

(19)



(11)

**EP 3 847 038 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

**14.06.2023 Patentblatt 2023/24**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

**B42D 25/382** <sup>(2014.01)</sup>      **B42D 25/328** <sup>(2014.01)</sup>  
**B42D 25/36** <sup>(2014.01)</sup>      **B42D 25/364** <sup>(2014.01)</sup>  
**B42D 25/373** <sup>(2014.01)</sup>      **B42D 25/378** <sup>(2014.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **19769381.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

**B42D 25/328; B42D 25/36; B42D 25/364;**  
**B42D 25/373; B42D 25/378; B42D 25/382;**  
**G07D 7/003; G07D 7/1205; G07D 7/205**

(22) Anmeldetag: **06.09.2019**

(86) Internationale Anmeldenummer:

**PCT/EP2019/025296**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

**WO 2020/048640 (12.03.2020 Gazette 2020/11)**

(54) **SICHERHEITSELEMENT**

SECURITY ELEMENT

ÉLÉMENT DE SÉCURITÉ

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

- **GIERING, Thomas**  
85614 Kirchseeon (DE)
- **STEINLEIN, Stephan**  
80538 München (DE)
- **KECHT, Johann**  
81677 München (DE)
- **HAPP, Thomas**  
81825 München (DE)

(30) Priorität: **07.09.2018 DE 102018007096**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

**14.07.2021 Patentblatt 2021/28**

(73) Patentinhaber: **Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH**  
**81677 München (DE)**

(74) Vertreter: **Giesecke + Devrient IP**

**Prinzregentenstraße 161**  
**81677 München (DE)**

(72) Erfinder:

- **DECKENBACH, Wolfgang**  
83135 Schechen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

**DE-A1-102008 049 631**

**EP 3 847 038 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Sicherheitstransferelement (beansprucht), ein Wertdokument (beansprucht) mit einem Sicherheitselementschichtverbund, ein Verfahren (beansprucht) zum Prüfen eines Wertdokuments, eine Prüfeinheit (nicht beansprucht), eine Wertdokumentbearbeitungsvorrichtung (nicht beansprucht) sowie ein System (nicht beansprucht) aus Prüfeinheit und/oder Wertdokumentbearbeitungsvorrichtung und Sicherheitstransferelement und/ oder Wertdokument.

**[0002]** Unter Wertdokumenten werden blattförmige Gegenstände verstanden, die beispielsweise einen monetären Wert oder eine Berechtigung repräsentieren und daher nicht beliebig durch Unbefugte herstellbar sein sollen. Sie weisen daher nicht einfach herzustellende, insbesondere nicht einfach zu kopierende Merkmale auf, deren Vorhandensein ein Indiz für die Echtheit, d.h. die Herstellung durch eine dazu befugten Stelle, oder Unversehrtheit ist. Diese Merkmale werden oftmals als Sicherheitselemente bezeichnet. Wichtige Beispiele für solche Wertdokumente sind Chipkarten, Coupons, Gutscheine, Schecks und insbesondere Banknoten, Aktien, Wertmarken, Ausweise, Kreditkarten und Pässe sowie Etiketten, Siegel, Verpackungen oder andere Gegenstände für die Identifizierung oder Wertsicherung.

**[0003]** Die Sicherheitselemente ermöglichen eine Überprüfung der Echtheit des Wertdokuments und dienen zusätzlich als Schutz vor oder Identifizierung einer unerlaubten Kopie. Die Sicherheitselemente können sowohl einzeln als auch in Form von Transferbändern bereitgestellt werden. Die Transferbänder weisen eine Vielzahl an als Sicherheitstransferelement ausgebildete Sicherheitselemente auf. Diese Sicherheitstransferelemente umfassen die Sicherheitselemente, welche in der Regel mehrschichtig aufgebaut sind und jeweils als Sicherheitselementschichtverbund bezeichnet werden. Die Sicherheitselemente werden zum Bilden des Sicherheitstransferelements auf einer Transferschicht vorbereitet, wobei die Reihenfolge der Schichten des jeweiligen Sicherheitselementschichtverbunds umgekehrt zu der Reihenfolge ist, wie sie später auf dem zu schützenden Gegenstand sein soll. Beim Transfer des Sicherheitstransferelements auf den zu schützenden Gegenstand wird üblicherweise die Transferschicht entfernt, beispielsweise abgezogen. Auf der der Transferschicht gegenüberliegenden Seite des Sicherheitstransferelements weist der Sicherheitselementschichtverbund eine Kleberschicht auf, beispielsweise ein Heißsiegelklebstoff, der bei Übertragung (Applikation) des Sicherheitselementschichtverbunds auf das Wertdokument aktiviert wird bzw. z.B. aufschmilzt und die jeweiligen Sicherheitselementschichtverbunde mit dem Wertdokument verklebt. Dazu wird das Transferband mit der Heißsiegelkleberschicht auf das Wertdokument aufgelegt und beispielsweise mittels beheizbaren Transferstempel oder einer Transferrolle angepresst und in der Umrissform des

erhitzten Transferstempels auf den Gegenstand übertragen. Transferelemente, Transferbänder und die Übertragung von Transferelementen auf Zielsubstrate sind beispielsweise in der EP 0 420 261 B1 und WO 2005/108108 A2 beschreiben. Die Sicherheitstransferelemente können mithilfe beispielsweise des Transferstempels entsprechend einer Form aus dem Transferband herausgeprägt und übertragen werden. Anstelle einer Formgebung durch den Transferstempel beim Übertragungsvorgang können einzelne Sicherheitstransferelemente bereits auf dem Transferband in der gewünschten Umrissform vorgefertigt vorliegen.

**[0004]** Das Dokument EP 1 880 864 B1 offenbart ein Sicherheitstransferelement. Das Sicherheitstransferelement weist eine Trägerfolie auf. Auf beiden Seiten der Trägerfolie ist jeweils eine Kleberschicht angeordnet, wobei wenigstens eine Kleberschicht strukturiert ist, so dass das Sicherheitstransferelement bei wechselndem Betrachtungswinkel einen optisch variablen Eindruck einem Betrachter vermittelt. Zudem umfasst wenigstens eine der Kleberschichten einen lumineszierenden Merkmalsstoff. Eine Prüfung des Lumineszenzverhaltens des Sicherheitstransferelements kann zur Echtheitsprüfung herangezogen werden.

**[0005]** Aus der EP 1 972 464 A1 ist ein Sicherheitstransferelement mit lumineszierenden Merkmalen aus Halbleitermaterialien bekannt.

**[0006]** Die DE 10 2008 049631 A1 offenbart den Oberbegriff des Anspruchs 1 oder des Anspruchs 9 und beschreibt eine Karte mit eingebettetem Sicherheitsmerkmal.

**[0007]** Die aus dem Stand der Technik bekannten Sicherheitstransferelemente sind dazu geeignet, ihr Lumineszenzverhalten zur Echtheitsprüfung zu verwenden. Jedoch hängt das Prüfergebnis des Lumineszenzverhaltens vom Wertdokument, beispielsweise von dessen Aufdruck, Substrat oder Verschmutzung, auf dem das Sicherheitstransferelement aufgebracht wird, ab.

**[0008]** Es ist deshalb eine Aufgabe der Erfindung, die Nachteile des Standes der Technik zu verbessern. Insbesondere ist es Aufgabe der Erfindung, ein Sicherheitselement bereitzustellen, womit eine sichere Prüfung des Sicherheitselements bzw. des Sicherheitselementschichtverbunds auf Echtheit und/ oder Vollständigkeit ermöglicht wird und Umgebungseinflüsse verhindert werden.

**[0009]** Die Aufgabe wird durch ein Sicherheitstransferelement, ein Wertdokument, ein Prüfverfahren, gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst.

**[0010]** Besonders vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0011]** Ein Sicherheitstransferelement gemäß der Erfindung umfasst einen Sicherheitselementschichtverbund und einen Trägerfilm. Der Trägerfilm ist mit dem Sicherheitselementschichtverbund ablösbar verbunden. Der Sicherheitselementschichtverbund weist eine Funktionsschicht auf. Die Funktionsschicht weist einen für einen Betrachter des Sicherheitselementschichtverbunds

nach dem Übertragen auf ein Wertdokument entfaltenden optisch variablen Effekt auf. Das heißt, bei Betrachtung in Aufsicht auf eine Oberseite der Funktionsschicht entsteht für einen Betrachter abhängig vom Betrachtungs- oder Beleuchtungswinkel ein variabler optischer Eindruck, beispielsweise ein veränderter Farbeindruck, ein bewegtes Muster oder eine veränderte Tiefenwirkung. Weiterhin umfasst der Sicherheitselementschichtverbund eine Kleberschicht. Der Sicherheitselementschichtverbund weist eine Oberseite auf, die nach einer Übertragung des Sicherheitselementschichtverbunds auf ein Wertdokumentsubstrat dem Betrachter zugewandt ist. Die Kleberschicht hingegen ist auf der Seite der Funktionsschicht angeordnet, die der Oberseite gegenüber liegt, nämlich auf der Unterseite des Sicherheitselementschichtverbunds. Weiterhin weist der Sicherheitselementschichtverbund wenigstens einen Lumineszenzstoff auf. Der Lumineszenzstoff ist in der Kleberschicht und/ oder in einer Lumineszenzstoffschicht im Sicherheitselementschichtverbund angeordnet. Die Lumineszenzstoffschicht ist an der der Oberseite gegenüberliegende Seite der Funktionsschicht angeordnet, vorzugsweise zwischen Kleberschicht und Funktionsschicht. Der Lumineszenzstoff weist eine primäre Emissionsstrahlung in einem Wellenlängenbereich zwischen 700 nm und 2100 nm auf. Weiterhin ist der Lumineszenzstoff durch eine Anregungsstrahlung in einem Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 2100 nm, vorzugsweise zwischen 700 nm und 2100 nm anregbar. Die Funktionsschicht ist opak bezüglich der Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs ausgebildet.

**[0012]** Opak bedeutet hierbei, dass der Transmissionsgrad höchstens 50%, vorzugsweise höchstens 30%, besonders bevorzugt höchstens 10% beträgt.

**[0013]** Die Funktionsschicht ist demnach so ausgebildet, dass sie die emittierte Strahlung von dem Lumineszenzstoff in einem Wellenlängenbereich von 700 nm bis 2100 nm soweit hindert, dass sie nicht oder nur noch bis zu einem signifikanten geringen Anteil durch die Funktionsschicht gelangt und an der Oberseite des Sicherheitselementschichtverbunds erkennbar ist. Die Funktionsschicht kann somit für den Emissionsbereich des Lumineszenzstoffs absorbierend bzw. dämpfend und/ oder vorzugsweise reflektierend ausgebildet sein. Ist die Funktionsschicht dämpfend ausgebildet, so ist ein Dämpfungsgrad von wenigstens 50 %, vorzugsweise von 70 %, besonders bevorzugt von mehr als 90%, vorgesehen. Bei reflektierender Funktionsschicht beträgt der Reflexionsgrad bevorzugt mehr als 50%, besonders bevorzugt mehr als 80%. Die Anregung des Lumineszenzstoffs findet bevorzugt von der Unterseite des Sicherheitselementschichtverbunds aus statt. Nach Anregung emittiert der wenigstens eine Lumineszenzstoff eine Emissionsstrahlung. Diese durchläuft den Sicherheitselementschichtverbund bis zur Funktionsschicht und dringt vorzugsweise nicht bzw. kaum durch die Funktionsschicht. Die Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs ist nicht bzw. nur kaum an der Oberseite des Si-

cherheitselementschichtverbunds erkennbar. die Emissionsstrahlung kann aber von der Unterseite des Sicherheitselementschichtverbunds erkannt werden, da hier die Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs nach außen dringen kann.

**[0014]** Die, vorzugsweise wellenlängenselektive, Opazität der Funktionsschicht kann durch eine Teilschicht der Funktionsschicht bereitgestellt werden. Besonders bevorzugt ist der Lumineszenzstoff im Sicherheitselementschichtverbund so angeordnet, dass er unterhalb der Schicht angeordnet ist, welche die Opazität der Funktionsschicht bereitstellt, d. h., der Lumineszenzstoff ist von opaken Bereichen der Funktionsschicht bedeckt.

**[0015]** Der Sicherheitselementschichtverbund ist vorzugsweise über seine gesamte Flächenausdehnung mit Hilfe des Lumineszenzstoffs detektierbar. Ist der Lumineszenzstoff über die gesamte Fläche (in Aufsicht) des Sicherheitselementschichtverbunds angeordnet, so kann dessen Vollständigkeit geprüft werden. Mit den Methoden des Standes der Technik wird in der Regel bei Prüfung der Bereich von einem Sicherheitselementschichtverbund belegte Bereich eines Wertdokuments ausgelassen, da aufgrund der optischen Variabilität und/ oder metallisierter Bereich eine Prüfung nicht bzw. kaum möglich ist. Bei einer Fälschung des Wertdokuments könnte das Sicherheitstrasferelement nur teilweise entfernt werden. Mit dem Entfernen würde der Fälscher zumindest einen Teil des Lumineszenzstoffs ebenfalls vom Wertdokument entfernen. Bei einer Prüfung des Sicherheitselementschichtverbunds auf Vollständigkeit mithilfe beispielsweise Auswertung der Intensitätsverteilung der Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs auf der geprüften Fläche des Wertdokuments, würde man erkennen, dass von dem echten Wertdokument nur noch ein Teilbereich der Fläche des Sicherheitselementschichtverbunds des Wertdokuments mit dem Lumineszenzstoff versehen ist. Auch das gefälschte Wertdokument kann mithilfe einer Flächenauswertung hinsichtlich der Intensitätswerte der Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs erkannt werden. Als weiterer Vorteil der Erfindung kann der Lumineszenzstoff nicht bzw. kaum von der Oberseite des Sicherheitselementschichtverbunds detektiert werden. Vielmehr ist insbesondere eine Detektion von der Unterseite des Sicherheitselementschichtverbunds und somit von dem Wertdokumentsubstrat möglich. Der Sicherheitselementschichtverbund würde üblicherweise von Fälschern nicht als maschinenlesbar bzw. als lumineszierend erkannt, da typischerweise eine Detektion von der Oberseite erfolgt, nicht jedoch von der Unterseite.

**[0016]** In einer Ausgestaltung ist die Schicht des Sicherheitselementschichtverbunds so strukturiert ausgebildet, dass bei Ablösen des Sicherheitselementschichtverbunds von einem Wertdokumentsubstrat nur ein Teil des Lumineszenzstoffs entfernt wird und ein anderer Teil am Wertdokumentsubstrat verbleibt. Dies kann sich aus den stofflichen Eigenschaften des den Lumineszenzstoff

umgebenden Materials, beispielsweise eine Lumineszenzstoffschicht oder Kleberschicht, ergeben und/ oder dieses Material liegt in einer bestimmten geometrischen Form im Sicherheitselementschichtverbund vor.

**[0017]** Verbleibt zumindest ein Teil des Lumineszenzstoffs auf dem Wertdokumentsubstrat, so kann die Fälschung bei zweiseitiger Messung auf Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs auch dadurch erkannt werden, dass die Emissionsstrahlung plötzlich von oben detektierbar wäre.

**[0018]** Mit dem erfindungsgemäßen Sicherheitstrasferelement ist es möglich, nicht nur die Echtheit des Sicherheitselementschichtverbunds zu prüfen, es kann auch die Unversehrtheit des Sicherheitselementschichtverbunds geprüft werden.

**[0019]** Die Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs kann elektromagnetische Strahlung mit mehreren Emissionsbanden d.h. über einen großen Wellenlängenbereich, umfassen. Der Begriff der primären Emissionsstrahlung betrifft daher nur einen bestimmten Wellenlängenbereich, in dem das Intensitätsmaximum liegt und ist der größte zusammenhängende Wellenlängenbereich, in dem die Gesamtintensität 90% des Maximums nicht unterschreitet.

**[0020]** Der Lumineszenzstoff des Sicherheitselementschichtverbunds ist durch eine Anregungsstrahlung in einem Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 2100 nm anregbar. Der Aufbau und die Sicherheitsbestimmungen hierzu sind einfach und überschaubar, so dass eine einfache Prüfung des Sicherheitselementschichtverbunds möglich ist.

**[0021]** Der Trägerfilm kann beispielsweise eine Kunststoffolie aus PP, PET, PA, PC, PVC, PTFE oder POM sein. Der Trägerfilm kann auch eine Metallfolie umfassen, beispielsweise Al-, Cu- oder Edelstahlfolien.

**[0022]** Falls der Lumineszenzstoff in einer Lumineszenzstoffschicht angeordnet ist, so kann in einer Ausgestaltung vorgesehen sein, dass die Lumineszenzstoffschicht als Kunststoffschicht ausgebildet ist. Hierdurch können lumineszierende organische oder metallorganische Farbstoffe gut dispergiert und gleichzeitig vor chemischen Angriffen geschützt werden.

**[0023]** In einer Ausgestaltung ist der Lumineszenzstoff so ausgebildet, dass seine Anregbarkeit zur Lumineszenz im sichtbaren Spektralbereich liegt, insbesondere bevorzugt im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 700 nm. Bei Anwendung des Sicherheitselementschichtverbunds auf einem Wertdokumentsubstrats, welches Papier umfasst, entstehen zwar höhere Streuverluste der Anregungsstrahlung in dem Wertdokumentsubstrat und eine höhere Anfälligkeit gegen Störfaktoren wie Schmutz, jedoch ist die Palette an einsetzbaren Stoffen erweitert, beispielsweise mit sichtbarer Strahlung anregbare Pigmente, Farbstoffe und Komplexe. Die Verluste können aber teilweise durch Einsatz der für diesen Spektralbereich vorhandenen, generell stärkeren Anregungsquellen mehr als kompensiert werden.

**[0024]** In einer Ausgestaltung ist der Lumineszenzstoff

so ausgebildet, dass seine Anregbarkeit im Infrarotbereich, insbesondere bevorzugt im Wellenlängenbereich zwischen 700 nm und 2100 nm, liegt. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform liegen sowohl die Anregbarkeit als auch die Emission im Infrarotbereich. Hierdurch werden die bei Applikation des Sicherheitselementschichtverbunds auf einem Wertdokumentsubstrat, welches Papier umfasst, typischerweise auftretenden Streuverluste minimiert. Überraschend wurde festgestellt, dass bei steigendem Wellenlängenbereich die Streuung der Anregungsstrahlung in einem Wertdokumentsubstrat, welches Papier umfasst, abnimmt. Zudem wurde überraschend festgestellt, dass auftretende Absorptionen durch z. B. Verschmutzungen für elektromagnetische Strahlung im Infrarotbereich oft durchlässiger sind als im sichtbaren Bereich.

**[0025]** Der Sicherheitselementschichtverbund ist vorzugsweise so ausgebildet, dass der Lumineszenzstoff vorzugsweise mit Anregungsstrahlung von der Unterseite des Sicherheitselementschichtverbunds beaufschlagt werden kann. D.h., die Schichten, welche vom Lumineszenzstoff aus der Oberseite des Sicherheitselementschichtverbunds gegenüberliegend angeordnet sind, sind für die Anregungsstrahlung soweit durchlässig, dass die Anregungsstrahlung den Lumineszenzstoff zur Lumineszenz anregen kann.

**[0026]** In einer Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass die Anregung des Lumineszenzstoffs von der Oberseite des Sicherheitselementschichtverbunds erfolgen kann. Dazu sind wenigstens eine Schicht und/ oder das Material, das auf der Seite des Lumineszenzstoffs angeordnet ist, welche zur Oberseite des Sicherheitselementschichtverbunds gerichtet ist, so ausgebildet, dass die Anregungsstrahlung von der Oberseite des Sicherheitselementschichtverbunds zu dem Lumineszenzstoff vordringen kann und diesen zur Lumineszenz anregen kann. Die wenigstens eine Schicht und/ oder das Material kann so ausgebildet sein, dass sie elektromagnetische Strahlung, nämlich die Anregungsstrahlung nur in Richtung des Lumineszenzstoffs leitet, jedoch elektromagnetische Strahlung, nämlich die Emissionsstrahlung, nicht zur Oberfläche des Sicherheitselementschichtverbunds leitet.

**[0027]** In einer Ausgestaltung kann auch vorgesehen sein, dass eine Anregung des von der Oberseite und von der Unterseite des Sicherheitselementschichtverbunds möglich ist.

**[0028]** In einer Ausgestaltung kann der Sicherheitselementschichtverbund so ausgebildet sein, dass eine Anregungsstrahlung von der Oberseite des Sicherheitselementschichtverbunds oder von der Unterseite des Sicherheitselementschichtverbunds geblockt wird.

**[0029]** In einem Aspekt der Erfindung ist die primäre Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs in einem Wellenlängenbereich zwischen 900 nm und 2100 nm. Hierdurch kann die Lumineszenz des Sicherheitselementschichtverbunds nicht durch das menschliche Auge wahrgenommen werden, wodurch eine höhere Sicher-

heit erreicht wird. Wird das Sicherheitstranferement auf ein Wertdokumentsubstrat aufgebracht, wobei das Wertdokumentsubstrat vorzugsweise Papier enthält, erfährt aufgrund der Abhängigkeit des Streukoeffizienten des Wertdokumentsubstrats von der Wellenlänge die Emissionsstrahlung weniger Streuverluste, so dass die Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs das Wertdokumentsubstrat verlustloser durchdringen kann.

**[0030]** In einem Aspekt liegt die primäre Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs in einem Wellenlängenbereich zwischen 900 nm und 1300 nm. Zur Detektion von Emissionsstrahlung in diesem Wellenlängenbereich sind bereits einfach aufgebaute Detektoren verfügbar, so dass keine komplexen Detektoren verwendet werden müssen. Es wird somit ein Kompromiss zwischen einfacher Detektierbarkeit und Streuverlusten erreicht. Beispielsweise sind Lumineszenzstoffe mit einem Wellenbereich der primären Emissionsstrahlung zwischen 900 nm und 1300 nm dotierte anorganische Pigmente mit den Dotierstoffen Neodym oder Ytterbium bzw. dotiert mit bestimmten Übergangsmetallen sowie metallorganische Komplexe mit Neodym oder Ytterbium und/oder organische Farbstoffe, wie z. B. Cyanine-Farbstoffe, Thiopyrylium-Farbstoffe, wie IR-1061 und/oder Indolium-Farbstoffe wie IR-1048. In einer Ausgestaltung kann auch eine Kombination von Neodym und Ytterbium vorgesehen sein.

**[0031]** In einem weiteren Aspekt liegt die primäre Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs in einem Wellenlängenbereich zwischen 1300 nm und 1600 nm. Hier liegen gegenüber einem Wellenlängenbereich unter 1300 nm nochmals verringerte Streuverluste in einem Papiersubstrat bei einem Wertdokumentsubstrat vor und die Detektoren können noch relativ einfach aufgebaut sein. Jedoch kann bei cellulosebasierten Substraten des Wertdokumentsubstrats eine breite Absorptionsbande aufgrund einer Überlagerung verschiedener O-H-Streckschwingung vorliegen, wodurch die Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs gedämpft wird. Als möglicher Lumineszenzstoff kommen beispielsweise mit Erbium dotierte anorganische Pigmente, metallorganische Komplexe mit Erbium und/oder bestimmte organische Farbstoffe in Betracht.

