

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 567 991 B1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**19.04.2006 Patentblatt 2006/16**

(51) Int Cl.:  
**G07D 7/12 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **03767703.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2003/013435**

(22) Anmeldetag: **28.11.2003**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2004/051582 (17.06.2004 Gazette 2004/25)**

### (54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR PRÜFUNG VON WERTDOKUMENTEN

METHOD AND DEVICE FOR VERIFYING VALUABLE DOCUMENTS

PROCEDE ET DISPOSITIF PERMETTANT DE VERIFIER DES DOCUMENTS DE VALEUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

• **GIERING, Thomas**  
**85614 Kirchseeon (DE)**

(30) Priorität: **29.11.2002 DE 10256114**

(74) Vertreter: **Klunker . Schmitt-Nilson . Hirsch**  
**Winzererstrasse 106**  
**80797 München (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**31.08.2005 Patentblatt 2005/35**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 0 101 115** **US-A- 4 464 786**  
**US-A- 5 542 518** **US-A- 5 678 677**  
**US-A- 5 757 001** **US-A- 5 992 600**

(73) Patentinhaber: **Giesecke & Devrient GmbH**  
**81677 München (DE)**

(72) Erfinder:  
• **RAUSCHER, Wolfgang**  
**81373 München (DE)**

EP 1 567 991 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Prüfung von Wertdokumenten mit einem Echtheitsmerkmal in Form zumindest einer lumineszierenden Substanz, wobei das Wertdokument mit Licht bestrahlt und die vom Wertdokument ausgehende Lumineszenzstrahlung spektral aufgelöst erfasst wird, um zu bestimmen, ob das Echtheitsmerkmal im geprüften Wertdokument tatsächlich vorhanden ist.

**[0002]** Im Sinne der vorliegenden Erfindung wird unter einem lumineszierenden, wie z.B. einem fluoreszierenden oder phosphoreszierenden Echtheitsmerkmal eine einzelne Substanz oder eine Mischung von mehreren Substanzen verstanden, die ein Lumineszenzverhalten zeigen.

**[0003]** Es gibt eine Reihe von bekannten Systemen zur Echtheitsprüfung solcher Wertdokumente. Ein System ist beispielsweise aus der DE 23 66 274 C2 der Anmelderin bekannt. Bei diesem System wird zur Prüfung der Echtheit einer Banknote, d. h. im speziellen der Prüfung, ob ein fluoreszierendes Echtheitsmerkmal tatsächlich in einer zu prüfenden Banknote vorhanden ist, diese bestrahlt und die remittierte Fluoreszenzstrahlung spektral aufgelöst erfaßt. Die Auswertung erfolgt durch einen Vergleich der Signale von unterschiedlichen Photozellen des Spektrometers.

**[0004]** Dieses Verfahren arbeitet zwar in den meisten Fällen sehr zuverlässig, allerdings kann es insbesondere dann, wenn es mehrere mögliche Echtheitsmerkmale gibt, die ein sehr ähnliches Spektralverhalten haben, zu Schwierigkeiten bei der Unterscheidung und damit der Entscheidung geben, welches dieser Echtheitsmerkmale tatsächlich im geprüften Wertdokument vorhanden ist.

**[0005]** Die US 5 678 677 A offenbart ein Klassifikationschema zur Erkennung und Einordnung von Banknoten, basierend auf der Klassifikation von n-dimensionalen Messvektoren bei der Abtastung von Spektralbereichen.

**[0006]** Davon ausgehend ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Prüfung von Wertdokumenten bereitzustellen, welche eine Unterscheidung auch von Echtheitsmerkmale mit ähnlichem Spektralverlauf auf einfache und sichere Weise ermöglichen.

**[0007]** Diese Aufgabe wird durch die unabhängigen Ansprüche gelöst.

**[0008]** Die vorliegende Erfindung basiert somit auf der Erkenntnis, daß eine einfache und sichere Unterscheidung zwischen unterschiedlichen Echtheitsmerkmale dann am besten gewonnen werden kann, wenn aus den Meßwerten, welche unterschiedlichen Frequenzen und/oder Frequenzbereichen der Lumineszenzstrahlung entsprechen, ein Meßvektor gebildet wird, und eine Klassenzuordnung des Meßvektors zu einem von mehreren vorgegebenen Referenzvektoren, die unterschiedlichen Echtheitsmerkmale entsprechen, dadurch erfolgt, daß den Referenzvektoren jeweils zumindest ein Klassenzu-

ordnungsgebiet zugeordnet und geprüft wird, in welchem Klassenzuordnungsgebiet sich der Meßvektor befindet. Der Meßvektor kann dabei aus den Meßwerten an sich und/oder daraus abgeleiteten Größen bestehen.

**[0009]** Bevorzugt kann die Bestimmung der Klassenzuordnungsgebiete und damit die Klassenzuordnung vom Meßvektor zu einem der Referenzvektoren durch einen Vergleich des Meßvektors mit mehreren Referenzvektoren oder mit zumindest einer Größe erfolgen, welche von mindestens zwei Referenzvektoren abhängt.

**[0010]** Ein besonders bevorzugtes Beispiel der erstgenannten Variante kann sein, daß das Echtheitsmerkmal, dessen Referenzvektor den kleinsten Unterschied, wie z.B. den kleinsten Abstand zum Meßvektor aufweist, als im zu prüfenden Wertdokument vorhanden bestimmt wird bzw. bestimmbar ist. Diese Vorgehensweise hat sich insbesondere bei Echtheitsmerkmalen mit sehr ähnlichem Spektralverlauf als wesentlich geeigneter erwiesen als eine Vorgehensweise, bei der geprüft wird, ob sich die Intensität und/ oder der Verlauf einer gemessenen Lumineszenzstrahlung nur um maximal einen vorgegebenen Wert von der Intensität bzw. dem Verlauf einer Referenzstrahlung unterscheidet.

**[0011]** Die zweitgenannte Variante, bei der kein Vergleich des Meßvektors mit jedem einzelnen Referenzvektoren selbst, sondern mit mindestens einer aus mindestens zwei Referenzvektoren abgeleiteten Größe durchgeführt wird, vermindert den Rechenaufwand signifikant und ist deshalb insbesondere dann von Vorteil, wenn es auf hohe Prüfgeschwindigkeiten ankommt. Ein besonders bevorzugtes Beispiel hierfür ist, daß die Größe, welche von mindestens zwei Referenzvektoren abhängt, als eine Trennfläche zwischen den zwei Referenzvektoren, wie z.B. eine (n-1) dimensionale Hyperebene zwischen den zwei n-dimensionalen Referenzvektoren gebildet wird, wobei die Trennfläche die Klassenzuordnungsgebiete der zwei Referenzvektoren voneinander trennt. In diesem Fall wird z.B. die Lage des Meßvektors in Bezug auf die Trennfläche bestimmt.

**[0012]** Das erfindungsgemäße Prüfsystem kann bevorzugt dahingehend erweitert werden, daß es einen weiteren Schritt aufweist, bei dem geprüft wird, ob der Betrag des Meßvektors größer als ein vorgegebener Referenzwert ist oder nicht. Dieser Schritt wird besonders bevorzugt vor dem Schritt der Zuordnung der Klassenzuordnungsgebiete und/ oder dem Schritt der Prüfung, in welchem dieser Gebiete sich der Meßvektor befindet, durchgeführt werden. Hierdurch kann eine signifikante Zeitersparnis bei der Auswertung erreicht werden, da die nachfolgenden zeitaufwendigeren Auswertungsschritte der Prüfung der Klassenzuordnungsgebiete nicht mehr notwendig sind, wenn bereits die einfache Betragsprüfung ein negatives Ergebnis liefert.

