexion von Licht in einen Bereich innerhalb der Mantelfläche (6), vorzugsweise im Wesentlichen in Richtung der zweiten Deckfläche (4) und/oder im Wesentlichen orthogonal auf die zweite Deckfläche (4), umfasst.
6. Totalreflexionslinse (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Totalreflexionslinse (1), vorzugsweise die erste Deckfläche (2), die zweite Deckfläche (4) und/oder die zumindest zwei Grenzflächenabschnitte (8) der wenigstens einen Aussparung (7), einen Brechungsindex im Bereich von 1,4 und 1,8, vorzugsweise im Bereich von 1,45 und 1,6, aufweist.
7. Totalreflexionslinse (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei sich die wenigstens eine Aussparung (7) ausgehend von der ersten Deckfläche (2) in Richtung der zweiten Deckfläche (4) verjüngt, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die wenigstens eine Aussparung (7) als Pyramidenstumpf (17), besonders bevorzugt mit konvex gekrümmten und/oder ebenen Grenzflächenabschnitten (8), ausgebildet ist.
8. Totalreflexionslinse (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die wenigstens eine Aussparung (7) genau zwölf Grenzflächenabschnitte (8) umfasst und/oder die zumindest sechs Grenzflächenabschnitte (8) äquidistant und/oder entlang eines gedachten Kreises (18) an der wenigstens einen Aussparung (7) angeordnet sind.
9. Totalreflexionslinse (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die erste Deckfläche (2) eben ausgebildet ist und/oder die zweite Deckfläche (4) eine Fresnellinse umfasst und/oder asphärisch oder sphärisch zur Kollimation von Licht von der Mantelfläche (6) im Wesentlichen orthogonal auf die erste Deckfläche (2) ausgebildet ist, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass in Verlängerung der wenigstens einen Aussparung (7) eine, besonders bevorzugt

stoffschlüssig mit der zweiten Deckfläche (4) verbundene, asphärische Linse (19), besonders bevorzugt mit einem kleineren Linsendurchmesser (40) als der zweite Durchmesser (5), an der zweiten Deckfläche (4) angeordnet ist.

10. Beleuchtungsoptik (20) umfassend zumindest zwei Lichtquellen (21), insbesondere Leuchtdioden, und wenigstens eine Totalreflexionslinse (1), umfassend eine erste Deckfläche (2) mit einem ersten Durchmesser (3) und eine parallel zu der ersten Deckfläche (2) angeordnete zweite Deckfläche (4) mit einem zweiten Durchmesser (5), wobei der zweite Durchmesser (5) größer als der erste Durchmesser (3) ist, wobei die zwei Deckflächen (2, 4) über eine, insbesondere konvex gekrümmte, Mantelfläche (6) verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der ersten Deckfläche (2) und der zweiten Deckfläche (4) wenigstens eine an die erste Deckfläche (2) angrenzende und in Richtung der zweiten Deckfläche (4) weisende Aussparung (7) angeordnet ist, wobei die wenigstens eine Aussparung (7) zumindest zwei in Richtung der zweiten Deckfläche (4) weisende und voneinander gesonderte Grenzflächenabschnitte (8) zur Brechung von Licht in Richtung der Mantelfläche (6) aufweist, zur Fokussierung von Licht der zumindest zwei Lichtquellen (21) auf einen den beiden Lichtquellen (21) gemeinsamen Abbildungsbereich (22).
11. Beleuchtungsoptik (20) nach Anspruch 10, wobei die zumindest zwei Lichtquellen (21) im Bereich der ersten Deckfläche (2) außerhalb der wenigstens einen Totalreflexionslinse (1) angeordnet sind, sodass Licht der zumindest zwei Lichtquellen (21) über die wenigstens eine Aussparung (7) durch die zweite Deckfläche (4) transmittierbar ist, wobei die zumindest zwei Lichtquellen (21) in einer Ebene (23) parallel zu der ersten Deckfläche (2) mit einem seitlichen Versatz (36) um eine Symmetrieachse, vorzugsweise einer optischen Achse (9), der Totalreflexionslinse (1) angeordnet sind.
12. Beleuchtungsoptik (20) nach Anspruch 10 oder 11, wobei die zumindest zwei Lichtquellen (21) monochromatisch und/oder polychromatisch ausgebildet sind, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die zumindest zwei Lichtquellen (21) eine Steuereinrichtung (24) umfassen, mit welcher die zumindest zwei

Lichtquellen (21) alternierend, besonders bevorzugt zwischen 1 μs und 20 μs gepulst, mit Licht zumindest zweier disjunkten Wellenlängenbereiche betreibbar sind.

