

Verfahren zum Unterscheiden von Hintergrund und Vor-
dergrund einer Szenerie sowie Verfahren zum Ersetzen
eines Hintergrundes in Bildern einer Szenerie

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren, um
in durch eine elektronische Kamera aufgenommenen Bil-
dern oder Filmen einer Szenerie Hintergrund und Vor-
dergrund zu unterscheiden. Die Erfindung betrifft
außerdem ein Verfahren zum Ersetzen des Hintergrundes
10 in von einer Szenerie aufgenommenen Bildern oder Fil-
men unter Beibehaltung des Vordergrundes.

Zur Separation von durch eine Kamera aufgezeichneten
Objekten oder Personen, die voreinander in einer rea-
15 len Szene stehen und sich dadurch gegenseitig verde-
cken, existieren nach dem Stand der Technik verschie-
dene Verfahren. Das am weitesten verbreitete Verfah-
ren ist hierbei das seit langem eingesetzte Chroma-
Keying, bei dem der Hintergrund in der realen Szene
20 eine eindeutige Farbe hat, die bei den Vordergrundob-

jekten nicht auftritt. Durch eine einfache Farbanalyse des aufgezeichneten Bildes kann dieser Hintergrund dann detektiert und vom Vordergrund separiert werden. Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass in der realen Szene der Hintergrund in einer eindeutigen Farbe vorliegen muss, was in vielen Situationen nicht realisierbar ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Unterscheiden von Hintergrund und Vordergrund in durch eine elektronische Kamera aufgenommenen Bildern oder Filmen einer Szenerie anzugeben, das eine freie Gestaltbarkeit des Hintergrundes und des Vordergrundes erlaubt. Aufgabe ist es außerdem, ein Verfahren zum Ersetzen eines Hintergrundes in einem Bild oder Film einer Szenerie anzugeben, bei dem Hintergrund und Vordergrund frei gestaltbar sind.

Diese Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren zum Unterscheiden von Hintergrund und Vordergrund in durch eine elektronische Kamera aufgenommenen Bildern einer Szenerie nach Anspruch 1, das Verfahren zum Ersetzen eines Hintergrundes in einem Bild einer Szenerie nach Anspruch 28 und das elektronische Anzeigesystem nach Anspruch 29. Die abhängigen Ansprüche geben vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Verfahren an.

Erfindungsgemäß wird ein Verfahren bereitgestellt, mittels dem in durch eine elektronische Kamera aufgenommenen Bildern einer Szenerie Hintergrund und Vordergrund voneinander unterscheidbar sind. Dabei wird als Hintergrund ein kameraferner Teil der Szenerie angesehen und als Vordergrund der Kameranahe Teil der Szenerie. Die Szene ist die Gesamtheit der Objekte des Hintergrundes und des Vordergrundes. Sofern hier

von Bildern die Rede ist, können diese feste Bilder oder bevorzugt Frames eines Filmes sein. Dabei müssen weder Hintergrund noch Vordergrund das Bild voll ausfüllen und können auch nur in Teilen oder gar nicht im Bild erscheinen. Das erfindungsgemäße Verfahren ist auch auf Teilbereiche von Bildern anwendbar. So kann beispielsweise in Aufnahmen von Sportereignissen Bandenwerbung von davor stehenden Spielern unterschieden werden. Allgemein wird davon ausgegangen, dass der Vordergrund den Hintergrund aus Sicht der Kamera bereichsweise verdeckt.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann sowohl in stehenden Bildern als auch in Filmen der Szenerie ausgeführt werden, die mit einer elektronischen Kamera, also beispielsweise einer Kamera mit einem CCD- oder CMOS-Bildsensor aufgenommen werden. Grundsätzlich ist das Verfahren auch basierend auf durch analoge elektrische Kameras aufgenommenen Bildsignalen ausführbar, die Umsetzung mit digitalen Kameras ist jedoch bevorzugt.

Erfindungsgemäß kann der Hintergrund eine beliebige Abbildung zeigen. Diese kann z.B. eine Abbildung mit mehreren Farben und/oder mehreren Helligkeitsstufen sein. Insbesondere wird vorzugsweise eine monochrome und einheitlich helle Fläche nicht als Abbildung im Sinne dieser Schrift verstanden.

Das Bild des Hintergrundes wird nun mit einer Kodierung gezeigt, die für einen direkten menschlichen Betrachter der Szenerie die Erkennbarkeit der Abbildung erhält oder sogar für einen solchen Betrachter der Szenerie vollständig unsichtbar ist. Dass die Abbildung mit der Kodierung für einen direkten Betrachter der Szenerie erkennbar ist, bedeutet, dass diese Er-

kennbarkeit zumindest gegeben ist, wenn der Betrachter die Szenerie vor Ort unmittelbar betrachtet und vom Hintergrund einen hinreichenden Abstand hat, indem er den Inhalt der Abbildung aber noch erkennen kann. Die Kodierung des Bildes kann also eine Strukturierung der Abbildung bzw. des Hintergrundes umfassen, sofern diese so fein ist, dass ein Betrachter bei hinreichendem Abstand die Abbildung erkennt, ohne dass die Strukturierung dabei störend wirkt oder wahrnehmbar ist.

Von der Szenerie mit dem Hintergrund und der Kodierung sowie einem vor dem Hintergrund befindlichen Vordergrund wird nun mittels einer elektronischen Kamera ein Bild oder Film aufgenommen. Dabei erzeugt ein Bildsensor der Kamera, welcher die Bilder der Szenerie aufnimmt, ein Signal. In diesem Signal wird nun anhand der Kodierung der Hintergrund vom Vordergrund unterschieden. Dabei wird ausgenutzt, dass der Hintergrund die Kodierung aufweist, der Vordergrund jedoch nicht.

Da die Unterscheidung des Hintergrundes vom Vordergrund in dem Signal jenes Bildsensors, welcher die Bilder bzw. den Film der Szenerie für eine anschließende Darstellung bzw. Weiterverbreitung oder Sendung aufnimmt, vorgenommen wird, kann das Verfahren mit einer Kamera mit nur einem, nämlich dem die Bilder aufnehmenden Bildsensor, durchgeführt werden, ohne dass mehrere Bildsensoren erforderlich sind. Vorzugsweise wird daher das Verfahren mit genau einem Bildsensor durchgeführt. Erfindungsgemäß ist daher auch nur das genau eine Bildsignal dieses einen Bildsensors erforderlich.

In einigen Ausführungsformen kann es zur Erkennung

des Hintergrundes anhand der Kodierung erforderlichlich
sein, das von der Kamera bzw. dem Bildsensor aufzu-
nehmende Bild geeignet zu modifizieren. Es ist dann
bevorzugt, wenn das aufgenommene Bild der Szenerie
zur Speicherung, Weiterverarbeitung oder Weiterver-
breitung so modifiziert wird, dass die Modifikation
vor Aufnehmen des Bildes gerade rückgängig gemacht
wird, so dass zumindest der Vordergrund im letztlich
erzeugten Bild unverfälscht erscheint, so wie er in
einem nicht modifizierten Bild erscheinen würde.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung
kann die Kodierung der Abbildung bzw. des Hintergrun-
des umfassen, dass der Hintergrund periodisch abwech-
selnd unterschiedliche Anteile der Abbildung zeigt,
wobei die Anteile je einer Periode die vollständige
Abbildung zusammensetzen. Die Periodendauer, d.h. die
Zeit, innerhalb der alle Anteile der Abbildung einmal
gezeigt werden, wird dabei so kurz gewählt, dass für
einen direkten Betrachter der Szenerie selbst die
vollständige Abbildung erkennbar ist. Es wird nun ei-
ne Belichtungszeit der Kamera mit der Anzeige der An-
teile so synchronisiert, dass die Kamera stets nur
einen Anteil der Abbildung aufnimmt, der so gewählt
ist, dass er eine Unterscheidung des Vordergrundes
vom Hintergrund mittels eines Keying-Verfahrens, vor-
zugsweise mittels farbbasiertem Keying, wie z.B.
Chroma-Keying, erlaubt. Ist m die Anzahl der Anteile,
in welche die Abbildung unterteilt wird, so ist, wenn
die Kamera von jeder Periode gerade einen Anteil auf-
nimmt, vorteilhafterweise die Frequenz, mit der die
Anteile beim Zeigen gewechselt werden, das m -fache
der Belichtungsfrequenz der Kamera.