**[0013]** Diese Vorgehensweise erweist sich insbesondere bei der Prüfung von Echtheitsmerkmale als sinnvoll, deren Lumineszenzstrahlung in signifikantem Maße im nicht-sichtbaren, wie z.B. ultravioletten oder insbesondere im infraroten Spektralbereich liegt. Durch diesen

Betragsvergleich kann z.B. bereits eine Reihe von nicht passenden Merkmalen in gefälschten Wertdokumenten erkannt werden, die nur im sichtbaren Spektralbereich emittieren. Unter anderem aus den vorgenannten Gründen wird der Meßvektor somit vorzugsweise aus Meßwerten des infraroten Spektralbereichs gebildet.

**[0014]** Vorzugsweise kann alternativ oder zusätzlich vorgesehen sein, daß der Meßvektor und die Referenzvektoren in einer gleichen Weise normiert werden. Bei n-dimensionalen Meß- und Referenzvektoren kann dies beispielsweise durch eine Normierung auf eine n-1 dimensionale Einheitskugel geschehen, so daß der Betrag aller normierten Vektoren gleich, d.h. im speziellen den Wert 1 hat.

**[0015]** Eine solche Normierung hat den Vorteil, daß ein einfacher Vergleich des Meßvektors mit den Referenzvektoren ermöglicht wird, der weitgehend unabhängig davon ist, in welcher Menge oder Konzentration das Echtheitsmerkmal in der Banknote tatsächlich eingebracht ist bzw. wie hoch die Gesamtintensität der gemessenen Strahlung tatsächlich ist. Im Gegensatz zu bekannten Verfahren der Farbraumanalyse beispielsweise, bei denen die Absolutwerte der einzelnen Farbanteile für eine korrekte Farbbestimmung wesentlich sind, ist dies bei der erfindungsgemäßen Lumineszenzprüfung nicht zwingend erforderlich, da es hierbei im wesentlichen nur auf die Form der erfaßten Spektralkurven, und nicht aber auf deren absolute Intensitätswerte ankommt.

**[0016]** Insbesondere im vorstehend genannten Fall der Normierung kann es sich als Nachteil erweisen, daß die Messungen ein Hintergrundsignal aufweisen, welches nicht von der Lumineszenzstrahlung herröhrt und die Lumineszenzstrahlung überlagert. Dieses Hintergrundsignal stört bei der Auswertung, da sich durch die Normierung die Verhältnisse der Meßvektoren zu den Referenzvektoren signifikant in Abhängigkeit vom der Höhe der Hintergrundsignale ändern und dadurch zu ungenauerer Ergebnissen der Auswertung führen können.

**[0017]** Vorzugsweise wird deshalb bei der Auswertung der Meßwerte ein Hintergrundsignal berücksichtigt, welches nicht von der Lumineszenzstrahlung herröhrt. Im speziellen kann, zur Bildung des Meßvektors, von den Meßwerten ein Betrag abgezogen werden, der von der Größe des Hintergrundsignals abhängt. Der Betrag kann von Meßwert zu Meßwert des Meßvektors verschieden sein, d.h. es kann auch ein durch das Hintergrundsignal erzeugter Hintergrundvektor verwendet werden. Der Betrag wird besonders bevorzugt abhängig sein von der Größe eines Minimums und /oder Maximums der Meßwerte und/oder einem Verhältnis mehrerer Meßwerte zueinander. Ist das Emissionsspektrum des Hintergrundsignals bekannt, so kann durch Messung des Hintergrundsignals bei einer einzigen oder z.B. einigen wenigen Frequenzen der Hintergrundvektor berechnet werden. Ist der Hintergrundvektor bekannt, so kann er z.B. im Sensor hinterlegt gespeichert werden und auch ohne Messung von den Meßwerten abgezogen werden.

**[0018]** Weitere Vorteile der vorliegenden Erfindung er-

geben sich durch die beigefügten abhängigen Ansprüche und die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele. Dabei zeigt die

5 Figur 1 eine schematische Ansicht auf eine Prüvorrichtung nach einem ersten Ausführungsbeispiel; die Figur 2 eine zweidimensionale Darstellung zur Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Verfahrens; die Figur 3 eine zweidimensionale Darstellung zur Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Verfahrens der 10 Klassenzuordnung und die Figur 4 eine schematische Ansicht einer von einer Banknote gemessenen Spektralkurve L1 und eines nur auf die Lumineszenzstrahlung zurückgehenden Anteils L2 der Spektralkurve L1.

15 **[0019]** Das erfindungsgemäße Prüfsystem kann in allen Vorrichtungen verwendet werden, welche lumineszierende Echtheitsmerkmale prüfen. Obwohl nicht darauf beschränkt, wird im folgenden die besonders bevorzugte Variante der Prüfung von Banknoten in Banknotenbearbeitungsvorrichtungen beschrieben, die beispielsweise zum Zählen, Sortieren, Einzahlen und/ oder Auszahlen von Banknoten dienen können.

20 **[0020]** Die Figur 1 stellt im speziellen eine Vorrichtung 1 dar, die neben an sich bereits bekannten Komponenten, welche nicht mit abgebildet sind, unter anderem eine Transporteinrichtung 2 aufweist, mittels derer Banknoten 3 vereinzelt an einer Prüfeinrichtung 4 vorbei transportiert werden. Die Prüfeinrichtung 4 kann zur Prüfung der Echtheit, des Zustands bzw. des Nennwerts der Banknoten 3 ausgelegt sein. Im speziellen weist die Prüfeinrichtung 4 dabei eine Lichtquelle 5, einen Spektralsensor 6 und eine Auswertungseinrichtung 7 auf, welche über eine Signalleitung 8 zumindest mit dem Spektralsensor 6 verbunden ist. Die Lichtquelle 5 dient dabei zur Bestrahlung der Banknote 3 mit Lichtstrahlen 9 in einem schrägen Winkel zur Banknotenoberfläche und der Spektralsensor 6 zur Erfassung und spektralen Zerlegung der von der Banknotenoberfläche remittierten Strahlung 10. Bevorzugt erfaßt der Spektralsensor 6 mittels eines Spektrometers 6 Lumineszenzstrahlung 10 im infraroten Spektralbereich. Die vom Spektralsensor 6 erfassten Signale werden über die Signalleitung 8 an die EDV-basierte Auswertungseinrichtung 7 übertragen, die anhand der gemessenen Signale überprüft, ob ein bestimmtes Echtheitsmerkmal in der Banknote 3 vorhanden ist.

25 **[0021]** Die Vorrichtung 1 ist insbesondere durch die Art der Auswertung der Meßsignale in der Auswertungseinrichtung 7 ausgezeichnet. Dies kann beispielsweise 30 gemäß eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens auf folgende Weise geschehen:

35 **[0022]** Es werden alle oder zumindest eine Teilmenge der Meßwerte des Spektralsensors 6, die jeweils unterschiedlichen Frequenzen bzw. Frequenzbereichen entsprechen, als Meßvektor X dargestellt. Der Meßvektor X=(x<sub>1</sub>, ..., x<sub>n</sub>) sei beispielsweise ein Maß für die Spektralkurve der aufgenommenen Lumineszenzstrahlung 10 der Banknote 3, wobei x<sub>1</sub> bis x<sub>n</sub> Werte sind, welche

auf der Grundlage der Meßsignale von n verschiedenen Photozellen des Spektralsensors 6 gebildet werden. Die Spektralwerte  $x_1$  bis  $x_n$  können dabei bevorzugt der gemessenen Lumineszenzintensität bei unterschiedlichen Frequenzen bzw. Frequenzbereichen in einem für das Auge unsichtbaren, wie z.B. ultravioletten oder besonders bevorzugt infraroten Spektralbereich entsprechen. Der Meßvektor X stellt somit zumindest für den Fall  $n > 1$ , bevorzugt von  $n \geq 5$  oder  $n \geq 10$ ; ein Maß für die Form, d.h. den Verlauf der gemessenen Spektralkurve dar.