13. Beleuchtungsoptik (20) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei die zumindest zwei Lichtquellen (21) eine Primärlinse (25) zur Kollimation umfassen, welche gesondert von der wenigstens einen Totalreflexionslinse (1) ausgebildet ist.
14. Beleuchtungsoptik (20) nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei genau drei Lichtquellen (21) an einem Dreiecksraster (26) um eine Symmetrieachse, vorzugsweise einer optischen Achse (9), der Totalreflexionslinse (1) angeordnet sind.
15. Beleuchtungsoptik (20) nach einem der Ansprüche 10 bis 14, wobei die wenigstens eine Totalreflexionslinse (1), vorzugsweise die wenigstens eine Aussparung (7), und/oder die zumindest zwei Lichtquellen (21) derart ausgebildet und/oder aufeinander abgestimmt sind, um Licht der zumindest zwei Lichtquellen (21) über die wenigstens eine Totalreflexionslinse (1) in einem vorgebbaren und/oder vorgegebenen Abstand (27) von der wenigstens einen Totalreflexionslinse (1) mit einer im Wesentlichen
 - konzentrischen Wellenlängenverteilung (28) und/oder
 - rotationssymmetrischen Wellenlängenverteilung (28) und/oder
 - konzentrischen Intensitätsverteilung (29) und/oder
 - rotationssymmetrischen Intensitätsverteilung (29)zu fokussieren.
16. Anordnung (30) aus wenigstens einer Beleuchtungsoptik (20) nach einem der Ansprüche 10 bis 15 und wenigstens einem Sensor (31), insbesondere Photodiode, zur elektromagnetischen Detektion von an einem Objekt (32) reflektiertem Licht der wenigstens einen Beleuchtungsoptik (20).

17. Anordnung (30) nach Anspruch 16, wobei zumindest zwei Sensoren (31), vorzugsweise genau vier in Paaren angeordnete Sensoren (31), seitlich um die wenigstens eine Beleuchtungsoptik (20) angeordnet sind, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass wenigstens einer der zumindest zwei Sensoren (31) und/oder die zumindest zwei Sensoren (31) eine Empfängerlinse (33) und/oder einen Filter (34) umfassen.
18. Anordnung (30) nach Anspruch 16 oder 17, wobei eine Auswerteelektronik (35) vorgesehen ist, mit welcher von der wenigstens einen Beleuchtungsoptik (20), an einem Objekt (32) reflektiertes und durch den wenigstens einen Sensor (31) detektiertes Licht nach Wellenlängen und/oder nach Detektionsposition an dem wenigstens einen Sensor (31) differenzierbar ist.
19. Anordnung (30) nach Anspruch 18, wobei durch die Auswerteelektronik (35) ein Abbild eines Objektes (32) jeder Wellenlänge erstellt wird, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass ein Objektabbild über eine Vielzahl an Abbildern erstellt wird.
20. Anordnung (30) nach einem der Ansprüche 16 bis 19, wobei wenigstens ein, vorzugsweise durch eine Blende von dem wenigstens einen Sensor (31) getrennten, Streulichtsensor, vorzugsweise Photodiode, vorgesehen ist.
21. Verwendung einer Totalreflexionslinse (1), umfassend eine erste Deckfläche (2) mit einem ersten Durchmesser (3) und eine parallel zu der ersten Deckfläche (2) angeordnete zweite Deckfläche (4) mit einem zweiten Durchmesser (5), wobei der zweite Durchmesser (5) größer als der erste Durchmesser (3) ist, wobei die zwei Deckflächen (2, 4) über eine, insbesondere konvex gekrümmte, Mantelfläche (6) verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der ersten Deckfläche (2) und der zweiten Deckfläche (4) wenigstens eine an die erste Deckfläche (2) angrenzende und in Richtung der zweiten Deckfläche (4) weisende Aussparung (7) angeordnet ist, wobei die wenigstens eine Aussparung (7) zumindest zwei in Richtung der zweiten Deckfläche (4) weisende und voneinander gesonderte Grenzflächenabschnitte (8) zur Brechung von Licht in

Richtung der Mantelfläche (6) aufweist, einer Beleuchtungsoptik (20) nach einem der Ansprüche 10 bis 15 und/oder einer Anordnung (30) nach einem der Ansprüche 16 bis 20 zur Pflanzenerkennung und/oder Untergrunderkennung.

22. Verwendung einer Totalreflexionslinse (1), umfassend eine erste Deckfläche (2) mit einem ersten Durchmesser (3) und eine parallel zu der ersten Deckfläche (2) angeordnete zweite Deckfläche (4) mit einem zweiten Durchmesser (5), wobei der zweite Durchmesser (5) größer als der erste Durchmesser (3) ist, wobei die zwei Deckflächen (2, 4) über eine, insbesondere konvex gekrümmte, Mantelfläche (6) verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der ersten Deckfläche (2) und der zweiten Deckfläche (4) wenigstens eine an die erste Deckfläche (2) angrenzende und in Richtung der zweiten Deckfläche (4) weisende Aussparung (7) angeordnet ist, wobei die wenigstens eine Aussparung (7) zumindest zwei in Richtung der zweiten Deckfläche (4) weisende und voneinander gesonderte Grenzflächenabschnitte (8) zur Brechung von Licht in Richtung der Mantelfläche (6) aufweist, einer Beleuchtungsoptik (20) nach einem der Ansprüche 10 bis 15 und/oder einer Anordnung (30) nach einem der Ansprüche 16 bis 20 zur Tiererkennung, insbesondere in der Landwirtschaft.

Innsbruck, am 06. April 2022