Beim Zeigen derartiger Anteile kann sich im Laufe zu-
mindest ein die Darstellung der Abbildung beeinflus-

sender Abbildungsparameter im Laufe einer Periode ändern. Unter einem Abbildungsparameter kann z.B. ein Wert oder eine Gruppe von Werten von Gewichtungsfaktoren bzw. Skalierungsfaktoren verstanden werden, die zur Steuerung der Farbkanäle, des Kontrasts, der Helligkeit und/oder der Sättigung einzelner Pixel, Gruppen von Pixeln (Muster) oder der kompletten Abbildung geeignet sind.

Zum Keying liefert der während der Belichtung der Kamera aufgenommene Anteil des Hintergrundes eine Maske, die eine Unterscheidung des Hintergrundes vom Vordergrund erlaubt. So kann beispielsweise der belichtete Anteil einen bestimmten Farbanteil der Abbildung des Hintergrundes verstärkt oder ausschließlich darstellen, wobei dieser Farbanteil vorzugsweise so gewählt wird, dass er im Vordergrund nicht oder nur schwach vorhanden ist. In diesem Fall kann der Vordergrund vom Hintergrund beispielsweise mittels farbbasiertem Keying, insbesondere Chroma-Keying, unterschieden werden.

Erfindungsgemäß soll in allen Ausführungsformen der Erfindung jedes Verfahren als Keying-Verfahren verstanden werden, das die Erstellung einer Maske ermöglicht, mittels derer der Hintergrund vom Vordergrund unterschieden werden kann. Allgemein beschreibt „keying“ einen Prozess, Bestandteile in einem Bild oder Video zu erkennen. Die Bestandteile können dabei erkannt bzw. herausgefiltert werden (Bildanalyse) und eventuell durch andere Bildquellen ersetzt werden (Bildkomposition). In der Bildanalyse werden bestimmte Merkmale oder Kodierungen im Bild erkannt und daraus eine Maske generiert, welche den zu erkennenden Bildbestandteilen entspricht. Die Maske kann bei der Bildkomposition als Vorlage dienen. Die Berechnung

der Maske aufgrund der Eigenschaft bzw. der Kodierung muss nicht notwendig vollständig sein und kann durch weitere Verfahren ergänzt werden. Hierunter fallen z.B. Bildanalyseverfahren wie den optischen Fluss, Bildsegmentierung nach Farbe, Kanten o.ä. oder Heuristiken (d.h. Vorannahmen über die Objekte in der Szene). Insbesondere können Informationen aus einem Kameratracking abgeleitet werden, mit deren Hilfe der Blickwinkel der Kamera in der Szene bekannt ist so dass Ort und Größe des Hintergrundes oder auch des Vordergrundes im Bild vorbestimmt werden können.

Allgemein wird daher dem Hintergrund als Kodierung eine Eigenschaft hinzugefügt, die im Vordergrund nicht auftritt oder nur dergestalt schwächer auftritt, dass in einer auf dieser Eigenschaft basierenden Maske der Hintergrund vom Vordergrund unterscheidbar ist.

In der vorstehend beschriebenen Ausführungsform stellt der zur Belichtung herangezogene Anteil die zum Keying verwendete Maske zur Verfügung. Der oder die anderen Anteile einer Periode ergänzen das Bild zum für einen direkten Betrachter der Szenerie vollständigen Bild. Während des Zeigens dieser anderen Anteile belichtet die Kamera vorzugsweise nicht.

Beispielsweise kann der während der Belichtung gezeigte Anteil einen bestimmten Farbanteil der Abbildung verstärkt oder reduziert darstellen, so dass mittels dieses Farbanteils der Vordergrund vom Hintergrund unterschieden werden kann. Der belichtete Anteil zeigt dabei diesen Farbanteil dann erhöht, wenn der Vordergrund ihn erniedrigt zeigt, oder erniedrigt, wenn der Vordergrund ihn erhöht zeigt. Der oder die anderen Anteile, die der Hintergrund in ei-

ner Periode zeigt, können dann die ergänzenden Farb-
anteile entsprechend erniedrigt oder erhöht zeigen,
so dass der unmittelbare Betrachter der Szenerie die
eigentlichen Farben der Abbildung wahrnimmt.

5

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung
kann die Abbildung des Hintergrundes in jeweils genau
zwei Anteile aufgeteilt werden, die mit einer be-
stimmten Frequenz abwechselnd gezeigt werden. Die Ka-
10 mera kann dann synchron mit der halben Frequenz des
Wechsels aufzeichnen. Es werden also immer zwei An-
teile der Abbildung während eines Taktes der Kamera
gezeigt. Die Frequenz, mit der der gezeigte Anteil
gewechselt wird, ist hier also doppelt so hoch wie
15 die Belichtungsfrequenz der Kamera.

In einer anderen beispielhaften Realsierung der vor-
stehend beschriebenen Ausführungsform können die Far-
ben in drei Bestandteile aufgeteilt werden und nur
20 ein Drittel belichtet werden. Die Kamera belichtet
also nur einen der drei Bestandteile. In diesem Fall
würde die Frequenz, mit welcher der Anteil gewechselt
wird, drei mal so hoch wie die Belichtungsfrequenz
der Kamera gewählt.

25

Eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Ver-
fahrens sieht vor, dass die Kodierung der Abbildung
bzw. des Hintergrundes umfasst, dass der Hintergrund
zeitlich abwechselnd Muster zeigt, die sich innerhalb
30 einer Periode zur vollständigen Abbildung ergänzen.
Anhand des periodisch abwechselnden Musters kann im
Signal des Bildsensors der Hintergrund vom Vorder-
grund unterschieden werden.

35

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung
kann im Signal des Bildsensors hierbei eine Musterer-

kennung, beispielsweise auf Basis einer Fourier-Transformation und/oder -Filterung, durchgeführt werden. Dadurch kann der Hintergrund anhand der Frequenz, mit der die Muster abwechselnd gezeigt werden, vom Vordergrund unterschieden werden. In einer Fourier-Transformation zeigen die Hintergrundbereiche hier einen Anteil der wechselnden Frequenz, den der Vordergrund nicht zeigt.

Das Muster, das der Hintergrund zeigt, kann vorteilhaft in einer Abtastrichtung des Bildsensors periodisch sein und kann insbesondere beispielsweise ein Schachbrettmuster sein. Die einzelnen Bereiche des Musters, also beispielsweise die Quadrate des Schachbrettmusters, können zwischen hell und dunkel wie auch zwischen verschiedenen Farbanteilen oszillieren.

Zur Erzeugung des oszillierenden Musters kann u.a. der Hintergrund selbstleuchtend sein, beispielsweise ein LED-Display, oder es kann auch vor der Abbildung des Hintergrundes ein ansteuerbarer Filter entsprechend dem Muster angeordnet sein, der periodisch abwechselnd unterschiedliche Teile des Bildes sperrt.

Im Falle eines Schachbrettmusters kann das oszillierende Muster abwechselnd in das Schachbrettmuster und das hierzu inverse Schachbrettmuster zeigen.

Bevorzugterweise ist das Muster binär, wird also zwischen genau zwei Zuständen umgeschaltet. Ein gegebener Bereich des Musters lässt in einem Zustand Licht der Abbildung vollständig durch oder leuchtet mit maximaler Helligkeit und schwächt im anderen Zustand das Licht der Abbildung ab oder leuchtet mit verminderter Helligkeit. Das Abschwächen kann auch ein vollständiges Abschwächen oder vollständige Dunkel-

heit sein.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann die Kodierung der Abbildung bzw. des Hintergrundes umfassen, dass die Abbildung in Form von Farbpunkten auf einem Untergrund gerastert dargestellt wird. Dabei setzen die Farbpunkte zusammen mit dem sie umgebenden Untergrund die Farbe der Abbildung am Ort des Farbpunktes zusammen. Es ist dabei auch möglich, dass der Untergrund der Abbildung schwarz ist, so dass die Farbe der Abbildung gerade durch die Farbe der Farbpunkte gegeben ist.