**[0023]** Es wird nun auf die nachfolgend exemplarisch beschriebene Weise ein Vergleich dieses Meßvektors X mit k vorgegebenen Referenzvektoren  $A_1, \dots, A_k$  durchgeführt. Der besseren Anschaulichkeit halber wird mit Bezug auf die Figuren 2 und 3 eine einfache Fallgestaltung beschrieben, bei welcher der Meßvektor X nur zwei Meßwerte  $x_1$  und  $x_2$  aufweist, d. h. die Vektordimension n gleich 2 ist. In diesem Fall wird der Meßvektor X durch einen Punkt X im zweidimensionalen Diagramm der Figur 2 und der Figur 3 repräsentiert, wobei jede Achse des Diagramms einer anderen Koordinate des Meßvektors X entspricht.

**[0024]** Die Vektoren  $A = (a_1, \dots, a_n)$  und  $B = (b_1, \dots, b_n)$  sind dabei in exemplarischer Weise zwei vorgegebene Referenzvektoren  $A_1 = A, A_2 = B$ , die den Spektralkurven von zwei möglichen Echtheitsmerkmalen entsprechen, von denen eines eventuell in der geprüften Banknote 3 vorhanden sein kann.

**[0025]** Um zu entscheiden, ob überhaupt eines der beiden erlaubten Echtheitsmerkmale in oder auf der Banknote vorhanden ist, kann zunächst überprüft werden, ob der Betrag des Meßvektors X, d.h.  $|X|$  eine vorgegebene Schwelle überschreitet. Ist dies nicht der Fall, kann bereits hier die Banknote als unecht zurückgewiesen werden. Die Schwelle kann 0 sein, wird bevorzugt aber so gewählt, daß Fälschungen ohne Echtheitsmerkmal bereits hier sicher unterscheidbar sind. Dieser Referenzwert R hat im exemplarischen Fall der Figuren 2 und 3 beispielsweise einen Betrag  $|R|$  von 0,4. Mit dieser Prüfung können auch Fälschungen aussortiert werden, bei denen die Echtheitsmerkmale zwar an sich vorhanden, aber in zu geringer Konzentration vorliegen. Dies ist deshalb besonders bevorzugt, weil bei der beschriebenen Variante im infraroten Spektralbereich gemessen wird und Fälschungen üblicherweise Intensitäten in diesem Spektralbereich aufweisen, die entweder vernachlässigbar oder zumindest wesentlich geringer als die Intensitäten der Echtheitsmerkmale A, B in echten Banknoten 3 sind.

**[0026]** Wie erwähnt wird dieses Kriterium, daß der Betrag  $|X|$  des Meßvektors X mindestens einem Referenzwert R entsprechen muß, besonders bevorzugt zur Vorauswertung der Meßwerte verwendet. Dies kann beispielsweise bedeuten, daß zuerst dieser Mindestwertvergleich des Betrages  $|X|$  des Meßvektors X durchgeführt wird, bevor die Klassenzuordnung des Referenzvektors A, B mit kleinstem Unterschied zum Meßvektor X durchgeführt wird. Diese Variante der vorgeschalteten

Betragsprüfung kann die Geschwindigkeit der Banknotenprüfung signifikant erhöhen.

**[0027]** Liegt der Betrag des Meßvektors X über der vorgegebenen Schwelle, ist zu entscheiden, welches der Echtheitsmerkmale A, B tatsächlich in der Banknote 3 vorhanden ist.

**[0028]** Hierzu kann folgende Prozedur implementiert werden: Der affine Raum  $\mathbb{R}^n$ , in dem sich die Mess- und Referenzvektoren  $(X, A_1, \dots, A_k)$  befinden, wird in Klas-

senzuordnungsgebiete  $G_i \subseteq \mathbb{R}^n$  ( $i=1, \dots, l$ ) eingeteilt, wobei diese den Referenzvektoren  $(A_1, \dots, A_k)$  zugeordnet sind. Im einfachsten Fall gibt es für jeden Referenzvektor genau ein Klassenzuordnungsgebiet, im allgemeinen

Fall kann es mehrere Klassenzuordnungsgebiete pro Referenzvektor geben. Um zu entscheiden, welches Echtheitsmerkmal in oder auf der Banknote 3 vorhanden ist, wird festgestellt, in welchem Klassenzuordnungsgebiet  $G_m$  der Meßvektor X liegt, d.h. es wird der Index m

gesucht mit  $X \in G_m$ . Im dargestellten zweidimensionalen Beispiel sind diese Gebiete Halbebene  $G_A, G_B$ , wie in Figur 3 veranschaulicht ist. Im allgemeinen Fall sind die Klassenzuordnungsgebiete Durchschnitte von endlich vielen Halbebene.

**[0029]** Die Klassenzuordnungsgebiete können nun entweder über die Referenzvektoren A, B (im allgemeinen Fall  $A_1, \dots, A_k$ ) oder über eine Beschreibung der sie begrenzenden Hyperebenen definiert werden.

**[0030]** Im erstgenannten Fall wird beispielsweise derjenige Referenzvektor A, B bestimmt, der den kleinsten Unterschied zum Meßvektor X aufweist. Hierzu kann der Abstand des Meßvektors X zu allen möglichen Echtheitsmerkmalen, im speziell beschriebenen Fall also zu den beiden Referenzvektoren A, B berechnet werden. Der Abstand kann als euklidischer Abstand zwischen den betreffenden Vektoren, im Beispiel also  $d(X, A)$  und  $d(X, B)$  berechnet werden. An Stelle des euklidischen Abstands kann jede Funktion  $d(X, A)$  verwendet werden mit folgender Eigenschaft: Für beliebige Messvektoren X und Referenzvektoren A, B gilt  $d(X, A) \geq d(X, B)$  genau dann wenn  $|X-A| \geq |X-B|$  gilt.

**[0031]** Alternativ kann man diese Prozedur auf eine andere Weise implementieren, welche exakt zum gleichen Ergebnis führt: Die Klassenzuordnungsgebiete werden im zweitgenannten Fall durch eine Trennfläche T definiert, welche die beiden Referenzvektoren A, B (im allgemeinen Fall  $A_1, \dots, A_k$ ) begrenzt. Diese Variante hat insbesondere in Echtzeitumgebungen den Vorteil, dass der Rechenaufwand verringert wird.

**[0032]** Um zu testen, ob ein Meßvektor X in einem Klassenzuordnungsgebiet  $G_i$  liegt (d.h.  $X \in G_i$ ), muß man für alle  $G_i$  begrenzenden Trennflächen T prüfen, ob X auf der "richtigen" Seite liegt. Als Trennfläche lassen sich vorzugsweise n-1-dimensionale Hyperebenen T z.B. als

Punktemengen  $\{(y_1, \dots, y_n) \in \mathbb{R}^n \mid u_1 y_1 + \dots + u_n y_n - u_0 = 0\}$  beschreiben wobei  $(u_1, \dots, u_n)$  ein Normalenvektor der Hy-

perebene T ist. Das Vorzeichen von  $u_1x_1 + \dots + u_nx_n - u_0$  gibt nun an, auf welcher Seite der Hyperebene T die Messung X liegt.

**[0033]** Um die Erkennungssicherheit zu erhöhen, kann in einer bevorzugten Ausprägung des Verfahrens gefordert werden, daß eine Zuordnung des Meßvektors X zu einem der Referenzvektoren A, B erst dann erfolgt, wenn ihr gegenseitiger Abstand  $d(X, A)$  bzw.  $d(X, B)$  eine vorgegebene Schwelle nicht überschreitet.

**[0034]** Es kann in diesem Sinne festgelegt werden, daß die Klassenzuordnungsgebiete  $G_A, G_B$  so eingeschränkt werden, daß sich die Klassenzuordnungsgebiete nicht mehr berühren. Auf diese Weise entsteht zwischen den Klassenzuordnungsgebieten  $G_A, G_B$  "Niemandsland", d.h. Bereiche, die keiner Klasse und damit keinem Referenzvektor  $A_1, \dots, A_k$  zugeordnet sind. Banknoten 3, deren Meßvektor in diesen Bereichen liegen, können z.B. mit einem Warnhinweis versehen nach der Prüfung in der Prüfeinrichtung 4 ausgesteuert bzw. in eine spezielle Ablage umgelegt werden.