**[0032]** In einer weiteren Ausführungsform liegt die primäre Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs im Bereich zwischen 1600 nm und 1850 nm. In dieser Ausführungsform ist gegenüber Lumineszenzstoffen mit primärer Emissionsstrahlung in einem Wellenlängenbereich unter 1600 nm ein nochmals verringerter Streuverlust bei Anwendung des Sicherheitselementschichtverbunds auf einem Wertdokumentsubstrat, das Papier umfasst, erkennbar. Jedoch sind sowohl der Detektor (Sensor) als auch das Detektionsverfahren komplexer. Zudem sind bevorzugt andere Materialien zu verwenden, nämlich mit Thulium dotierte anorganische Pigmente und/oder metallorganische Komplexe mit Thulium

**[0033]** In einer Ausführungsform liegt die primäre Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs in einem

Wellenlängenbereich zwischen 1850 nm und 2100 nm. Hier sind bei Verwendung des Sicherheitselementschichtverbunds in Kombination mit einem Wertdokumentsubstrat, das Papier umfasst, gegenüber Lumineszenzstoffen mit primärer Emission unter 1850 nm sehr gering, jedoch scheint der Detektor und das Detektionsverfahren aufwändig und komplex. Weiterhin ist zu bemerken, dass in diesem Wellenlängenbereich Schwingungsobertöne des Wassers liegen, so dass die Intensität des Lumineszenzstoffs auch mit dem Feuchtigkeitsgehalt des Substrats variiert, wodurch die Detektion abermals aufwändiger wird. Als Lumineszenzstoffe, die eine primäre Emissionsstrahlung in einem Wellenlängenbereich zwischen 1850 nm und 2100 nm aufweisen, sind beispielsweise mit Holmium dotierte anorganische Pigmente und/oder metallorganische Komplexe mit Holmium.

**[0034]** Zu den hier genannten Dotierstoffen können weitere Dotierstoffe vorgesehen sein, die in Kombination mit dem Seltenerdion einen Energietransfer zu diesem, beispielsweise Erbium, ermöglichen. Weiterhin können die Dotierstoffe, wie Neodym, Ytterbium, Erbium, Thulium und/oder Holmium in Kombination untereinander und/oder in Kombination mit den genannten weiteren Dotierstoffen vorliegen, um Energietransfer und deren jeweilige Abklingzeit einzustellen und/oder auszusparen.

**[0035]** In einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei dem Lumineszenzstoff um einen phosphoreszierenden Lumineszenzstoff. In diesem Fall lässt sich neben dem spektralen Anregungs- und Emissionsverhalten auch ein Zeitverhalten, insbesondere die Ankling- oder die Abklingzeit, der Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs bestimmen und zur Echtheitsprüfung heranziehen. Hierdurch ist eine erhöhte Sicherheit gegeben, da ein Fälscher das Zeitverhalten des Lumineszenzstoffs nachahmen müsste. Zudem ist eine erhöhte Anzahl an Kodierungen möglich, nämlich in der Unterscheidung der verwendeten Sicherheitselementschichtverbunde mit unterschiedlichen Ankling- oder Abklingzeiten.

**[0036]** In einer Ausführungsform weist der Lumineszenzstoff eine Abklingzeit von weniger als 5000  $\mu$ s, besonders bevorzugt von weniger als 2000  $\mu$ s, insbesondere bevorzugt von weniger als 1000  $\mu$ s, auf. Dies erlaubt eine präzisere Messung der jeweiligen Abklingzeit auch bei hohen Transportgeschwindigkeiten des Sicherheitselementschichtverbunds beim Prüfen. Dies ist z. B. bei Hochgeschwindigkeitssensoren für Banknoten der Fall, bei denen Banknoten sich typischerweise mit bis zu 12 Meter pro Sekunde durch die Maschine bewegen.

**[0037]** Bevorzugt besitzt der Lumineszenzstoff eine Abklingzeit von mehr als 50  $\mu$ s, besonders bevorzugt von mehr als 80  $\mu$ s, insbesondere bevorzugt von mehr als 100  $\mu$ s. Bei geringeren Abklingzeiten wird eine Unterscheidung von Hintergrund-Fluoreszenzen, z.B. von organischen Verunreinigungen, zunehmend schwieriger.

**[0038]** In einer Ausgestaltung weist der Lumineszenz-

stoff keine, oder eine kaum nachweisbare, d.h. weniger als 5% der relativen Intensität, zusätzliche Anti-Stokes-Emission auf. Somit kann verhindert werden, dass der Sicherheitselementschichtverbund durch Bestrahlung mittels beispielsweise Laser oder andere Geräte zur Detektion von Upconversion, im menschlich visuellen Wellenlängenbereich sichtbar gemacht werden kann.

**[0039]** In einer Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass der Sicherheitselementschichtverbund einen weiteren Lumineszenzstoff aufweist. Der weitere Lumineszenzstoff ist so ausgebildet, dass er in einem ersten Wellenlängenbereich anregbar ist und eine Emission in einem zweiten Wellenlängenbereich aufweist, die dem Wellenlängenbereich zur Anregung des Lumineszenzstoffs entspricht, wobei die Emissionsstrahlung des weiteren Lumineszenzstoffs dem Wellenlängenbereich zur Anregung des Lumineszenzstoffs entspricht und diesen zur Lumineszenz anregt. Der weitere Lumineszenzstoff dient somit als Zwischenstufe zum Anregen des Lumineszenzstoffs. Dazu weist vorzugsweise der weitere Lumineszenzstoff einen hohen Stokes-Shift oder einen hohen Anti-Stokes-Shift auf. Der Lumineszenzstoff und weitere Lumineszenzstoff können in einer gemeinsamen Schicht und/ oder in unterschiedlichen Schichten des Sicherheitselementschichtverbunds angeordnet sein.

**[0040]** Bei dem Lumineszenzstoff kann es sich um einen organischen oder metallorganischen Lumineszenzstoff, beispielsweise fluoreszierende organische Moleküle oder phosphoreszierende metallorganische Komplexe handeln. Hierdurch ist eine besonders einfache Einbringung in Polymere und in dünne Schichten möglich, da sich z. B. die Stoffe darin molekular verteilen können und somit keine Probleme durch zu hohe Pigmentkorngrößen entstehen.

**[0041]** In einer bevorzugten Ausgestaltung handelt es sich um metallorganische Komplexe. Diese zeigen im Allgemeinen schmalere, spezifischere Emissionsbanden und einen großen Stokes-Shift. Hierdurch werden Anregung und Detektion erleichtert. Insbesondere wird die Trennung der Emissionsstrahlung von der Anregungsstrahlung und von Störsignalen erleichtert. Bevorzugt handelt es sich bei den metallorganischen Komplexen um Seltenerdkomplexe, besonders bevorzugt Seltenerdkomplexe der Seltenerden Neodym, Ytterbium, Erbium, Thulium, Holmium oder Kombinationen dieser von zwei oder mehr Seltenerden.

**[0042]** In einer Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass der Lumineszenzstoff einen geringen Stokes-Shift in Bezug auf Wellenlängenbereiche der Anregbarkeit und Emission.

**[0043]** In einer weiteren Ausführungsform handelt es sich bei dem Lumineszenzstoff um einen anorganischen Lumineszenzstoff. Beispielsweise handelt es sich um dotierte anorganische Matrizen (Wirtsgitter). Weiterhin kann es sich bei den Dotierstoffen um die Seltenerden Neodym, Ytterbium, Erbium, Thulium, Holmium oder die Übergangsmetalle Vanadium, Chrom, Mangan, Eisen handeln. Neben den genannten Dotierstoffen können

noch weitere Dotierstoffe vorhanden sein, z. B. um die Abklingzeit des Lumineszenzstoffs einzustellen und/ oder Energietransfers zwischen dem Seltenerdion und/ oder dem Übergangsmetall und des weiteren Dotierstoffs zu nutzen.

**[0044]** Geeignete anorganische Matrizen gemäß dem Stand der Technik sind beispielsweise:

- Oxide, insbesondere 3- und 4-wertige Oxide wie z. B. Titanoxid, Aluminiumoxid, Eisenoxid, Boroxid, Yttriumoxid, Ceroxid, Zirconoxid, Bismutoxid, sowie komplexere Oxide wie z. B. Granate, darunter unter anderem z. B. Yttrium-Eisen-Granate, Yttrium-Aluminium-Granate, Gadolinium-Gallium-Granate; Perowskite, darunter unter anderem Yttrium-Aluminium-Perowskit, Lanthan-Gallium-Perowskit; Spinelle, darunter unter anderem Zink-Aluminium-Spinelle, Magnesium-Aluminium-Spinelle, Mangan-Eisen-Spinelle; oder Mischoxide wie z.B. ITO (Indiumzinnoxid);
- Oxyhalogenide und Oxychalkogenide, insbesondere Oxychloride wie z. B. Yttriumoxychlorid, Lanthanoxychlorid; sowie Oxysulfide, wie z.B. Yttriumoxysulfid, Gadoliniumoxysulfid;
- Sulfide und andere Chalkogenide, z.B. Zinksulfid, Cadmiumsulfid, Zinkselenid, Cadmiumselenid;
- Sulfate, insbesondere Bariumsulfat und Strontiumsulfat;
- Phosphate, insbesondere Bariumphosphat, Strontiumphosphat, Calciumphosphat, Yttriumphosphat, Lanthanphosphat, sowie komplexere phosphatbasierte Verbindungen wie z.B. Apatite, darunter unter anderem Calciumhydroxylapatite, Calciumfluorapatite, Calciumchlorapatite; oder Spodiosite, darunter z.B. Calcium-Fluoro-Spodiosite, Calcium-Chloro-Spodiosite;
- Silicate und Aluminosilicate, insbesondere Zeolithe wie z.B. Zeolith A, Zeolith Y; zeolithverwandte Verbindungen wie z.B. Sodalithe; Feldspate wie z.B. Alkalifeldspate, Plagioklase; und/ oder
- weitere anorganische Verbindungsklassen wie z.B. Vanadate, Germanate, Arsenate, Niobate, Tantalate.

**[0045]** In einer Ausführungsform kann der Sicherheitselementschichtverbund zusätzlich zu dem Lumineszenzstoff weitere Lumineszenzstoffe, insbesondere gemäß einem der hier beschriebenen Lumineszenzstoffe, umfassen.

**[0046]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei dem wenigstens einen Lumineszenzstoff des Sicherheitselementschichtverbunds um einen anorganischen Lumineszenzstoff. Hierdurch wird beispielsweise, bei Verwendung mehrerer Lumineszenzstoffe, die gleichzeitige Detektion der Lumineszenzstoffe erleichtert, da sie im Verhalten besser aneinander angepasst werden können, insbesondere in ihrer Ab-

klingszeit der Phosphoreszenz und/ oder Breite der Emission.

**[0047]** Gemäß einem Aspekt kann der wenigstens eine Lumineszenzstoff eine Korngröße (D99) von weniger als  $15\mu\text{m}$  aufweisen. Vorzugsweise beträgt die Korngröße (D99) weniger als  $8\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt weniger als  $5\mu\text{m}$ . Es hat sich überraschend herausgestellt, dass mit kleinerer Korngröße die störungsfreie Einbringung des Lumineszenzstoffs in den Sicherheitselementschichtverbund einfacher ist. Beispielsweise ist bei Einbringung in die Kleberschicht mit einer Dicke  $5\mu\text{m}$  auch eine Korngröße von  $5\mu\text{m}$  oder weniger vorteilhaft, da ansonsten die Schichten über oder unter der Kleberschicht durch den herausragenden Lumineszenzstoff beeinträchtigt werden können. Die Angabe zur Korngröße D99 bedeutet, dass 99% der in der Schicht verwendeten Partikel, beispielsweise in der Kleberschicht und/ oder in der Lumineszenzstoffschicht, eine maximale Korngröße, beispielsweise  $5\mu\text{m}$  aufweisen.

**[0048]** Bevorzugt beträgt die Konzentration des Lumineszenzstoffs weniger als 5 Gewichtsprozent an dem Material in dem er enthalten ist, besonders bevorzugt weniger als 1 Gewichtsprozent. Wird beispielsweise der Lumineszenzstoff in den Kleber einer Kleberschicht und/ oder in die Kleberschicht eingebracht, so besteht besonders bevorzugt weniger als 1 Gewichtsprozent des Klebers aus dem Lumineszenzstoff. Dies kann durch Einsatz eines besonders effizienten Lumineszenzstoffs erreicht werden. Hierdurch wird sichergestellt, dass die Funktion des Materials im Sicherheitselementschichtverbund, hier z.B. die Haftwirkung des Klebers, durch den Lumineszenzstoff nicht negativ beeinträchtigt wird.

**[0049]** In einer bevorzugten Ausführungsform weist der Lumineszenzstoff eine Beschichtung und/oder eine Funktionalisierung auf, um seine Einbringung zu verbessern. Beispielsweise kann ein anorganischer Lumineszenzstoff mit einer organischen Hülle oder einer organischen Oberflächenfunktionalisierung versehen werden, um eine Dispersion des Lumineszenzstoffs in einer Polymerschicht oder der Kleberschicht zu ermöglichen bzw. zu verbessern.

**[0050]** In einer bevorzugten Ausführungsform besitzt der Lumineszenzstoff einen ähnlichen, vorzugsweise einen gleichen, Brechungsindex wie das ihn umgebende Material, beispielsweise eine Polymerschicht und/ oder die Kleberschicht. Bevorzugt unterscheiden sich die Brechungsindizes um weniger als 30%, besonders bevorzugt um weniger als 10% voneinander. Hierdurch wird sichergestellt, dass die Einbringung des Lumineszenzstoffs nicht zu optischen Effekten wie Trübungen etc. führt, welche die Funktionalität des Sicherheitselementschichtverbunds beeinträchtigen können.

**[0051]** Falls der Brechungsindex des Lumineszenzstoffs  $n_0$  stark vom Brechungsindex des ihn umgebenden Materials  $n_2$  abweicht, kann dies zu optischen Effekten wie Trübungen führen. Um solche Trübungen zu minimieren, können die Lumineszenzstoffe mit einer Be-

$$n_1 \approx \sqrt{n_0 n_2}$$

schichtung mit dem Brechungsindex mit definierter Dicke versehen werden. Die Beschichtungsdicke muss dabei so ausgelegt werden, dass sich die am Lumineszenzstoff und an der Beschichtung reflektierten Lichtstrahlen im Spektralbereich der höchsten Augenempfindlichkeit (ca. 555 nm) möglichst mit einem Phasenunterschied von  $\pi$  destruktiv überlagern.

**[0052]** In einer Ausgestaltung kann der Brechungsindex der Kleberschicht durch Trübungsmaterialien bzw. Dotierungen so angepasst sein, dass sein Brechungsindex erhöht ist. Beispielsweise können Trübungen der Kleberschicht, der Lumineszenzstoffschicht und/ oder der des den Lumineszenzstoffs umgebenden Matrix und/ oder Schicht mit entsprechende Materialien, wie  $\text{TiO}_2$  oder andere Oxide erhöht und vorzugsweise die Streuung reduziert werden.

**[0053]** In einer Ausführungsform weist die Funktionsschicht reflektierende Eigenschaften auf. Dazu kann die Funktionsschicht mit einer reflektierenden Oberfläche, vorzugsweise auf der Seite der Funktionsschicht welche der Oberseite gegenüberliegt, ausgebildet sein oder eine Beschichtung auf der Oberseite der Funktionsschicht aufweisen. Die reflektierende Eigenschaft betrifft insbesondere elektromagnetische Strahlen in einem Wellenlängenbereich der Anregbarkeit und/ oder der Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs des Sicherheitselementschichtverbunds. Der Lumineszenzstoff ist unterhalb, d.h. auf der Seite der Funktionsschicht, die der Oberseite gegenüberliegt, angeordnet. Die Reflexion der reflektierenden Oberfläche bewirkt eine Intensitätserhöhung der Anregungsstrahlung von der Unterseite auf den Lumineszenzstoff, da z. B. gestreute Anregungsstrahlung so mehrfach auf den Lumineszenzstoff treffen kann, und somit eine Intensitätserhöhung der Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs auf der Unterseite des Sicherheitselementschichtverbunds. Weiterhin bewirkt die reflektierende Eigenschaft der Funktionsschicht eine Reflexion der Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs zur Oberseite, so dass eine Emission des Lumineszenzstoffs in Bereichen, in denen die Funktionsschicht reflektierende Eigenschaften aufweist, an der Oberseite des Sicherheitselementschichtverbunds verhindert bzw. vermindert wird. Weiterhin wird durch die Reflexion der Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs eine Intensitätserhöhung zur Unterseite des Sicherheitselementschichtverbunds bewirkt.

**[0054]** Die Funktionsschicht kann die reflektierende Eigenschaft über die gesamte flächige Oberfläche der Funktionsschicht (ausgenommen Stirnseiten) aufweisen. Weiterhin kann auch nur eine flächige Seite der Funktionsschicht reflektierende Eigenschaften umfassen. Zudem kann die reflektierende Eigenschaft sich auch nur bereichsweise über eine (Teil-)Fläche der Funktionsschicht erstrecken, und beispielsweise als Muster ausgebildet sein. Die Funktionsschicht kann eine reflektive Beschichtung, einen reflektiven Aufdruck und/ oder

ein reflektive Teilschicht aufweisen. Beispielsweise kann die Funktionsschicht als reflektive Metallschicht ausgebildet sein und/ oder eine reflektive Metallbeschichtung aufweisen. Vorzugsweise ist die Metallschicht und/ oder die Metallbeschichtung auf der Seite der Funktionsschicht angeordnet, die dem Betrachter und somit der Oberseite des Sicherheitselementschichtverbunds gegenüberliegt. Beispielsweise handelt es sich bei der Metallschicht und/ oder Metallbeschichtung um eine Aluminium- und/ oder Chrombasierende Schicht bzw. Beschichtung.

**[0055]** In einer Ausgestaltung kann die den optisch variablen Effekt entfaltende Funktionsschicht als reflektierende Prägestruktur, insbesondere diffraktive Struktur und/ oder eine reflektierende Mikrostruktur, beschaffen sein und/ oder transparente hochbrechende Schichten, Dünnschichtelemente mit Farbkippeneffekt, insbesondere mit einer reflektierenden Schicht und einer semitransparenten Schicht sowie einer dazwischen angeordneten dielektrischen Schicht, Schichten aus flüssigkristallinem Material, insbesondere aus cholesterischem flüssigkristallinem Material, Druckschichten auf Grundlage von Effektpigmentzusammensetzungen mit betrachtungswinkelabhängigem Effekt oder mit unterschiedlichen Farben und/ oder einen mehrschichtigen Aufbau, beispielsweise zwei semitransparente Schichten und eine zwischen den zwei semitransparenten Schichten angeordnete dielektrische Schicht, aufweisen.

**[0056]** In einer Ausgestaltung weist die Funktionsschicht des Sicherheitselementschichtverbunds einen Prägelack, beispielsweise zum Bilden einer Prägestruktur, auf. Zudem kann der Prägelack des Sicherheitselementschichtverbunds bereits eine Prägestruktur aufweisen. In einer Ausgestaltung kann der Lumineszenzstoff im Prägelack ausgebildet sein, wobei vorzugsweise der Prägelack an der Oberseite des Sicherheitselementschichtverbunds reflektierend und/ oder absorbierend für die Emissionsstrahlung des ersten Lumineszenzstoffs ausgebildet ist.

**[0057]** In einer Ausgestaltung kann der Sicherheitselementschichtverbund eine Streuschicht mit lichtstreuenden Eigenschaften aufweisen. Mithilfe der Streuschicht wird die Intensität der Anregungsstrahlung, welche der Lumineszenzstoff erfährt, erhöht. Die Streuschicht kann als eine Folie mit eingebetteten reflektierenden Störpartikeln ausgebildet sein. Die Streuschicht kann beispielsweise als Polymerschicht mit eingebetteter Cellulosefaser und/ oder mit hochbrechenden anorganischen Streukörpern, beispielsweise  $TiO_2$  und/ oder  $ZrO_2$ , ausgebildet sein. In einer Ausgestaltung ist die Streuschicht benachbart zu der Schicht, in denen der Lumineszenzstoff angeordnet ist, beispielsweise Kleberschicht oder Lumineszenzstoffschicht, angeordnet. Weiterhin kann in einer Ausgestaltung vorgesehen sein, dass der Lumineszenzstoff in der Streuschicht angeordnet ist und/ oder die Streuschicht Teil der Funktionsschicht ist. In einer Ausgestaltung kann die Streuschicht zwischen Klebeschicht und Lumineszenzstoffschicht angeordnet

sein.

**[0058]** Weiterhin können Kunststoffschichten eingesetzt werden, um die Dicke des Sicherheitselementschichtverbunds einzustellen, Abstände zwischen verschiedenen Schichten des Sicherheitselementschichtverbunds anzupassen, und/ oder andere Eigenschaften des Sicherheitselementschichtverbunds zu beeinflussen, wie z. B. die Opazität, die Farbe und/ oder die Verformbarkeit des Sicherheitselementschichtverbunds. Oft befinden sich mehrere Kunststoffschichten direkt hintereinander, z. B. in Form miteinander laminierte Folien. Weiterhin kann der Sicherheitselementschichtverbund einen Prägelack, einen Schutzlack, einen Primer, eine Druckschicht und/ oder weitere Sicherheitselemente oder eine Kombination der hier genannten Merkmale umfassen.

**[0059]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform befindet sich der Lumineszenzstoff in einer Haftvermittlerschicht bzw. in einem Primer des Sicherheitselementschichtverbunds. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform befindet sich der Lumineszenzstoff in der Kleberschicht. In diesen Fällen ist die Einbringung des Lumineszenzstoffs in den Sicherheitselementschichtverbund besonders einfach und deutlich weniger fehleranfällig. Beispielsweise ist die Einbringung und homogene Dispergierung eines anorganischen Lumineszenzstoffs in einen Kleber (z.B. durch Einrühren) einfacher als in eine Kunststoffschicht, da bei Einbringung des Lumineszenzstoffs in die Polymerschmelze einer Blasfolienextrusion der Herstellungsprozess behindert werden könnte. Selbstverständlich ist auch eine Kombination der unterschiedlichen Anordnungsweisen des wenigstens einen Lumineszenzstoffs oder verschiedener, sich ggf. ergänzender Lumineszenzstoffe, beispielsweise des weiteren Lumineszenzstoffs und/ oder zur Nachweisbarkeit einzelner Schichten eingebrachter Lumineszenzstoffe, insbesondere hinsichtlich seiner Schichten, möglich. Eine besondere Auswertung der detektierten Strahlung hinsichtlich des Spektralbereichs kann beispielsweise zur Detektion des Aufbau bzw. der Schichtreihenfolge des Sicherheitselementschichtverbunds verwendet werden. Hierzu können auch Streuverhalten und/ oder Lumineszenzverhalten eines Wertdokumentsubstrats, beispielsweise einer Papierschicht, auf dem der Sicherheitselementschichtverbund aufgebracht ist, einbezogen werden.

