

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
31. Dezember 2008 (31.12.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/00527 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B42D 15/00 (2006.01) *B42D 15/10* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/005171
- (22) Internationales Anmeldedatum:
25. Juni 2008 (25.06.2008)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2007 029 204.1 25. Juni 2007 (25.06.2007) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **GIESECKE & DEVRIENT GMBH** [DE/DE]; Prinzregentenstrasse 159, 81677 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KAULE, Wittich** [DE/DE]; Lindacher Weg 13, 82275 Emmering (DE). **RAHM, Michael** [DE/DE]; Haager Strasse 3a, 93155 Hemau (DE). **RAUSCHER, Wolfgang** [DE/DE]; Lisztstrasse 14, 81677 München (DE).
- (74) Anwalt: **ZEUNER, Stefan**; Zeuner & Summerer, Hedwigstrasse 9, 80636 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: REPRESENTATION SYSTEM

(54) Bezeichnung: DARSTELLUNGSANORDNUNG

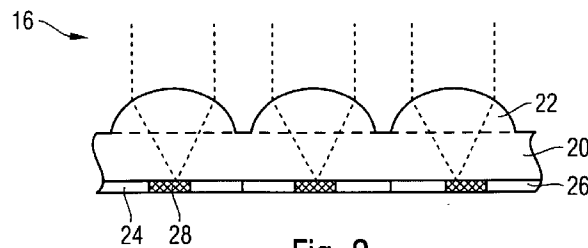


Fig. 2

$$m(x,y) = f \left(\begin{matrix} x_k \\ y_k \\ z_k(x,y,x_m,y_m) \end{matrix} \right) \cdot g(x,y), \quad (I)$$

$$\begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + V(x,y,x_m,y_m) \cdot \left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + w_d(x,y) \right) \bmod W \right) - w_d(x,y) - w_c(x,y)$$
$$w_d(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} d_1(x,y) \\ d_2(x,y) \end{pmatrix} \quad (II) \quad w_c(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} c_1(x,y) \\ c_2(x,y) \end{pmatrix} \quad (III)$$

(57) Abstract: The invention relates to a representation system for security papers, value documents, electronic display elements or other data carriers, comprising a raster image system for representing a predetermined three-dimensional body (30) that is defined by a body function $f(x,y,z)$. Said raster image system comprises a motif image which is subdivided into a plurality of cells (24) in which imaged areas of the predetermined body (30) are arranged, a viewing raster (22) from a plurality of viewing elements for representing the predetermined body (30) when the motif image is viewed using the viewing raster (22), the motif image and its subdivision into a plurality of cells (24) having an image function $m(x,y)$ that is defined by formula (I) with (II) and (III).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Darstellungsanordnung für Sicherheitspapiere, Wertdokumente, elektronische Anzeigeeinrichtungen oder andere Datenträger, mit einer Rasterbildanordnung zur Darstellung eines vorgegebenen dreidimensionalen Körpers (30), der durch

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/00527 A1



PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*
- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht*
- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

eine Körperfunktion $f(x, y, z)$ gegeben ist, mit einem Motivbild, das in eine Mehrzahl von Zellen (24) eingeteilt ist, in denen jeweils abgebildete Bereiche des vorgegebenen Körpers (30) angeordnet sind, einem Betrachtungsraster (22) aus einer Mehrzahl von Betrachtungselementen zur Darstellung des vorgegebenen Körpers (30) bei der Betrachtung des Motivbilds mithilfe des Betrachtungsrasters (22), wobei das Motivbild mit seiner Einteilung in eine Mehrzahl von Zellen (24) eine Bildfunktion $m(x, y)$ aufweist, die gegeben ist durch Formel (I) mit (II) und (III).

Darstellungsanordnung

Die Erfindung betrifft eine Darstellungsanordnung für Sicherheitspapiere,
5 Wertdokumente, elektronische Anzeigeeinrichtungen oder andere Datenträger zur Darstellung eines oder mehrerer vorgegebener dreidimensionaler Körper(s).

Datenträger, wie Wert- oder Ausweisdokumente, aber auch andere Wertgegenstände, wie etwa Markenartikel, werden zur Absicherung oft mit Sicherheitselementen versehen, die eine Überprüfung der Echtheit des Datenträgers gestatten und die zugleich als Schutz vor unerlaubter Reproduktion dienen. Datenträger im Sinne der vorliegenden Erfindung sind insbesondere
10 Banknoten, Aktien, Anleihen, Urkunden, Gutscheine, Schecks, hochwertige Eintrittskarten, aber auch andere fälschungsgefährdete Papiere, wie Pässe und sonstige Ausweisdokumente, Kreditkarten, Gesundheitskarten sowie Produktsicherungselemente wie Etiketten, Siegel, Verpackungen und dergleichen. Der Begriff „Datenträger“ schließt im Folgenden alle derartigen
15 Gegenstände, Dokumente und Produktsicherungsmittel ein.