**[0035]** In einer möglichen Erweiterung des Verfahrens wird bei der Festlegung der Klassenzuordnungsgebiete berücksichtigt, dass die Wahrscheinlichkeit, dass ein Messvektor X einem von mindestens zwei Referenzvektoren A, B entspricht, nicht gleichverteilt ist, sondern z.B. eine Korrelation aufweist.

**[0036]** Bei den bisher beschriebenen Verfahren ist allerdings zu beachten, daß der Abstand des Meßvektors X von den Referenzvektoren A, B mit seiner Intensität und der Intensität der einzelnen Referenzkurven A, B zunimmt. Dies führt dazu, daß dann, wenn einer der beiden möglichen Echtheitsmerkmale in wesentlich höherer Menge und Konzentration in die geprüfte Banknote 3 eingetragen ist, auch der Abstand seines Referenzvektors A bzw. B zum Meßvektor X in entsprechender Weise größer sein kann.

**[0037]** Um ein Abstandsmaß der Echtheitsmerkmale A, B zu finden, welches unabhängig von der gemessenen Gesamtintensität bzw. der Menge und Konzentration der einzelnen Echtheitsmerkmale in der Banknote 3 ist, werden in einer besonders vorteilhaften Ausprägung der Erfindung sowohl die Referenzvektoren A, B, als auch der Meßvektor X normiert. Im Fall der zweidimensionalen Darstellung nach Figur 2 wird beispielsweise eine Normierung auf den Einheitskreis E durchgeführt. Das bedeutet, daß die normierten Vektoren  $A/|A|$  (also A durch Betrag von A),  $B/|B|$  und  $X/|X|$  gebildet werden, welche alle einen normierten Betrag von 1 haben. Im allgemeinen n-dimensionalen Fall von k Referenzvektoren  $A_1, \dots, A_k$ , die jeweils n Komponenten besitzen, erfolgt die Projektion auf die n-dimensionale Einheitskugel E.

**[0038]** Mit dieser Normierung werden alle Meßvektoren X, die sich nur in der Länge unterscheiden, identifiziert. Sie liegen wie in der Figur 2 gezeigt ist, auf Ursprungsgeraden durch den Messvektor X. Diese Vorgehensweise entspricht dem Übergang vom affinen Raum  $\mathbb{R}^n$  in einen projektiven Raum  $\mathbb{P}^{n-1}$ , dessen Elemente

im zugehörigen affinen Raum Ursprungsgeraden sind, die im folgenden ebenfalls durch die zugehörigen Vektoren X, A, B... beschrieben werden. Der Übergang in einen projektiven Raum hat sich insbesondere bei der

5 Prüfung von Echtheitsmerkmalen als sehr vorteilhaft herausgestellt, die ein ähnliches Spektralverhalten haben.

**[0039]** Um die Zuordnung des Messvektors X zu einem der im Beispiel gezeigten Referenzvektoren A, B zu treffen, wird im einfachsten Fall nun der Abstand  $d(X, A)$  und 10  $d(X, B)$  des normierten Meßvektors X / (X) zu allen normierten Referenzvektoren  $A/|A|$  bzw.  $B/|B|$  berechnet. Die Klassifizierung erfolgt dabei wiederum für das Echtheitsmerkmal, dessen Referenzvektor A, B den kleinsten Abstand  $d(X, A)$   $d(X, B)$  zum Meßvektor X hat, im abgebildeten Fall also das Echtheitsmerkmal A.

**[0040]** Als Abstand  $d(X, A)$  zweier Vektoren kann in diesem und im vorgenannten Fall beispielsweise der euklidische Abstand der normierten Vektoren X, A verwendet

$$20 \text{ werden: } d(X, A) = \left| \frac{X}{|X|} - \frac{A}{|A|} \right|. \text{ An Stelle des euklidi-}$$

dischen Abstands kann jede Funktion  $d(X, A)$  verwendet werden mit folgender Eigenschaft: Für beliebige 25 Messvektoren X und Referenzvektoren A, B gilt  $d(X, A) \geq d(X, B)$  genau dann wenn

$$30 \left| \frac{X}{|X|} - \frac{A}{|A|} \right| \geq \left| \frac{X}{|X|} - \frac{B}{|B|} \right| \text{ gilt.}$$

**[0041]** In einem ersten Beispiel kann als Abstand  $d(X, A)$  der Vektoren X und A der Winkel zwischen durch sie definierten Ursprungsgeraden verwendet werden.

**[0042]** In einem zweiten Beispiel kann als Abstand  $d(X, A)$  der Vektoren X und A folgender Ausdruck verwen-

det werden:  $d(X, A) = \left| X - \langle X, A \rangle \cdot A / |A|^2 \right|$ . Der Abstand  $d(X, A)$  entspricht hier der Länge des Lots von X auf die durch A definierte Ursprungsgerade.

**[0043]** In einem weiteren Beispiel kann als Abstand  $d(X, A)$  der Vektoren X und A folgender Ausdruck verwen-

det werden:  $d(X, A) = \left| X - \langle X, A \rangle \cdot A / |A|^2 \right|^2$ .

45 Dieser Ausdruck ist besonders dann bevorzugt, wenn der Abstand zeitkritisch berechnet werden muß, da man sich hier die aufwendige Berechnung der Wurzel im zweiten Beispiel erspart.

**[0044]** In einem weiteren Beispiel kann als Abstand  $d(X, A)$  der Vektoren X und A der Ausdruck

$$d(X, A) = g\left(\left| \frac{X}{|X|} - \frac{A}{|A|} \right|\right) \text{ verwendet werden, wobei}$$

55 g eine beliebige streng monotone Funktion ist.

**[0045]** Zum vorstehend detailliert beschriebenen Ausführungsbeispiel sind zahlreiche Weiterbildungen und Alternativen denkbar.

**[0046]** Obwohl beispielsweise der Fall von nur zwei möglichen Echtheitsmerkmalen beschrieben und in den Figuren dargestellt wurde, ist selbstverständlich auch eine Verallgemeinerung auf mehr als zwei Echtheitsmerkmale möglich. Ebenso ist selbstverständlich eine Verallgemeinerung auf Meß- und Referenzvektoren  $X, A_1, \dots, A_k$ , möglich, die mehr als  $n=2$  Komponenten, d. h. mehr als zwei spektrale Meßwerte pro Banknote 3 aufweisen.

**[0047]** Weiterhin kann auch vorgesehen sein, daß die Lumineszenzstrahlung 10 einer Banknote 3 zu verschiedenen Zeiten gemessen und dies bei der Auswertung berücksichtigt wird. Zum einen kann hierbei festgestellt werden, ob die gemessene Strahlung 10 der geprüften Banknote 3 tatsächlich das für die jeweilige Lumineszenzart zu erwartende Zeitverhalten hat. Bevorzugt werden die Banknoten 3 hierbei zeitlich intermittierend durch die Lichtquelle 5 bestrahlt, um z.B. das Abklingverhalten der Lumineszenzstrahlung 10 zeitlich aufgelöst messen zu können. In diesem Fall kann besonders bevorzugt auch eine zeitabhängige Darstellung der Meßvektoren  $X$  und/oder der Referenzvektoren  $A, B$  gewählt und die Abstandsbildung zeitabhängig durchgeführt werden.