**[0060]** Der Lumineszenzstoff kann in der Funktionsschicht und/oder Kleberschicht zumindest nur bereichsweise angeordnet sein, beispielsweise in Form eines Musters. Das Muster kann in einem Aspekt eine Codierung, insbesondere ein Barcode und/ oder eine 2D-Codierung, beispielsweise ein QR-Code oder ein Data-Matrix-Code sein. Es ist somit möglich, zu dem Echtheitsnachweis aufgrund der Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs auch Daten und/ oder einen weiteren Echtheitsnachweis hinsichtlich der Auswertung der Daten und/oder dem Muster aus der Emissionsstrahlung zu gewinnen. Die Opazität des Sicherheitselementschicht-

verbunds kann sich über das Muster des Lumineszenzstoffs bzw. der vom Lumineszenzstoff gebildeten Fläche hinaus erstrecken und den Lumineszenzstoff somit vollständig abdecken. In einer Alternative kann auch vorgesehen sein, dass die Opazität des Sicherheitselementschichtverbunds das Muster des Lumineszenzstoffs bzw. der vom Lumineszenzstoff gebildeten Fläche nur bereichsweise abdeckt und zumindest ein Teilbereich des Sicherheitselementschichtverbunds so ausgebildet ist, dass Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs aus der Oberseite des Sicherheitselementschichtverbunds austritt. Die Opazität des Sicherheitselementschichtverbunds kann sich musterartig im Sicherheitselementschichtverbund erstrecken, dass sie mit der Verteilung des Lumineszenzstoffs, insbesondere das Muster des Lumineszenzstoffs bzw. der vom Lumineszenzstoff gebildeten Fläche ein gemeinsames Muster, insbesondere eine Codierung bildet. In einer Ausgestaltung kann der opake Flächenbereich des Sicherheitselementschichtverbunds wie oben als optisch variablen Effekt bildend ausgebildet sein und beispielsweise ein Hologramm und/oder ein Prägemuster umfassen und/oder als Linie, insbesondere Linienrastrer, als Flächenmuster und/oder als metallisierte Fläche mit Demetallisierung ausgebildet sein und wenigstens in einem Überlappungsbereich die Anordnung des Lumineszenzstoff in Auflicht auf die Oberseite überdecken. Entsprechend kann vorgesehen sein, dass der Sicherheitselementschichtverbund in Auflicht auf deren Oberseite wenigstens einen Bereich aufweist, in dem der Sicherheitselementschichtverbund nicht für die Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs opak ausgebildet ist. Somit ist der Sicherheitselementschichtverbund so ausgebildet, dass der Sicherheitselementschichtverbund in Auflicht auf die Oberseite des Sicherheitselementschichtverbund Bereiche aufweist, bei denen die Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs nicht oder kaum detektierbar austreten kann, und Bereiche aufweist, bei denen die Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs austreten kann.

**[0061]** In einer Ausführungsform verfügt der Sicherheitselementschichtverbund über einen Abziehschutz. Hierbei ist der Lumineszenzstoff in eine Schicht des Sicherheitselementschichtverbunds angeordnet, welche geeignet ist, bei einem Abziehen oder Herauslösen des Sicherheitselementschichtverbunds vom Wertdokument ganz oder teilweise auf dem Wertdokument zu verbleiben. Hierbei kann es sich beispielsweise um eine speziell präparierte Kleberschicht zwischen dem Sicherheitselementschichtverbund und dem Wertdokumentsubstrat handeln. Bei Abziehen des Sicherheitselementschichtverbunds, um beispielsweise eine Fälschung anzufertigen, enthält der Sicherheitselementschichtverbund somit keinen oder nur noch eine geringe Menge an Lumineszenzstoff mehr und wird daher als falsch erkannt. Das Wertdokument enthält noch die Schicht mit dem Lumineszenzstoff des Sicherheitselementschichtverbunds, jedoch nicht mehr die Schicht mit dem optisch variablen Effekt, vorzugsweise nicht mehr die reflektierende bzw.

absorbierende Schicht, so dass die Intensität der detektierbaren Emissionsstrahlung auf der Seite, auf der der gesamte Sicherheitselementschichtverbund ursprünglich angebracht war, nun höher ist, und auf der gegenüberliegenden Seite nun noch schwach erscheint. Somit kann ein unsachgemäßes Abziehen (Fälschen) des Sicherheitselementschichtverbunds erkannt werden.

**[0062]** In einem weiteren Aspekt wird ein Wertdokument bereitgestellt. Das Wertdokument umfasst ein flächiges Wertdokumentsubstrat und einen Sicherheitselementschichtverbund, der auf einer Oberseite des flächigen Wertdokumentsubstrats angeordnet ist. Der Sicherheitselementschichtverbund weist eine Funktionsschicht auf, die bei Betrachtung in Auflicht auf eine Oberseite der Funktionsschicht für einen Betrachter einen optisch variablen Effekt entfaltet, wobei die Oberseite dann dem Betrachter zugewandt ist. Weiterhin umfasst der Sicherheitselementschichtverbund eine Kleberschicht. Der Sicherheitselementschichtverbund weist eine Oberseite auf, die dem Betrachter zugewandt ist, und eine Unterseite auf, die dem Wertdokumentsubstrat zugewandt ist und der Oberseite gegenüber liegt. Der Sicherheitselementschichtverbund weist ferner mindestens einen ersten Lumineszenzstoff auf. Der erste Lumineszenzstoff kann in der Kleberschicht und/oder in einer ersten Lumineszenzstoffschicht, welche vorzugsweise auf der der Oberseite des Sicherheitselementschichtverbunds gegenüberliegenden Seite der Funktionsschicht in dem Sicherheitselementschichtverbund angeordnet ist, angeordnet sein. Die Kleberschicht ist auf der Seite des Sicherheitselementschichtverbunds und der Funktionsschicht angeordnet, die der Oberseite des Sicherheitselementschichtverbunds gegenüberliegt. Der Sicherheitselementschichtverbund ist auf einer Oberseite des Wertdokumentsubstrats derart angeordnet, dass die den optisch variablen Effekt entfaltende Funktionsschicht so ausgerichtet ist, dass der optisch variable Effekt in Auflicht auf einer Oberseite des Wertdokuments erkennbar ist und der Sicherheitselementschichtverbund in Auflicht auf eine Unterseite des Wertdokuments zumindest bereichsweise, vorzugsweise vollständig verdeckt ist. Bevorzugt sind bei Betrachtung von der Unterseite des Wertdokuments mehr als 10% der Fläche des Sicherheitselementschichtverbunds vom Wertdokumentsubstrat verdeckt. Dies ermöglicht eine mechanisch sichere Verankerung des Sicherheitselementschichtverbundes und ein attraktives Design und eine hohe Fälschungssicherheit durch verschiedene optische Eindrücke des Sicherheitselements von Ober- und Unterseite des Wertdokuments.

**[0063]** Der Sicherheitselementschichtverbund und das Wertdokumentsubstrat können sich vollständig oder nur teilweise überlappen, beispielsweise an einem Fensterbereich des Wertdokumentsubstrats.

**[0064]** Der erste Lumineszenzstoff weist eine primäre Emissionsstrahlung in einem Wellenlängenbereich zwischen 700 nm und 2100 nm auf. Weiterhin ist der erste Lumineszenzstoff durch eine Anregungsstrahlung in ei-

nem Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 2100 nm, vorzugsweise zwischen 700 nm und 2100 nm anregbar. Die Funktionsschicht ist opak bezüglich der Emissionsstrahlung des ersten Lumineszenzstoffs ausgebildet. Der Aufbau und die Sicherheitsbestimmungen hierzu sind einfach und überschaubar, so dass eine einfache Prüfung des Sicherheitselementschichtverbunds und des Wertdokuments möglich ist. Die Opazität der Funktionsschicht kann durch eine Teilschicht der Funktionsschicht bereitgestellt werden. Besonders bevorzugt ist, dass der erste Lumineszenzstoff im Sicherheitselementschichtverbund so angeordnet ist, dass er unterhalb der Schicht angeordnet ist, welche die Opazität der Funktionsschicht bereitstellt, d. h., dass der Lumineszenzstoff zumindest auf der Seite der opaken Schicht angeordnet sind, welche der Oberseite des Sicherheitselementschichtverbundes gegenüber liegt.

**[0065]** Die Funktionsschicht ist demnach so ausgebildet, dass sie die emittierte Strahlung von dem ersten Lumineszenzstoff in einem Wellenlängenbereich von 700 nm bis 2100 nm soweit hindert, dass sie nicht oder nur noch bis zu einem signifikanten geringen Anteil durch die Funktionsschicht gelangt und an damit der Oberseite des Sicherheitselementschichtverbunds nicht bzw. kaum detektierbar ist. Die Funktionsschicht kann somit für den Emissionsbereich des ersten Lumineszenzstoffs absorbierend bzw. dämpfend, vorzugsweise reflektierend ausgebildet sein. Ist die Funktionsschicht dämpfend ausgebildet, so ist ein Dämpfungsgrad von wenigstens 50 %, vorzugsweise von wenigstens 70%, besonders bevorzugt von wenigstens 100%, vorgesehen. Der Reflexionsgrad beträgt bevorzugt mehr als 50%, besonders bevorzugt mehr als 80 %.

**[0066]** Die Intensität der Emissionsstrahlung des im Sicherheitselementschichtverbund enthaltenen ersten Lumineszenzstoffs ist daher auf der Seite des Wertdokuments, welche nicht den Sicherheitselementschichtverbund trägt, höher als auf der Seite des Wertdokuments welches den Sicherheitselementschichtverbund trägt, bevorzugt um wenigstens 50% höher, besonders bevorzugt wenigstens um 70%, weiter bevorzugt um wenigstens 100%. Hierdurch wird eine erhöhte Fälschungssicherheit erreicht, da der erste Lumineszenzstoff eine bessere Tarnung aufweist, der Sicherheitselementschichtverbund keine detektierbare Lumineszenz bei direkter Messung des Sicherheitselementschichtverbunds von dessen Oberseite aus aufweist, keine Fälschbarkeit durch lumineszierenden Aufdruck oder ganzheitlich lumineszierende Elemente möglich ist und der damit verbundener Nachahmungsaufwand sehr hoch ist.

**[0067]** Die Anregung des ersten Lumineszenzstoffs findet bevorzugt von der Unterseite des Sicherheitselementschichtverbunds, insbesondere von der Unterseite des Wertdokuments bzw. des Wertdokumentsubstrats aus statt. Nach Anregung emittiert der erste Lumineszenzstoff eine Emissionsstrahlung. Diese durchläuft den Sicherheitselementschichtverbund bis zur Funktionsschicht und dringt vorzugsweise nicht bzw. kaum durch

die Funktionsschicht. Die Emissionsstrahlung des ersten Lumineszenzstoffs ist nicht bzw. nur kaum an der Oberseite des Sicherheitselementschichtverbunds erkennbar. Die Emissionsstrahlung kann hingegen zur Unterseite des Sicherheitselementschichtverbunds vordringen und somit auch in das Wertdokumentsubstrat. Das Wertdokumentsubstrat ist vorzugsweise so ausgebildet, dass die Emissionsstrahlung des ersten Lumineszenzstoffs im Wesentlichen, d.h. unter Berücksichtigung eventuell vorhandener Streuverluste ein hoher, insbesondere ein für eine Detektion ausreichender, Anteil der Emissionsstrahlung, das Wertdokumentsubstrat durchdringt, wodurch die Emissionsstrahlung des ersten Lumineszenzstoffs ermittelbar ist.

**[0068]** Der vom Sicherheitselementschichtverbund belegte Flächenbereich, wenigstens aber der von dem ersten Lumineszenzstoff belegte Flächenbereich, des Wertdokuments kann somit erkannt werden. Bei einer Fälschung des Wertdokuments könnte der Sicherheitselementschichtverbund nur teilweise entfernt werden. Mit dem Entfernen könnte der Fälscher zumindest einen Teil des ersten Lumineszenzstoffs ebenfalls vom echten Wertdokument entfernen. Bei einer Prüfung des Wertdokuments hinsichtlich Vollständigkeit des Sicherheitselementschichtverbunds, würde man aus der flächigen Intensitätsverteilung der Emissionsstrahlung des ersten Lumineszenzstoffs erkennen, dass von dem echten Wertdokument nur noch ein Teilbereich der Fläche des Sicherheitselementschichtverbunds, die normalerweise vorhanden wäre, von dem Sicherheitselementschichtverbund bedeckt ist.

**[0069]** Als weiterer Vorteil der Erfindung können die ersten Lumineszenzstoffe nicht bzw. kaum von der Oberseite des Sicherheitselementschichtverbunds detektiert werden. Vielmehr ist insbesondere eine Detektion von der Unterseite des Sicherheitselementschichtverbunds und somit von dem Wertdokumentsubstrat möglich. Der Sicherheitselementschichtverbund würde üblicherweise von Fälschern nicht als maschinenlesbar bzw. als lumineszierend erkannt, da typischerweise eine Detektion von der Oberseite erfolgt, nicht jedoch von der Unterseite.

**[0070]** Weiterhin könnte ein Fälscher den Sicherheitselementschichtverbund so vom Wertdokument entfernen, dass wenigstens ein Teil der Funktionsschicht, welche den optisch variablen Effekt betrifft, entfernt wird, wobei zumindest ein Teil der ersten Lumineszenzstoffe am Wertdokumentsubstrat verbleibt. Zur Prüfung auf Unversehrtheit des Wertdokuments könnte eine Flächenprüfung über den Intensitätsverlauf in Aufsicht auf der Oberseite des Wertdokuments hinsichtlich Emission der ersten Lumineszenzstoffe herangezogen werden, wobei auf der Oberseite des Wertdokuments im Bereich, der typischerweise den Sicherheitselementschichtverbund aufweist, teilweise eine Emissionsstrahlung des verbleibenden ersten Lumineszenzstoffs erkennbar wäre. Bei unversehrtem Sicherheitselementschichtverbund wäre keine bzw. eine geringe jedoch im Wesentlichen homo-

gen verteilte Emissionsstrahlung des ersten Lumineszenzstoffs erkennbar.

**[0071]** Mit dem erfindungsgemäßen Wertdokument ist es möglich, nicht nur die Echtheit des Wertdokuments und des Sicherheitselementverbands zu prüfen, sondern auch deren Unversehrtheit.

**[0072]** Der im Wertdokument verwendete Sicherheitselementschichtverbund kann durch ein Sicherheitstransferelement, wie oben beschrieben, bereitgestellt werden.

**[0073]** Das Wertdokumentsubstrat, auf welches der Sicherheitselementschichtverbund angeordnet ist, kann aus Papier, aus Kunststoff oder aus einem Verbund von Papier und Kunststoff bestehen. Bevorzugt handelt es sich bei dem Wertdokument jedoch um Banknotenpapier/Baumwollpapier oder um ein solches Papier enthaltendes Verbundmaterial.

**[0074]** Das Wertdokumentsubstrat ist typischerweise 50 - 100 µm dick und besteht beispielsweise bei einer Banknote aus Papier, typischerweise hauptsächlich aus Cellulosefasern, anorganischen Füllstoffen wie z.B. Titandioxid und organischen Hilfsmitteln wie z.B. CMC (Carboxymethylcellulose). Die Füllstoffe erzeugen eine hohe Streuung des Wertdokumentsubstrats und damit einen attraktiven weißen Farbeindruck. Daneben ermöglichen sie eine gute Anregung des ersten und/ oder zweiten Lumineszenzstoffs, da ein hoher Einfangquerschnitt der Lumineszenzzentren des ersten und/ oder zweiten Lumineszenzstoffs gewährleistet wird. Weiterhin kann das Wertdokumentsubstrat wenigstens eine Kunststoffolie umfassen (beispielsweise Polymerbanknote), vorzugsweise jedoch einen Verbund aus wenigstens zwei Kunststoffolien. Wertdokumentsubstrate mit einer Kunststoffolie können eine höhere Transparenz aufweisen, wodurch eine leichtere Anregung der ersten Lumineszenzstoffe möglich ist. Das Wertdokumentsubstrat kann jedoch auch komplexer aufgebaut sein, und z. B. im Falle eines Verbundmaterials das wenigstens eine Kunststoffolie oder einen Kunststoffkern beinhaltet welche von wenigstens zwei Lagen Papier umgeben ist, oder wenigstens eine Lage Papier beinhalten welche von wenigstens zwei Kunststoffolien umgeben ist (sog. Hybridbanknoten).

**[0075]** Das Wertdokumentsubstrat bildet somit den Grundkörper des Wertdokuments und ist durch ihre Dicke sowie ihre Streu- und Absorptionseigenschaften ein relevanter Faktor für die Abschwächung der Anregungsstrahlung und Emissionsstrahlung der im Rahmen der Erfindung verwendeten Lumineszenzstoffe, insbesondere des ersten Lumineszenzstoffs, welche jeweils das Wertdokumentsubstrat durchqueren muss.

**[0076]** In einer Ausgestaltung ist wenigstens die mittlere Intensität der Emissionsstrahlung des ersten Lumineszenzstoffs des Sicherheitselementschichtverbunds an der Unterseite des Wertdokuments signifikant höher als an der Oberseite des Wertdokuments, jeweils im Flächenbereich des Sicherheitselementschichtverbunds, wobei vorzugsweise in diesem Bereich keine oder eine vernachlässigbare Emissionsstrahlung des ersten Lumi-

neszenzstoffs an der Oberseite des Wertdokuments erkennbar ist. Die Funktionsschicht und/ oder Schichten über dem ersten Lumineszenzstoff sind dabei für die emittierte Strahlung des ersten Lumineszenzstoffs so ausgebildet, dass sie ein Durchdringen hindern. Als signifikant wird eine Dämpfung von wenigstens 50% angesehen. Die Funktionsschicht kann somit für den Emissionsbereich des Lumineszenzstoffs absorbierend bzw. dämpfend, vorzugsweise reflektierend ausgebildet sein. Eine dämpfende Ausführung der Funktionsschicht bietet den Vorteil, dass die Dämpfung im infraroten Emissionsbereich des Lumineszenzstoffs unabhängig vom visuellen Eindruck erzeugt werden kann, so dass große Freiheit im Design des visuellen Eindrucks des Sicherheitselementschichtverbunds besteht. Andererseits kann eine reflektierende Ausführung selbst als attraktives Designmerkmal wirken, und ist notwendiger Bestandteil einiger optisch variabler Elemente wie z.B. eines Hologramms. Ist die Funktionsschicht dämpfend ausgebildet, so ist ein Dämpfungsgrad von wenigstens 50%, vorzugsweise von wenigstens 70%, besonders bevorzugt von wenigstens 100%, vorgesehen. Der Reflexionsgrad beträgt bevorzugt mehr als 50%, besonders bevorzugt mehr als 80 %. Somit ist eine sichere Prüfung des Wertdokuments und/ oder des Sicherheitselementschichtverbunds auf Fälschung und/ oder auf Schnipselfälschung, d.h. dass ein Bereich eines echten Wertdokuments herausgenommen wurde und ggf. durch einen unechten Bereich ersetzt ist, möglich.

**[0077]** In einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass das Wertdokumentsubstrat wenigstens einen zweiten Lumineszenzstoff aufweist. Der wenigstens eine zweite Lumineszenzstoff kann im Wertdokumentsubstrat, beispielsweise in einer Papiersubstratschicht und/ oder in einer Polymerschicht, angeordnet sein. Der zweite Lumineszenzstoff wird dazu beispielsweise zur Herstellung der Papiersubstratschicht in einer Papiermaschine der Papiermasse beigefügt. Umfasst das Wertdokumentsubstrat eine Polymerschicht, kann der zweite Lumineszenzstoff in einem Extruder beigemischt werden. Selbstverständlich kann das Wertdokumentsubstrat auch eine Kombination von Papiersubstrat und Polymerschicht umfassen. Weiterhin kann der zweite Lumineszenzstoff in einer Druckschicht auf dem Wertdokumentsubstrat ausgebildet sein. Der zweite Lumineszenzstoff kann in einer Druckfarbe eingebracht sein.

**[0078]** Mithilfe des zweiten Lumineszenzstoffs ist besonders gut eine vollflächige Absicherung des Wertdokuments erreicht.

**[0079]** Weiterhin kann verhindert werden, dass der Sicherheitselementschichtverbund durch Ablösen mit Lösemitteln vom Wertdokumentsubstrat entfernt wird und auf ein gefälschtes Wertdokumentsubstrat aufgebracht wird, um dieses echt wirken zu lassen (beispielsweise auf eine abgeänderte Urkunde oder eine Banknote mit höherer Denomination). Der mindestens erste Lumineszenzstoff im Sicherheitselementschichtverbund und der mindestens zweite Lumineszenzstoff im und/ oder auf

dem Wertdokumentsubstrat sind dabei vorzugsweise aufeinander abgestimmt.

**[0080]** In einer Ausgestaltung des Wertdokuments sind der erste und gegebenenfalls zweite Lumineszenzstoff so ausgebildet, dass deren Anregbarkeit durch Anregungsstrahlung im sichtbaren Spektralbereich liegt, insbesondere bevorzugt im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 700 nm. Bei Verwendung derartiger Anregungsstrahlung zur Anregung durch ein Wertdokumentsubstrat, welches beispielsweise Papier umfasst, entstehen zwar höhere Streuverluste in dem Wertdokumentsubstrat und eine höhere Anfälligkeit gegen Störfaktoren wie Schmutz, jedoch wird die Palette an einsetzbaren Stoffen erweitert, beispielsweise mit sichtbarer Strahlung anregbare Pigmente, Farbstoffe und Komplexe. Die Verluste können aber teilweise durch Einsatz der für diesen Spektralbereich vorhandenen, generell stärkeren Anregungsquellen mehr als kompensiert werden.

**[0081]** In einer Ausgestaltung weisen der erste und zweite Lumineszenzstoff eine Anregbarkeit in einem gleichen Wellenlängenbereich auf, beispielsweise im visuellen und/ oder infraroten Wellenlängenbereich. Dies ermöglicht eine Prüfung beider Lumineszenzstoffe mit einem platz- und energiesparenden Sensor, der nur Anregungslicht einer Wellenlänge bereitstellt.

**[0082]** In einer Ausgestaltung sind der erste und/ oder gegebenenfalls zweite Lumineszenzstoff des Wertdokuments so ausgebildet, dass deren Anregbarkeit durch Anregungsstrahlung im Infrarotbereich, insbesondere bevorzugt im Wellenlängenbereich zwischen 700 nm und 2100 nm, liegt. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform liegen sowohl die Anregungsstrahlung als auch die Emission im Infrarotbereich. Hierdurch werden die bei einem Wertdokumentsubstrat, welches beispielsweise Papier umfasst, typischerweise auftretende Streuverluste vermieden. Zudem sind oftmals auftretende Absorptionen durch z. B. Verschmutzungen für elektromagnetische Strahlung im Infrarotbereich oft durchlässiger als im sichtbaren Bereich.