20 Die Sicherheitselemente können beispielsweise in Form eines in eine Banknote eingebetteten Sicherheitsfadens, eines Aufreißfadens für Produktverpackungen, eines aufgebrachtens Sicherheitsstreifens, einer Abdeckfolie für eine Banknote mit einer durchgehenden Öffnung oder eines selbsttragenden
25 Transferelements ausgebildet sein, wie etwa einem Patch oder einem Etikett, das nach seiner Herstellung auf ein Wertdokument aufgebracht wird.

Eine besondere Rolle spielen Sicherheitselemente mit optisch variablen Elementen, die dem Betrachter unter unterschiedlichen Betrachtungswinkeln
30 einen unterschiedlichen Bildeindruck vermitteln, da diese selbst mit hochwertigen Farbkopiergeräten nicht reproduziert werden können. Die Sicher-

heitselemente können dazu mit Sicherheitsmerkmalen in Form beugungsoptisch wirksamer Mikro- oder Nanostrukturen ausgestattet werden, wie etwa mit konventionellen Prägehologrammen oder anderen hologrammähnlichen Beugungsstrukturen, wie sie beispielsweise in den Druckschriften
5 EP 0 330 733 A1 oder EP 0 064 067 A1 beschrieben sind.

Aus der Druckschrift US 5 712 731 A ist die Verwendung einer Moiré-Vergrößerungsanordnung als Sicherheitsmerkmal bekannt. Die dort beschriebene Sicherheitsvorrichtung weist eine regelmäßige Anordnung von
10 im Wesentlichen identischen gedruckten Mikrobildern mit einer Größe bis zu 250 μm auf sowie eine regelmäßige zweidimensionale Anordnung von im Wesentlichen identischen sphärischen Mikrolinsen. Die Mikrolinsenanordnung weist dabei im Wesentlichen dieselbe Teilung wie die Mikrobildanordnung auf. Wird die Mikrobildanordnung durch die Mikrolinsenanordnung
15 betrachtet, so werden in den Bereichen, in denen die beiden Anordnungen im Wesentlichen im Register stehen, für den Betrachter eine oder mehrere vergrößerte Versionen der Mikrobilder erzeugt.

Die prinzipielle Funktionsweise derartiger Moiré-Vergrößerungsanordnungen ist in dem Artikel „The moiré magnifier“, M.C. Hutley, R. Hunt, R.F. Stevens and P. Savander, Pure Appl. Opt. 3 (1994), pp. 133-142, beschrieben. Kurz gesagt, bezeichnet Moiré-Vergrößerung danach ein Phänomen, das bei der Betrachtung eines Rasters aus identischen Bildobjekten durch ein Linsenraster mit annähernd demselben Rastermaß auftritt. Wie bei jedem Paar ähnlicher Raster ergibt sich dabei ein Moirémuster, das in diesem Fall als vergrößertes und gegebenenfalls gedrehtes Bild der wiederholten Elemente des Bildrasters erscheint.
25

Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden und insbesondere, eine gattungsgemäße Darstellungsanordnung anzugeben, die einen großen Spielraum bei der Gestaltung der zu betrachtenden Motivbilder bietet.

5

Diese Aufgabe wird durch die Darstellungsanordnung mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Ein Sicherheitspapier sowie ein Datenträger mit solchen Darstellungsanordnungen sind in den nebengeordneten Ansprüchen angegeben. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand

10

Nach einem ersten Aspekt der Erfindung enthält eine gattungsgemäße Darstellungsanordnung eine Rasterbildanordnung zur Darstellung eines vorgegebenen dreidimensionalen Körpers, der durch eine Körperfunktion $f(x,y,z)$ gegeben ist, mit

15

- einem Motivbild, das in eine Mehrzahl von Zellen eingeteilt ist, in denen jeweils abgebildete Bereiche des vorgegebenen Körpers angeordnet sind,

20

- einem Betrachtungsraster aus einer Mehrzahl von Betrachtungselementen zur Darstellung des vorgegebenen Körpers bei der Betrachtung des Motivbilds mithilfe des Betrachtungsrasters,

25

- wobei das Motivbild mit seiner Einteilung in eine Mehrzahl von Zellen eine Bildfunktion $m(x,y)$ aufweist, die gegeben ist durch

$$m(x,y) = f \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \\ z_k(x,y,x_m,y_m) \end{pmatrix} \cdot g(x,y), \text{ mit}$$

$$\begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + V(x,y,x_m,y_m) \cdot \left(\left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + w_d(x,y) \right) \bmod W \right) - w_d(x,y) - w_c(x,y) \right)$$

5 $w_d(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} d_1(x,y) \\ d_2(x,y) \end{pmatrix}$ und $w_c(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} c_1(x,y) \\ c_2(x,y) \end{pmatrix}$, wobei