**[0048]** Eine weitere Idee der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß die Messung der Lumineszenzstrahlung nur an vorbestimmten Teilbereichen der Banknotenfläche erfolgt, welche in besonders bevorzugter Weise nennwertspezifisch gewählt sind. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, daß die Lichtquelle 5 nur einen oder mehrere spezielle Teilbereiche der Banknote 3 beim Vorbeitransport an einer Prüfeinrichtung 3 beleuchtet, bzw. Informationen über die Lage der jeweils beleuchteten Teilbereiche der Banknote 3 bei der Auswertung in der Auswertungseinrichtung 7 berücksichtigt. Diese ortsabhängige Messung der Lumineszenzstrahlung 10 kann beispielsweise dazu verwendet werden, um auch räumlich codierte Echtheitsmerkmale, die im Banknotenpapier nicht homogen eingebracht sind, unterscheiden zu können.

**[0049]** Des weiteren muß die Lumineszenzstrahlung 10 auch nicht zwingend in Reflexion, sondern sie kann alternativ oder zusätzlich auch in Transmission gemessen und ausgewertet werden.

**[0050]** Wie erwähnt wurde, kann es bei der Auswertung störend sein, wenn die Meßsignale ein Hintergrundsignal aufweisen, welches nicht von der Lumineszenzstrahlung herröhrt und die Lumineszenzstrahlung 10 überlagert. Diese störenden Hintergrundsignal verfälschen bei der Normierung die Verhältnisse der einzelnen Meßvektoren zu den Referenzvektoren.

**[0051]** Zur Veranschaulichung der Problematik ist in der Figur 4 in schematischer Weise mit der durchgezogenen gezeichneten Linie L1 der durch den Spektralsensor 6 gemessene spektrale Verlauf der Meßsignale einer beleuchteten Banknote 3, d.h. die Abhängigkeit der Meßsignalintensität  $I(f)$  von der Meßsignalfrequenz  $f$  dargestellt. Der tatsächlich nur von der Lumineszenzstrahlung 10 stammende Anteil der Meßkurve L1, entsprechend der gestrichelt gezeichneten Kurve L2, ist aller-

dings vom Betrag her niedriger und durch ein störendes Hintergrundsignal überlagert, welches nicht auf die Lumineszenzstrahlung 10 zurückgeht.

**[0052]** Um dieses Hintergrundsignal herauszurechnen, kann zum einen eine Referenzmessung in einer Banknotenlücke durchgeführt werden. Es werden dabei gerade dann mittels des Spektralsensors 6 Meßwerte aufgenommen, wenn sich keine Banknote 3 im Erfassungsbereich des Spektralsensors 6 befindet. Die so gewonnenen Signale stellen dann ein Maß für die Stärke des Hintergrundsignals dar und können bei der nachfolgenden Bildung oder Auswertung der Meßvektoren berücksichtigt, z.B. von den Meßwerten bei der Messung der nachfolgenden Banknote 3 abgezogen werden.

**[0053]** Es gibt allerdings Spektralsensoren 6, bei denen die Meßverhältnisse bei der Messung mit Banknote 3 im Vergleich zur Messung ohne Banknote 3 so deutlich unterschieden sind, daß die beim Fall ohne Banknote gemessenen Hintergrundsignale nicht repräsentativ für die mit Banknote gemessenen Hintergrundsignale sind.

**[0054]** Alternativ kann deswegen z.B. die Größe eines relativen, vorzugsweise des absoluten Minimums und/oder Maximums der Meßsignale in einem zur weiteren Auswertung benutzen Spektralbereich bestimmt werden. Dies kann z.B. eine Stelle im Spektrum sein, an der die zu prüfenden lumineszierenden Substanzen üblicherweise nicht emittieren. Im Spektrum der Figur 4 befindet sich dieses Minimum exemplarisch bei der Frequenz  $f_{Min1}$  und hat eine Intensität  $I_{Min1}$ . Indem nun zumindest vom nachfolgend weiter auszuwertenden Anteil des Spektrums dieser minimale Intensitätswert  $I_{Min1}$  abgezogen wird, d.h. für den betrachteten Spektralbereich die Differenz  $I(f) - I_{Min1}$  gebildet wird, erhält man ein effektives Meßsignal, welches im wesentlichen nur noch auf die Lumineszenzstrahlung 10, entsprechend der Kurve L2 zurückgeht und bei der die Hintergrundsignale im wesentlichen abgezogen sind.

**[0055]** Eine weitere Variante ist folgende: Da die nachzuweisenden lumineszierenden Substanzen eine vorbekannte Spektralkurve haben, so hat das Verhältnis der Intensität der Lumineszenzstrahlung bei zwei unterschiedlichen Frequenzen einen konstanten vorbekannten Wert. Die beiden Frequenzen können vorzugsweise so gewählt sein, daß sie einem Maximum und einem Minimum der Spektralkurve entsprechen. Beim Fall der Figur 4 sei z.B. das Intensitätsverhältnis  $I(f_{Max})/I(f_{Min2})$  der Lumineszenzstrahlung 10, entsprechend Kurve L2, gleich einem konstanten Wert  $k_0$ . Die tatsächlich bei der Prüfung der Banknote 3 gewonnene Meßkurve L1 weist allerdings ein Intensitätsverhältnis  $I(f_{Max})/I(f_{Min2}) = I_{Max}/I_{Min2}$  auf, das geringer ist als dieser Wert  $k_0$ . Dieser Unterschied ist gerade durch die Hintergrundsignale bewirkt, die das Lumineszenzspektrum L2 überlagernden.

**[0056]** Es wird nun berechnet, um welches Maß  $I_0$  die Intensität des gesamten Spektrums  $I(f)$  gesenkt werden muß, damit das Intensitätsverhältnis  $I(f_{Max})/I(f_{Min2})$  wiederum dem für die zu erwartende Lumineszenzstrahlung 10 typischen Wert  $k_0$  entspricht. Durch Abzug dieses

Werts  $I_0$  vom gesamten betrachteten Spektralbereich der Kurve L2 erhält man wiederum ein effektives Meßsignal, welches im wesentlichen nur noch auf die Lumineszenzstrahlung 10, entsprechend der Kurve L2 zurückgeht, und bei der die Hintergrundsignale im wesentlichen abgezogen sind.

**[0057]** Es sei betont, daß anstelle eines linearen Offsets, d.h. eines Abzugs eines konstanten Werts  $I_{Min1}$  bzw.  $I_0$  von der Meßintensität  $I(f)$  der Meßkurve L2, auch ein anderer, nichtlinearer Offset abgezogen werden kann, bei dem der abgezogenen Wert mit der Frequenz  $f$  variiert. D.h., der Betrag kann von Meßwert zu Meßwert des Meßvektors verschieden sein, d.h. es kann auch ein durch das Hintergrundsignal erzeugter Hintergrundvektor verwendet werden. Dies macht dann Sinn, wenn auch die Hintergrundsignale einen nicht-linearen Verlauf, d.h. einen über alle Frequenzen  $f$  nicht konstanten Betrag haben. Ist das Emissionsspektrum des Hintergrundsignals bekannt, so kann durch Messung des Hintergrundsignals bei einer einzigen oder mehreren Frequenzen der Hintergrundvektor berechnet werden. Ist der Hintergrundvektor bekannt, so kann er z.B. im Sensor gespeichert und auch ohne Messung von den Meßwerten abgezogen werden.

**[0058]** Zudem können die genannten Verfahren zur Kompensation der Hintergrundsignale auch unabhängig vom Gegenstand der Hauptansprüche auch bei anderen Lumineszenzauswerteverfahren mit Vorteil eingesetzt werden.