**[0083]** In einem Aspekt der Erfindung ist die primäre Emissionsstrahlung des ersten und/ oder gegebenenfalls zweiten Lumineszenzstoffs des Wertdokuments in einem Wellenlängenbereich zwischen 900 nm und 2100 nm. Hierdurch kann die Lumineszenz des Sicherheitselementschichtverbunds nicht durch das menschliche Auge wahrgenommen werden, wodurch eine höhere Sicherheit erreicht wird. Weiterhin erfährt der Sicherheitselementschichtverbund auf dem Wertdokumentsubstrat, das vorzugsweise Papier enthält, aufgrund der Abhängigkeit des Streukoeffizienten des Wertdokumentsubstrats von der Wellenlänge die Emissionsstrahlung weniger Streuverluste, so dass die Emissionsstrahlung des ersten und/ oder gegebenenfalls zweiten Lumineszenzstoffs das Wertdokumentsubstrat verlustloser durchdringen kann.

**[0084]** In einem Aspekt liegt die primäre Emissionsstrahlung des ersten und/ oder gegebenenfalls Lumineszenzstoffs in einem Wellenlängenbereich zwischen 900

nm und 1300 nm. Zur Detektion von Emissionsstrahlung in diesem Wellenlängenbereich sind bereits einfach aufgebaute Detektoren verfügbar, so dass keine komplexen Detektoren verwendet werden müssen. Es wird somit ein Kompromiss zwischen einfacher Detektierbarkeit und Streuverlusten erreicht. Beispielsweise sind der ersten und zweiten Lumineszenzstoff mit einem Wellenbereich der primären Emissionsstrahlung zwischen 900 nm und 1300 nm dotierte anorganische Pigmente mit den Dotierstoffen Neodym oder Ytterbium bzw. dotiert mit bestimmten Übergangsmetallen sowie metallorganische Komplexe mit Neodym oder Ytterbium und/ oder organische Farbstoffe, wie z. B. Cyanine-Farbstoffe, Thiopyrylium-Farbstoffe, wie IR-1061 und/ oder Indolium-Farbstoffe wie IR-1048. In einer Ausgestaltung kann auch eine Kombination von Neodym und Ytterbium vorgesehen sein. In einer Ausgestaltung kann auch eine Kombination von Neodym und Ytterbium vorgesehen sein

**[0085]** In einem weiteren Aspekt liegt die primäre Emissionsstrahlung des ersten und/ oder gegebenenfalls zweiten Lumineszenzstoffs in einem Wellenlängenbereich zwischen 1300 nm und 1600 nm. Hier liegen gegenüber einem Wellenlängenbereich unter 1300 nm nochmals verringerte Streuverluste in einem Papiersubstrat bei einem Wertdokumentsubstrat vor und die Detektoren können noch relativ einfach aufgebaut sein. Jedoch kann bei cellulosebasierten Substraten des Wertdokumentsubstrats eine breite Absorptionsbande aufgrund einer Überlagerung verschiedener O-H-Streckschwingung vorliegen, wodurch die Emissionsstrahlung des ersten und/ oder gegebenenfalls zweiten Lumineszenzstoffs gedämpft wird. Als erster und/ oder gegebenenfalls zweiter Lumineszenzstoff kommen beispielsweise mit Erbium dotierte anorganische Pigmente, metallorganische Komplexe mit Erbium und/ oder bestimmte organische Farbstoffe in Betracht.

**[0086]** In einer weiteren Ausführungsform liegt die primäre Emissionsstrahlung des ersten und/ oder gegebenenfalls zweiten Lumineszenzstoffs im Bereich zwischen 1600 nm und 1850 nm. In dieser Ausführungsform sind gegenüber Lumineszenzstoffen mit primärer Emissionsstrahlung in einem Wellenlängenbereich unter 1600 nm nochmals verringerte Streuverluste bei dem Wertdokumentsubstrat, das Papier umfasst, gegeben. Jedoch ist sowohl der Detektor als auch das Detektionsverfahren komplexer. Zudem sind bevorzugt andere Materialien zu verwenden, nämlich mit Thulium dotierte anorganische Pigmente und/ oder metallorganische Komplexe mit Thulium

**[0087]** In einer Ausführungsform liegt die primäre Emissionsstrahlung des ersten und/ oder zweiten Lumineszenzstoffs in einem Wellenlängenbereich zwischen 1850 nm und 2100 nm. Hier sind bei Verwendung des Sicherheitselementschichtverbunds in Kombination mit dem Wertdokumentsubstrat, das vorzugsweise Papier umfasst, gegenüber Lumineszenzstoffen mit primärer Emission unter 1850 nm sehr gering, jedoch würden der Detektor und das Detektionsverfahren aufwändiger und

komplexer aufgebaut sein. Weiterhin ist nachteilig bemerken, dass in diesem Wellenlängenbereich Schwingungsobertöne des Wassers liegen, so dass die Intensität des ersten und/ oder gegebenenfalls zweiten Lumineszenzstoffs auch mit dem Feuchtigkeitsgehalt des Substrats variiert, wodurch die Detektion abermals aufwändiger wird. Als erster und/ oder gegebenenfalls zweiter Lumineszenzstoff, die eine primäre Emissionsstrahlung in einem Wellenlängenbereich zwischen 1850 nm und 2100 nm aufweisen, sind beispielsweise mit Holmium dotierte anorganische Pigmente und/ oder metallorganische Komplexe mit Holmium.

**[0088]** Zu den hier genannten Dotierstoffen können weitere Dotierstoffe vorgesehen sein, die in Kombination mit dem Seltenerdion einen Energietransfer zu diesem, beispielsweise Erbium, ermöglichen. Weiterhin können die Dotierstoffe, wie Neodym, Ytterbium, Erbium, Thulium und/ oder Holmium in Kombination untereinander und/ oder in Kombination mit den genannten weiteren Dotierstoffen vorliegen, um Energietransfer und deren jeweilige Abklingzeit einzustellen und/ oder auszusparen.

**[0089]** In einer Ausführungsform überlappen der erste und zweite Lumineszenzstoff zumindest teilweise in einem Wellenlängenbereich ihrer Emissionsstrahlung, insbesondere kann der Emissionswellenlängenbereich des zweiten Lumineszenzstoffs mit dem des ersten Lumineszenzstoffs übereinstimmen. Hierdurch kann der erste Lumineszenzstoff des Sicherheitselementschichtverbunds nicht mehr oder nur noch schwer unabhängig von dem vorzugsweise vollflächig vorhandenen zweiten Lumineszenzstoff des Wertdokumentsubstrats untersucht werden.

**[0090]** In einer Ausgestaltung kann vorgesehen sein dass sich die Wellenlängenbereiche der Emission des ersten und zweiten Lumineszenzstoffs ergänzen und/ oder sich bereichsweise überlappen. Mithilfe eines spektral auflösenden Detektors kann das ergänzende Spektrum zusätzlich als Sicherheitsnachweis herangezogen werden, insbesondere ob in dem detektierten Flächenbereich der erste und zweite Lumineszenzstoff vorhanden ist. Das ergänzende und gegebenenfalls überlappende Spektrum können mithilfe der Menge und dem Typ der verwendeten ersten und zweiten Lumineszenzstoffe festgelegt werden.

**[0091]** In einer weiteren Ausführungsform lumineszieren der erste und zweite Lumineszenzstoff in unterschiedlichen Spektralbereichen. Hierdurch wird eine höhere Anzahl an trennbaren Kodierungen erreicht. Weiterhin ist eine separate Auswertung der Emissionen einfacher.

**[0092]** In einer bevorzugten Ausführungsform phosphoreszieren der erste und/ oder zweite Lumineszenzstoff. In diesem Fall lässt sich neben dem spektralen Anregungs- und Emissionsverhalten auch die Abklingzeit der jeweiligen Emission bestimmen. Hierdurch ist eine erhöhte Sicherheit gegeben, da ein Fälscher das Zeitverhalten nachahmen müsste. Zudem ist eine erhöhte

Anzahl an Kodierungen möglich, nämlich in der Unterscheidung der Sicherheitselementschichtverbunde mit unterschiedlichen Ankling- oder Abklingzeiten.

**[0093]** In einer Ausführungsform weisen der erste und/ oder zweite Lumineszenzstoff eine Abklingzeit von weniger als 5000  $\mu$ s, besonders bevorzugt von weniger als 2000  $\mu$ s, insbesondere bevorzugt von weniger als 1000  $\mu$ s. Dies erlaubt eine präzisere Messung der jeweiligen Abklingzeit auch bei hohen Transportgeschwindigkeiten des Wertdokuments. Dies ist z. B. bei Hochgeschwindigkeitssensoren für Banknoten der Fall, bei denen Banknoten sich typischerweise mit bis zu 12 Meter pro Sekunde durch die Maschine bewegen.

**[0094]** Bevorzugt besitzen der erste und/ oder zweite Lumineszenzstoff eine Abklingzeit von mehr als 50  $\mu$ s, besonders bevorzugt von mehr als 80  $\mu$ s, insbesondere bevorzugt von mehr als 100  $\mu$ s. Bei geringeren Abklingzeiten wird eine Unterscheidung von Hintergrund-Fluoreszenzen, z.B. von organischen Verunreinigungen, zunehmend schwieriger.

**[0095]** In einer Ausgestaltung basieren der erste und zweite Lumineszenzstoff

- auf Neodym oder Ytterbium oder einer Kombination aus Neodym und Ytterbium, wobei vorzugsweise sich der erste Lumineszenzstoff vom zweiten Lumineszenzstoff unterscheidet, und/oder
- auf Übergangsmetallen mit einer Emission im Wellenlängenbereich zwischen 900-1300 nm, wobei vorzugsweise sich der erste Lumineszenzstoff vom zweiten Lumineszenzstoff unterscheidet, und/ oder
- auf Erbium, auf Thulium, und/ oder auf Holmium, wobei vorzugsweise sich der erste Lumineszenzstoff vom zweiten Lumineszenzstoff unterscheidet.

**[0096]** Hierdurch wird erreicht, dass der erste und zweite Lumineszenzstoff in einem ähnlichen Wellenlängenbereich emittieren, d.h. beide Stoffe emittieren gemeinsam in einem der hier genannten Spektralbereiche, wie 1300 nm - 1600 nm, 1600 nm - 1850 nm und 1850 nm - 2100 nm. Anhand der ähnlichen Wellenlängenbereiche wird jeweils erreicht, dass der erste und zweite Lumineszenzstoff im gleichen Spektralbereich emittieren. Weiterhin kann die Sicherheit erhöht werden, da es besonders in den langwelligen Bereichen schwerer wird, den ersten und zweiten Lumineszenzstoff unabhängig voneinander zu detektieren. Als zusätzlicher Vorteil wird vor allem bei den kurzwelligen Bereichen der Detektoraufbau einfacher, da nur ein begrenzter Bereich überprüft werden muss.

**[0097]** In einer weiteren Ausgestaltung werden der erste und zweite Lumineszenzstoff so gewählt, dass sie in unterschiedlichen Spektralbereichen emittieren. Hierdurch können mehr Codierungen erzeugt werden. Weiterhin ist die separate Auswertung der Emissionen technisch einfacher.

**[0098]** In einer Ausführungsform besitzen der erste und der zweite Lumineszenzstoff eine gemeinsame An-

regung. In einer weiteren Ausführungsform werden der erste und zweite Lumineszenzstoff über das gleiche Seltenerdion angeregt, emittieren jedoch über unterschiedliche Seltenerdionen. Beispielsweise enthält der erste Lumineszenzstoff Neodym und der zweite Lumineszenzstoff enthält gleichzeitig Neodym und Ytterbium. Der erste Lumineszenzstoff wird im Neodym angeregt und emittiert über das Neodym. Der zweite Lumineszenzstoff wird im Neodym angeregt und emittiert nach einem Energietransfer über das Ytterbium. Hierdurch können beide Stoffe durch eine gemeinsame Wellenlänge angeregt werden, was das Verfahren vereinfacht. Weiterhin wird die Sicherheit aufgrund komplexerer Lumineszenzstoffe erhöht.

**[0099]** In einer Ausgestaltung sind der erste und zweite Lumineszenzstoff derart aufeinander abgestimmt, dass der Wellenlängenbereich der Emissionsstrahlung und/ oder Wellenbereich zur Anregung des zweiten Lumineszenzstoffs im Wesentlichen dem Wellenlängenbereich der Emissionsstrahlung und/ oder dem Wellenbereich zur Anregung des ersten Lumineszenzstoffs des Sicherheitselementschichtverbands entspricht.

**[0100]** In einer weiteren Ausgestaltung kann der erste Lumineszenzstoff ein komplementäres Lumineszenzverhalten zu dem zweiten Lumineszenzstoff aufweisen. Dies bedeutet, dass sich die Lumineszenz des ersten Lumineszenzstoffs in dessen Anregung, deren Emission und/ oder deren Abklingen unterscheidet. Dadurch können die beiden Lumineszenzstoffe getrennt voneinander nachgewiesen und zur Echtheitsprüfung herangezogen werden.

**[0101]** In einer Ausgestaltung weisen der erste und/ oder gegebenenfalls zweite Lumineszenzstoff keine oder kaum nachweisbare, d.h. weniger als 5 % der relativen Intensität, zusätzliche Anti-Stokes-Emission auf. Somit kann verhindert werden, dass das Wertdokument durch Bestrahlung mittels beispielsweise Laser oder andere Geräte zur Detektion von Upconversion, im menschlich visuellen Wellenlängenbereich sichtbar gemacht werden kann.

**[0102]** Bei dem ersten und/ oder gegebenenfalls zweiten Lumineszenzstoff kann es sich um organische oder metallorganische Lumineszenzstoffe, beispielsweise fluoreszierende organische Moleküle oder phosphoreszierende metallorganische Komplexe handeln. Hierdurch ist eine besonders einfache Einbringung in Polymere und dünne Schichten möglich, da sich z. B. die Stoffe darin molekular verteilen können und somit keine Probleme durch zu hohe Pigmentkorngrößen entstehen.

**[0103]** In einer bevorzugten Ausgestaltung handelt es sich bei dem ersten und/ oder gegebenenfalls zweiten Lumineszenzstoff um metallorganische Komplexe. Diese zeigen im Allgemeinen schmalere, spezifischere Emissionsbanden und einen großen Stokes-Shift. Hierdurch werden Anregung und Detektion erleichtert. Insbesondere wird die Trennung der Emissionsstrahlung von der Anregungsstrahlung und von Störsignalen erleichtert. Bevorzugt handelt es sich bei den metallorga-

nischen Komplexen um Seltenerdkomplexe, besonders bevorzugt Seltenerdkomplexe der Seltenerden Neodym, Ytterbium, Erbium, Thulium, Holmium.

**[0104]** In einer weiteren Ausführungsform handelt es sich bei dem ersten und/ oder gegebenenfalls zweiten Lumineszenzstoff um anorganische Lumineszenzstoffe. Beispielsweise handelt es sich dabei um dotierte anorganische Matrizen (Wirtsgitter). Weiterhin kann es sich bei den Dotierstoffen um die Seltenerden Neodym, Ytterbium, Erbium, Thulium, Holmium oder die Übergangsmetalle Vanadium, Chrom, Mangan, Eisen handeln. Neben den genannten Dotierstoffen können noch weitere Dotierstoffe vorhanden sein, z. B. um die Abklingzeit des ersten und/ oder gegebenenfalls zweiten Lumineszenzstoffs einzustellen oder Energietransfers zu nutzen.

**[0105]** Geeignete anorganische Matrizen gemäß dem Stand der Technik sind beispielsweise:

- Oxide, insbesondere 3- und 4-wertige Oxide wie z. B. Titanoxid, Aluminiumoxid, Eisenoxid, Boroxid, Yttriumoxid, Ceroxid, Zirkonoxid, Bismutoxid, sowie komplexere Oxide wie z. B. Granate, darunter unter anderem z. B. Yttrium-Eisen-Granate, Yttrium-Aluminium-Granate, Gadolinium-Gallium-Granate; Perowskite, darunter unter anderem Yttrium-Aluminium-Perowskit, Lanthan-Gallium-Perowskit; Spinelle, darunter unter anderem Zink-Aluminium-Spinelle, Magnesium-Aluminium-Spinelle, Mangan-Eisen-Spinelle; oder Mischoxide wie z.B. ITO (Indiumzinnoxid);
- Oxyhalogenide und Oxychalkogenide, insbesondere Oxychloride wie z. B. Yttriumoxychlorid, Lanthanoxychlorid; sowie Oxysulfide, wie z.B. Yttriumoxysulfid, Gadoliniumoxysulfid;
- Sulfide und andere Chalkogenide, z.B. Zinksulfid, Cadmiumsulfid, Zinkselenid, Cadmiumselenid;
- Sulfate, insbesondere Bariumsulfat und Strontiumsulfat;
- Phosphate, insbesondere Bariumphosphat, Strontiumphosphat, Calciumphosphat, Yttriumphosphat, Lanthanphosphat, sowie komplexere phosphatbasierte Verbindungen wie z.B. Apatite, darunter unter anderem Calciumhydroxylapatite, Calciumfluorapatite, Calciumchlorapatite; oder Spodiosite, darunter z.B. Calcium-Fluoro-Spodiosite, Calcium-Chloro-Spodiosite;
- Silicate und Aluminosilicate, insbesondere Zeolithe wie z.B. Zeolith A, Zeolith Y; zeolithverwandte Verbindungen wie z.B. Sodalithe; Feldspate wie z.B. Alkalifeldspate, Plagioklase; und/ oder
- weitere anorganische Verbindungsklassen wie z.B. Vanadate, Germanate, Arsenate, Niobate, Tantalate.

**[0106]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei dem ersten und/ oder gegebenenfalls zweiten Lumineszenzstoff um einen anorganischen Lumineszenzstoff. Hierdurch wird die gleichzeitige

Detektion der Lumineszenzstoffe erleichtert, da sie im Verhalten besser aneinander angepasst werden können, insbesondere in ihrer Abklingzeit der Phosphoreszenz und/ oder Breite der Emission.

**[0107]** In einer Ausgestaltung kann der erste Lumineszenzstoff des Sicherheitselementschichtverbunds und/ oder der zweite Lumineszenzstoff des Wertdokumentsubstrats wenigstens zwei der hier beschriebenen Lumineszenzstoffe umfassen.

**[0108]** In einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich beim ersten Lumineszenzstoff um einen organischen oder metallorganischen Lumineszenzstoff und beim zweiten Lumineszenzstoff um einen anorganischen Lumineszenzstoff, oder umgekehrt. Generell eignen sich aber anorganische Lumineszenzstoffe besser zur vollflächigen Einbringung in das Wertdokumentsubstrat, insbesondere in eine Papierschicht von cellulosebasierten Wertdokumenten.

**[0109]** Gemäß einem Aspekt können der erste und zweite Lumineszenzstoff eine Korngröße (D99) von weniger als  $15\mu\text{m}$  aufweisen. Vorzugsweise beträgt die Korngröße (D99) weniger als  $8\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt weniger als  $5\mu\text{m}$ . Es hat sich überraschend herausgestellt, dass mit kleinerer Korngröße die störungsfreie Einbringung des ersten und/ oder gegebenenfalls zweiten Lumineszenzstoffs in den Sicherheitselementschichtverbund bzw. in das Wertdokumentsubstrat einfacher ist. Beispielsweise ist bei Einbringung in die Kleberschicht mit einer Dicke  $5\mu\text{m}$  auch eine Korngröße von  $5\mu\text{m}$  oder weniger vorteilhaft, da ansonsten die Schichten über oder unter der Kleberschicht durch den herausragenden Lumineszenzstoff beeinträchtigt werden können. Die Angabe der Korngrößenverteilung D99 bedeutet, dass 99% der in der Schicht verwendeten Partikel, beispielsweise in der Kleberschicht und/ oder in der Lumineszenzstoffschicht, eine maximale Korngröße, beispielsweise  $5\mu\text{m}$  aufweisen.

**[0110]** Bevorzugt beträgt die Konzentration des ersten und/ oder gegebenenfalls zweiten Lumineszenzstoffs weniger als 5 Gewichtsprozent an dem Material in dem er enthalten ist, besonders bevorzugt weniger als 1 Gewichtsprozent. Werden beispielsweise der erste und/ oder gegebenenfalls zweite Lumineszenzstoff in den Kleber einer Kleberschicht und/ oder in die Kleberschicht bzw. in das Wertdokumentsubstrat eingebracht, so besteht besonders bevorzugt weniger als 1 Gewichtsprozent des umgebenden Materials, beispielsweise des Klebers, aus dem ersten bzw. gegebenenfalls zweiten Lumineszenzstoff. Dies kann durch Einsatz besonders effizienter Lumineszenzstoffe erreicht werden. Hierdurch wird sichergestellt, dass die Funktion des Materials im Sicherheitselementschichtverbund, hier z.B. die Haftwirkung des Klebers, durch den ersten Lumineszenzstoff nicht negativ beeinträchtigt wird. In einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass der Sicherheitselementschichtverbund derart ausgebildet ist, dass insbesondere in der Kleberschicht schlechterhaftende, mit Lumineszenzstoffe ausgebildete Flächenbereiche mit

starkhaftende, ohne Lumineszenzstoffe ausgebildete Bereiche, kombiniert vorliegen und insbesondere ein Muster bilden, um beispielsweise ein gezieltes Ablöseverhalten des Sicherheitselementschichtverbunds vom Wertdokumentsubstrat zu beschreiben und/ oder ein gezieltes Auftrennen des Sicherheitselementschichtverbunds, wenn die Lumineszenzstoffe in einer Zwischenschicht des Sicherheitselementschichtverbund, beispielsweise in der Lumineszenzstoffschicht, angeordnet sind, zu ermöglichen.

**[0111]** In einer bevorzugten Ausführungsform weist der erste Lumineszenzstoff eine Beschichtung und/ oder eine Funktionalisierung auf, um ihre Einbringung zu verbessern. Beispielsweise ein anorganischer Lumineszenzstoff mit einer organischen Hülle oder einer organischen Oberflächenfunktionalisierung versehen werden, um seine Dispersion in einer Polymerschicht oder der Kleberschicht zu ermöglichen bzw. zu verbessern.

**[0112]** In einer bevorzugten Ausführungsform besitzen der erste und/ oder gegebenenfalls zweite Lumineszenzstoff einen ähnlichen, vorzugsweise einen gleichen, Brechungsindex wie das ihn umgebende Material, beispielsweise eine Polymerschicht und/ oder die Kleberschicht. Bevorzugt unterscheiden sich die Brechungsindizes um weniger als 30%, besonders bevorzugt um weniger als 10% voneinander. Hierdurch wird sichergestellt, dass die Einbringung des ersten und/ oder gegebenenfalls zweiten Lumineszenzstoffs nicht zu optischen Effekten wie Trübungen etc. führt, welche die Funktionalität des Wertdokuments insbesondere im Bereich des Sicherheitselementschichtverbunds beeinträchtigen können.

**[0113]** Falls der Brechungsindex des ersten und/ oder gegebenenfalls zweiten Lumineszenzstoffs  $n_0$  stark vom Brechungsindex des ihn umgebenden Materials  $n_2$  abweicht, kann dies zu optischen Effekten wie Trübungen führen. Um solche Trübungen zu minimieren, können der erste und/ oder gegebenenfalls zweite Lumineszenzstoff mit einer Beschichtung mit dem Brechungsindex

$n_1 \approx \sqrt{n_0 n_2}$  mit definierter Dicke versehen werden.