- die Einheitszelle des Betrachtungsrasters durch Gitterzellenvektoren

$$w_1 = \begin{pmatrix} w_{11} \\ w_{21} \end{pmatrix} \text{ und } w_2 = \begin{pmatrix} w_{12} \\ w_{22} \end{pmatrix} \text{ beschrieben und in der Matrix } W =$$

$$\begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{pmatrix} \text{ zusammengefasst ist, und } x_m \text{ und } y_m \text{ die Gitterpunkte des}$$

10 W-Gitters bezeichnen,

- der Vergrößerungsterm $V(x,y, x_m,y_m)$ entweder ein Skalar

$$V(x,y, x_m,y_m) = \left(\frac{z_k(x,y,x_m,y_m)}{e} - 1 \right) \text{ ist, mit dem effektiven Abstand}$$

des Betrachtungsrasters vom Motivbild e , oder eine Matrix

15 $V(x,y, x_m,y_m) = (A(x,y, x_m,y_m) - I)$ ist, wobei die Matrix

$$A(x,y, x_m,y_m) = \begin{pmatrix} a_{11}(x,y, x_m,y_m) & a_{12}(x,y, x_m,y_m) \\ a_{21}(x,y, x_m,y_m) & a_{22}(x,y, x_m,y_m) \end{pmatrix} \text{ ein gewünschtes}$$

Vergrößerungs- und Bewegungsverhalten des vorgegebenen Körpers beschreibt und I die Einheitsmatrix ist,

20 - der Vektor $(c_1(x,y), c_2(x,y))$ mit $0 \leq c_1(x,y), c_2(x,y) < 1$ die relative Position des Zentrums der Betrachtungselemente innerhalb der Zellen des Motivbilds angibt ,

- der Vektor $(d_1(x,y), d_2(x,y))$ mit $0 \leq d_1(x,y), d_2(x,y) < 1$ eine Verschiebung der Zellengrenzen im Motivbild darstellt, und
- $g(x,y)$ eine Maskenfunktion zur Einstellung der Sichtbarkeit des Körpers ist.

Im Rahmen dieser Beschreibung werden, soweit möglich, Skalare und Vektoren mit Kleinbuchstaben, Matrizen mit Großbuchstaben bezeichnet. Auf Pfeilsymbole zur Kennzeichnung von Vektoren wurde der übersichtlicheren Darstellung halber verzichtet. Darüber hinaus ist es für den Fachmann aus dem Zusammenhang in der Regel klar, ob eine auftretende Größe einen Skalar, einen Vektor oder eine Matrix darstellt, oder ob mehrere dieser Möglichkeiten in Betracht kommen. Beispielsweise kann der Vergrößerungsterm V entweder einen Skalar oder eine Matrix darstellen, so dass keine eindeutige Bezeichnung mit Klein- oder Großbuchstaben möglich ist. Im jeweiligen Zusammenhang wird jedoch stets deutlich, ob ein Skalar, eine Matrix oder beide Alternativen infrage kommen.

Die Erfindung bezieht sich grundsätzlich auf die Erzeugung dreidimensionaler Bilder und auf dreidimensionale Bilder mit variierenden Bildinhalten bei Änderung der Betrachtungsrichtung. Die dreidimensionalen Bilder werden im Rahmen dieser Beschreibung als Körper bezeichnet. Die Bezeichnung „Körper“ bezieht sich dabei insbesondere auf Punktmengen, Liniensysteme oder Flächenstücke im dreidimensionalen Raum, durch die mit mathematischen Mitteln dreidimensionale „Körper“ beschrieben werden.

Für $z_K(x,y,x_m,y_m)$, also die z -Koordinate eines gemeinsamen Punktes der Sichtgeraden mit dem Körper, können mehr als ein Wert infrage kommen, aus denen nach festzulegenden Regeln ein Wert gebildet oder ausgewählt

wird. Diese Auswahl kann beispielsweise durch Vorgabe einer zusätzlichen charakteristischen Funktion erfolgen, wie weiter unten am Beispiel eines undurchsichtigen Körpers und einer zusätzlich zur Körperfunktion f vorgegebenen Transparenz-Stufenfunktion erläutert wird.

5

Die erfindungsgemäße Darstellungsanordnung enthält eine Rasterbildanordnung, bei der ein Motiv (der oder die vorgegebenen Körper) einzeln und nicht notwendig als Array vor oder hinter der Bildebene zu schweben scheint oder diese durchdringt. Das dargestellte dreidimensionale Bild bewegt sich beim Kippen des Sicherheitselements, das durch das übereinander angeordnete Motivbild und das Betrachtungsraster gebildet wird, in durch die Vergrößerungs- und Bewegungsmatrix A vorgegebene Richtungen. Das Motivbild wird nicht photographisch, auch nicht durch Belichtung durch ein Belichtungsraster erzeugt, sondern mathematisch mit einem Modulo-Algorithmus konstruiert, wobei eine Vielzahl verschiedener Vergrößerungs- und Bewegungseffekte erzeugt werden können, die nachfolgend genauer beschrieben werden.