**[0059]** Die erfindungsgemäße Vorgehensweise ermöglicht folglich eine einfache und sichere Prüfung und Unterscheidung von Echtheitsmerkmalen, insbesondere mit sehr ähnlichem Spektralverlauf, die in Wertdokumenten enthalten sein können.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Prüfung von Wertdokumenten (3) mit einem Echtheitsmerkmal in Form zumindest einer lumineszierenden Substanz, wobei das Wertdokument (3) mit Licht (9) bestrahlt und die vom Wertdokument (3) ausgehende Lumineszenzstrahlung (10) spektral aufgelöst erfaßt wird, um zu bestimmen, ob das Echtheitsmerkmal im Wertdokument (3) vorhanden ist,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
aus den Meßwerten, welche unterschiedlichen Frequenzen und/oder Frequenzbereichen der Lumineszenzstrahlung (10) entsprechen, ein Meßvektor (X) gebildet wird, und eine Klassenzuordnung des Meßvektors (X) zu einem von mehreren vorgegebenen Referenzvektoren ( $A_1, \dots, A_k$ ), die unterschiedlichen Echtheitsmerkmalen entsprechen, **dadurch** erfolgt, daß den Referenzvektoren ( $A_1, \dots, A_k$ ) jeweils zumindest ein Klassenzuordnungsgebiet ( $G_1, \dots, G_l$ ) zugeordnet und geprüft wird, in welchem Klassenzuordnungsgebiet ( $G_1, \dots, G_l$ ) sich der Meßvektor (X)

befindet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Prüfverfahren einen weiteren Schritt aufweist, bei dem geprüft wird, ob der Betrag ( $|X|$ ) des Meßvektors (X) größer als ein vorgegebener Referenzwert (R) ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schritt der Prüfung, ob der Betrag ( $|X|$ ) des Meßvektors (X) größer als ein vorgegebener Referenzwert (R) ist, vor dem Schritt der Klassenzuordnung des Meßvektors (X) zu einem von mehreren vorgegebenen Referenzvektoren ( $A_1, \dots, A_k$ ) durchgeführt wird.
4. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Meßvektor (X) und die Referenzvektoren ( $A_1, \dots, A_k$ ) normiert werden.
5. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Klassenzuordnung vom Meßvektor (X) zu einem der Referenzvektoren ( $A_m$ ) durch einen Vergleich des Meßvektors (X) mit mehreren Referenzvektoren ( $A_1, \dots, A_k$ ) und/ oder mit zumindest einer Größe (T) erfolgt, welche von mindestens zwei Referenzvektoren ( $A_1, \dots, A_k$ ) abhängt.
6. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Klassenzuordnung vom Meßvektor (X) zu einem der Referenzvektoren ( $A_m$ ) **dadurch** erfolgt, daß der kleinste Unterschied, wie z.B. der kleinste Abstand ( $d(X, A_m)$ ) vom Meßvektor (X) zu den Referenzvektoren ( $A_1, \dots, A_k$ ) bestimmt wird.
7. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Größe (T), welche von mindestens zwei Referenzvektoren (A, B) abhängt, als eine Trennfläche (T) zwischen den zwei Referenzvektoren (A, B), wie z.B. eine ( $n-1$ ) dimensionale Hyperebene (T) zwischen den zwei n-dimensionalen Referenzvektoren (A, B) gebildet wird, wobei die Trennfläche (T) die Klassenzuordnungsgebiete ( $G_A, G_B$ ) der zwei Referenzvektoren (A, B) voneinander trennt.
8. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Klassenzuordnung vom Meßvektor (X) zu einem der Referenzvektoren ( $A_m$ ) **dadurch** bestimmt wird, daß die Lage des Meßvektors (X) in Bezug auf die Trennfläche (T) bestimmt wird.
9. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei einem

- zu prüfenden Wertdokument (3) die Lumineszenzstrahlung (10) zeitaufgelöst gemessen wird, wobei der Vergleich von Meßvektor (X) und Referenzvektoren (A, B) zeitabhängig erfolgen kann.
10. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Messung der Lumineszenzstrahlung (10) nur an einem oder mehreren vorbestimmten Teilbereichen der Wertdokumentenfläche erfolgt, welche nennwertspezifisch vorbestimmt sein können.
15. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Meßvektor (X) Meßwerte des infraroten oder ultravioletten, d.h. eines nicht sichtbaren Spektralbereichs umfaßt.
20. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei der Auswertung der Meßwerte ein Hintergrundsignal (L2-L1) berücksichtigt wird, welches nicht von der Lumineszenzstrahlung (10) herrührt.
25. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Bildung des Meßvektors von den Meßwerten ein Betrag abgezogen wird, der von der Größe des Hintergrundsignals (L2-L1) abhängt.
30. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Betrag abhängig ist von der Größe eines Minimums und/oder Maximums der Meßwerte und/oder einem Verhältnis zweier Meßwerte.
35. Vorrichtung (1) zur Prüfung von Wertdokumenten (3) mit einem Echtheitsmerkmal in Form zumindest einer lumineszierenden Substanz, mit einer Lichtquelle (5) zur Bestrahlung des Wertdokuments (3) und einem Spektralsensor (6), um die vom Wertdokument (3) ausgehende Lumineszenzstrahlung (10) spektral aufgelöst zu erfassen, und mit einer Auswertungseinrichtung (7), die mit dem Spektralsensor (6) verbunden ist, um zu bestimmen, ob das Echtheitsmerkmal im Wertdokument (3) vorhanden ist, **dadurch gekennzeichnet, daß**  
die Auswertungseinrichtung (7) so ausgestaltet ist, daß aus den Meßwerten, welche unterschiedlichen Frequenzen und/ oder Frequenzbereichen der Lumineszenzstrahlung (10) entsprechen, ein Meßvektor (X) gebildet wird, und eine Klassenzuordnung des Meßvektors (X) zu einem von mehreren vorgegebenen Referenzvektoren ( $A_1, A_k$ ), die unterschiedlichen Echtheitsmerkmalen entsprechen, **dadurch** erfolgt, daß den Referenzvektoren ( $A_1, \dots, A_k$ ) jeweils zumindest ein Klassenzuordnungsgebiet ( $G_1, \dots, G_l$ ) zugeordnet und geprüft wird, in welchem Klassenzuordnungsgebiet sich der Meßvektor (X) befindet.
5. Procédé pour l'examen de documents de valeur (3) avec une caractéristique d'authenticité sous la forme d'au moins une substance luminescente, le document de valeur (3) étant exposé à des rayons lumineux (9) et le rayonnement luminescent (10) provenant du document de valeur (3) étant soumis à résolution spectrale, afin de déterminer si la caractéristique d'authenticité est présente sur le document de valeur (3),  
**caractérisé en ce que**  
un vecteur de mesure (X) est formé -à partir des valeurs de mesure correspondant à différentes fréquences et/ou étendues de fréquences du rayonnement luminescent (10), et **en ce que** une affectation du vecteur de mesure (X) à un vecteur de référence parmi plusieurs vecteurs de référence prescrits ( $A_1, \dots, A_k$ ) correspondant à diverses caractéristiques d'authenticité est exécutée par attribution d'une plage d'affectation ( $G_1, \dots, G_l$ ) respective aux vecteurs de référence prescrits ( $A_1, \dots, A_k$ ), et par contrôle de la plage d'affectation ( $G_1, \dots, G_l$ ) où se trouve le vecteur de mesure (X).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le processus de contrôle comporte une autre étape au cours de laquelle il est vérifié si la grandeur ( $|X|$ ) du vecteur de mesure (X) est supérieure à une valeur de référence prescrite (R).
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'étape de vérification si la grandeur ( $|X|$ ) du vecteur de mesure (X) est supérieure à une valeur de référence prescrite (R), est exécutée avant l'étape d'affectation du vecteur de mesure (X) à un vecteur de référence parmi plusieurs vecteurs de référence prescrits ( $A_1, \dots, A_k$ ).
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes au moins, **caractérisé en ce que** le vecteur de mesure (X) et les vecteurs de référence ( $A_1, \dots, A_k$ ) sont normalisés.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes au moins, **caractérisé en ce que** l'affectation du vecteur de mesure (X) à un des vecteurs de référence ( $A_m$ ) est effectuée par comparaison du vecteur de mesure (X) avec plusieurs vecteurs de référence ( $A_1, \dots, A_k$ ) et/ou avec au moins une grandeur (T) dépendant de deux vecteurs de référence ( $A_1, \dots, A_k$ ) au moins.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes au moins, **caractérisé en ce que** l'affectation du vecteur de mesure (X) à un des vecteurs de référence ( $A_m$ ) est effectuée par détermination de la différence minimale, telle que la distance minimale ( $d(X,$