Die Beschichtungsdicke muss dabei so ausgelegt werden, dass sich die an dem ersten und/ oder gegebenenfalls zweiten Lumineszenzstoff und an der Beschichtung reflektierten Lichtstrahlen im Spektralbereich der höchsten Augenempfindlichkeit (ca. 555nm) möglichst mit einem Phasenunterschied von  $\pi$  destruktiv überlagern.

**[0114]** In einer Ausführungsform weist die Funktionsschicht des Sicherheitselementschichtverbunds reflektierende Eigenschaften auf. Dazu kann die Funktionsschicht mit einer reflektierenden Oberfläche, vorzugsweise auf der Seite der Funktionsschicht welche der Oberseite gegenüberliegt, ausgebildet sein. Die reflektierende Eigenschaft betrifft insbesondere elektromagnetische Strahlen in einem Wellenlängenbereich der Emissionsstrahlung des ersten Lumineszenzstoffs des Sicherheitselementschichtverbunds. Der erste Lumines-

zenzstoff ist unterhalb, d.h. auf der Seite der Funktionsschicht, die der Oberseite gegenüberliegt, angeordnet. Die Reflexion der reflektierenden Oberfläche bewirkt eine Intensitätserhöhung der Anregungsstrahlung von der Unterseite auf den ersten Lumineszenzstoff, da z. B. gestreute Anregungsstrahlung so mehrfach auf den ersten Lumineszenzstoff treffen kann, und eine Intensitätserhöhung der Emissionsstrahlung des ersten Lumineszenzstoffs auf der Unterseite des Sicherheitselementschichtverbunds bewirken. Weiterhin bewirkt die reflektierende Eigenschaft der Funktionsschicht eine Absorption der Emissionsstrahlung des ersten Lumineszenzstoffs zur Oberseite, so dass die Emission des ersten Lumineszenzstoffs in Bereichen, in denen die Funktionsschicht reflektierende Eigenschaften aufweist, verhindert bzw. vermindert wird.

**[0115]** Die Funktionsschicht des Sicherheitselementschichtverbunds kann die reflektierende Eigenschaft über ihre gesamte flächige Oberfläche (ausgenommen Stirnseiten) aufweisen. Weiterhin kann auch nur eine flächige Seite der Funktionsschicht reflektierende Eigenschaften umfassen. Eine vollflächige Ausführung der reflektierenden Eigenschaft ermöglicht eine gute Erkennbarkeit des optisch variablen Effekts über die gesamte Oberfläche des Sicherheitselementschichtverbunds. Zudem kann die reflektierende Eigenschaft sich auch nur bereichsweise über eine Fläche der Funktionsschicht erstrecken, und beispielsweise als Muster ausgebildet sein. Die Funktionsschicht kann eine reflektive Beschichtung, einen reflektiven Aufdruck und/ oder eine reflektive Teilschicht aufweisen. Beispielsweise kann die Funktionsschicht als reflektive Metallschicht ausgebildet sein und/ oder eine reflektive Metallbeschichtung aufweisen. Dies ist ein attraktives Designelement und robust gegen Umwelteinflüsse. Vorzugsweise ist die Metallschicht und/ oder die Metallbeschichtung auf der Seite der Funktionsschicht angeordnet, die dem Betrachter und somit der Oberseite des Sicherheitselementschichtverbunds gegenüberliegt. Dadurch ist die Metallschicht gegen Abrieb geschützt und kann ein Höhenprofil aufweisen, z.B. um eine reflektive Prägestruktur auszubilden. Beispielsweise handelt es sich bei der Metallschicht und/ oder Metallbeschichtung um eine Aluminium- und/ oder Chrombasierende Schicht bzw. Beschichtung.

**[0116]** In einer Ausgestaltung kann die den optisch variablen Effekt entfaltende Funktionsschicht des Sicherheitselementschichtverbunds als reflektierende Prägestruktur, insbesondere diffraktive Struktur und/ oder eine reflektierende Mikrostruktur, beschaffen sein und/ oder transparente hochbrechende Schichten, Dünnschichtelemente mit Farbkippeneffekt, insbesondere mit einer reflektierenden Schicht und einer semitransparenten Schicht sowie einer dazwischen angeordneten dielektrischen Schicht, Schichten aus flüssigkristallinem Material, insbesondere aus cholesterischem flüssigkristallinem Material, Druckschichten auf Grundlage von Effektpigmentzusammensetzungen mit betrachtungswinkelabhängigem Effekt oder mit unterschiedlichen Farben und/

oder einen mehrschichtigen Aufbau, beispielsweise zwei semitransparente Schichten und eine zwischen den zwei semitransparenten Schichten angeordnete dielektrische Schicht, aufweisen. Beispielsweise kann die Funktionsschicht ein Hologramm, Mikrospiegel und/ oder optisch variable Farbe aufweisen.

**[0117]** In einer Ausgestaltung weist die Funktionsschicht des Sicherheitselementschichtverbunds einen Prägelack, beispielsweise zum Bilden einer Prägestruktur, auf. Zudem kann der Prägelack des Sicherheitselementschichtverbunds bereits eine Prägestruktur aufweisen. In einer Ausgestaltung kann der wenigstens eine erste Lumineszenzstoff im Prägelack angeordnet sein, wobei vorzugsweise der Prägelack an der Oberseite des Sicherheitselementschichtverbunds reflektierend und/ oder absorbierend für die Emissionsstrahlung des ersten Lumineszenzstoffs ausgebildet ist.

**[0118]** Weiterhin können Kunststoffschichten eingesetzt werden, um die Dicke des Sicherheitselementschichtverbunds einzustellen, Abstände zwischen verschiedenen Schichten des Sicherheitselementschichtverbunds anzupassen, und/ oder andere Eigenschaften des Sicherheitselementschichtverbunds zu beeinflussen, wie z. B. die Opazität, die Farbe und/ oder die Verformbarkeit des Sicherheitselementschichtverbunds. Oft befinden sich mehrere Kunststoffschichten direkt hintereinander, z. B. in Form miteinander laminiertes Folien. Weiterhin kann der Sicherheitselementschichtverbund einen Prägelack, einen Schutzlack, einen Primer, eine Druckschicht und/ oder weitere Sicherheitselemente oder eine Kombination der hier genannten Merkmale umfassen.

**[0119]** In einer Ausgestaltung kann der Sicherheitselementschichtverbund eine Streuschicht mit lichtstreuende Eigenschaften aufweisen. Mithilfe der Streuschicht wird die Intensität der Anregungsstrahlung, welche der erste Lumineszenzstoff erfährt, erhöht. Die Streuschicht kann als eine Folie mit eingebetteten reflektierenden Störpartikeln ausgebildet sein. Die Streuschicht kann beispielsweise als Polymerschicht mit eingebetteter Cellulosefaser und/ oder mit hochbrechenden anorganischen Streukörpern, beispielsweise  $\text{TiO}_2$  und/ oder  $\text{ZrO}_2$ , ausgebildet sein. In einer Ausgestaltung ist die Streuschicht benachbart zu der Schicht, in denen der erste Lumineszenzstoff angeordnet ist, beispielsweise Kleberschicht oder Lumineszenzstoffschicht, angeordnet. Weiterhin kann in einer Ausgestaltung vorgesehen sein, dass der erste Lumineszenzstoff in der Streuschicht angeordnet sind und/ oder die Streuschicht Teil der Funktionsschicht ist.

**[0120]** Das Wertdokumentsubstrat kann ebenfalls wenigstens eine Streuschicht umfassen, die ähnlich der Streuschicht des Sicherheitselementschichtverbunds aufgebaut ist und wirkt, jedoch hinsichtlich des ersten und gegebenenfalls zweiten Lumineszenzstoffs. Umfasst das Wertdokumentsubstrat eine Kunststoffschicht, kann diese Kunststoffschicht als Streuschicht ausgeführt sein. Dazu enthält sie vorzugsweise Cellulosefaser und/

oder Füllstoffe, vorzugsweise Titandioxid oder Carboxymethylcellulose. Dies ermöglicht eine gute Anregung des ersten und/ oder zweiten Lumineszenzstoffs, da ein hoher Einfangquerschnitt der Lumineszenzzentren des ersten und/ oder zweiten Lumineszenzstoffs gewährleistet wird. Weiterhin kann eine Druckschicht und/ oder eine Druckannahmeschicht des Wertdokumentsubstrats die Funktion einer Streuschicht übernehmen.

**[0121]** Das Wertdokument kann in einem Aspekt eine Bedruckung, beispielsweise in Form einer Druckschicht, aufweisen. Die Bedruckung des Wertdokuments, z. B. durch Offset- oder Stahlstichtiefdruck, erzeugt auf beiden Seiten des Wertdokumentsubstrats eine durchgängige oder nur stellenweise vorhandene (z.B. Halbtondruck, Linienraster, Barcode, ...) Schicht aus Druckfarben bzw. pigmentierten Drucklacken, welche auch als Druckfarbschicht bezeichnet wird. Sie enthält typischerweise organische oder anorganische Pigmente oder organische Farbstoffe welche im sichtbaren Wellenlängenbereich und/oder im infraroten Wellenlängenbereich stark absorbieren. Obwohl sie relativ zum Wertdokumentsubstrat sehr dünn ist, kann sie in Abhängigkeit der Lage ihrer Absorptionsbanden eine deutliche Abschwächung der Anregungsstrahlung oder Emissionsstrahlung des ersten und/ oder gegebenenfalls zweiten Lumineszenzstoffs bewirken.

**[0122]** Zusätzlich zum Wertdokumentsubstrat und Druckschicht kann das Wertdokument noch deutlich komplexer aufgebaut sein und z. B. eine Leimung, eine Schutzlackschicht oder andere funktionelle Schichten besitzen, oder weitere Sicherheitselemente aufweisen, wie z. B. Melierfasern oder ein Wasserzeichen.

**[0123]** In einer Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass die Druckschicht, insbesondere die Positionierung der Druckpigmente und/ oder der Drucklinien, und der Sicherheitselementschichtverbund aneinander angepasst sind. In einem Aspekt kann vorgesehen sein, dass in den Bereichen des Wertdokuments, in denen der Sicherheitselementschichtverbund angeordnet ist, keine Druckpigmente und/ oder Druckfarbe angeordnet sind. In einem weiteren Aspekt überlappen sich zumindest teilweise die Druckpigmente und/ oder Druckfarbe mit dem Sicherheitselementschichtverbund. Druckpigmente und/ oder Druckfarbe und/ oder Drucklinien sind in der Regel mit Farbstoffen im visuellen Spektrum versehen. Jedoch können auch Druckpigmente und/ oder Druckfarben verwendet werden, die Absorptionsbanden im Infrarotbereich aufweisen. Je nach Anwendungsfall, insbesondere nach welchen Kriterien eine Echtheitsprüfung des Wertdokuments durchgeführt wird, kann sich eine Absorption im Infrarotbereich positiv auswirken, insbesondere im Wellenlängenbereich des NIR (nahes Infrarot).

**[0124]** Die Absorption der Druckpigmente und/ oder der Druckfarbe kann zum Beispiel durch Rasterdruck oder ähnliche Techniken verringert werden, womit nicht eine gesamte Fläche mit Druckpigmenten und/ oder Druckfarbe bedruckt wird, sondern lediglich ein Teil zwi-

schen den Rasterlinien oder Rasterpunkten unbedruckt bleibt. Bevorzugt liegt der Anteil an unbedruckter Fläche direkt unterhalb des Sicherheitselementschichtverbunds auf beiden Seiten des Wertdokumentsubstrats bei mehr als 30%, besonders bevorzugt mehr als 50%, weiter bevorzugt mehr als 70%. Hierdurch wird ein Kompromiss aus Bedruckung und Einsatzfähigkeit des Sicherheitselements erreicht.

**[0125]** In einer Ausführungsform sind das Absorptionsspektrum der Druckschicht und das Emissionsspektrum des ersten Lumineszenzstoffs aneinander angepasst. Das heißt, dass direkt unterhalb des Sicherheitselementschichtverbunds auf beiden Seiten des Wertdokumentsubstrats nur Druckschichten gewählt werden deren Absorptionsbanden nicht mit der Anregungsstrahlung oder der Emissionsstrahlung übereinstimmen oder nur in geringem Maße wechselwirken. Beziehungsweise werden Anregungs- und Emissionsstrahlung des ersten Lumineszenzstoffs so gewählt, dass sie jeweils in eine Absorptionslücke der Druckschicht fallen.

**[0126]** Bevorzugt absorbiert die Druckschicht im Bereich der Anregungsstrahlung des ersten Lumineszenzstoffs weniger als 10% ihrer maximalen Absorption, besonders bevorzugt weniger als 5%. Bevorzugt absorbiert die Druckschicht im Bereich der Emissionsstrahlung des ersten Lumineszenzstoffs weniger als 10% ihrer maximalen Absorption, besonders bevorzugt weniger als 5%.

**[0127]** In einer Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass die Positionen des ersten und zweiten Lumineszenzstoffs aufeinander abgestimmt sind. Der erste und zweite Lumineszenzstoff können derart angeordnet sein, dass sie sich nicht oder in einem bestimmten Muster überlappen. Somit können, beispielsweise bei der Verwendung des Wertdokuments als Banknoten, denominationspezifische Überlappungsbereiche und/ oder Muster generiert werden.

**[0128]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform befinden sich der erste und/ gegebenenfalls zweite Lumineszenzstoff in einer Haftvermittlerschicht bzw. im Primer des Sicherheitselementschichtverbunds bzw. des Wertdokumentsubstrats. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform befindet sich der erste Lumineszenzstoff in der Kleberschicht. In diesen Fällen ist die Einbringung des einen wenigstens ersten Lumineszenzstoffs in den Sicherheitselementschichtverbund besonders einfach und deutlich weniger fehleranfällig. Beispielsweise ist die Einbringung und homogene Dispergierung eines anorganischen Lumineszenzstoffs in einen Kleber (z.B. durch Einrühren) einfacher als in eine Kunststoffschicht. Z. B. könnte durch Einbringung in die Polymerschmelze einer Blasfolienextrusion der Herstellungsprozess behindert werden. Insbesondere kann auch zu Zwecken der Qualitätssicherung nachgewiesen werden, dass der Sicherheitselementschichtverbund korrekt auf dem Wertdokumentsubstrat appliziert ist. Dies kann beispielsweise auf einer Applikationsmaschine, bei einer Endverarbeitung und/ oder während einer Endprüfung erfolgen.

**[0129]** Der erste Lumineszenzstoff kann in der Funktionsschicht und/ oder in der Kleberschicht nur bereichsweise angeordnet sein, beispielsweise in Form eines Musters. Das Muster kann in einem Aspekt eine Codierung, insbesondere ein Barcode und/ oder eine 2D-Codierung, beispielsweise ein QR-Code oder ein Data-Matrix-Code sein. Es ist somit möglich, zu dem Echtheitsnachweis aufgrund der Emissionsstrahlung des ersten Lumineszenzstoffs auch Daten und/ oder einen weiteren Echtheitsnachweis hinsichtlich der Auswertung der Daten und/ oder dem Muster aus der Emissionsstrahlung zu gewinnen. In einer Ausgestaltung können sich der erste und zweite Lumineszenzstoff zu einem Muster ergänzen, so dass erst bei Korrelation des ersten und zweiten Lumineszenzstoffs, insbesondere deren zusammenhängenden Mustern, Daten gewonnen oder die Echtheit des Wertdokuments festgestellt werden kann. Und der Code kann Informationen über den Lumineszenzstoff und/oder seine Eigenschaften enthalten.

**[0130]** In einer Ausführungsform verfügt der Sicherheitselementschichtverbund über einen Abziehschutz. Hierbei ist der erste Lumineszenzstoff in einer Schicht des Sicherheitselementschichtverbunds angeordnet, welche geeignet ist, bei einem Abziehen oder Herauslösen des Sicherheitselementschichtverbunds vom Wertdokument ganz oder teilweise auf dem Wertdokument zu verbleiben. Hierbei kann es sich beispielsweise um eine speziell präparierte Kleberschicht zwischen dem Sicherheitselementschichtverbund und dem Wertdokumentsubstrat handeln. Bei Abziehen des Sicherheitselementschichtverbunds, um beispielsweise eine Fälschung anzufertigen, enthält der Sicherheitselementschichtverbund somit keinen ersten Lumineszenzstoff mehr und wird daher als falsch erkannt. Das Wertdokument enthält noch die Schicht mit dem ersten Lumineszenzstoff des Sicherheitselementschichtverbunds, jedoch nicht mehr die den optisch variablen Effekt, vorzugsweise nicht mehr die reflektierende bzw. absorbierende Schicht, so dass die Intensität der detektierbaren Emissionsstrahlung auf der Seite, auf der der gesamte Sicherheitselementschichtverbund ursprünglich angebracht war, nun höher ist, und auf der gegenüberliegenden Seite nun nur noch schwächer erscheint. Somit kann ein Abziehen des Sicherheitselements erkannt werden.

**[0131]** In einer Ausgestaltung des Wertdokuments weist das Wertdokumentsubstrat einen Kubelka-Munk-Streu-Koeffizienten mit einem Wert zwischen 10 und

$80 \text{ 1/mm}$  in einem Wellenlängenbereich von 400 nm bis 2100 nm auf. Es wurde überraschend festgestellt, dass derartige Wertdokumentsubstrate besonders hohe Transmissionseigenschaften für Emissionsstrahlung in einem Wellenlängenbereich von 400 nm bis 2100 nm aufweisen. Weiterhin wird eine ausreichende Transmission der Anregungsstrahlung durch das Wertdokumentsubstrat gewährleistet, so dass der erste Lumineszenzstoff ausreichende Anregung erhält. Zudem ist eine aus-

reichende Transmission der Emissionsstrahlung des Sicherheitselementschichtverbunds durch das Wertdokumentsubstrat gewährleistet, um diese an der Unterseite des Wertdokuments zu detektieren. Weiterhin ermöglicht eine hohe Streuung des Wertdokumentsubstrats eine gute Anregung des ersten und/ oder zweiten Lumineszenzstoffs, da ein hoher Einfangquerschnitt der Lumineszenzzentren des ersten und/ oder zweiten Lumineszenzstoffs gewährleistet wird. Mit dem Kubelka-Munk-Streu-Koeffizient von  $80 \text{ 1/mm}$  in einem Wellenlängenbereich von 400 nm bis 2100 nm ist ein ausreichender Spagat zwischen ausreichender Transmission und hoher Streuung geschaffen.

**[0132]** In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Prüfen eines erfindungsgemäßen Wertdokuments, wie hierin beschrieben, offenbart. Das Verfahren umfasst die Schritte:

- Beaufschlagen des Wertdokuments mit einer Anregungsstrahlung im Auflicht auf die Unterseite des Wertdokuments, wobei die Anregungsstrahlung den Wellenlängenbereich der Anregungsstrahlung des wenigstens einen ersten Lumineszenzstoffs des Sicherheitselementschichtverbunds umfasst;
- Detektieren einer Emission, insbesondere eines Spektral-, eines Ankling- und/ oder eines Abklingverhaltens der Emissionsstrahlung, des ersten Lumineszenzstoffs des Sicherheitselementschichtverbunds an der Unterseite des Wertdokuments über wenigstens einen Flächenbereich des Wertdokuments; und
- Ermitteln der Echtheit des Sicherheitselementschichtverbunds aus der detektierten Emission, insbesondere aus dem Ankling- und/ oder dem Abklingverhalten der detektierten Emission.

**[0133]** Gemäß einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass der Flächenbereich des Wertdokuments den Bereich des Sicherheitselementschichtverbunds und vorzugsweise einen Umgebungsbereich des Sicherheitselementschichtverbunds umfasst, der eine Fläche von wenigstens 100 % der Fläche des Sicherheitselementschichtverbunds aufweist. Dadurch wird sichergestellt, dass die maximale Lumineszenzintensität vom Sicherheitselementschichtverbund detektiert werden kann.

**[0134]** In einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die detektierte Emission, insbesondere das detektierte Ankling- und/ oder das detektierte Abklingverhalten, über den Flächenbereich ein vorzugsweise zweidimensionales Muster ergibt, und das Muster dem Typ des Sicherheitselementschichtverbunds entspricht. Dadurch ergibt sich eine erhöhte Fälschungssicherheit, da das Muster im Lumineszenzverhalten zu dem visuellen Eindruck des Sicherheitselementschichtverbunds in Bezug gesetzt werden kann.

**[0135]** In einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass wenigstens zwei Flächenbereiche zur Detektion der Emission, insbesondere des Spektral-, Ankling- und/ oder Abklingverhaltens ausgewählt werden. Weiterhin oder zusätzlich kann auch das Beaufschlagen mit Anregungsstrahlung an wenigstens zwei Flächenbereichen vorgesehen sein. Sowohl zur Detektion als zum Beaufschlagen können die jeweiligen Flächenbereiche sich im Ort und der Größe unterscheiden.

**[0136]** In einer bevorzugten Ausführungsform wird gleichzeitig mit dem ersten Lumineszenzstoff der gegebenenfalls vorhandene zweite Lumineszenzstoff detektiert. Bevorzugt wird dabei anhand der Intensität der Emissionsstrahlung des ersten und zweiten Lumineszenzstoffs eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt. Das heißt, dass wenn die Intensität des ersten Lumineszenzstoffs gegenüber dem erwarteten Wert herabgesetzt ist, beispielsweise aufgrund einer starken Verschmutzung der Banknote, auch die Lumineszenzintensität des zweiten Lumineszenzstoffs herabgesetzt sein könnte. Durch gleichzeitige Messung des ersten und zweiten Lumineszenzstoffs können solche Effekte berücksichtigt werden.

**[0137]** In einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass das Verfahren folgende Schritte weiterhin umfasst:

- Beaufschlagen des Wertdokuments mit einer Anregungsstrahlung im Auflicht auf die Oberseite des Wertdokuments mit Anregungsstrahlung, wobei die Anregungsstrahlung den Wellenlängenbereich der Anregungsstrahlung des ersten Lumineszenzstoffs des Sicherheitselementschichtverbunds umfasst;
- Detektieren einer Emission, insbesondere eines Spektral-, eines Ankling- und/ oder eines Abklingverhaltens der Emissionsstrahlung, des ersten Lumineszenzstoffs des Sicherheitselementschichtverbunds an der Oberseite des Wertdokuments über wenigstens einen Flächenbereich des Wertdokuments; und
- Vergleichen der an der Oberseite und der Unterseite des Wertdokuments detektierten Emission des ersten Lumineszenzstoffs zur Echtheitsprüfung des Wertdokuments, z.B. Vergleichen des jeweiligen Ankling- oder Abklingverhaltens.

**[0138]** Somit wird die Emissionsstrahlung nicht nur auf der nicht das Sicherheitselementschichtverbund tragende Seite des Wertdokuments detektiert, sondern auf beiden Seiten des Wertdokuments. Dadurch ergibt sich eine zuverlässigere Echtheitsprüfung. Die auf den jeweiligen Seiten des Wertdokuments detektierte Emissionsstrahlung kann miteinander verglichen werden. Die Schritte zum Prüfen betreffend die beiden Seiten des Wertdokuments können, ggf. mit derselben Prüfeinheit, nacheinander erfolgen, oder gleichzeitig erfolgen, z. B. durch den Einsatz einer zusätzlichen Detektionseinrichtung auf der gegenüberliegenden Seite des Wertdokuments..