Bei dem oben genannten bekannten Moiré-Magnifier besteht das darzustellende Bild aus Einzelmotiven, die in einem Gitter periodisch angeordnet sind. Das durch die Linsen zu betrachtende Motivbild stellt eine stark verkleinerte Version des darzustellenden Bildes dar, wobei die jedem Einzelmotiv zugeordnete Fläche maximal etwa einer Linsenzelle entspricht. Aufgrund der Kleinheit der Linsenzellen kommen als Einzelmotive nur relativ einfache Gebilde infrage. Im Gegensatz dazu ist das dargestellte dreidimensionale Bild beim hier beschriebenen „Modulo-Mapping“ im Allgemeinen ein Einzelbild, es muss sich nicht zwangsläufig aus einem Gitter periodisch wiederholter Einzelmotive zusammensetzen. Das dargestellte dreidimensionale Bild kann ein komplexes Einzelbild mit hoher Auflösung darstellen.

Nachfolgend wird der Namensbestandteil „Moiré“ für Ausgestaltungen verwendet, in denen der Moiré-Effekt beteiligt ist, bei der Verwendung des Namensbestandteil „Modulo“ ist ein Moiré-Effekt nicht notwendig beteiligt. Der Namensbestandteil „Mapping“ weist auf beliebige Abbildungen hin, während der Namensbestandteil „Magnifier“ darauf hinweist, dass nicht beliebige Abbildungen, sondern nur Vergrößerungen beteiligt sind.

Zunächst sei kurz auf die in der Bildfunktion $m(x,y)$ auftretende Modulo-Operation eingegangen, von der die Modulo-Vergrößerungsanordnung ihren Namen herleitet. Für einen Vektor s und eine invertierbare 2×2 -Matrix W stellt der Ausdruck $s \bmod W$ als natürliche Erweiterung der üblichen skalaren Modulo-Operation eine Reduktion des Vektors s in die Grundmasche des durch die Matrix W beschriebenen Gitters dar (die „Phase“ des Vektors s innerhalb des Gitters W).

15

Formal kann der Ausdruck $s \bmod W$ wie folgt definiert werden:

Sei $q = \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \end{pmatrix} = W^{-1}s$ und $q_i = n_i + p_i$ mit ganzzahligem $n_i \in \mathbb{Z}$ und $0 \leq p_i < 1$

($i=1,2$), oder sei mit anderen Worten $n_i = \text{floor}(q_i)$ und $p_i = q_i \bmod 1$. Dann ist $s = Wq = (n_1w_1 + n_2w_2) + (p_1w_1 + p_2w_2)$, wobei $(n_1w_1 + n_2w_2)$ ein Punkt auf dem Gitter WZ^2 ist und

20

$$s \bmod W = p_1w_1 + p_2w_2$$

in der Grundmasche des Gitters liegt und die Phase von s bezüglich des Gitters W angibt.

25

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Darstellungsanordnung des ersten Erfindungsaspekts ist der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V(x,y)$,

- 8 -

$x_m, y_m) = (A(x, y, x_m, y_m) - I)$ mit $a_{11}(x, y, x_m, y_m) = z_K(x, y, x_m, y_m) / e$ gegeben, so dass die Rasterbildanordnung den vorgegebenen Körper bei Betrachtung des Motivbilds mit Augenabstand in x -Richtung darstellt. Allgemeiner kann der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V(x, y, x_m, y_m) = (A(x, y, x_m, y_m) - I)$ mit
 5 $(a_{11} \cos^2 \psi + (a_{12} + a_{21}) \cos \psi \sin \psi + a_{22} \sin^2 \psi) = z_K(x, y, x_m, y_m) / e$ gegeben sein, so dass die Rasterbildanordnung den vorgegebenen Körper bei Betrachtung des Motivbilds mit Augenabstand in Richtung ψ zur x -Achse darstellt.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist zusätzlich zur Körperfunktion $f(x, y, z)$ eine Transparenz-Stufenfunktion $t(x, y, z)$ gegeben, wobei
 10 $t(x, y, z)$ gleich 1 ist, wenn der Körper $f(x, y, z)$ an der Stelle (x, y, z) den Hintergrund verdeckt und ansonsten gleich 0 ist. Für Blickrichtung im Wesentlichen in Richtung der z -Achse ist dabei für $z_K(x, y, x_m, y_m)$ der kleinste Wert zu nehmen, für den $t(x, y, z_K)$ ungleich Null ist, um die Körpervorderseite von
 15 außen zu betrachten.

Alternativ kann für $z_K(x, y, x_m, y_m)$ auch der größte Wert genommen werden, für den $t(x, y, z_K)$ ungleich Null ist. In diesem Fall entsteht ein tiefenumgekehrtes (pseudoskopisches) Bild, bei dem die Körperrückseite von innen be-
 20 trachtet wird.