## Revendications

- 8

- $A_m)$ ) du vecteur de mesure ( $X$ ) aux vecteurs de référence ( $A_1, \dots, A_k$ ).
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes au moins, **caractérisé en ce que** la grandeur ( $T$ ) dépendant de deux vecteurs de référence ( $A, B$ ) au moins est configurée en tant que surface de séparation ( $T$ ) entre les deux vecteurs de référence ( $A, B$ ), telle un hyperplan ( $T$ ) à  $(n-1)$  dimensions entre les deux vecteurs de référence ( $A, B$ ) à  $n$  dimensions, la surface de séparation ( $T$ ) séparant entre elles les plages d'affectation ( $G_A, G_B$ ) des deux vecteurs de référence ( $A, B$ ). 5
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes au moins, **caractérisé en ce que** l'affectation du vecteur de mesure ( $X$ ) à un des vecteurs de référence ( $A_m$ ) est déterminée **en ce que** la position du vecteur de mesure ( $X$ ) est définie par rapport à la surface de séparation ( $T$ ). 15
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes au moins, **caractérisé en ce que** pour un document de valeur (3) à examiner, le rayonnement luminescent (10) est mesuré en résolution temporelle, la comparaison du vecteur de mesure ( $X$ ) et des vecteurs de référence ( $A, B$ ) pouvant être effectuée en, fonction du temps. 20
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes au moins, **caractérisé en ce que** la mesure de luminescence (10) n'est effectuée que sur une ou plusieurs zones partielles définies à la surface du document de valeur, lesquelles peuvent être définies spécifiquement à la valeur nominale. 25
11. Procédé selon l'une des revendications précédentes au moins, **caractérisé en ce que** le vecteur de mesure ( $X$ ) comprend des valeurs de mesure de la plage spectrale infrarouge ou ultraviolette, autrement dit d'une plage spectrale non visible. 30
12. Procédé selon l'une des revendications précédentes au moins, **caractérisé en ce qu'un** signal de fond (L2-L1) est pris en compte pour l'évaluation des signaux de mesure, lequel ne provient pas du rayonnement luminescent (10). 40
13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que**, pour la formation du vecteur de mesure, un montant est déduit des valeurs de mesure, lequel dépend de la grandeur du signal de fond (L2-L1). 45
14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** le montant est fonction de la grandeur d'un minimum et/ou d'un maximum des valeurs de mesure, et/ou d'un rapport de deux valeurs de mesure. 50
15. Dispositif (1) pour l'examen de documents de valeur (3) avec une caractéristique d'authenticité sous la forme d'au moins une-substance luminescente, avec une source lumineuse (5) pour l'exposition du document de valeur (3) et un capteur spectral (6) pour saisir le rayonnement luminescent (10) provenant du document de valeur (3) avec résolution spectrale, et avec une unité d'évaluation (7) reliée au capteur spectral (6) pour déterminer si la caractéristique d'authenticité est présente sur le document de valeur (3), **caractérisé en ce que** l'unité d'évaluation (7) est configurée de manière qu'un vecteur de mesure ( $X$ ) soit formé à partir des valeurs de mesure correspondant à différentes fréquences et/ou étendues de fréquences du rayonnement luminescent (10), et qu'une affectation du vecteur de mesure ( $X$ ) à un vecteur de référence parmi plusieurs vecteurs de référence prescrits ( $A_1, \dots, A_k$ ) correspondant à diverses caractéristiques d'authenticité soit exécutée par attribution d'une plage d'affectation ( $G_1, \dots, G_l$ ) respective aux vecteurs de référence prescrits ( $A_1, \dots, A_k$ ), et par contrôle de la plage d'affectation où se trouve le vecteur de mesure ( $X$ ). 55

## Claims

1. A method for checking value documents (3) having an authenticity feature in the form of at least one luminescent substance, the value document (3) being irradiated with light (9) and the luminescence radiation (10) emanating from the value document (3) detected with spectral resolution to determine whether the authenticity feature is present in the value document (3), **characterized in that** a measuring vector ( $X$ ) is formed from the measuring values corresponding to different frequencies and/or frequency domains of the luminescence radiation (10), and an object allocation of the measuring vector ( $X$ ) to one of a plurality of given reference vectors ( $A_1, \dots, A_k$ ) corresponding to different authenticity features is done by allocating at least one object allocation area ( $G_1, \dots, G_l$ ) to each reference vector ( $A_1, \dots, A_k$ ), and checking which object allocation area ( $G_1, \dots, G_l$ ) the measuring vector ( $X$ ) is located in.
2. A method according to claim 1, **characterized in that** the checking method has a further step for checking whether the amount ( $|X|$ ) of the measuring vector ( $X$ ) is greater than a given reference value ( $R$ ).
3. A method according to claim 2, **characterized in that** the step of checking whether the amount ( $|X|$ ) of the measuring vector ( $X$ ) is greater than a given reference value ( $R$ ) is carried out before the step of

- allocating the measuring vector ( $X$ ) to one of a plurality of given reference vectors ( $A_1, \dots, A_k$ ).
4. A method according to at least one of the previous claims, **characterized in that** the measuring vector ( $X$ ) and the reference vectors ( $A_1, \dots, A_k$ ) are normalized.
- 5
5. A method according to at least one of the previous claims, **characterized in that** the object allocation of the measuring vector ( $X$ ) to one of the reference vectors ( $A_m$ ) is done by comparing the measuring vector ( $X$ ) with a plurality of reference vectors ( $A_1, \dots, A_k$ ) and/or with at least one quantity ( $T$ ) which depends on at least two reference vectors ( $A_1, \dots, A_k$ ).
- 10
6. A method according to at least one of the previous claims, **characterized in that** the object allocation of the measuring vector ( $X$ ) to one of the reference vectors ( $A_m$ ) is done by determining the smallest difference, e.g. the smallest distance ( $d(X, A_m)$ ) from the measuring vector ( $X$ ) to the reference vectors ( $A_1, \dots, A_k$ ).
- 15
7. A method according to at least one of the previous claims, **characterized in that** the quantity ( $T$ ) which depends on at least two reference vectors ( $A, B$ ) is formed as a separation plane ( $T$ ) between the two reference vectors ( $A, B$ ), such as an ( $n-1$ ) dimensional hyperplane ( $T$ ) between the two  $n$ -dimensional reference vectors ( $A, B$ ), the separation plane ( $T$ ) separating the object allocation areas ( $G_A, G_B$ ) of the two reference vectors ( $A, B$ ) from each other.
- 20
8. A method according to at least one of the previous claims, **characterized in that** the object allocation of the measuring vector ( $X$ ) to one of the reference vectors ( $A_m$ ) is determined by determining the position of the measuring vector ( $X$ ) relative to the separation plane ( $T$ ).
- 25
9. A method according to at least one of the previous claims, **characterized in that** the luminescence radiation (10) is measured with time resolution on a value document (3) to be checked, whereby the comparison of measuring vector ( $X$ ) and reference vectors ( $A, B$ ) can be done time-dependently.
- 30
10. A method according to at least one of the previous claims, **characterized in that** the measurement of the luminescence radiation (10) is done only on one or more predetermined partial areas of the value document surface which can be predetermined denomination-specifically.
- 35
11. A method according to at least one of the previous claims, **characterized in that** the measuring vector ( $X$ ) comprises measuring values of the infrared or
- 40
- 45
- 50
- 55
- ultraviolet, i.e. an invisible, spectral range.
12. A method according to at least one of the previous claims, **characterized in that** the evaluation of the measuring values takes account of a background signal ( $L_2-L_1$ ) which does not come from the luminescence radiation (10).
13. A method according to claim 13, **characterized in that**, for forming the measuring vector, an amount depending on the magnitude of the background signal ( $L_2-L_1$ ) is subtracted from the measuring values.
14. A method according to claim 14, **characterized in that** the amount is dependent on the magnitude of a minimum and/or maximum of the measuring values and/or a ratio of two measuring values.
15. An apparatus (1) for checking value documents (3) having an authenticity feature in the form of at least one luminescent substance, having a light source (5) for irradiating the value document (3) and a spectral sensor (6) for detecting with spectral resolution the luminescence radiation (10) emanating from the value document (3), and having an evaluation device (7) connected to the spectral sensor (6) for determining whether the authenticity feature is present in the value document (3),  
**characterized in that**  
 the evaluation device (7) is designed so that a measuring vector ( $X$ ) is formed from the measuring values corresponding to different frequencies and/or frequency domains of the luminescence radiation (10), and an object allocation of the measuring vector ( $X$ ) to one of a plurality of given reference vectors ( $A_1, \dots, A_k$ ) corresponding to different authenticity features is done by allocating at least one object allocation area ( $G_1, \dots, G_l$ ) to each reference vector ( $A_1, \dots, A_k$ ) and checking which object allocation area the measuring vector ( $X$ ) is located in.