Es wird nun vor dem Bildsensor bzw. vor der Kamera ein Farbfilter angeordnet, der gerade die Farben der Farbpunkte abschwächt oder herausfiltert und gegebenenfalls die Farben des Hintergrundes ungeschwächt passieren lässt. Da in der Praxis der Hintergrund nicht vollständig schwarz ist, lässt der Farbfilter auch bei einem schwarzen Hintergrund jene Farben unabgeschwächt durch, die nicht die Farben der Farbpunkte sind.

Durch den Filter liegt in dem vom Bildsensor aufgenommenen Bild die Farbe des Untergrundes der Abbildung verstärkt gegenüber den Farben der Farbpunkte vor. Wird nun, wie in allen farbbasierten Ausführungsformen der Erfindung, für den Untergrund eine Farbe gewählt, die im Vordergrund nur schwach oder gar nicht vorhanden ist, so kann der Hintergrund vom Vordergrund mittels farbbasiertem Keying unterschieden werden. Es ist auch möglich, den Farbfilter so zu wählen, dass sich alle Farben der Szenerie mit Ausnahme jener der Farbpunkte aus den vom Farbfilter durchgelassenen Farben zusammensetzen lassen.

Um den Vordergrund im letztlich erzeugten Bild ohne farbliche Abweichung darzustellen, kann der Effekt des Farbfilters vor dem Bildsensor herausgerechnet werden.

5

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform kann der Farbfilter vor dem Bildsensor ein Spektralfilter, insbesondere ein Interferenzfilter sein, der bestimmte Bereiche des sichtbaren Spektrums, die über den gesamten sichtbaren Bereich verteilt sind, herausfiltert. Es kann dann vor den Farbpunkten jeweils ein zum Filter vor der Kamera komplementärer Spektralfilter bzw. Interferenzfilter angeordnet sein, der seinerseits gleichmäßig über das sichtbare Spektrum verteilte Farben so durchlässt, dass sich aus diesen alle Farben darstellen lassen, die zur Darstellung der Abbildung erforderlich sind. Dass die Farbfilter der Farbpunkte und der Kamera komplementär sind, bedeutet hier, dass sie innerhalb des sichtbaren Bereiches unterschiedliche, sich im Wesentlichen nicht überlappende Bereiche des sichtbaren Spektrums durchlassen. Anstelle von Interferenzfiltern können auch beispielsweise Notchfilter eingesetzt werden.

25

Aufgrund der Farbpunkte stellt der Hintergrund die Abbildung gerastert dar. Die Auflösung des Rasters wird dabei vorzugsweise so gewählt, dass ein Betrachter der Szenerie ab einem bestimmten Abstand die Abbildung erkennt.

30

Die Farbpunkte des Hintergrundes können reflektierend oder selbstleuchtend ausgestaltet sein. Selbstleuchtende Farbpunkte können beispielsweise mittels Glühlampen oder Leuchtdioden (LEDs) realisiert sein. Da Leuchtdioden mit sehr monochromem Licht realisiert werden können, ist es möglich, die Farbpunkte des

35

Hintergrundes aus Leuchtdioden zusammenzusetzen und mittels eines Filters vor dem Bildsensor bzw. der Kamera, beispielsweise eines Interferenzfilters, gerade die von den Leuchtdioden ausgesandten Frequenzen herauszufiltern oder abzuschwächen. Werden von dem Filter vor der Kamera die nicht durch die Leuchtdioden ausgesandten Frequenzen unabgeschwächt durchgelassen, so kann aus diesen Farben der Untergrund der Abbildung sowie der Vordergrund dargestellt werden.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann die Kodierung der Abbildung umfassen, dass der Hintergrund nur Farben ausgewählt aus zumindest einem, vorzugsweise zumindest zwei voneinander im Spektrum beabstandeter Bereiche des sichtbaren Spektrums abstrahlt oder reflektiert. Vor dem Bildsensor bzw. der Kamera wird nun ein Farbfilter angeordnet, den das von der Szenerie ausgehende Licht vor dem Auftreffen auf den Bildsensor durchläuft. Dieser wird so gewählt, dass er jene Bereiche des sichtbaren Spektrums, aus denen die Farben der Abbildung ausgewählt sind, abschwächt, aber zwischen diesen Bereichen liegende Bereiche des sichtbaren Spektrums ungeschwächt durchlässt. Auf diese Weise liegt auf dem Bildsensor der Hintergrund abgeschwächt oder dunkel vor, während der Vordergrund aus jenen Farben zusammengesetzt erscheint, die vom Farbfilter durchgelassen werden. Werden die herausgefilterten Bereiche bzw. die durchgelassenen Bereiche des Spektrums geeignet gewählt, können hierdurch alle Farben des Vordergrundes dargestellt werden. Insbesondere kann auch die Wahl der durchgelassenen Bereiche auf jene im Vordergrund vorkommenden Farben angepasst werden.

Im vom Bildsensor aufgenommenen Bild wird nun der Vordergrund vom Hintergrund mittels Keying auf die

abgeschwächten Bereiche unterschieden. Die Abschwächung erzeugt also in diesem Fall die Keying-Maske. Ist die Abschwächung durch den Filter vor dem Bildsensor nicht vollständig, so können, sofern notwendig, die abgeschwächten Bereiche, insbesondere der Vordergrund, zur Darstellung des endgültigen Bildes rechnerisch rekonstruiert werden.

Vorteilhafterweise kann die Kodierung des Hintergrundes in diesem Fall dadurch erreicht werden, dass ein entsprechender Farbfilter, also beispielsweise ein Interferenzfilter, vor dem Hintergrund und hinter dem Vordergrund, also zwischen Hintergrund und Vordergrund, angeordnet wird. Auf diese Weise durchläuft das vom Hintergrund ausgehende Licht diesen Farbfilter, so dass vom Hintergrund aus im Wesentlichen nur solches Licht auf den Farbfilter vor der Kamera trifft, das durch den Filter zwischen Hintergrund und Vordergrund herausgefiltert wird. Farbbestandteile, die vom Filter vor der Kamera nicht herausgefiltert bzw. abgeschwächt werden, gehen dabei also nur vom Vordergrund aus.

In einer weiteren möglichen Ausgestaltung der Erfindung kann die Kodierung des Hintergrunds umfassen, dass der Hintergrund elektromagnetische Strahlung zumindest eines nicht sichtbaren Spektralbereiches ausstrahlt. Es kann nun vor dem Bildsensor bzw. vor der Kamera eine Umwandlungsvorrichtung angeordnet sein. Diese kann flächig ausgestaltet sein, mit einer im Wesentlichen parallel zum Bildsensor und/oder parallel zur Lichteintrittsfläche der Kamera orientierten Fläche.

Die Umwandlungsvorrichtung weist nun einerseits Bereiche auf, an denen das sichtbare Licht die Vorrich-

tung ungehindert passieren kann. In anderen Bereichen weist die Vorrichtung Elemente auf, die eine Umwandlung der nicht sichtbaren Strahlung in sichtbares Licht bewirken und das umgewandelte Licht in den Strahlengang des vom Hintergrund ausgehenden Lichtes einfügen. Die Einfügung in den Strahlengang kann beispielsweise mittels einer oder mehrerer geeigneter Linsen erfolgen, die das Lichtumwandelnde Element so in den Strahlengang der Kameraoptik einfügen, dass es für die Kamera als Teil des Hintergrundes erscheint. Vorteilhafterweise ist jedem Licht-umwandelnden Element eine eigene derartige Linse zugeordnet.

Bevorzugterweise sind die umwandelnden Elemente auf der Fläche der Umwandlungsvorrichtung gerastert angeordnet. Sie liegen also auf dieser Fläche in äquidistanten Abständen vor. Zwischen den Umwandlungselementen kann das sichtbare Licht die Vorrichtung passieren.

Die unsichtbare elektromagnetische Strahlung kann UV-Strahlung oder Infrarot-Strahlung sein.

Die Umwandlungsvorrichtung erzeugt in dem vom Bildsensor aufgenommenen Bild eine Maske, mittels derer der Hintergrund über ein Keying-Verfahren vom Vordergrund, der die entsprechende unsichtbare Strahlung nicht oder in geringerem Maße aussendet, unterschieden wird. Vorteilhafterweise überführt die Umwandlungsvorrichtung das nicht sichtbare Licht in eine Farbe, die im Vordergrund nicht oder nur in geringerem Maße vorkommt.