In allen Varianten können die Werte $z_K(x, y, x_m, y_m)$ je nach Lage des Körpers in Bezug auf die Zeichenebene (hinter oder vor der Zeichenebene oder die Zeichenebene durchdringend) positive oder negative Werte annehmen oder
 25 auch 0 sein.

Nach einem zweiten Aspekt der Erfindung enthält eine gattungsgemäße Darstellungsanordnung eine Rasterbildanordnung zur Darstellung eines vorgegebenen dreidimensionalen Körpers, der durch ein Höhenprofil mit

einer zweidimensionalen Darstellung des Körpers $f(x,y)$ und einer Höhenfunktion $z(x,y)$ gegeben ist, die für jeden Punkt (x,y) des vorgegebenen Körpers eine Höhen-/Tiefeninformation enthält, mit

- 5 - einem Motivbild, das in eine Mehrzahl von Zellen eingeteilt ist, in denen jeweils abgebildete Bereiche des vorgegebenen Körpers angeordnet sind,
- einem Betrachtungsraaster aus einer Mehrzahl von Betrachtungselementen zur Darstellung des vorgegebenen Körpers bei der Betrachtung des Motivbilds mithilfe des Betrachtungsraasters,
- 10 - wobei das Motivbild mit seiner Einteilung in eine Mehrzahl von Zellen eine Bildfunktion $m(x,y)$ aufweist, die gegeben ist durch

15

$$m(x,y) = f \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix} \cdot g(x,y), \text{ mit}$$

$$\begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + V(x,y) \cdot \left(\left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + w_d(x,y) \right) \bmod W \right) - w_d(x,y) - w_c(x,y) \right),$$

$$w_d(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} d_1(x,y) \\ d_2(x,y) \end{pmatrix} \text{ und } w_c(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} c_1(x,y) \\ c_2(x,y) \end{pmatrix}, \text{ wobei}$$

20

- die Einheitszelle des Betrachtungsraasters durch Gitterzellenvektoren

$$w_1 = \begin{pmatrix} w_{11} \\ w_{21} \end{pmatrix} \text{ und } w_2 = \begin{pmatrix} w_{12} \\ w_{22} \end{pmatrix} \text{ beschrieben und in der Matrix } W =$$

$$\begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{pmatrix} \text{ zusammengefasst ist,}$$

- der Vergrößerungsterm $V(x,y)$ entweder ein Skalar

$V(x,y) = \left(\frac{z(x,y)}{e} - 1 \right)$ ist, mit dem effektiven Abstand des Betrachtungsrasters vom Motivbild e , oder eine Matrix

$$V(x,y) = (A(x,y) - I) \text{ ist, wobei die Matrix } A(x,y) = \begin{pmatrix} a_{11}(x,y) & a_{12}(x,y) \\ a_{21}(x,y) & a_{22}(x,y) \end{pmatrix}$$

- 5 ein gewünschtes Vergrößerungs- und Bewegungsverhalten des vorgegebenen Körpers beschreibt, und I die Einheitsmatrix ist,

- der Vektor $(c_1(x,y), c_2(x,y))$ mit $0 \leq c_1(x,y), c_2(x,y) < 1$ die relative Position des Zentrums der Betrachtungselemente innerhalb der Zellen des Motivbilds angibt ,

10

- der Vektor $(d_1(x,y), d_2(x,y))$ mit $0 \leq d_1(x,y), d_2(x,y) < 1$ eine Verschiebung der Zellengrenzen im Motivbild darstellt, und

- 15 - $g(x,y)$ eine Maskenfunktion zur Einstellung der Sichtbarkeit des Körpers ist.

Dieses, als zweiter Erfindungsaspekt vorgestellte Höhenprofil-Modell geht zur Vereinfachung der Berechnung des Motivbilds von einer zweidimensionalen Zeichnung $f(x,y)$ eines Körpers aus, wobei zu jedem Punkt x,y des zweidimensionalen Bildes des Körpers eine zusätzliche z -Koordinate $z(x,y)$ eine Höhen-/Tiefeninformation für diesen Punkt angibt. Die zweidimensionalen Zeichnung $f(x,y)$ ist eine Helligkeitsverteilung (Graustufenbild), eine Farbverteilung (Farbbild), eine Binärverteilung (Strichzeichnung) oder eine

25 Verteilung anderer Bildeigenschaften, wie Transparenz, Reflektivität, Dichte oder dergleichen.

In einer vorteilhaften Weiterbildung sind beim Höhenprofil-Modell sogar zwei Höhenfunktionen $z_1(x,y)$ und $z_2(x,y)$ und zwei Winkel $\phi_1(x,y)$ und $\phi_2(x,y)$ vorgegeben und ist der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V(x,y) = (A(x,y) - I)$ mit

5

$$A(x,y) = \begin{pmatrix} a_{11}(x,y) & a_{12}(x,y) \\ a_{21}(x,y) & a_{22}(x,y) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{z_1(x,y)}{e} & \frac{z_2(x,y)}{e} \cdot \cot \phi_2(x,y) \\ \frac{z_1(x,y)}{e} \cdot \tan \phi_1(x,y) & \frac{z_2(x,y)}{e} \end{pmatrix}$$

gegeben.