**[0139]** In einer Ausführungsform kann der Sicherheits-

elementschichtverbund zusätzlich zu dem ersten Lumineszenzstoff wenigstens einen weiteren Lumineszenzstoff, vorzugsweise mehrere Lumineszenzstoffe, und/ oder das Wertdokumentsubstrat zusätzlich zu dem zweiten Lumineszenzstoff wenigstens einen weiteren Lumineszenzstoff, vorzugsweise mehrere Lumineszenzstoffe, umfassen. Diese zusätzlichen Lumineszenzstoffe des Wertdokumentsubstrats und/ oder des Sicherheitselementschichtverbunds können Stoffe und/ oder Kombinationen der hier beschriebenen Lumineszenzstoffe sein und/ oder gleich in ihrer Zusammensetzung zum ersten bzw. zweiten Lumineszenzstoff sein.

**[0140]** Der erste und gegebenenfalls zweite Lumineszenzstoff und/ oder zusätzlicher Lumineszenzstoff können jeweils so ausgebildet sein, dass wenigstens einer der Lumineszenzstoffe mit seiner Emissionsstrahlung einen anderen der Lumineszenzstoffe anregt, wobei vorzugsweise deren Anregungswellenlängenbereiche sich zumindest Bereichsweise unterscheiden. Somit können mit nur einer Anregungsstrahlung die Existenz mehrerer Lumineszenzstoffe nachgewiesen werden. Vorzugsweise sind der erste und gegebenenfalls zweite Lumineszenzstoff und/ oder zusätzlicher Lumineszenzstoff in unterschiedlichen Schichten und/ oder definierten Abstand zueinander im Wertdokument angeordnet.

**[0141]** Die Lumineszenzstoffe können dazu eine Kombination von wenigstens zwei der hier genannten Dotierungen mit beispielsweise Seltenerdion und weiteren Dotierungen umfassen, wobei vorzugsweise die Anregung in einer Dotierung und aufgrund eines Energietransfers die Emission in einer anderen Dotierung erfolgt.

**[0142]** Der wenigstens eine erste und wenigstens eine zweite Lumineszenzstoff sind vorzugsweise als Partikel ausgebildet.

**[0143]** Ein weiterer Aspekt betrifft eine nicht beanspruchte Prüfeinheit (im Beispiel als Sensor bezeichnet) zum Prüfen der Wertdokumente auf Echtheit, Denomination und/ oder Fitness. Die Prüfeinheit weist eine Anregungseinrichtung zur Emission der Anregungsstrahlung für die Lumineszenzstoffe auf, eine Detektionseinrichtung zur Detektion der Emissionsstrahlung der Lumineszenzstoffe und eine Auswerteeinrichtung zur Echtheitsprüfung des jeweiligen Wertdokuments auf Basis der detektierten Emissionsstrahlung. Die Prüfeinheit ist ausgebildet, ein Verfahren wie oben beschrieben auszuführen.

**[0144]** Ein weiterer Aspekt betrifft eine nicht beanspruchte Wertdokumentbearbeitungsvorrichtung. Die Wertdokumentbearbeitungsvorrichtung umfasst eine Schnittstelle zum Zuführen von Wertdokumenten, z.B. eine Eingabeeinheit zum Eingeben der zu prüfenden Wertdokumente in die Wertdokumentbearbeitungsvorrichtung, die oben genannte Prüfeinheit zum Prüfen der Wertdokumente und wenigstens eine Ausgabeeinheit zur Ausgabe der geprüften Wertdokumente aus der Wertdokumentbearbeitungsvorrichtung.

**[0145]** Weiterhin wird ein nicht beanspruchtes System aus einer oben genannten Prüfeinheit oder Wertdoku-

mentbearbeitungsvorrichtung und einem Wertdokument beschrieben.

**[0146]** Die Prüfeinheit bzw. Wertdokumentbearbeitungsvorrichtung ist ausgebildet, das Wertdokument zu prüfen, wobei das Wertdokument wie oben ausgeführt ausgebildet ist. Die Prüfeinheit und das Wertdokument, insbesondere dessen Sicherheitselement bzw. der Sicherheitselementschichtverbund, sind so aufeinander abgestimmt, dass eine Anregungsstrahlung der Anregungseinrichtung (erste) Lumineszenzstoffe des Sicherheitselementschichtverbunds anregen kann und die Detektionseinrichtung ausgebildet ist, Emissionsstrahlung der ersten Lumineszenzstoffe zu detektieren. Insbesondere können die Wellenlängenbereiche der Anregungsstrahlung, und/ oder Emissionsstrahlung dem System aus Wertdokument und Prüfeinheit bzw. Wertdokumentbearbeitungsvorrichtung angepasst sein, da je nach Wertdokumenttyp andere Lumineszenzstoffe verwendet werden können. Weiterhin können an der Prüfeinheit die Positionen der Anregungseinrichtung und der Detektionseinrichtung an die Wertdokumenttypen, die mit der Prüfeinheit geprüft werden sollen, angepasst sein.

**[0147]** In einem Aspekt wird ein Verfahren zum Prüfen eines Wertdokuments, wobei das Wertdokument ein Wertdokumentsubstrat und ein Sicherheitselement aufweist und das Sicherheitselement für einen Betrachter in Aufsicht auf eine Oberseite des Wertdokuments zumindest bereichsweise einen optisch variablen Effekt aufweist, und das Wertdokument (innerhalb oder außerhalb dieses Sicherheitselements) wenigstens einen Lumineszenzstoff aufweist, wobei vorzugsweise der Lumineszenzstoff eine primäre Emissionsstrahlung im Wellenlängenbereich zwischen 700 nm und 2100 nm aufweist und vorzugsweise durch eine Anregungsstrahlung im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 2100 nm, insbesondere zwischen 700 nm und 2100 nm, anregbar ist; wobei das Sicherheitselement in Aufsicht auf die Oberseite des Wertdokuments teilweise oder vollständig den Lumineszenzstoff abdeckt, wobei das Wertdokument so ausgebildet ist, dass Emissionsstrahlung vom Lumineszenzstoff zu der Oberseite des Wertdokuments in den Bereichen, in denen das Sicherheitselement in Aufsicht auf die Oberseite des Wertdokuments den Lumineszenzstoff abdeckt, gehindert wird, bereit gestellt. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- Beaufschlagen des Wertdokuments mit einer Anregungsstrahlung im Aufsicht auf eine Unterseite des Wertdokuments, wobei die Anregungsstrahlung dem Wellenlängenbereich zur Anregung des Lumineszenzstoffs des Wertdokuments umfasst;
- Detektieren einer Emission, insbesondere eines Ankling- und/ oder eines Abklingverhaltens der Emissionsstrahlung, des Lumineszenzstoffs an der Unterseite des Wertdokuments über wenigstens einen Flächenbereich des Wertdokuments; und
- Ermitteln der Echtheit des Wertdokuments aus der detektierten Emission, insbesondere aus dem Ank-

ling- und/oder dem Abklingverhalten.

**[0148]** Dieses Verfahren ermöglicht eine besonders hohe Fälschungssicherheit, da der Lumineszenzstoff auch in solchen Bereichen geprüft wird, in denen seine Emission nicht an der Oberseite des Wertdokuments austritt.

**[0149]** Mit den üblichen Verfahren zur Prüfung von Wertdokumenten werden Bereiche mit optischen variablen Effekten gezielt ausgeblendet, da sie aufgrund der optischen Variabilität schwer erkennbar und nachweisbar sind. Mithilfe der hier vorgeschlagenen Prüfverfahren ist es nunmehr möglich, Bereiche, insbesondere Sicherheitselemente mit optischem variablem Effekt auf Existenz und Fälschung zu prüfen. Weiterhin kann beispielsweise bei einer Prüfung auf der Unterseite und Oberseite des Wertdokuments, welche beispielsweise zusätzlich durchgeführt werden kann, die Qualität und Fitness des den optisch variablen Effekt herbeiführenden Sicherheitselements analysiert und geprüft werden, da gegebenenfalls der Intensitätswert der Emissionsstrahlung des Lumineszenzstoffs, der an der Oberseite des Wertdokuments ermittelt wird, nicht den Normwerten bzw. Grenzwertbereichen erfüllt. Zudem können beispielsweise beschädigte Wertdokumenten und/ oder gefälschten Wertdokumente aufgrund von Störungen in den Intensitätswerten und/ oder deren flächigen Verteilung der auf der Oberseite und/ oder Unterseite ermittelt werden. Zudem ist das Vorhandensein der Sicherheitsmerkmale, insbesondere der den optisch variablen Effekt betreffenden Bereiche möglich.

**[0150]** Das Wertdokumentsubstrat kann wie oben ausgeführt ausgebildet sein. Bei dem Sicherheitselement kann es sich wie oben ausgeführt um einen Aufdruck, z.B. aus einer Tinte mit optisch variable Pigmente, einen Faden, einen Streifen, ein Patch, eine oder mehrere Beschichtungen und/ oder ein sonstiges Sicherheitselement handeln, die einen optisch variablen Effekt wie bereits beschrieben umfassen kann.

**[0151]** In einer Ausgestaltung kann das Verfahren um die Schritte, wie bereits zu dem vorhergehenden erfindungsgemäßen Verfahren erläutert, erweitert werden, beispielsweise die Prüfung auf zwei Seiten des Wertdokuments und deren Auswertung.

**[0152]** In einer Ausgestaltung wird das Verfahren von einer Prüfeinheit bzw. Wertdokumentbearbeitungsvorrichtung ausgeführt.

**[0153]** Die Erfindung wird im Folgenden noch weiter beispielhaft an Hand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1a,b schematische und beispielhafte Darstellungen eines Sicherheitstransferelements gemäß der Erfindung;

Fig. 2a-d eine schematische Ansicht eines Aufbaus eines Wertdokuments gemäß der Erfindung; und

Fig. 3a,b eine schematische Darstellungen eines

Prüfverfahrens eines Wertdokuments gemäß der Erfindung.

**[0154]** In den Ausführungsbeispielen sind mehrere (erste) Lumineszenzstoffe in dem Sicherheitselementschichtverbund bzw. ggf. mehrere (zweite) Lumineszenzstoffe in dem Wertdokumentsubstrat beschrieben. Selbstverständlich kann auch nur ein Lumineszenzstoff in dem Sicherheitselementschichtverbund bzw. ggf. in dem Wertdokumentsubstrat angeordnet sein.

**[0155]** Die Figuren 1a und 1b zeigen jeweils schematisch ein Ausführungsbeispiel eines Sicherheitstransferelements gemäß der Erfindung. In der Figur 1a ist ein Sicherheitstransferelement 20 in Form eines Sicherheitsstreifens dargestellt. Das Sicherheitstransferelement 20 umfasst einen Trägerfilm 21 aus beispielsweise PET. Auf dem Trägerfilm 21 ist ein Sicherheitselementschichtverbund 200 lösbar angeordnet. Der Sicherheitselementschichtverbund 200 umfasst eine Funktionsschicht 210 und eine Kleberschicht 220. Die Funktionsschicht 210 weist einen Prägelack 211 mit einer Prägestruktur 212 auf, wobei die Seite des Prägelacks 211, welche nicht mit der Prägestruktur 212 versehen ist, dem Trägerfilm 21 zugewandt ist. Der Prägelack 211 ist auf Seiten der Prägestruktur 212 mit einer Metallisierung 213, beispielsweise einer Aluminiumschicht, beschichtet. Die Metallisierung 213 passt sich der Formgebung des Prägelacks 211 und somit der Prägestruktur 212 an. An der Metallisierung 213 ist weiterhin die Kleberschicht 220 angeordnet. Die Kleberschicht 220 umfasst mehrere erste Lumineszenzstoffe.

**[0156]** In der Figur 1b ist ein weiteres Sicherheitstransferelement 20 gemäß der Erfindung dargestellt und ähnlich des Sicherheitstransferelements 20 aus Fig. 1a aufgebaut. Zur Vereinfachung und zum leichteren Verständnis wird im Wesentlichen auf die Unterschiede eingegangen. Gleiche und ähnliche Merkmale sind für das bessere Verständnis mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Das Sicherheitstransferelement 20 weist ebenfalls einen Trägerfilm 21 auf, der lösbar mit einem Sicherheitselementschichtverbund 200 verbunden ist. Der Sicherheitselementschichtverbund 200 umfasst einen Prägelack 211 mit Prägestruktur 212, eine Metallisierung 213, die auf der Seite des Prägelacks 211 angeordnet ist, die dem Trägerfilm 21 gegenüber liegt, und eine Lumineszenzstoffschicht 214, in der erste Lumineszenzstoffe angeordnet sind. An der Lumineszenzstoffschicht 214 ist eine Kleberschicht 220 angeordnet.

**[0157]** Das Sicherheitstransferelement 20 der Figuren 1a und 1b können auf ein Wertdokumentsubstrat (vgl. Fig. 2 a-d) aufgebracht werden. Dazu wird das Sicherheitstransferelement 20 auf das Wertdokumentsubstrat gelegt und mithilfe Aktivierung der Kleberschicht 220 mit dem Wertdokumentsubstrat verbunden. Anschließend wird der mit dem Sicherheitselementschichtverbund 200 lösbar verbundene Trägerfilm 21 entfernt. Auf dem Wertdokumentsubstrat verbleibt lediglich der Sicherheitselementschichtverbund 200. Der Sicherheitselement-

schichtverbund 200 ist dann so auf dem Wertdokument angeordnet, dass ein Betrachter in Aufsicht auf den Sicherheitselementschichtverbund 200 (Oberseite) die Prägestruktur 212 derart wahrnehmen kann, dass er einen optisch variablen Effekt bei Verändern des Betrachtungswinkels wahrnehmen kann. Die Metallisierung 213 dient dabei als Reflektor.

**[0158]** Werden die ersten Lumineszenzstoffe der Lumineszenzstoffschicht 214 bzw. der Kleberschicht 220 angeregt, so wird deren Emissionsstrahlung von der Metallisierung 213 in eine Richtung reflektiert, die nicht zur Oberseite des Wertdokuments gerichtet ist, sondern zum Substrat. Lediglich von der Unterseite des Wertdokuments kann eine Emissionsstrahlung der ersten Lumineszenzstoffe detektiert werden.

**[0159]** Der Prägelack 211, die Metallisierung 213 und/oder die Lumineszenzstoffschicht 214 müssen sich nicht über das gesamte Sicherheitstransferelement 20 erstrecken. Vielmehr ist auch denkbar, dass jede der Schichten nur bereichsweise aufgebracht ist. In den Beispielen der Figuren 1a und 1b weist die Funktionsschicht 200 eine Aussparung auf.

**[0160]** In den Figuren 2a bis 2d sind beispielhafte und schematische Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Wertdokuments 30 dargestellt.

**[0161]** In einer ersten Variante gemäß Fig. 2a weist ein Wertdokument 30 ein Wertdokumentsubstrat 300 auf. Das Wertdokumentsubstrat 300 umfasst eine Wertdokumentsubstratschicht 320, die mit einer Druckschicht 330, welches im vorliegenden Beispiel eine Druckfarbschicht 330 ist, bedruckt ist. Ein Sicherheitselementschichtverbund 200 ist auf der Oberseite des Wertdokumentsubstrats 300 angeordnet, nämlich auf der Druckfarbschicht 330. Der Sicherheitselementschichtverbund 200 ist somit durch die Druckfarbschicht 330 von dem Wertdokumentsubstrat 300 getrennt. Die Seite des Wertdokumentsubstrats 300, auf der der Sicherheitselementschichtverbund 200 einem Betrachter zugewandt ist, ist die Oberseite des Wertdokuments 30.

**[0162]** Der Sicherheitselementschichtverbund 200 ist beispielsweise wie in den Figuren 1a oder 1b dargestellt ausgebildet. Der Sicherheitselementschichtverbund 200 umfasst eine Funktionsschicht und erste Lumineszenzstoffe. Die Funktionsschicht ist derart ausgebildet, dass Emissionsstrahlung der ersten Lumineszenzstoffe nicht an der Oberseite des Wertdokuments 30 austritt. Vielmehr dringt die Emissionsstrahlung angeregter erster Lumineszenzstoffe durch die Druckfarbschicht 330 und die Wertdokumentsubstratschicht 320 und tritt aus der Unterseite des Wertdokuments 30 aus.

**[0163]** Um die Lumineszenzstoffe des Sicherheitselementschichtverbunds 200, d.h. der ersten Lumineszenzstoffe zu detektieren, muss also zuerst eine Anregungsstrahlung das Wertdokumentsubstrat 300 durchqueren. Anschließend muss die Emissionsstrahlung der angeregten ersten Lumineszenzstoffe in entgegengesetzter Richtung ebenfalls das Wertdokumentsubstrat 300 durchqueren. Hierdurch kann die Lumineszenz u.a.

durch Streuung im Wertdokumentsubstrat 300 und Absorption durch die Druckfarbschicht 330 erheblich abgeschwächt werden.

**[0164]** In der Figur 2b ist ein Wertdokument 30 gemäß der Erfindung dargestellt. Das Wertdokument aus Figur 2b unterscheidet sich vom Wertdokument 30 der Figur 2a darin, dass die Druckfarbschicht 330 nicht lediglich auf die Wertdokumentsubstratschicht 320 aufgebracht ist. Beim Ausführungsbeispiel der Figur 2b ist die Druckfarbschicht 330 nicht Teil des Wertdokumentsubstrats 300. Der Sicherheitselementschichtverbund 200 ist unmittelbar auf dem Wertdokumentsubstrat 300 angeordnet. Auf dem Wertdokumentsubstrat 300 und dem Sicherheitselementschichtverbund 200 ist nach dem Anordnen des Sicherheitselementschichtverbunds 200 auf das Wertdokumentsubstrat 300 die Druckschicht 330 aufgebracht und bedeckt somit auch den Sicherheitselementschichtverbund 200, jedoch nicht die Verbindungsfläche zwischen Sicherheitselementschichtverbund 200 und Wertdokumentsubstrat 300. Anstelle oder zusätzlich zu der Druckschicht 330 kann eine Farbschicht und/oder Lackschicht und/oder Folie angeordnet sein.

**[0165]** Die Anregungsstrahlung der ersten Lumineszenzstoffe im Sicherheitselementschichtverbund 200 muss demnach nur das Wertdokumentsubstrat 300 durchdringen, um die ersten Lumineszenzstoffe anzuregen, und nicht die Druckschicht 330. Weiterhin muss eine Emissionsstrahlung der ersten Lumineszenzstoffe nur das Wertdokumentsubstrat 300 durchdringen, um von einem Detektor auf der Unterseite des Wertdokuments 30 detektiert zu werden, und nicht die Druckschicht 330.

**[0166]** Der Sicherheitselementschichtverbund 200 kann wie in den Figuren 1a und 1b dargestellt, ausgeführt sein. Eine Emissionsstrahlung der ersten Lumineszenzstoffe durchdringt jedoch nicht den Sicherheitselementschichtverbund 200 derart, dass die Emissionsstrahlung aus der Oberseite des Wertdokuments 30 austritt und detektierbar ist.

**[0167]** Die Figur 2c zeigt ein Wertdokument, das ähnlich dem Wertdokument aus Figur 2b ist. Im Unterschied weist die Druckschicht 330 auf der Oberseite des Wertdokumentsubstrats 300 im Bereich des Sicherheitselementschichtverbunds 200 eine Aussparung auf. Auf der Unterseite des Wertdokumentsubstrats 300 ist ebenfalls eine Druckschicht 330 angeordnet, die in Durchlicht teilweise mit dem Sicherheitselementschichtverbund 200 überlappt. Emissionsstrahlung und Anregungsstrahlung der ersten Lumineszenzstoffe muss somit bereichsweise die Druckschicht 330 sowie das die Wertdokumentsubstratschicht 320 durchdringen. Die Druckschicht 330 kann somit entsprechend die Anregung und Emission der ersten Lumineszenzstoffe abschwächen.

**[0168]** Die Figur 2d zeigt ein Wertdokument, das ähnlich dem aus Figur 2c ist. Im Unterschied weist das Wertdokumentsubstrat 300 eine Ausdünnung auf, so dass nach Anbringen des Sicherheitselementschichtverbunds 200 die maximale Dicke des Wertdokuments 30

nicht zu sehr zunimmt. Die Ausdünnung kann im Wesentlichen der Dicke des Sicherheitselementschichtverbunds 200 entsprechen. Weiterhin wurde zusätzlich der Bereich der Unterseite des Wertdokuments, der mit dem Sicherheitselementschichtverbund 200 in Durchlicht überlappt, nicht bedruckt. Hier muss die Anregungs- und Emissionsstrahlung der ersten Lumineszenzstoffe nur das dünne Wertdokumentsubstrat 300 und keine Druckschicht 330 durchqueren, so dass in diesem Fall die höchste Lumineszenzintensität erreicht werden kann.

**[0169]** Im Sicherheitselementschichtverbund 200 befindet sich, von der Oberseite des Wertdokuments 30 betrachtet, der erste Lumineszenzstoff, vorzugsweise in einer oder mehreren Polymerschichten unterhalb einer reflektierenden Schicht. Durch die starke Absorption bzw. Reflexion der reflektierenden Schicht wird zum einen ein Auslesen des Sicherheitselementschichtverbunds 200 von der Oberseite des Wertdokuments 30 verhindert. Zum anderen kann durch die Reflexion der Anregungs- und Emissionsstrahlung auf dessen Unterseite eine Intensitätserhöhung der ersten Lumineszenzstoffe erzeugt werden, da z. B. gestreute Anregungsstrahlung so mehrfach auf die ersten Lumineszenzstoffe treffen kann.

**[0170]** Die Figuren 3a und 3b zeigen schematische Darstellungen eines Prüfverfahrens eines Wertdokuments gemäß der Erfindung. Dabei wird die Prüfung eines Wertdokuments 30 dargestellt, das einen Sicherheitselementschichtverbund 200, der auf einem Wertdokumentsubstrat 300 angeordnet ist, umfasst. Der Sicherheitselementschichtverbund 200 weist eine Prägelackschicht 211 auf, auf der eine reflektierende Metallisierung 213 aufgebracht ist. Unter der Prägelackschicht 211 ist eine Lumineszenzstoffschicht 214 mit ersten Lumineszenzstoffen 240 angeordnet. Das Wertdokumentsubstrat 300 umfasst eine Wertdokumentsubstratschicht 320, auf der beidseitig eine Druckschicht 330 aufgebracht ist.

**[0171]** Die Detektion der Lumineszenz des Sicherheitselementschichtverbunds 200 bzw. der im Sicherheitselementschichtverbund 200 enthaltenen ersten Lumineszenzstoffe 240 erfolgt vorliegend nicht von der Oberseite des Wertdokuments 30, sondern von dessen Unterseite. Eine Anregungsstrahlung 410 eines Sensors 50 passiert hierbei die Druckschicht 330, die Wertdokumentsubstratschicht 320, nochmal eine weitere Druckschicht 330, einen Teil des Sicherheitselementschichtverbunds 200 und erreicht die Lumineszenzstoffschicht 214, welche die ersten Lumineszenzstoffe 240 enthält und regt diese an. Weiterhin passiert die Anregungsstrahlung 410 einen weiteren Teil des Sicherheitselementschichtverbunds 200, erreicht die Metallisierung 213 und wird dort zurückreflektiert (oder gestreut), so dass die Anregungsstrahlung 410 den Sicherheitselementschichtverbund 200 nicht durchdringen und an der Oberseite austreten kann.