Als Licht-umwandelnde Elemente kommen Punkte fluoreszierenden oder phosphoreszierenden Materials in Frage. Wiederum ist jedem der Punkte vorzugsweise eine

Vorrichtung zur Integration des entsprechenden Punktes in den Hintergrund im Strahlengang der Kamera vorgesehen. Die Wandlung des Lichtes durch die fluoreszierenden oder phosphoreszierenden Materialien erzeugt hier ein nicht gerichtetes, sichtbares Licht einer bestimmten Farbe. Deshalb werden vorzugsweise nachgelagerte und im Filter integrierte Linsen eingesetzt, um dieses Streulicht entsprechend dem optischen Gang zu bündeln. Unterstützend können hier noch Barrieren im Filter verwendet werden, welche die Funktion der Linsen entsprechend ergänzen. Dabei können die Barrieren den Teil des Streulichts absorbieren oder reflektieren, welcher aufgrund seiner Richtung durch die Linsen nicht in den Strahlengang der Kamera gebündelt werden kann, weil es beispielsweise quer zum Strahlengang verläuft. Für Streulicht entgegen dem Strahlengang kann die Barriere halbspiegelnd sein (d.h. die eintreffende unsichtbare elektromagnetische Strahlung wird durchgelassen, das durch die Materialien umgewandelte Streulicht in umgekehrter Richtung wird dagegen reflektiert und damit wieder in den Strahlengang zurückgeworfen).

In einer weiteren möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann die Kodierung der Abbildung umfassen, dass der Hintergrund bzw. die Abbildung polarisiertes Licht nur einer bestimmten Polarisationsrichtung oder Polarisationsdrehrichtung abstrahlt und/oder reflektiert. Hier kann lineare Polarisation oder zirkulare Polarisation ausgenutzt werden. Es wird nun vor der Kamera bzw. dem Bildsensor ein Farbfilter und ein Polarisationsfilter angeordnet, welchen das von der Szenerie ausgehende Licht durchläuft, bevor es auf den Bildsensor trifft. Bevorzugterweise ist dabei der Farbfilter vor dem Polarisationsfilter angeordnet, so dass also von der Szene-

rie ausgehendes Licht zunächst den Farbfilter und dann den Polarisationsfilter durchläuft, bevor es auf den Bildsensor trifft. Der Farbfilter kann bevorzugt eine Farbkomponente abschwächen oder anheben bzw. verstärken.

Der Polarisationsfilter vor dem Bildsensor ist dabei nun so ausgerichtet, dass er Licht jener Polarisation, die von der Abbildung abgestrahlt oder reflektiert wird, herausfiltert. Dadurch kann im durch den Bildsensor erzeugten Bild der Hintergrund vom Vordergrund mittels Keying auf die dunklen Bildanteile erfolgen, die keinen Farbstich des Farbfilters aufweisen. Die dunklen Bildanteile, die keinen Farbstich des Farbfilters aufweisen, dienen daher als Maske für das Keying.

Es sei darauf hingewiesen, dass der Farbfilter hier vorzugsweise die entsprechende Farbkomponente nur abschwächt, jedoch nicht vollständig herausfiltert. Auf diese Weise lassen sich jene schwarzen Bereiche, die dadurch entstehen, dass der Polarisationsfilter polarisiertes Licht des Hintergrundes herausfiltert, von eventuellen schwarzen Bereichen des Vordergrundes dadurch unterscheiden, dass letztere ein helleres Schwarz aufweisen, das den Farbstich des Farbfilters aufweist. Das aufgenommene Schwarz ist in natürlichen Szenen nicht vollständig dunkel sondern eher ein dunkles Grau. Auch die Objekte erhalten somit durch den Farbfilter einen nicht wahrnehmbaren, aber messbaren Farbton. Das durch den Polarisationsfilter reduzierte Licht ist hingegen unabhängig von der Farbe weitestgehend absorbiert.

In einer weiteren möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung umfasst die Kodierung der Abbildung

bzw. des Hintergrundes, dass der Hintergrund elektromagnetische Strahlung zumindest eines nicht sichtbaren Spektralbereichs, wie UV- oder Infrarot, ausstrahlt. Es wird nun vor dem Bildsensor eine Umwandlungsvorrichtung angeordnet, welche von der Szenerie ausgehendes Licht durchläuft, bevor es auf den Bildsensor trifft. Diese Umwandlungsvorrichtung wandelt die nicht sichtbare elektromagnetische Strahlung, die von der Szenerie ausgeht, in sichtbares Licht um und blendet diese aus Sicht des Bildsensors in die Szenerie ein.

Vorteilhafterweise weist die Umwandlungsvorrichtung einen Strahlteiler auf, den das Licht vor Auftreffen auf den Bildsensor durchläuft und der die nicht sichtbare Strahlung zumindest zum Teil auf einen Wandler umlenkt, der die nicht sichtbare Strahlung detektiert und ein entsprechendes Muster sichtbaren Lichts erzeugt, das gerade dem Hintergrund entspricht. Dieses sichtbare Licht kann beispielsweise über einen halbdurchlässigen Spiegel in den Strahlengang zum Bildsensor eingeblendet werden, so dass der Bildsensor die Szenerie durch den halbdurchlässigen Spiegel und den Strahlteiler hindurch sieht. Es wird also in dieser Ausführungsform über den Strahlteiler zunächst die nicht sichtbare Strahlung zumindest zum Teil aus dem Strahlengang abgelenkt und über den halbdurchlässigen Spiegel ein dem Hintergrund entsprechendes Bild eingeblendet.

Der Wandler kann einen Bildsensor sowie eine abbildende Optik aufweisen, über welche ein Bild des Hintergrunds aus der nicht sichtbaren Strahlung auf dem Bildsensor erzeugt wird. Die Umwandlungsvorrichtung kann die entsprechende sichtbare Strahlung dann beispielsweise mittels eines Bilddisplays erzeugen, des-

sen Bild wie beschrieben in den Strahlengang der Kamera eingeblendet wird. Das eingeblendete Bild des Displays bildet im vom Bildsensor der Kamera erzeugten Bild einen zusätzlichen Farbton oder ein Muster im Bereich des Hintergrundes. Das anschließende Keying erzeugt hieraus eine Maske mittels derer der Hintergrund vom Vordergrund unterschieden werden kann.

In allen Ausführungsformen bedeutet, dass ein Element vor der Kamera oder vor dem Bildsensor angeordnet sei, dass es zwischen dem Bildsensor und dem Vordergrund der Szenerie angeordnet ist. Es kann dabei vor der Kameraoptik, in der Kameraoptik oder zwischen der Kameraoptik und dem Bildsensor untergebracht sein. Dass ein Filter vor dem Hintergrund angeordnet sei, bedeutet, dass er zwischen der Abbildung bzw. dem Hintergrund einerseits und dem Vordergrund andererseits angeordnet ist.

In allen Ausführungsformen der Erfindung, wo periodisch wechselnde Anteile des Hintergrundes oder einer Abbildung des Hintergrundes gezeigt werden, ist die Wechselfrequenz bevorzugt größer als die maximal wahrnehmbare Wechselfrequenz von 25 Hz, oberhalb derer die wechselnd gezeigten Anteile für einen Betrachter als eine aus den Anteilen zusammengesetzte Abbildung wahrgenommen werden. Bevorzugt ist die Wechselfrequenz größer oder gleich 50 Hz.

Im Folgenden soll die Erfindung anhand einiger Figuren beispielhaft erläutert werden. Gleiche Bezugszeichen entsprechen dabei gleichen oder entsprechenden Merkmalen. Die in den Beispielen gezeigten Merkmale können auch unter den verschiedenen Beispielen kombiniert werden und unabhängig vom konkreten Beispiel

realisiert sein.

Es zeigt

- 5 Figur 1 einen Aufbau zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- 10 Figur 2 einen Aufbau zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- 15 Figur 3 einen Aufbau zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- 20 Figur 4 einen Aufbau zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Figur 5 einen Aufbau zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- 25 Figur 6 einen Aufbau zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- 30 Figur 7 einen Aufbau zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
 und
- 35 Figur 8 zwei Spektren zweier zueinander komplementärer Interferenzfilter als schematische

Darstellung.