Nach einer Variante kann vorgesehen sein, dass zwei Höhenfunktionen $z_1(x,y)$ und $z_2(x,y)$ vorgegeben sind und dass der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V(x,y) = (A(x,y) - I)$ mit

10

$$A(x,y) = \begin{pmatrix} \frac{z_1(x,y)}{e} & 0 \\ 0 & \frac{z_2(x,y)}{e} \end{pmatrix}$$

gegeben ist, so dass beim Drehen der Anordnung bei der Betrachtung die Höhenfunktionen $z_1(x,y)$ und $z_2(x,y)$ des dargestellten Körpers ineinander übergehen.

15

Bei einer weiteren Variante sind eine Höhenfunktion $z(x,y)$ und ein Winkel ϕ_1 vorgegeben, und ist der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V(x,y) = (A(x,y) - I)$ mit

20

$$A(x,y) = \begin{pmatrix} \frac{z_1(x,y)}{e} & 0 \\ \frac{z_1(x,y)}{e} \cdot \tan \phi_1 & 1 \end{pmatrix}$$

gegeben. Der dargestellte Körper bewegt sich in dieser Variante bei Betrachtung mit Augenabstand in x-Richtung und Kippen der Anordnung in x-Richtung in Richtung ϕ_1 zur x-Achse. Beim Kippen in y-Richtung erfolgt keine Bewegung.

5

In der letztgenannten Variante kann das Betrachtungsraster auch ein Spalt-raster, Zylinderlinsenraster oder Zylinderhohlspiegelraster sein, dessen Einheitszelle durch

$$W = \begin{pmatrix} d & 0 \\ 0 & \infty \end{pmatrix}$$

- 10 mit dem Spalt- bzw. Zylinderachsenabstand d gegeben ist. Die Zylinderlin-senachse liegt dabei in y-Richtung. Alternativ kann das Motivbild auch mit einem Lochblenden- bzw. Linsenarray mit

$$W = \begin{pmatrix} d & 0 \\ d \cdot \tan\beta & d_2 \end{pmatrix} \quad \text{mit } d_2, \beta \text{ beliebig}$$

- 15 betrachtet werden.

Liegt allgemein die Zylinderlinsen-Achse in beliebiger Richtung γ und be-zeichnet d wieder den Achsenabstand der Zylinderlinsen, so ist das Linsen-raster durch

20

$$W = \begin{pmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma \\ \sin \gamma & \cos \gamma \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} d & 0 \\ 0 & \infty \end{pmatrix}$$

gegeben, und die passende Matrix A, bei der in Richtung γ keine Vergrößerung oder Verzerrung vorliegt, lautet:

$$A = \begin{pmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma \\ \sin \gamma & \cos \gamma \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \frac{z_1(x,y)}{e} & 0 \\ \frac{z_1(x,y)}{e} \cdot \tan \phi_1 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma \\ -\sin \gamma & \cos \gamma \end{pmatrix}.$$

- 5 Das hiermit für das hinter einem Linsenraster W anzulegende Druck- oder Prägebild erzeugte Muster lässt sich nicht nur mit dem Spaltblenden- bzw. Zylinderlinsen-Array mit Achse in Richtung γ betrachten, sondern auch mit einem Lochblenden- bzw. Linsenarray mit

$$10 \quad W = \begin{pmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma \\ \sin \gamma & \cos \gamma \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} d & 0 \\ d \cdot \tan \beta & d_2 \end{pmatrix},$$

wobei d_2, β beliebig sein können.

- 15 Eine weitere Variante beschreibt einen orthoparallaktischen 3D-Effekt. Bei dieser Variante sind zwei Höhenfunktionen $z_1(x,y)$ und $z_2(x,y)$ und ein Winkel ϕ_2 vorgegeben und ist der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V(x,y) = (A(x,y) - I)$ mit

$$A(x,y) = \begin{pmatrix} 0 & \frac{z_2(x,y)}{e} \cdot \cot \phi_2 \\ \frac{z_1(x,y)}{e} & \frac{z_2(x,y)}{e} \end{pmatrix}, \quad A(x,y) = \begin{pmatrix} 0 & \frac{z_2(x,y)}{e} \\ \frac{z_1(x,y)}{e} & 0 \end{pmatrix} \text{ wenn } \phi_2 = 0$$

20

gegeben, so dass sich der dargestellte Körper bei Betrachtung mit Augenabstand in x-Richtung und Kippen der Anordnung in x-Richtung senkrecht zur x-Achse bewegt. Bei Betrachtung mit Augenabstand in y-Richtung und Kip-

pen der Anordnung in y-Richtung bewegt sich der Körper in Richtung ϕ_2 zur x-Achse.