**[0172]** Durch mehrfache Streuung und Reflexion ist es so möglich, dass die Anregungsstrahlung 410 den die ersten Lumineszenzstoffe 240 enthaltenden Teil des Si-

cherheitselementschichtverbunds 200 mehrfach passiert, wodurch die Metallisierung 213 bei entsprechender Ausgestaltung einen wichtigen Beitrag zur Erhöhung der Lumineszenzintensität des Sicherheitselementschichtverbunds 200 liefern kann. Dieser durch Mehrfachstreuung und/oder Reflexion erhaltene Beitrag der Anregungsstrahlung 410 an beispielsweise der Wertdokumentsubstratschicht 320 wird hier schematisch durch die Pfeile 440 symbolisiert.

**[0173]** Die Emissionsstrahlung 430 der ersten Lumineszenzstoffe 240 wird im Allgemeinen ungerichtet in alle Raumrichtungen emittiert. Die zur Lumineszenz angeregten Lumineszenzstoffe 240 senden also einen Teil der Emissionsstrahlung 430 direkt zurück (sie passiert also denselben Weg wie die Anregungsstrahlung 410). Ein erheblich größerer Teil erreicht den Sensor 50 jedoch erst nach mehreren Streu- oder Reflexionsprozessen. Beispielsweise erreicht ein weiterer Teil der Emissionsstrahlung 430 die Metallisierung 214 und wird an dieser reflektiert (oder gestreut) und kann somit ebenfalls zur detektierten Emissionsstrahlung 430 beitragen, welche auf der nicht den Sicherheitselementschichtverbund 200 tragenden Seite des Wertdokuments 30, hier an der unteren Druckschicht 330, austritt. Die Emissionsstrahlung 430 erreicht Sensor 50, der sie detektiert.

**[0174]** Die Intensität der am Sensor 50 detektierten Emissionsstrahlung 430 ist also in höchstem Maße von verschiedenen Faktoren abhängig:

- dem Aufbau des Sicherheitselementschichtverbunds 200 (z.B. Abstand zwischen ersten Lumineszenzstoffe 240 und Metallisierung 214),
- dem Streuverhalten der einzelnen Schichten,
- dem Aufbau der Metallisierung 214 (Ausrichtung und Mattheit der reflektierenden Metallflächen, dem Streuverhalten der Wertdokumentsubstratschicht 320, etc.),

**[0175]** Die Figur 3b zeigt das gleiche Wertdokument 30 wie in Figur 3a, jedoch wird hier die Messung von der anderen Seite des Wertdokuments 30 durchgeführt. Die Anregungsstrahlung 410 kann die Metallisierung 214 nicht durchdringen, daher werden die Lumineszenzstoffe 240 nicht angeregt und senden keine Emissionsstrahlung aus.

**[0176]** Im Anwendungsfall ist es möglich, dass ein geringer Teil der Anregungsstrahlung 410 die Metallisierung 214 durchquert, z.B. weil diese nicht vollständig reflektierend ist, und die Lumineszenzstoffe 240 somit zu einem Teil angeregt werden. Die resultierende Emissionsstrahlung müsste jedoch wieder die Metallisierung 214 durchdringen, so dass sie ein weiteres Mal stark abgeschwächt wird. Die von dem Sensor 50 detektierbare Emissionsstrahlung wäre also sehr gering.

## Patentansprüche

1. Sicherheitstransferelement (20) für ein Wertdokument (30), umfassend einen Sicherheitselementschichtverbund (200) und einen mit dem Sicherheitselementschichtverbund (200) ablösbar verbundenen Trägerfilm (21), wobei der Sicherheitselementschichtverbund

- eine Funktionsschicht (210) aufweist, die nach dem Übertragen auf ein Wertdokument (30) für einen Betrachter einen optisch variablen Effekt entfaltet;

- eine Kleberschicht (220) aufweist;

- eine Oberseite aufweist, die nach einer Übertragung des Sicherheitselementschichtverbunds (200) auf ein Wertdokumentsubstrat (300) dem Betrachter zugewandt ist, wobei die Kleberschicht (220) auf der Seite der Funktionsschicht (210) angeordnet ist, die der Oberseite gegenüber liegt; und

- wenigstens einen Lumineszenzstoff aufweist, wobei der Lumineszenzstoff in der Kleberschicht (220) und/ oder in einer Lumineszenzstoffschicht (214) angeordnet ist, wobei die Kleberschicht (220) und/ oder die Lumineszenzstoffschicht (214) auf der der Oberseite gegenüberliegenden Seite der Funktionsschicht (210) in dem Sicherheitselementschichtverbund (200) angeordnet ist; wobei die Funktionsschicht opak für eine primäre Emissionsstrahlung (430) des Lumineszenzstoffs ausgebildet ist,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

der Lumineszenzstoff die primäre Emissionsstrahlung im Wellenlängenbereich zwischen 700 nm und 2100 nm aufweist und durch eine Anregungsstrahlung (410) im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 2100 nm, insbesondere zwischen 700 nm und 2100 nm, anregbar ist, wobei die Emissionsstrahlung (430) des Lumineszenzstoffs des Sicherheitselementschichtverbunds (200) in einem Wellenlängenbereich zwischen 900 nm und 1300 nm, und/ oder 1300 nm und 1600 nm, und/ oder 1600 nm und 1850 nm und/oder 1850 nm und 2100 nm liegt.

2. Sicherheitstransferelement (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lumineszenzstoff des Sicherheitselementschichtverbunds (200) keine menschlich visuell erkennbare zusätzliche Anti-Stokes-Emission aufweist.

3. Sicherheitstransferelement (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lumineszenzstoff des Sicherheitsele-

- mentschichtverbunds (200) organische Farbstoffe, metallorganische Komplexe mit insbesondere Erbium, Thulium, Holmium, Neodym oder Ytterbium, und/ oder dotierte anorganische Pigmente mit den Dotierstoffen Erbium, Thulium, Holmium, Neodym oder Ytterbium bzw. dotiert mit Übergangsmetallen, besonders bevorzugt Chrom, Mangan und/oder Eisen umfasst.
- 5
4. Sicherheitstransferelement (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Lumineszenzstoff eine Korngröße (D99) von weniger als 15  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise weniger als 8  $\mu\text{m}$  und weiter bevorzugt von weniger als 5  $\mu\text{m}$  aufweist.
- 10
5. Sicherheitstransferelement (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Funktionsschicht (210) absorbierend und/ oder reflektiv ausgebildet ist.
- 15
6. Sicherheitstransferelement (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Funktionsschicht (210) zumindest bereichsweise, vorzugsweise vollflächig, eine metallische Schicht und/ oder eine metallische Beschichtung umfasst, wobei vorzugsweise die metallische Schicht und/ oder die metallische Beschichtung auf der Seite der Funktionsschicht (210) ausgebildet ist, die dem Betrachter abgewandt ist, oder auf der Seite der Funktionsschicht (210) ausgebildet ist, die dem Betrachter zugewandt ist.
- 20
7. Sicherheitstransferelement (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die den optisch variablen Effekt entfaltende Funktionsschicht (210) eine reflektierende Prägestruktur (212), insbesondere diffraktive Struktur und/ oder eine reflektierende Mikrostruktur, umfasst, und/ oder transparente hochbrechende Schichten, Dünnschichtelemente mit Farbkippeffekt, insbesondere mit einer reflektierenden Schicht und einer semitransparenten Schicht sowie einer dazwischen angeordneten dielektrischen Schicht, Schichten aus flüssigkristallinem Material, insbesondere aus cholesterischem flüssigkristallinem Material, Druckschichten auf Grundlage von Effektpigmentzusammensetzungen mit betrachtungswinkelabhängigem Effekt oder mit unterschiedlichen Farben aufweist und/ oder einen mehrschichtigen Aufbau aufweist, nämlich zwei semitransparente Schichten und eine zwischen den zwei semitransparenten Schichten angeordnete dielektrische Schicht.
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
8. Sicherheitstransferelement (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sicherheitselementschichtverbund (200) eine Streuschicht mit lichtstreuenden Eigenschaften aufweist, wobei vorzugsweise die Streuschicht benachbart zu dem Lumineszenzstoff angeordnet ist und/ oder benachbart zur Lumineszenzstoffschicht (214) angeordnet ist; und/ oder Teil der Funktionsschicht (210) ist.
9. Wertdokument (30), umfassend ein flächiges Wertdokumentsubstrat (300) und einen Sicherheitselementschichtverbund (200), wobei
- der Sicherheitselementschichtverbund (200)
- o eine Funktionsschicht aufweist, die bei Betrachtung in Aufsicht auf eine Oberseite der Funktionsschicht (210) für einen Betrachter einen optisch variablen Effekt entfaltet;
- o eine Kleberschicht (220) aufweist;
- o eine Oberseite aufweist, die nach einer Übertragung des Sicherheitselementschichtverbunds (200) auf das Wertdokumentsubstrat dem Betrachter zugewandt ist, wobei die Kleberschicht auf der Seite der Funktionsschicht (210) angeordnet ist, die der Oberseite gegenüber liegt; und
- o mindestens einen ersten Lumineszenzstoff (240) aufweist, wobei der erste Lumineszenzstoff (240) in der Kleberschicht (220) und/ oder in einer Lumineszenzstoffschicht (214), welche auf der der Oberseite gegenüberliegenden Seite der Funktionsschicht (210) in dem Sicherheitselementschichtverbund (200) angeordnet ist; und
- der Sicherheitselementschichtverbund (200) auf einer Oberseite des Wertdokumentsubstrats (300) derart angeordnet ist, dass die den optisch variablen Effekt entfaltende Funktionsschicht (210) so ausgerichtet ist, dass der optisch variable Effekt in Aufsicht auf einer Oberseite des Wertdokuments (30) erkennbar ist und der Sicherheitselementschichtverbund (200) in Aufsicht auf eine Unterseite des Wertdokuments (30), welche der Oberseite des Wertdokuments gegenüber liegt, vom Wertdokumentsubstrat (300) zumindest bereichsweise verdeckt ist; wobei
- die Funktionsschicht (210) opak für eine primäre Emissionsstrahlung (430) des Lumineszenzstoffs ausgebildet ist,
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- der mindestens eine erste Lumineszenzstoff (240) die primäre Emissionsstrahlung (430) im Wellenlängenbereich zwischen 700 nm und 2100 nm aufweist und durch eine Anregungsstrahlung (410) im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 2100 nm, insbesondere zwischen 700 nm und 2100 nm, anregbar ist, wobei

- die Emissionsstrahlung (430) des ersten Lumineszenzstoffs (240) des Sicherheitselementschichtverbunds (200) in einem Wellenlängenbereich zwischen 900 nm und 1300 nm und/ oder 1300 nm und 1600 nm, und/ oder 1600 nm und 1850 nm und/ oder 1850 nm und 2100 nm liegt.
10. Wertdokument (30) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Intensität der Emissionsstrahlung (430) des mindestens einen ersten Lumineszenzstoffs (240) des Sicherheitselementschichtverbunds (200) an der Unterseite signifikant höher ist als an der Oberseite des Wertdokuments (30), wobei vorzugsweise keine Emissionsstrahlung (430) des ersten Lumineszenzstoffs (240) an der Oberseite austritt.
11. Wertdokument (30) nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Wertdokumentsubstrat (300) wenigstens eine Lage einer Papiersubstratschicht umfasst, wobei die Papiersubstratschicht Cellulosefaser und/ oder Füllstoffe umfasst, wobei die Füllstoffe vorzugsweise Titandioxid, organische Hilfsmittel, vorzugsweise Carboxymethylcellulose sind, und/ oder wenigstens eine Kunststoffschicht, vorzugsweise eine Polymerschicht mit vorzugsweise Cellulosefaser und/ oder Füllstoffen, vorzugsweise Titandioxid oder Carboxymethylcellulose, umfasst und/ oder das Wertdokumentsubstrat (300) einen Kubelka-Munk-Streu-Koeffizienten mit einem Wert zwischen 10 und 80  $1/\text{mm}$  in einem Wellenlängenbereich von 400 nm bis 2100 nm aufweist.
12. Wertdokument (30) nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Wertdokumentsubstrat (300) mindestens einen zweiten Lumineszenzstoff umfasst, wobei der Emissionswellenlängenbereich der Emissionsstrahlung (430) und/ oder Anregungswellenlängenbereich des zweiten Lumineszenzstoffs im Wesentlichen dem Wellenlängenbereich der Emissionsstrahlung (430) und/ oder Anregung des ersten Lumineszenzstoffs des Sicherheitselementschichtverbunds (200) entspricht, wobei der erste Lumineszenzstoff des Sicherheitselementschichtverbunds (200) und der zweite Lumineszenzstoff des Wertdokumentsubstrats (300) insbesondere ein zueinander komplementäres Lumineszenzverhalten aufweisen.
13. Wertdokument (30) nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Lumineszenzstoff einen Brechungsindex aufweist, der angepasst ist an den Brechungsindex des den ersten Lumineszenzstoff umgebenden Materials, wobei vorzugsweise der Brechungsindex des ersten Lumineszenzstoffs (240) gleich dem Brechungsindex des den ersten Lumineszenzstoff (240) umgebenden Materials ist.
14. Verfahren zum Prüfen eines Wertdokuments (30) nach einem der Ansprüche 9 bis 13, mit den folgenden Schritten:
- Beaufschlagen des Wertdokuments (30) mit einer Anregungsstrahlung (410) im Aufsicht auf die Unterseite des Wertdokuments (30), wobei die Anregungsstrahlung den Wellenlängenbereich zur Anregung des ersten Lumineszenzstoffs (240) des Sicherheitselementschichtverbunds (200) umfasst;
  - Detektieren einer Emission, insbesondere eines Ankling- und/ oder eines Abklingverhaltens der Emissionsstrahlung (430), des ersten Lumineszenzstoffs (240) des Sicherheitselementschichtverbunds (200) an der Unterseite des Wertdokuments (30) über wenigstens einen Flächenbereich des Wertdokuments (30); und
  - Ermitteln der Echtheit des Sicherheitselementschichtverbunds (200) aus der detektierten Emission, insbesondere aus dem Ankling- und/ oder Abklingverhalten der detektierten Emissionsstrahlung (430).
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Flächenbereich des Wertdokuments (30) den Bereich des Sicherheitselementschichtverbunds (200) und vorzugsweise einen Umgebungsbereich des Sicherheitselementschichtverbunds (200) umfasst, der eine Fläche von wenigstens 100% der Fläche des Sicherheitselementschichtverbunds (200) aufweist.
16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, **gekennzeichnet durch** die weiteren Schritte:
- Beaufschlagen des Wertdokuments (30) mit einer Anregungsstrahlung (410) im Aufsicht auf die Oberseite des Wertdokuments (30), wobei die Anregungsstrahlung (410) den Wellenlängenbereich zur Anregung des ersten Lumineszenzstoffs des Sicherheitselementschichtverbunds (200) umfasst;
  - Detektieren einer Emission, insbesondere eines Ankling- und/ oder eines Abklingverhaltens der Emissionsstrahlung (430), des ersten Lumineszenzstoffs des Sicherheitselementschichtverbunds (200) an der Oberseite des Wertdokuments (30) über wenigstens einen Flächenbereich des Wertdokuments (30); und
  - Vergleichen der an der Oberseite des Wertdokuments (30) detektierten Emission mit der an der Unterseite des Wertdokuments (30) detektierten Emission zur Echtheitsprüfung des Wert-

dokuments (30).

## Claims

1. A security transfer element (20) for a value document (30), comprising a security element layer composite (200) and a carrier film (21) detachably connected to the security element layer composite (200), wherein the security element layer composite

- has a functional layer (210), which, after transfer to a value document (30), develops an optically variable effect for a viewer,  
 - has an adhesive layer (220);  
 - has an upper side, which faces the viewer after transfer of the security element layer composite (200) to a value document substrate (300), wherein the adhesive layer (220) is arranged on the side of the functional layer (210) that is disposed opposite the upper side; and  
 - has at least one luminescent substance, wherein the luminescent substance is arranged in the adhesive layer (220) and/or in a luminescent substance layer (214), wherein the adhesive layer (220) and/or the luminescent substance layer (214) is arranged on the side of the functional layer (210) in the security element layer composite (200) that is disposed opposite the upper side, wherein the functional layer is configured to be opaque for a primary emission radiation (430) of the luminescent substance,

### characterized in that

the luminescent substance has the primary emission radiation in the wavelength range between 700 nm and 2100 nm and is excitable by an excitation radiation (410) in the wavelength range between 400 nm and 2100 nm, in particular between 700 nm and 2100 nm, wherein the emission radiation (430) of the luminescent substance of the security element layer composite (200) is in a wavelength range between 900 nm and 1300 nm and/or 1300 nm and 1600 nm, and/or 1600 nm and 1850 nm and/or 1850 nm and 2100 nm.

2. The security transfer element (20) according to any of the preceding claims, **characterized in that** the luminescent substance of the security element layer composite (200) does not have any additional anti-Stokes emission that can be visually recognized by humans.
3. The security transfer element (20) according to any of the preceding claims, **characterized in that** the luminescent substance of the security element layer composite (200) contains organic dyes, organometallic complexes with in particular erbium, thulium,

holmium, neodymium or ytterbium, and/or doped inorganic pigments with the dopants erbium, thulium, holmium, neodymium or ytterbium or doped with transition metals, particularly preferably chromium, manganese and/or iron.

4. The security transfer element (20) according to any of the preceding claims, **characterized in that** the at least one luminescent substance has a grain size (D99) of less than 15  $\mu\text{m}$ , preferably less than 8  $\mu\text{m}$  and further preferably less than 5  $\mu\text{m}$ .
5. The security transfer element (20) according to any of the preceding claims, **characterized in that** the functional layer (210) is configured to be absorbent and/or reflective.
6. The security transfer element (20) according to any of the preceding claims, **characterized in that** the functional layer (210) comprises a metallic layer and/or a metallic coating at least in certain regions, preferably over the full area, wherein the metallic layer and/or the metallic coating is preferably configured on the side of the functional layer (210) which faces away from the viewer, or is configured on the side of the functional layer (210) which faces the viewer.
7. The security transfer element (20) according to any of the preceding claims, **characterized in that** the functional layer (210) developing the optically variable effect comprises a reflective embossed structure (212), in particular a diffractive structure and/or a reflective microstructure, and/or has transparent highly refractive layers, thin-film elements with a color shift effect, in particular with a reflective layer and a semitransparent layer and a dielectric layer arranged in between, layers of liquid crystalline material, in particular of cholesteric liquid crystalline material, printing layers based on effect pigment compositions with viewing angle-dependent effect or with different colors and/or has a multilayer structure, namely two semitransparent layers and a dielectric layer arranged between the two semitransparent layers.
8. The security transfer element (20) according to any of the preceding claims, **characterized in that** the security element layer composite (200) has a scattering layer with light-scattering properties, wherein the scattering layer preferably is arranged adjacent to the luminescent substance and/or is arranged adjacent to the luminescent substance layer (214) and/or is part of the functional layer (210).
9. A value document (30) comprising an areal value document substrate (300) and a security element layer composite (200), wherein
- the security element layer composite (200)

o has a functional layer which, when viewed in incident light onto an upper side of the functional layer (210), develops an optically variable effect for a viewer;

o has an adhesive layer (220);

o has an upper side, which faces the viewer after transfer of the security element layer composite (200) to the value document substrate (300), wherein the adhesive layer is arranged on the side of the functional layer (210) that is disposed opposite the upper side; and

o has at least one first luminescent substance (240), wherein the first luminescent substance (240) is arranged in the adhesive layer (220) and/or in a luminescent substance layer (214), which is arranged on the side of the functional layer (210) in the security element layer composite (200) that is disposed opposite the upper side; and

- the security element layer composite (200) is arranged on an upper side of the value document substrate (300) in such a manner that the functional layer (210) developing the optically variable effect is aligned such that the optically variable effect can be recognized in incident light on an upper side of the value document (30) and the security element layer composite (200) in incident light onto a lower side of the value document (30) that is disposed opposite the upper side of the value document is covered at least in certain regions by the value document substrate (300); wherein the functional layer (210) is configured to be opaque for a primary emission radiation (430) of the luminescent substance,

**characterized in that**

the at least one first luminescent substance (240) has a primary emission radiation (430) in the wavelength range between 700 nm and 2100 nm and is excitable by an excitation radiation (410) in the wavelength range between 400 nm and 2100 nm, in particular between 700 nm and 2100 nm, wherein the emission radiation (430) of the first luminescent substance (240) of the security element layer composite (200) is in a wavelength range between 900 nm and 1300 nm and/or 1300 nm and 1600 nm, and/or 1600 nm and 1850 nm and/or 1850 nm and 2100 nm.

10. The value document (30) according to claim 9, **characterized in that** the intensity of the emission radiation (430) of the at least one first luminescent substance (240) of the security element layer composite (200) is significantly higher on the lower side than on the upper side of the value document (30), wherein preferably no emission radiation (430) of the first

luminescent substance (240) exits on the upper side.

11. The value document (30) according to claim 9 or 10, **characterized in that** the value document substrate (300) comprises at least one layer of a paper substrate layer, wherein the paper substrate layer comprises cellulose fibers and/or fillers, wherein the fillers preferably are titanium dioxide, organic acids, preferably carboxymethyl cellulose, and/or at least one plastic layer, preferably a polymer layer with preferably cellulose fibers and/or fillers, preferably titanium dioxide or carboxymethyl cellulose, and/or the value document substrate (300) has a Kubelka-Munk scatter coefficient with a value between 10 and 80 1/mm in a wavelength range from 400 nm to 2100 nm.

12. The value document (30) according to any of claims 9 to 11, **characterized in that** the value document substrate (300) comprises at least one second luminescent substance, wherein the emission wavelength range of the emission radiation (430) and/or excitation wavelength range of the second luminescent substance corresponds substantially the wavelength range of the emission radiation (430) and/or excitation of the first luminescent substance of the security element layer composite (200), wherein the first luminescent substance of the security element layer composite (200) and the second luminescent substance of the value document substrate (200) in particular have a mutually complementary luminescence behavior.

13. The value document (30) according to any of claims 9 to 12, **characterized in that** the first luminescent substance has a refractive index which is matched to the refractive index of the material surrounding the first luminescent substance, wherein the refractive index of the first luminescent substance (240) preferably is equal to the refractive index of the material surrounding the first luminescent substance (240).

14. A method for checking a value document (30) according to any of claims 9 to 13, having the following steps of:

- applying to the value document (30) an excitation radiation (410) in incident light onto the lower side of the value document (30), wherein the excitation radiation comprises the wavelength range for excitation of the first luminescent substance (240) of the security element layer composite (200);

- detecting an emission, in particular a rise and/or a decay behavior of the emission radiation (430), of the first luminescent substance (240) of the security element layer composite

(200) on the lower side of the value document (30) over at least one areal region of the value document (30); and  
 - ascertaining the authenticity of the security element layer composite (200) from the detected emission, in particular from the rise and/or decay behavior of the detected emission radiation (430).