Figur 1 zeigt eine Einrichtung zur Durchführung des
erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer ersten Aus-
führungsform der Erfindung. Eine Szenerie mit einem
Vordergrund 2 und einem Hintergrund 3 wird mittels
einer Kamera 1 gefilmt. Die Kamera 1 weist einen
nicht gezeigten Bildsensor auf, der ein Bildsignal 4
erzeugt, das einer Vorrichtung zur Bildanalyse
und/oder Bildbearbeitung 5 zugeführt wird. Die Kamera
1 kann beispielsweise eine abbildende Optik 1a und
ein Kameragehäuse 1b aufweisen, in welchem der Bild-
sensor angeordnet ist.

Der Vordergrund 2 ist im gezeigten Beispiel ein ein-
facher Würfel. In allen Ausführungsformen ist das er-
findungsgemäße Verfahren jedoch mit beliebigen Vor-
dergründen 2 durchführbar, insbesondere beispielswei-
se mit Sportlern eines Sportereignisses. Der Hinter-
grund 3 kann ebenfalls beliebig sein, soweit er eine
Kodierung zulässt, wie sie zur Durchführung der Er-
findung erforderlich ist. Beispielsweise kann der
Hintergrund eine Studiokulisse oder eine Bandenwer-
bung in einem Stadion sein.

Im in Figur 1 gezeigten Beispiel zeigt der Hinter-
grund 3 eine Abbildung. Dabei werden periodisch ab-
wechselnd unterschiedliche Anteile der Abbildung dar-
gestellt, wobei die Anteile je einer Periode die
vollständige Abbildung zusammensetzen. Die Anzeige
der Anteile der Abbildung zu Zeiten $t_1, t_2, t_3, \dots, t_8, \dots$
wird nun so mit der Belichtung der Kamera syn-
chronisiert, dass die Kamera in zumindest einer Peri-
ode, vorzugsweise in jeder Periode, nur einen be-
stimmten der Anteile $t_1, t_3, t_5, \dots$ aufnimmt, welcher
so gewählt ist, dass er eine Unterscheidung von Vor-

dergrund und Hintergrund im Bildsignal mittels Keying erlaubt. Das Keying kann beispielsweise farbbasiertes Keying, bevorzugt Chroma-Keying, sein. Die Analyse-
5 vorrichtung 5 unterscheidet dann in den vom Bildsensor der Kamera 1 aufgenommenen Bildern 4 den Hintergrund vom Vordergrund.

Im gezeigten Beispiel kann das Bild des Hintergrundes beispielsweise in zwei Bilder aufgeteilt sein, wobei
10 das erste Bild einen wählbar reduzierten Farbanteil aus dem Originalbild des Hintergrundes und das zweite Bild die ergänzenden Farben enthält, so dass in der Kombination der beiden Bilder das Originalbild entsteht. Beide Bilder können dann abwechselnd in einer
15 so hohen Frequenz gezeigt werden, dass sie für einen Betrachter einzeln nicht mehr wahrnehmbar sind (z.B. 100 Hz). Die aufzeichnende Kamera 1 kann dann synchron mit der halben Frequenz (z.B. 50 Hz) arbeiten und mit verkürzter Belichtungszeit (z.B. 1/100 Sek.),
20 so dass von ihr nur das erste der beiden Bilder mit dem gewählten Farbanteil aufgezeichnet wird. Das Verfahren lässt sich hier auch passiv mit einem reflektierenden Hintergrund realisieren. Hierzu kann vor dem Hintergrund ein ansteuerbarer LCD-Farbfilter angeordnet sein, der jeweils den entsprechenden Anteil
25 der Abbildung durchlässt. Im aktiven Fall, in dem der Hintergrund selbstleuchtend ist (beispielsweise als LED-Display), kann der Hintergrund gezielt angesteuert werden, um entsprechend die Anteile der Abbildung zu zeigen.
30

Figur 2 zeigt eine weitere vorteilhafte Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Hierbei zeigt der Hintergrund zur Kodierung Muster
35 periodisch abwechselnd, die sich innerhalb einer Periode zur vollständigen Abbildung ergänzen. Betracht-

tet man also alle Muster einer Periode zusammen, so ergibt sich die vollständige Abbildung.

5 Die Szenerie aus Hintergrund 3 und Vordergrund 2 wird von dem Bildsensor der Kamera 1 aufgenommen und das Bildsignal 4 mittels einer Analysevorrichtung 5 analysiert. Im durch den Bildsensor aufgenommenen Bild kann nun der Hintergrund 3 vom Vordergrund 2 anhand des periodisch wechselnden Musters unterschieden werden.
10 Hierzu kann beispielsweise in dem Signal 4 des Bildsensors eine Fourier-Transformation durchgeführt werden und der Hintergrund 3 anhand der Frequenz des abwechselnden Zeigens der Muster vom Vordergrund 2 unterschieden werden. Der Bildsensor kann hierbei
15 z.B. zeilenweise gescannt werden und die Analyse direkt in dem Scann-Signal durchgeführt werden. Das periodisch wechselnde Muster erzeugt in der Fourier-Transformation einen Frequenzanteil mit der Wechsel-
frequenz dort, wo der Hintergrund abgebildet wird.

20 Die Analyse kann sowohl über die Zeit mittels Analyse aufeinander folgender Bilder als auch innerhalb eines Bildes erfolgen. Es kann dadurch nach dem entsprechenden Muster in der Bildanalyse der Kamera 1 gesucht werden. Die Analyse kann durch Informationen aus einem Kameratracking unterstützt werden. Z.B. können Informationen aus dem Kameratracking bei der Bestimmung der Mustergröße helfen.

30 Verschiedene Muster sind möglich. Im gezeigten Fall zeigt der Hintergrund 3 ein Schachbrettmuster mit abwechselnd schwarzen Quadraten und Quadraten, die den Ausschnitt aus der Abbildung am Ort des entsprechenden Quadrates zeigen. Es wird abwechselnd das Schachbrettmuster und das hierzu komplementäre Schachbrettmuster gezeigt, bei welchem gegenüber dem eigentli-

35

chen Schachbrettmuster die schwarzen und die Abbildung zeigenden Quadrate ausgetauscht sind.

5 Die Frequenz der Oszillation ist so hoch gewählt, dass sie vom Betrachter nicht wahrgenommen werden kann (z.B. 50 Hz). Die Frequenz kann auch mit der Bildfrequenz der Kamera gekoppelt werden.

10 Das Muster des Hintergrundes kann passiv, beispielsweise durch einen ansteuerbaren Filter, wie einen LCD-Filter, erzeugt werden. Es kann auch aktiv als selbstleuchtender Hintergrund, beispielsweise als LED-Display, ausgestaltet sein.

15 Figur 3 zeigt eine weitere mögliche Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Zur Kodierung wird hier die Abbildung mittels Farbpunkten 6 auf einem Untergrund 7 dargestellt. Bevorzugt sind die Farbpunkte 6 auf dem Untergrund 7 gerastert angeordnet. Die Farbpunkte 6 stellen jeweils zusammen mit dem sie umgebenden Untergrund die Farbe der Abbildung am entsprechenden Ort dar. Der Untergrund kann auch schwarz sein, so dass der vollständige Beitrag zur Farbe der Abbildung von den Farbpunkten geliefert wird. Es ist nun vor dem Bildsensor der Kamera 1, bevorzugt vor dem Objektiv 1a der Kamera 1, ein Farbfilter 8 angeordnet, der gerade die von den Farbpunkten abgestrahlten Farben schwächt oder herausfiltert. Bevorzugterweise wird die Farbe des Untergrundes 7 des Hintergrundes 3 so gewählt, dass sie nicht oder nur in geringem Maße im Vordergrund 2 auftritt. Im durch den Bildsensor der Kamera 1 erzeugten Bildsignal 4 kann dann in der Analysevorrichtung 5 der Vordergrund 2 vom Hintergrund 3 mittels Keying auf die Farbe des Untergrundes 7 unterschieden werden. Der Untergrund 7 bildet hier also den zu analysierenden

20

25

30

35

Farbton (oder ein Muster) für die Erzeugung einer Maske für das Keying.