Nach einem dritten Aspekt der Erfindung enthält eine gattungsgemäße Darstellungsanordnung eine Rasterbildanordnung zur Darstellung eines vorgegebenen dreidimensionalen Körpers, der durch n Schnitte $f_j(x,y)$ und n Transparenz-Stufenfunktionen $t_j(x,y)$ mit $j = 1, \dots, n$, gegeben ist, wobei die Schnitte bei Betrachtung mit Augenabstand in x-Richtung jeweils in einer Tiefe z_j , $z_j > z_{j-1}$ liegen. z_j kann je nach Lage des Körpers in Bezug auf die Zeichenebene (hinter oder vor der Zeichenebene oder die Zeichenebene durchdringend) positiv oder negativ oder auch 0 sein. $f_j(x,y)$ ist die Bildfunktion des j-ten Schnitts und die Transparenz-Stufenfunktion $t_j(x,y)$ ist gleich 1, wenn der Schnitt j an der Stelle (x,y) dahinter liegende Objekte verdeckt und ist ansonsten gleich 0. Die Darstellungsanordnung enthält

15

- ein Motivbild, das in eine Mehrzahl von Zellen eingeteilt ist, in denen jeweils abgebildete Bereiche des vorgegebenen Körpers angeordnet sind, und

20

- ein Betrachtungsraster aus einer Mehrzahl von Betrachtungselementen zur Darstellung des vorgegebenen Körpers bei der Betrachtung des Motivbilds mithilfe des Betrachtungsrasters,

25

- wobei das Motivbild mit seiner Einteilung in eine Mehrzahl von Zellen eine Bildfunktion $m(x,y)$ aufweist, die gegeben ist durch

$$m(x,y) = f_j \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix} \cdot g(x,y), \text{ mit}$$

- 15 -

$$\begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + V_j \cdot \left(\left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + w_d(x,y) \right) \bmod W \right) - w_d(x,y) - w_c(x,y) \right),$$

$$w_d(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} d_1(x,y) \\ d_2(x,y) \end{pmatrix} \text{ und } w_c(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} c_1(x,y) \\ c_2(x,y) \end{pmatrix}, \text{ wobei für } j \text{ der}$$

kleinste oder der größte Index zu nehmen ist, für den $t_j \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix}$ ungleich

Null ist, und wobei

5

- die Einheitszelle des Betrachtungsrasters durch Gitterzellenvektoren

$$w_1 = \begin{pmatrix} w_{11} \\ w_{21} \end{pmatrix} \text{ und } w_2 = \begin{pmatrix} w_{12} \\ w_{22} \end{pmatrix} \text{ beschrieben und in der Matrix } W =$$

$$\begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{pmatrix} \text{ zusammengefasst ist,}$$

- 10 - der Vergrößerungsterm V_j entweder ein Skalar $V_j = \left(\frac{z_j}{e} - 1 \right)$ ist, mit

dem effektiven Abstand des Betrachtungsrasters vom Motivbild e ,

oder eine Matrix $V_j = (A_j - I)$ ist, wobei die Matrix $A_j = \begin{pmatrix} a_{j11} & a_{j12} \\ a_{j21} & a_{j22} \end{pmatrix}$ ein

gewünschtes Vergrößerungs- und Bewegungsverhalten des vorgegebenen Körpers beschreibt, und I die Einheitsmatrix ist,

15

- der Vektor $(c_1(x,y), c_2(x,y))$ mit $0 \leq c_1(x,y), c_2(x,y) < 1$ die relative Position des Zentrums der Betrachtungselemente innerhalb der Zellen des Motivbilds angibt,

- 20 - der Vektor $(d_1(x,y), d_2(x,y))$ mit $0 \leq d_1(x,y), d_2(x,y) < 1$ eine Verschiebung der Zellengrenzen im Motivbild darstellt, und

- $g(x,y)$ eine Maskenfunktion zur Einstellung der Sichtbarkeit des Körpers ist.

Wird bei der Auswahl des Index j der kleinste Index genommen, für den

5 $t_j \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix}$ ungleich Null ist, so erhält man ein Bild, das die Körpervorderseite

von außen zeigt. Wird dagegen der größte Index genommen, für den

$t_j \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix}$ ungleich Null ist, so erhält man ein tiefenumgekehrtes (pseudoskopisches) Bild, das die Körperrückseite von innen zeigt.