15. The method according to claim 14, **characterized in that** the areal region of the value document (30) comprises the region of the security element layer composite (200) and preferably a region surrounding the security element layer composite (200) which has an area of at least 100% of the area of the security element layer composite (200).

16. The method according to claim 14 or 15, **characterized by** the further steps of:

- applying to the value document (30) an excitation radiation (410) in incident light onto the upper side of the value document (30), wherein the excitation radiation (410) comprises the wavelength range for excitation of the first luminescent substance of the security element layer composite (200);
- detecting an emission, in particular a rise and/or a decay behavior of the emission radiation (430), of the first luminescent substance of the security element layer composite (200) on the upper side of the value document (30) over at least one areal region of the value document (30); and
- comparing the emission detected on the upper side of the value document (30) with the emission detected on the lower side of the value document (30) for checking the authenticity of the value document (30).

## Revendications

1. Élément de transfert de sécurité (20) pour un document de valeur (30), comprenant un composite de couches d'élément de sécurité (200) et un film support (21) joint de manière détachable au composite de couches d'élément de sécurité (200), cependant que le composite de couches d'élément de sécurité

- comporte une couche fonctionnelle (210) qui, après le transfert sur un document de valeur (30), déploie pour un observateur un effet optiquement variable ;
- comporte une couche de colle (220) ;
- comporte une face de dessus qui, après un transfert du composite de couches d'élément de sécurité (200) sur un substrat pour document de

valeur (300), est tournée vers l'observateur, cependant que la couche de colle (220) est agencée sur la face de la couche fonctionnelle (210) opposée à la face de dessus ; et

- comporte au moins une substance luminescente, cependant que la substance luminescente est agencée dans la couche de colle (220) et/ou dans une couche de substance luminescente (214), cependant que la couche de colle (220) et/ou la couche de substance luminescente (214) est agencée dans le composite de couches d'élément de sécurité (200) sur la face de la couche fonctionnelle (210) opposée à la face de dessus ; cependant que

la couche fonctionnelle est réalisée sous forme opaque pour un rayonnement primaire d'émission (430) de la substance luminescente,

### **caractérisé en ce que**

la substance luminescente a le rayonnement primaire d'émission dans la plage de longueur d'ondes comprise entre 700 nm et 2100 nm et est excitable par un rayonnement d'excitation (410) de la plage de longueur d'ondes comprise entre 400 nm et 2100 nm, en particulier entre 700 nm et 2100 nm, cependant que le rayonnement d'émission (430) de la substance luminescente du composite de couches d'élément de sécurité (200) se situe dans une plage de longueur d'ondes comprise entre 900 nm et 1300 nm, et/ou entre 1300 nm et 1600 nm, et/ou entre 1600 nm et 1850 nm, et/ou entre 1850 nm et 2100 nm.

2. Élément de transfert de sécurité (20) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la substance luminescente du composite de couches d'élément de sécurité (200) ne présente aucune émission supplémentaire anti-Stokes visuellement reconnaissable par un être humain.

3. Élément de transfert de sécurité (20) selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la substance luminescente du composite de couches d'élément de sécurité (200) comprend des colorants organiques, des complexes organométalliques avec en particulier erbium, thulium, holmium, néodyme ou ytterbium, et/ou des pigments inorganiques dopés avec les dopants erbium, thulium, holmium, néodyme ou ytterbium ou dopés avec des métaux de transition, particulièrement de préférence chrome, manganèse et/ou fer.

4. Élément de transfert de sécurité (20) selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la au moins une substance luminescente présente une taille de grain (D99) inférieure à 15  $\mu\text{m}$ , de préférence inférieure à 8  $\mu\text{m}$ , et en outre de préférence inférieure à 5  $\mu\text{m}$ .

5. Elément de transfert de sécurité (20) selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la couche fonctionnelle (210) est réalisée sous forme absorbante et/ou réfléchissante.
6. Elément de transfert de sécurité (20) selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la couche fonctionnelle (210) comprend au moins par zones, de préférence à pleine surface, une couche métallique et/ou un revêtement métallique, cependant que, de préférence, la couche métallique et/ou le revêtement métallique est réalisé(e) sur la face de la couche fonctionnelle (210) tournée à l'opposé de l'observateur., ou est réalisée sur la face de la couche fonctionnelle (210) tournée vers l'observateur.
7. Elément de transfert de sécurité (20) selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la couche fonctionnelle (210) déployant l'effet optiquement variable comprend une structure gaufrée réfléchissante (212), en particulier une structure diffractive et/ou une microstructure réfléchissante, et/ou comporte des couches transparentes à indice de réfraction élevé, des éléments en couche mince à effet de basculement des couleurs, en particulier avec une couche réfléchissante et une couche semi-transparente ainsi qu'une couche diélectrique agencée entre ces dernières, des couches en matériau cristaux liquides, en particulier en matériau cristaux liquides cholestérique, des couches imprimées sur la base de compositions de pigments à effets ayant un effet dépendant de l'angle d'observation ou ayant différentes couleurs, et/ou présente un empilement de couches, à savoir deux couches semi-transparentes et une couche diélectrique agencée entre les deux couches semi-transparentes.
8. Elément de transfert de sécurité (20) selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le composite de couches d'élément de sécurité (200) comporte une couche de diffusion ayant des propriétés de diffusion de lumière, cependant que, de préférence, la couche de diffusion est agencée de manière adjacente à la substance luminescente et/ou de manière adjacente à la couche de substance luminescente (214) ; et/ou fait partie de la couche fonctionnelle (210).
9. Document de valeur (30) comprenant un substrat plan pour document de valeur (300) et un composite de couches d'élément de sécurité (200), cependant que le composite de couches d'élément de sécurité (200)
- o comporte une couche fonctionnelle qui, lors d'une observation en lumière incidente, déploie sur une face de dessus de la couche fonctionnelle (210) pour un observateur un effet optiquement variable ;
- o comporte une couche de colle (220) ;
- o comporte une face de dessus qui, après un transfert du composite de couches d'élément de sécurité (200) sur le substrat pour document de valeur, est tournée vers l'observateur, cependant que la couche de colle est agencée sur la face de la couche fonctionnelle (210) opposée à la face de dessus ; et
- o comporte au moins une première substance luminescente (240), cependant que la première substance luminescente (240) est agencée dans la couche de colle (220) et/ou dans une couche de substance luminescente (214) agencée dans le composite de couches d'élément de sécurité (200) sur la face de la couche fonctionnelle (210) opposée à la face de dessus ; et
- le composite de couches d'élément de sécurité (200) est agencé de telle façon sur une face de dessus du substrat pour document de valeur (300) que la couche fonctionnelle (210) déployant l'effet optiquement variable est orientée de telle façon que l'effet optiquement variable est reconnaissable en lumière incidente sur une face de dessus du document de valeur (30), et le composite de couches d'élément de sécurité (200), en lumière incidente sur une face de dessous du document de valeur (30) opposée à la face de dessus du document de valeur, est au moins recouvert par zones par le substrat pour document de valeur (300) ; cependant que la couche fonctionnelle (210) est réalisée sous forme opaque pour un rayonnement primaire d'émission (430) de la substance luminescente,
- caractérisé en ce que**
- la au moins une première substance luminescente (240) a le rayonnement primaire d'émission (430) dans la plage de longueur d'ondes comprise entre 700 nm et 2100 nm et est excitable par un rayonnement d'excitation (410) de la plage de longueur d'ondes comprise entre 400 nm et 2100 nm, en particulier entre 700 nm et 2100 nm, cependant que le rayonnement d'émission (430) de la première substance luminescente (240) du composite de couches d'élément de sécurité (200) se situe dans une plage de longueur d'ondes comprise entre 900 nm et 1300 nm, et/ou entre 1300 nm et 1600 nm, et/ou entre 1600 nm et 1850 nm, et/ou entre 1850 nm et 2100 nm.
10. Document de valeur (30) selon la revendication 9,

**caractérisé en ce que** l'intensité du rayonnement d'émission (430) de la au moins une première substance luminescente (240) du composite de couches d'élément de sécurité (200) est nettement plus élevée à la face de dessous qu'à la face de dessus du document de valeur (30), cependant que, de préférence, nul rayonnement d'émission (430) de la première substance luminescente (240) ne s'échappe à la face de dessus.

11. Document de valeur (30) selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce que** le substrat pour document de valeur (300) comprend au moins une pellicule d'une couche de substrat de papier, cependant que la couche de substrat de papier comprend des fibres de cellulose et/ou des matières de remplissage, cependant que les matières de remplissage sont de préférence dioxyde de titane, auxiliaires organiques, de préférence carboxyméthylcellulose, et/ou comprend au moins une couche de matière synthétique, de préférence une couche polymère avec de préférence fibres de cellulose et/ou matières de remplissage, de préférence dioxyde de titane ou carboxyméthylcellulose, et/ou le substrat pour document de valeur (300) présente un coefficient de diffusion Kubelka-Munk d'une valeur comprise entre 10 et  $80 \text{ l/mm}$  dans une plage de longueur d'ondes comprise entre 400 nm et 2100 nm.

12. Document de valeur (30) selon une des revendications de 9 à 11, **caractérisé en ce que** le substrat pour document de valeur (300) comprend au moins une deuxième substance luminescente, cependant que la plage de longueur d'ondes d'émission du rayonnement d'émission (430) et/ou la plage de longueur d'ondes d'excitation de la deuxième substance luminescente correspond essentiellement à la plage de longueur d'ondes du rayonnement d'émission (430) et/ou de l'excitation de la première substance luminescente du composite de couches d'élément de sécurité (200), cependant que la première substance luminescente du composite de couches d'élément de sécurité (200) et la deuxième substance luminescente du substrat pour document de valeur (300) présentent en particulier un comportement luminescent complémentaire l'une envers l'autre.

13. Document de valeur (30) selon une des revendications de 9 à 12, **caractérisé en ce que** la première substance luminescente présente un indice de réfraction qui est adapté à l'indice de réfraction du matériau entourant la première substance luminescente, cependant que, de préférence, l'indice de réfraction de la première substance luminescente (240) est égal à l'indice de réfraction du matériau entourant la première substance luminescente (240).

14. Procédé de vérification d'un document de valeur (30) selon une des revendications de 9 à 13, comprenant les étapes suivantes :

- 5 - exposition du document de valeur (30) à un rayonnement d'excitation (410) en lumière incidente à la face de dessous du document de valeur (30),
- 10 cependant que le rayonnement d'excitation comprend la plage de longueur d'ondes d'excitation de la première substance luminescente (240) du composite de couches d'élément de sécurité (200) ;
- 15 - détection d'une émission, en particulier d'un comportement de croissance et/ou de décroissance du rayonnement d'émission (430), de la première substance luminescente (240) du composite de couches d'élément de sécurité (200) à la face de dessous du document de valeur (30) sur au moins une zone de surface du document de valeur (30) ; et
- 20 - détermination de l'authenticité du composite de couches d'élément de sécurité (200) à partir de l'émission détectée, en particulier à partir du comportement de croissance et/ou de décroissance du rayonnement d'émission (430) détecté.

15. Procédé selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** la zone de surface du document de valeur (30) comprend la zone du composite de couches d'élément de sécurité (200) et de préférence une zone environnante, du composite de couches d'élément de sécurité (200), ayant une surface d'au moins 100 % la surface du composite de couches d'élément de sécurité (200).

16. Procédé selon la revendication 14 ou 15, **caractérisé par** les étapes suivantes :

- 40 - exposition du document de valeur (30) à un rayonnement d'excitation (410) en lumière incidente à la face de dessus du document de valeur (30),
- 45 cependant que le rayonnement d'excitation (410) comprend la plage de longueur d'ondes d'excitation de la première substance luminescente du composite de couches d'élément de sécurité (200) ;
- 50 - détection d'une émission, en particulier d'un comportement de croissance et/ou de décroissance du rayonnement d'émission (430), de la première substance luminescente du composite de couches d'élément de sécurité (200) à la face de dessus du document de valeur (30) sur au moins une zone de surface du document de valeur (30) ; et
- 55 - comparaison de l'émission détectée à la face

de dessus du document de valeur (30) avec l'émission détectée à la face de dessous du document de valeur (30), pour la vérification de l'authenticité du document de valeur (30).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

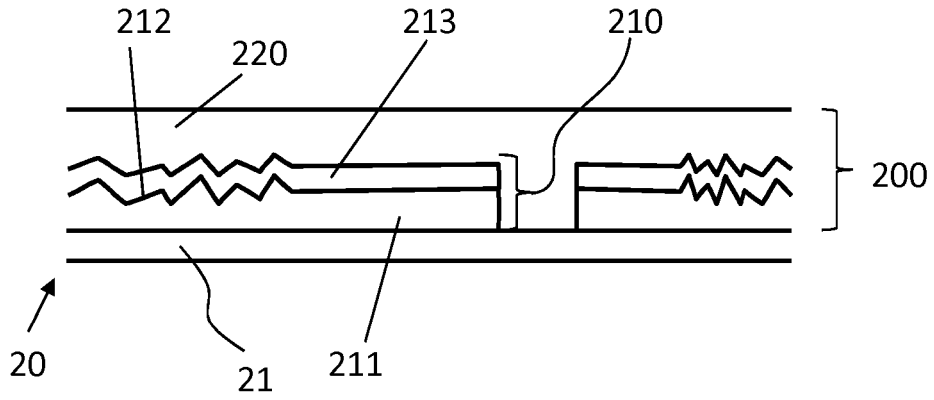


Fig. 1a

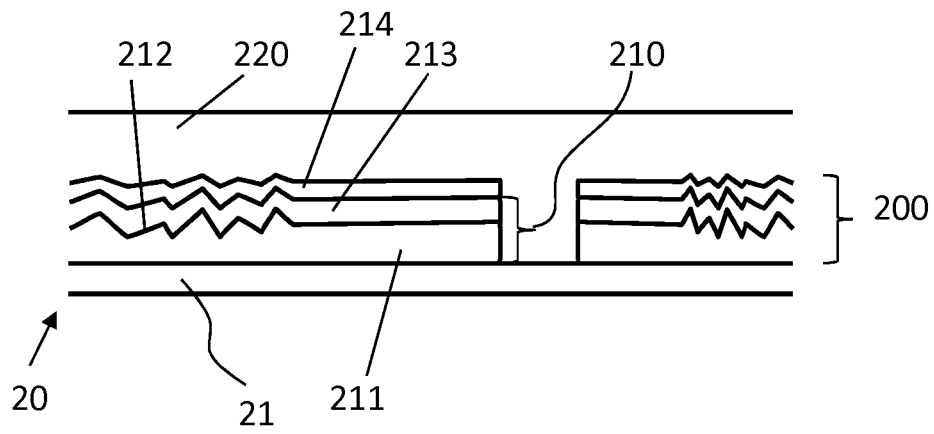


Fig. 1b

Fig. 2a

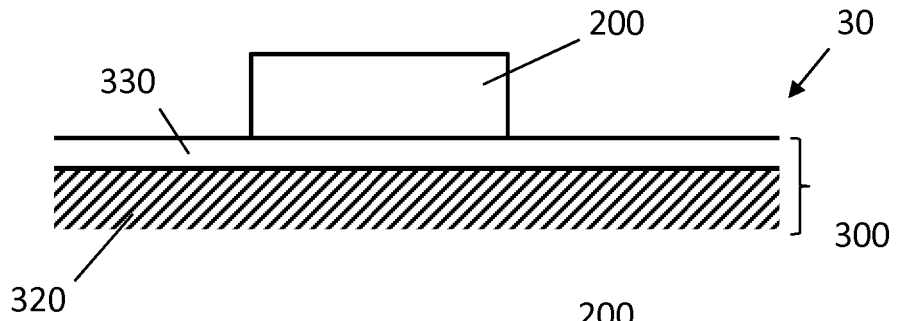


Fig. 2b

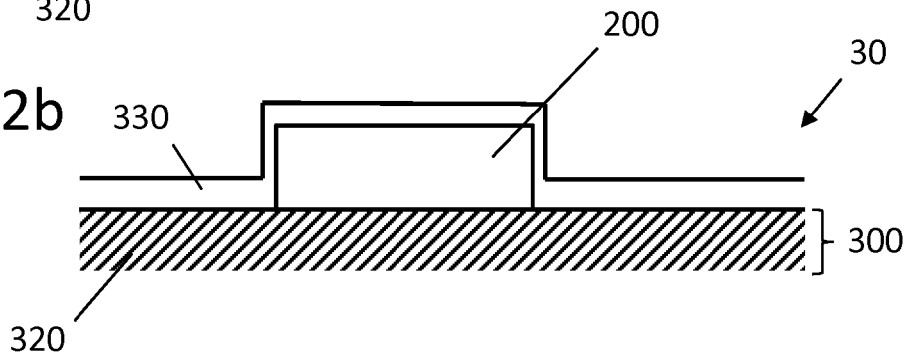


Fig. 2c

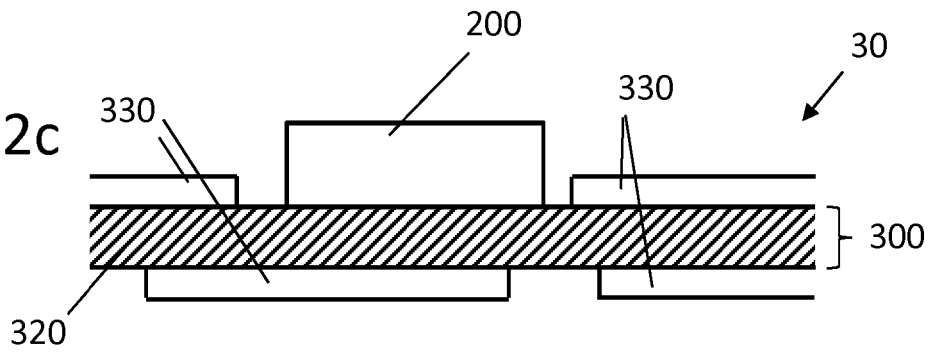
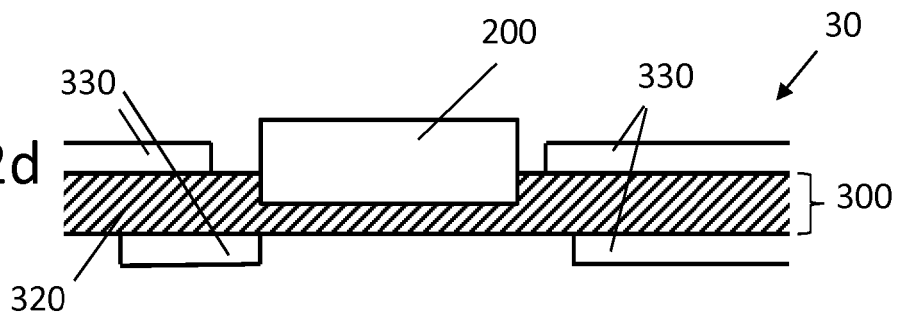
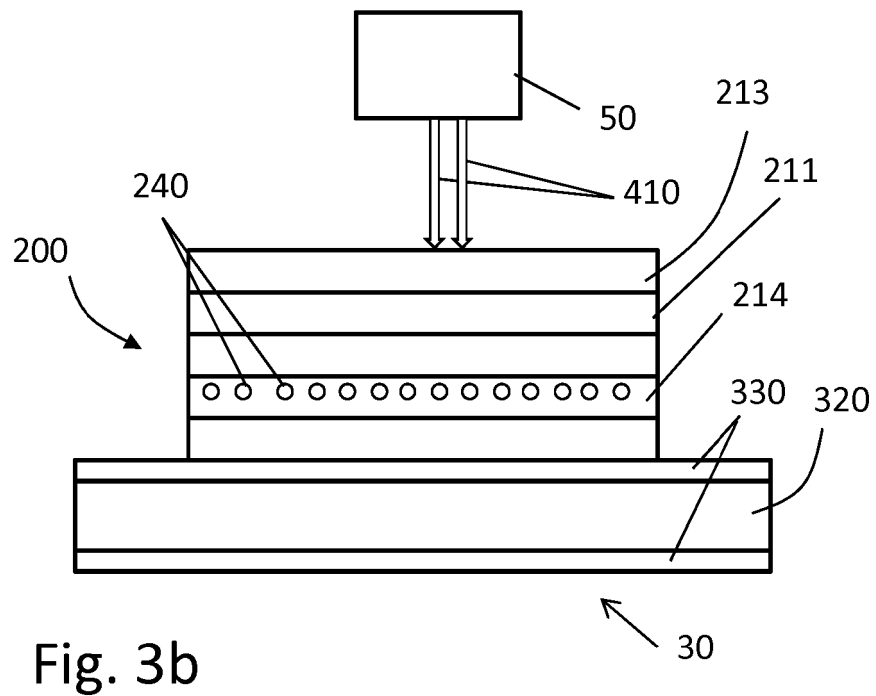
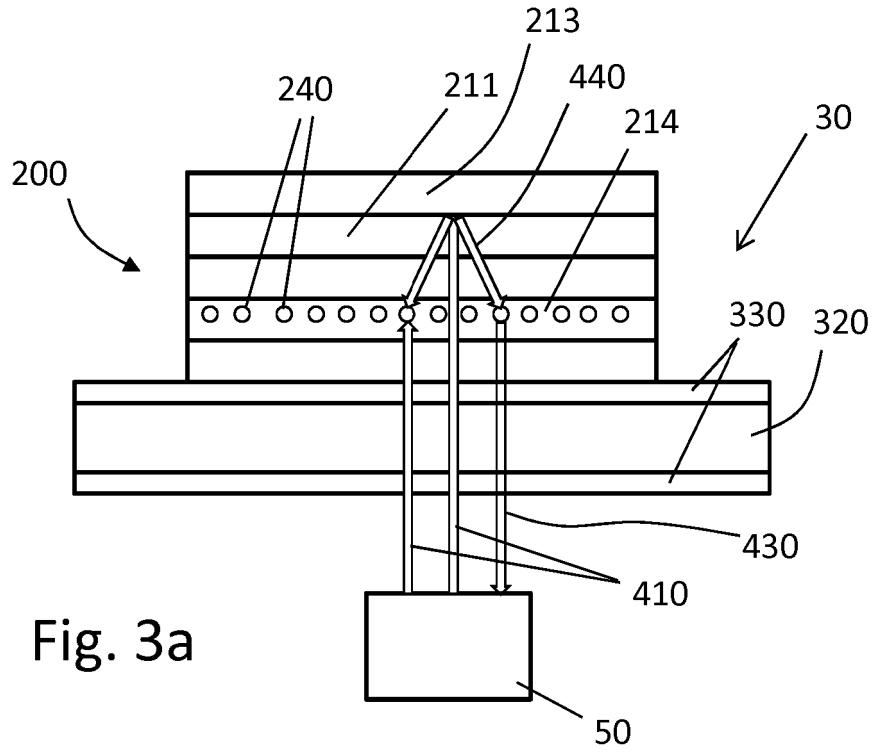


Fig. 2d





**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 0420261 B1 [0003]
- WO 2005108108 A2 [0003]
- EP 1880864 B1 [0004]
- EP 1972464 A1 [0005]
- DE 102008049631 A1 [0006]