5 Bevorzugterweise sind die Punkte so angeordnet, dass die Rasterung für einen unmittelbaren Betrachter in einem bestimmten Mindestabstand nicht als gerastert erscheint. Dieser Mindestabstand kann beispielsweise durch den üblichen Standort von Betrachtern in der Szenerie selbst gegeben sein, bei Bandenwerbung in
10 einem Stadion beispielsweise durch den Abstand der nächstliegenden Sitze zur Bandenwerbung. Sind dann die Farbpunkte 6 gitterartig auf dem speziell gefärbten oder schwarzen Untergrund 7 mit kleinem Abstand zueinander angeordnet, ist für den Betrachter die eigentliche Abbildung sichtbar. Darüber hinaus sollte
15 die Rasterung auch so eng gewählt werden, dass für die Kamera aus ihrer Position in einem bestimmten Mindestabstand die Rasterung nicht erkennbar ist. Sowohl für die Kamera wie auch für einen Betrachter in
20 der Szenerie entsteht dann der gewünschte Farbeindruck ab einer entsprechenden Distanz zum Hintergrund.

25 Die Farbpunkte strahlen nun nur bestimmte Wellenlängen aus dem sichtbaren Bereich des Lichtes ab, die vom Farbfilter 8 vor dem Bildsensor gerade herausgefiltert werden, so dass auf dem Bildsensor im Wesentlichen nur die Farbe des Untergrundes übrig bleibt.

30 Besonders günstig lässt sich die in Figur 3 gezeigte Lösung mit Interferenzfiltern realisieren, auf die mit Bezug auf Figur 8 später noch im Detail eingegangen wird. Es wird hierbei vor jedem Farbpunkt 6 ein Interferenzfilter angeordnet, der nur einen Teil der
35 Frequenzen des sichtbaren Spektrums passieren lässt. Der Teil weist dabei vorzugsweise mehrere voneinander

beabstandete Bereiche auf, die so über das sichtbare Spektrum verteilt sind, dass sich die Farben der Abbildung daraus zusammensetzen lassen. Der Farbfilter 8 ist dann ein zu den Farbfiltern vor den Farbpunkten 6 komplementärer Interferenzfilter, der gerade jene Farben herausfiltert bzw. abschwächt, die von den Farbfiltern vor den Farbpunkten 6 unabgeschwächt durchgelassen werden. Die Farbpunkte 6 sind vorzugsweise selbstleuchtend, also beispielsweise Glühlampen oder LEDs.

Figur 4 zeigt eine weitere mögliche Ausgestaltung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Hierbei wird zwischen dem Hintergrund 3 und dem Vordergrund 2 ein Farbfilter 9 angeordnet, der nur Farben ausgewählt aus zumindest einem, vorzugsweise zwei voneinander im Spektrum beabstandeter Bereiche des sichtbaren Lichtes abstrahlt. Vor dem Bildsensor bzw. der Optik 1a der Kamera 1 ist dann ein weiterer Farbfilter 8 angeordnet, den von der Szenerie ausgehendes Licht auf dem Weg zum Bildsensor durchläuft. Dieser Farbfilter 8 filtert gerade jene Bereiche des Spektrums heraus oder schwächt sie ab, die vom Farbfilter 9 durchgelassen werden. Dadurch erscheint der Hintergrund auf dem Bildsensor abgeschwächt oder schwarz gegenüber dem Vordergrund 2, der insbesondere Licht solcher Frequenzbereiche abstrahlt, die vom Farbfilter 8 durchgelassen werden. Die dunklen Bereiche bilden daher im Bildsignal 4 des Bildsensors eine Maske, mit der Keying auf die dunklen Bereiche und damit auf den Hintergrund durchgeführt werden kann. Auf diese Weise kann die Bildanalysevorrichtung 5 den Hintergrund 3 vom Vordergrund 2 unterscheiden.

Auch in dieser Ausführungsform sind die Filter 8 und 9 vorzugsweise Interferenzfilter, die zueinander kom-

plementär sind, also durchlässig für unterschiedliche, sich vorzugsweise nicht überschneidende, Bereiche des sichtbaren Spektrums sind.

5 Auf den Farbfilter 9 kann auch verzichtet werden, wenn der Hintergrund 3 von sich aus nur Licht bestimmter Frequenzbereiche abstrahlt, die vom Filter 8 herausgefiltert werden. Ein solcher selbstleuchtender Hintergrund lässt sich beispielsweise mit LEDs realisieren, die ein definiertes Spektrum abstrahlen. Der
10 Farbfilter 8 ist dann so ausgelegt, dass er gerade die von den LEDs abgestrahlten Frequenzen abschwächt oder herausfiltert.

15 Der Filter 9 kann so gewählt werden, dass die von ihm durchgelassenen Farbbereiche des sichtbaren Spektrums ausreichen, um die im Hintergrund auftretenden Farben darzustellen. Entsprechend kann auch der Farbfilter 8 so gewählt werden, dass die von ihm durchgelassenen
20 Frequenzen ausreichen, die im Vordergrund 2 vorkommenden Farben darzustellen. Auf diese Weise kann das vom Bildsensor erzeugte Bild ohne Korrektur weiter verwendet werden. Es ist jedoch stets auch eine Korrektur der Farben des Vordergrundes im vom Bildsensor aufgenommenen Bild möglich, das eventuelle Farbabweichungen aufgrund des Filters 8 korrigiert.
25

Figur 5 zeigt einen weiteren Aufbau zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Hier strahlt zur
30 Kodierung der Hintergrund nicht sichtbare Strahlung 10 ab, die beispielsweise ultraviolette Strahlung oder Infrarot-Strahlung sein kann. Vor dem Bildsensor oder vor dem Objektiv 1a der Kamera 1 ist nun eine flächige Umwandlungsvorrichtung 11 angeordnet, die
35 bereichsweise auf sie treffende Strahlung durchlässt und bereichsweise Elemente 15, die beispielsweise

fluoreszierend oder phosphoreszierend sind, aufweist, durch welche die unsichtbare Strahlung 10 in sichtbares Licht 13 überführt wird. Die Elemente 15 können dabei gleichmäßig und insbesondere gerastert über eine Fläche der Vorrichtung 11 verteilt angeordnet sein, so dass in jedem Bereich einerseits sichtbares Licht 12 passieren kann und andererseits die unsichtbare Strahlung 10 in sichtbares Licht überführt werden kann. Alle auf den Bildsensor treffende Strahlung durchläuft die Vorrichtung 11. Auf dem Bildsensor wird daher zum einen das unverändert durch die Vorrichtung durchtretende Licht dargestellt und zum anderen das durch die Umwandlung der unsichtbaren Strahlung 10 entstehende Licht 13. Da die unsichtbare Strahlung 10 vom Hintergrund 3 ausgeht, nimmt der Bildsensor der Kamera 1 das Licht 13 gerade dort auf, wo der Hintergrund 3 abgebildet wird. Vorzugsweise wird die Farbe des durch die Vorrichtung 11 erzeugten Lichtes 13 so gewählt, dass sie von den im Vordergrund 2 vorkommenden Farben unterscheidbar ist. Es bildet dann das erzeugte Licht 13 eine Maske, mittels derer durch ein Keying-Verfahren der Hintergrund 3 vom Vordergrund 2 unterschieden werden kann.

Sofern die Elemente 15 zur Umwandlung der unsichtbaren Strahlung in sichtbares Licht 13 ungerichtete Licht 13 abstrahlen, kann jedem der Elemente 15 eine Linse 14 zugeordnet sein, die so angeordnet ist, dass sie das umgewandelte Licht 13 aus Sicht des Bildsensors in dem Hintergrund 3 darstellt. Vorzugsweise kann auch für jedes Element eine Abschirmung vorgesehen sein, die Licht nur in Richtung des optischen Strahlenganges passieren lässt.