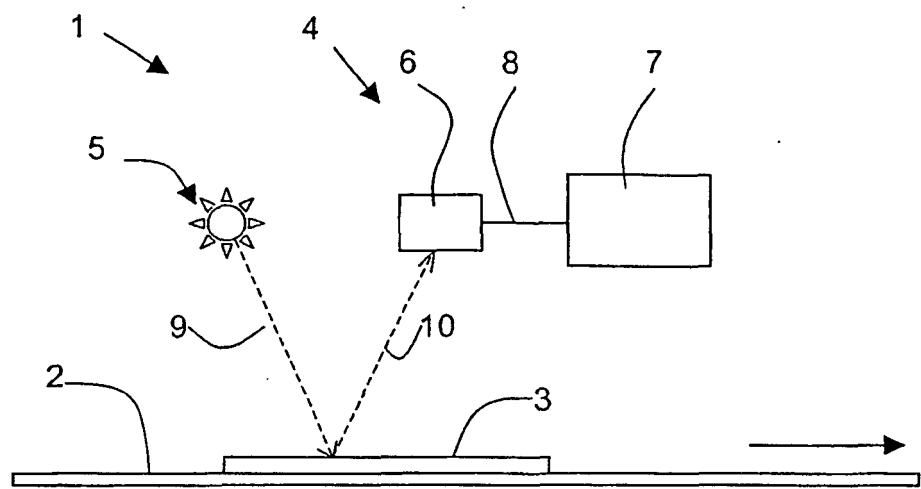


Fig. 1

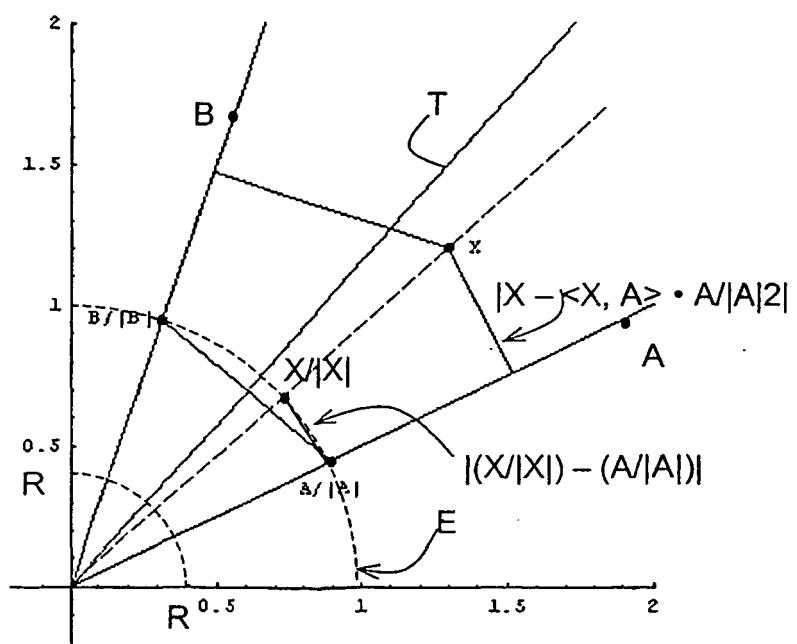


Fig. 2

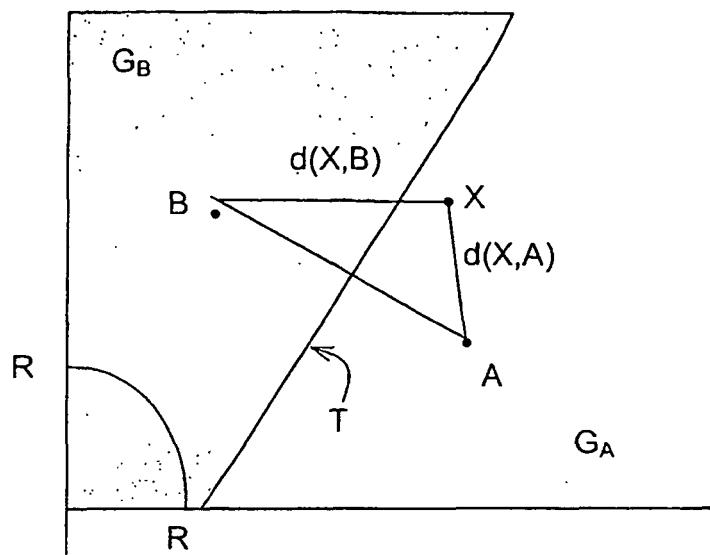


Fig. 3

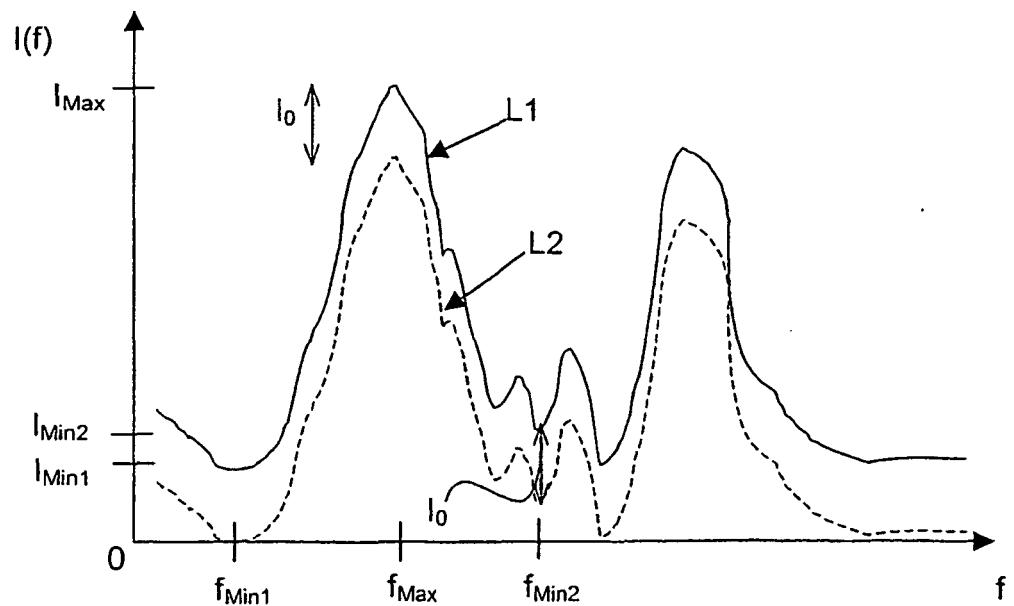


Fig. 4