Figur 6 zeigt eine weitere mögliche Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Hier-

bei strahlt der Hintergrund 3 polarisiertes Licht 16 einer bestimmten Polarisationsrichtung ab. Vor dem Bildsensor der Kamera 1 ist nun ein Farbfilter 17 sowie ein Polarisationsfilter 18 angeordnet, dessen Durchlassrichtung senkrecht zur Polarisationsrichtung des vom Hintergrund abgestrahlten Lichtes 16 steht. Bei Ausnutzung der zirkulären Polarisation wäre der Durchlassdrehsinn komplementär zur Polarisationsdrehung. Vorzugsweise durchläuft von der Szenerie ausgehendes Licht zunächst den Farbfilter 17 und dann den Polarisationsfilter 18, bevor es auf den Bildsensor trifft. Im vom Bildsensor aufgenommenen Bild erscheint der Hintergrund bei dieser Anordnung dunkel ohne Farbstich. Für direkte Betrachter der Szenerie dagegen erscheint der Hintergrund 3 in seinen normalen Farben, da diese das polarisierte Licht 16 wahrnehmen können. Ein Farbstich, den der Vordergrund 2 im vom Bildsensor der Kamera 1 erzeugten Bild aufgrund des Farbfilters 17 aufweist, kann anschließend im Bildsignal 4 rechnerisch kompensiert werden.

In dieser Ausgestaltung des Verfahrens bilden die dunklen Bildanteile ohne Farbstich, also jene vom Hintergrund 3 resultierenden Bildanteile, eine Maske, mittels derer Keying zur Unterscheidung des Hintergrunds 3 vom Vordergrund 2 durchgeführt werden kann.

Figur 7 zeigt eine weitere Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Hierbei strahlt der Hintergrund 3 unsichtbare Strahlung 10, beispielsweise ultraviolette Strahlung oder Infrarot-Strahlung, zusätzlich zur eigentlichen Abbildung ab. Vor dem Bildsensor, vorzugsweise in Richtung des Strahlengangs hinter der abbildenden Optik 1a der Kamera 1, ist in dieser Ausgestaltung eine Umwandlungsvorrichtung 19 angeordnet, mittels derer aus dem nicht

sichtbaren Licht eine sichtbare Abbildung des Hintergrundes 3 erzeugbar ist. Die Vorrichtung 19 weist dabei einen Strahlteiler 20 und einen halbdurchlässigen Spiegel 21 auf, die im Strahlengang des von der Szenerie auf den Bildsensor treffenden Lichtes hintereinander angeordnet sind. Der Strahlteiler 20 lenkt das nicht sichtbare Licht zumindest teilweise auf einen Bildsensor 22 der Umwandlungsvorrichtung 19 ab. Ein Wandler 24 nimmt das vom Bildsensor 22 aus der unsichtbaren Strahlung 10 erzeugte Bild auf und erzeugt auf einem Bild-Display 23 ein Bild sichtbaren Lichtes, das mit dem vom Bildsensor aufgenommenen Bild übereinstimmt und daher gerade das Muster zeigt, das durch die unsichtbare Strahlung 10 vorgegeben wird. Das vom Bilddisplay erzeugte Bild wird dann mittels des halbdurchlässigen Spiegels 21 in den Strahlengang des von der Szenerie auf den Bildsensor der Kamera 1 treffenden Lichtes eingeblendet und dient im durch den Bildsensor der Kamera 1 erzeugten Bildsignal als Vorlage für die Erzeugung einer Keying-Maske, mittels derer der Vordergrund 2 vom Hintergrund 3 durch Keying unterschieden werden kann.

Figur 8 zeigt im oberen und unteren Teil Spektren zweier zueinander komplementärer Interferenzfilter in schematischer Darstellung. Auf der horizontalen Achse ist die Frequenz des Lichtes aufgetragen, die im gezeigten Beispiel im Wesentlichen den sichtbaren Bereich überspannen soll. Auf der vertikalen Achse ist die jeweilige Intensität aufgetragen, die Licht hat, das den entsprechenden Interferenzfilter passiert, wenn der Interferenzfilter mit weißem Licht bestrahlt wird, das alle Frequenzen des gezeigten Bereichs mit gleicher Intensität enthält. Es ist zu erkennen, dass die Interferenzfilter mehrere im Spektrum beabstandete Bereiche des sichtbaren Lichtes passieren las-

sen. Die Bereiche des passierenden Lichtes können dabei in beiden Interferenzfiltern so gewählt sein, dass sich aus ihnen alle erforderlichen Farben des Hintergrundes 3 oder des Vordergrundes 2 zusammensetzen lassen. Die beiden gezeigten Interferenzfilter sind zueinander komplementär, was bedeutet, dass jene Bereiche des Spektrums, die durch den im oberen Teil gezeigten Interferenzfilter durchgelassen werden, vom im unteren Teil gezeigten Interferenzfilter gerade herausgefiltert werden, während jene Frequenzen, die vom oberen Interferenzfilter herausgefiltert werden, vom unteren Interferenzfilter gerade durchgelassen werden. Es sei darauf hingewiesen, dass die Filter die entsprechenden Farbanteile nicht vollständig herausfiltern müssen, um das erfindungsgemäße Verfahren zu ermöglichen. Auch eine Abschwächung ist hinreichend. Darüber hinaus ist es auch nicht erforderlich, dass die Frequenzbereiche so klar gegeneinander getrennt sind, wie dies in Figur 8 schematisch dargestellt ist. Ein gewisses Maß an Überlappung der von den verschiedenen Filtern durchgelassenen Bereiche ist zulässig.

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zum Unterscheiden von Hintergrund und Vordergrund einer Szenerie in durch eine elektronische Kamera aufgenommenen Bildern, wobei der Hintergrund eine beliebige Abbildung mit einer Kodierung so kodiert zeigt, dass für einen unmittelbaren Betrachter des Hintergrundes
10 die Abbildung erkennbar ist, und wobei der Hintergrund in einem von einem die Bilder aufnehmenden Bildsensor der Kamera erzeugten Signal mittels der Kodierung vom nicht kodierten Vordergrund unterschieden wird.
- 15 2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Kodierung umfasst, dass der Hintergrund die Abbildung als periodische Abfolge von die Abbildung zusammensetzenden Anteilen zeigt, wobei sich zumindest ein die Darstellung der Abbildung beeinflussender Abbildungsparameter im
20 Verlaufe je einer Periode verändert, und eine Belichtung des Bildsensors der Kamera synchron mit dem Zeigen eines bestimmten Anteils erfolgt.
- 25 3. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei eine zeitliche Mittelung der kodierten Abbildung über mindestens eine Periode der Abbildung entspricht.
- 30 4. Verfahren nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Periodendauer eines Aufnahmezyklus des Bildsensors kleiner oder gleich einer Periodendauer der periodischen Abfolge des Zeigens der Anteile ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Kodierung umfasst, dass der Hintergrund periodisch abwechselnd unterschiedliche
5 Anteile der Abbildung zeigt, wobei die Anteile je einer Periode die vollständige Abbildung zusammensetzen,
wobei die Anzeige der Anteile so mit einer Belichtung der Kamera synchronisiert ist, dass die
10 Kamera in zumindest einer, vorzugsweise jeder Periode, nur einen der Anteile aufnimmt.
6. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch wobei der von der Kamera aufgenommene Anteil so gewählt ist, dass er eine Unterscheidung des Vordergrundes vom Hintergrund mittels Keying, vorzugsweise mittels Chroma-Keying, erlaubt,
15 und dass in den von dem Bildsensor aufgenommenen Bildern der Hintergrund mittels Keying, vorzugsweise mittels Chroma-Keying, von dem Vordergrund unterschieden wird.
- 20 7. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der von dem Bildsensor aufgenommene Anteil einer Periode einen im Vordergrund im Wesentlichen nicht auftretenden Farbanteil erhöht darstellt und die anderen Anteile diesen Farbanteil entsprechend so vermindert darstellen, dass die Anteile zusammen die Farben der Abbildung zusammensetzen.
- 25 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, wobei zwei Anteile mit einer Frequenz wechselnd gezeigt werden, die doppelt so hoch ist, wie eine Belichtungsfrequenz der Kamera.
- 30

- 5 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kodierung der Abbildung umfasst, dass der Hintergrund periodisch abwechselnd Muster zeigt, die sich innerhalb einer Periode zur vollständigen Abbildung ergänzen und dass der Hintergrund in dem Signal des Bildsensors anhand des periodisch abwechselnden Musters vom Vordergrund unterschieden wird.
- 10 10. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei eine Belichtungsfrequenz des Bildsensors und das Zeigen des Musters miteinander synchronisiert sind und/oder dass in dem Signal des Bildsensors eine Fourier-Transformation durchgeführt wird und der Hintergrund anhand der Frequenz des abwechselnden Zeigens der Muster vom Vordergrund unterschieden wird.
- 15 11. Verfahren nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei das Muster in einer mathematisch unterscheidbaren Struktur besteht, vorzugsweise in einer Abtastrichtung des Bildsensors periodisch ist, wobei das Muster vorzugsweise ein Schachbrettmuster ist.
- 20 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei jedes der Muster einer Periode ein binäres Muster ist, das bereichsweise vollständig lichtdurchlässig oder selbstleuchtend ist und bereichsweise weniger lichtdurchlässig oder weniger durchlässig für Licht einer Farbe oder undurchlässig für das entsprechende Licht ist oder schwächer oder gar nicht in der entsprechenden Farbe leuchtet.
- 25 30

13. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Kodierung umfasst, dass der Hintergrund die Abbildung nur mit Farben ausgewählt aus einem, vorzugsweise zumindest zwei voneinander beabstandeten Bereichen des sichtbaren Spektrums zeigt, und vom Hintergrund ausgehendes Licht vor Auftreffen auf den Bildsensor einen Farbfilter, vorzugsweise einen Interferenzfilter, durchläuft, der gerade diese Bereiche des sichtbaren Spektrums herausfiltert oder abschwächt, und andere Bereiche des sichtbaren Spektrums unabgeschwächt passieren lässt.
14. Verfahren nach Anspruch 1 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Kodierung umfasst, dass die Abbildung in Form von Farbpunkten auf einem Untergrund gerastert dargestellt wird, wobei jeweils die Farbpunkte zusammen mit dem sie umgebenden Untergrund die Farbe der Abbildung zusammensetzen, und wobei vor dem Bildsensor ein Farbfilter angeordnet ist, der die Farben der Farbpunkte abschwächt und vorzugsweise die Farben des Untergrundes ungeschwächt durchlässt, wobei der Hintergrund mittels Keying, vorzugsweise Chroma-Keying, auf die Farbe des Untergrundes vom Vordergrund unterschieden wird.
15. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Farben der Farbpunkte und die Farben des Untergrundes disjunkte Teile des sichtbaren Spektrums umfassen, wobei vorzugsweise das Licht der Farbpunkte zumindest einen Spektralfilter, vorzugsweise Interferenzfilter, durchläuft, den das vom Untergrund ausgesandte Licht nicht durchläuft, und dass der vor dem Bildsensor angeordnete Filter

ein zu dem oder den Interferenzfiltern vor den Farbpunkten komplementärer Spektralfilter, vorzugsweise Interferenzfilter, ist.

- 5 16. Verfahren nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei die Farbpunkte selbstleuchtend, vorzugsweise Leuchtdioden sind.
- 10 17. Verfahren nach Anspruch 1 oder 13, wobei die Kodierung umfasst, dass der Hintergrund nur Farben ausgewählt aus zumindest einem, vorzugsweise zumindest zwei voneinander im Spektrum beabstandeter Bereiche des sichtbaren Spektrums abstrahlt,
- 15 wobei das von der Szenerie ausgehende Licht vor dem Auftreffen auf den Bildsensor einen Farbfilter durchläuft, der jene Bereiche des sichtbaren Spektrums, aus denen die Farben der Abbildung ausgewählt sind, abschwächt und zwischen diesen Bereichen liegende Bereiche des sichtbaren Spektrums ungeschwächt durchlässt, wobei der
- 20 Hintergrund vom Vordergrund durch Keying auf die durch den Farbfilter vor dem Bildsensor abgeschwächten Bereiche des Spektrums unterschieden wird.
- 25 18. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei in der Szenerie hinter dem Vordergrund und vor der Abbildung ein Interferenzfilter angeordnet ist, der jene Bereiche des sichtbaren Spektrums abschwächt, die nicht jene Bereiche sind, aus denen die Farben des Hintergrunds ausgewählt
- 30 sind und dass der Farbfilter, den das Licht vor Auftreffen auf den Bildsensor durchläuft, ein zu besagtem Interferenzfilter komplementärer Interferenzfilter ist.

19. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Kodierung umfasst, dass der Hintergrund elektromagnetische Strahlung zumindest eines nicht sichtbaren Spektralbereiches ausstrahlt, durchlässt oder reflektiert und wobei vor dem Bildsensor eine Umwandlungsvorrichtung angeordnet ist, welche die nicht sichtbare elektromagnetische Strahlung in sichtbares Licht umwandelt, das vom Bildsensor erfasst wird.
20. Verfahren nach Anspruch 19, wobei die Umwandlungsvorrichtung flächig ist und zumindest auf einem Teil ihrer Fläche die vom Hintergrund ausgestrahlte, durchgelassene oder reflektierte nicht sichtbare Strahlung in sichtbares Licht umwandelt, welches vom Bildsensor erfasst wird und wobei durch Keying auf das umgewandelte Licht der Hintergrund vom Vordergrund unterschieden wird.
21. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Filter über seine Fläche verteilt, vorzugsweise in einem Raster angeordnet, Punkte fluoreszierenden oder phosphoreszierenden Materials aufweist, die durch die nicht sichtbare Strahlung angeregt in bestimmten Wellenlängen leuchten, sowie jedem der Punkte zugeordnet eine Vorrichtung, vorzugsweise eine Linse, zur Abbildung des entsprechenden fluoreszierenden oder phosphoreszierenden Punktes auf den Bildsensor.
22. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Kodierung umfasst, dass der Hintergrund polarisiertes Licht nur einer bestimmten Polarisationsrichtung oder Polarisationsdrehung abstrahlt oder reflektiert,

wobei das von der Szenerie ausgehende Licht vor Auftreffen auf den Bildsensor einen Farbfilter und einen Polarisationsfilter durchläuft, der so ausgerichtet ist, dass er Licht jener Polarisation, die vom Hintergrund abgestrahlt und reflektiert wird, herausfiltert und
wobei der Hintergrund vom Vordergrund mittels Keying auf dunklere Bereiche des vom Bildsensor aufgenommenen Bildes erfolgt, die keinen Farbstich des Farbfilters aufweisen, wobei vorzugsweise das von der Szenerie ausgehende Licht zunächst den Farbfilter durchläuft und anschließend den Polarisationsfilter.

23. Verfahren nach Anspruch 19, wobei die von der Szenerie ausgehende elektromagnetische Strahlung vor dem Auftreffen auf den Bildsensor, vorzugsweise nach Durchlaufen einer Abbildungsoptik der Kamera, die Umwandlungsvorrichtung durchläuft, welche die nicht sichtbare elektromagnetische Strahlung in sichtbares Licht umwandelt und in die Szenerie aus Sicht der Kamera am Ort des Hintergrundes einblendet.

24. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Umwandlungsvorrichtung einen Strahlteiler aufweist, der einen Teil der Strahlung und/oder die nicht sichtbare elektromagnetische Strahlung auf einen Wandler ablenkt, der anhand der eingestrahlten elektromagnetischen Strahlung ein dem Hintergrund entsprechendes Bild in den Strahlengang vor dem Bildsensor, vorzugsweise über einen teildurchlässigen Spiegel, einblendet.

25. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kodierung der Abbildung eine Os-

zillation über die Bildfolge umfasst, und die Oszillation bei der Unterscheidung des Vordergrundes vom Hintergrund berücksichtigt wird.

- 5 26. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei nach Unterscheidung des Hintergrundes und Vordergrundes der Vordergrund im Bildsignal rekonstruiert wird.
- 10 27. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Abbildung mit Hilfe von Kameratracking im Bild des Bildsensors lokalisiert wird und/oder das Kameratracking die Unterscheidung von Hintergrund und Vordergrund unterstützt.
- 15 28. Verfahren zum Ersetzen eines Hintergrundes in einem Bild einer Szenerie, wobei mittels eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche der Hintergrund von einem Vordergrund unterschieden wird und der Hintergrund durch einen anderen Hintergrund ersetzt wird.
- 20 29. Elektronisches Anzeigesystem mit zumindest einer Anzeige sowie zumindest einer Kamera, wobei mit dem elektronischen Anzeigesystem ein Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchführbar ist.