- 10 Beim Schnittebenen-Modell des dritten Erfindungsaspekts wird der dreidimensionale Körper zur Vereinfachung der Berechnung des Motivbilds durch n Schnitte $f_j(x,y)$ und n Transparenz-Stufenfunktionen $t_j(x,y)$ mit $j = 1, \dots, n$, vorgegeben, die bei Betrachtung mit Augenabstand in x -Richtung jeweils in einer Tiefe z_j , $z_j > z_{j-1}$ liegen. $f_j(x,y)$ ist dabei die Bildfunktion des j -ten
- 15 Schnitts, die eine Helligkeitsverteilung (Graustufenbild), eine Farbverteilung (Farbbild), eine Binärverteilung (Strichzeichnung) oder auch andere Bildeigenschaften, wie Transparenz, Reflektivität, Dichte oder dergleichen angeben kann. Die Transparenz-Stufenfunktion $t_j(x,y)$ ist gleich 1, wenn der Schnitt j an der Stelle (x,y) dahinter liegende Objekte verdeckt und ist
- 20 sonst gleich 0.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Schnittebenen-Modells ist ein Änderungsfaktor k ungleich 0 vorgegeben und ist der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V_j = (A_j - I)$ mit

25
$$A_j = \begin{pmatrix} \frac{z_j}{e} & 0 \\ 0 & k \cdot \frac{z_j}{e} \end{pmatrix}$$

gegeben, so dass sich beim Drehen der Anordnung der Tiefeneindruck des dargestellten Körpers um den Änderungsfaktor k ändert.

Bei einer vorteilhaften Variante sind ein Änderungsfaktor k ungleich 0 und
 5 zwei Winkel ϕ_1 und ϕ_2 vorgegeben und ist der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V_j = (A_j - I)$ mit

$$A_j = \begin{pmatrix} \frac{z_j}{e} & k \cdot \frac{z_j}{e} \cdot \cot \phi_2 \\ \frac{z_j}{e} \cdot \tan \phi_1 & k \cdot \frac{z_j}{e} \end{pmatrix}$$

gegeben, so dass sich der dargestellte Körper bei Betrachtung mit Augenab-
 stand in x-Richtung und Kippen der Anordnung in x-Richtung in Richtung
 10 ϕ_1 zur x-Achse bewegt und bei Betrachtung mit Augenabstand in y-Richtung und Kippen der Anordnung in y-Richtung in Richtung ϕ_2 zur x-Achse bewegt und um den Änderungsfaktor k in der Tiefendimension gedehnt ist.

Nach einer weiteren vorteilhaften Variante ist ein Winkel ϕ_1 vorgegeben und
 15 ist der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V_j = (A_j - I)$ mit

$$A_j = \begin{pmatrix} \frac{z_j}{e} & 0 \\ \frac{z_j}{e} \cdot \tan \phi_1 & 1 \end{pmatrix}$$

gegeben, so dass sich der dargestellte Körper bei Betrachtung mit Augenab-
 stand in x-Richtung und Kippen der Anordnung in x-Richtung in Richtung
 ϕ_1 zur x-Achse bewegt und beim Kippen in y-Richtung keine Bewegung er-
 20 folgt.

In der letztgenannten Variante kann das Betrachtungsraster auch ein Spalt-
 raster oder Zylinderlinsenraster mit dem Spalt- bzw. Zylinderachsenabstand

d sein. Liegt die Zylinderlinsenachse in y-Richtung so ist die Einheitszelle des Betrachtungsrasters durch

$$W = \begin{pmatrix} d & 0 \\ 0 & \infty \end{pmatrix}$$

gegeben. Wie bereits oben in Zusammenhang mit dem zweiten Erfindungs-
5 aspekt beschrieben, kann auch hier das Motivbild mit einem Lochblenden-

bzw. Linsenarray mit $W = \begin{pmatrix} d & 0 \\ d \cdot \tan\beta & d_2 \end{pmatrix}$ mit d_2, β beliebig,

betrachtet werden, oder mit einem Zylinderlinsenraster, bei dem die Zylinderlinsen-Achsen in beliebiger Richtung γ liegen. Die durch Drehung um einen Winkel γ erhaltene Gestalt von W und A wurde oben bereits explizit
10 angegeben.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Variante sind ein Änderungsfaktor k ungleich 0 und ein Winkel ϕ vorgegeben und ist der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V_j = (A_j - I)$ mit

$$15 \quad A_j = \begin{pmatrix} 0 & k \cdot \frac{z_j}{e} \cdot \cot\phi \\ \frac{z_j}{e} & k \cdot \frac{z_j}{e} \end{pmatrix}, \quad A_j = \begin{pmatrix} 0 & k \cdot \frac{z_j}{e} \\ \frac{z_j}{e} & 0 \end{pmatrix} \text{ wenn } \phi = 0$$

gegeben, so dass sich der dargestellte Körper beim waagrechten Kippen senkrecht zur Kipprichtung und beim senkrechten Kippen in Richtung ϕ zur x-Achse bewegt.

20 Bei einer weiteren Variante sind ein Änderungsfaktor k ungleich 0 und ein Winkel ϕ_1 vorgegeben und ist der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V_j = (A_j - I)$ mit

$$A_j = \begin{pmatrix} \frac{z_j}{e} & k \cdot \frac{z_j}{e} \cdot \cot \phi_1 \\ \frac{z_j}{e} \cdot \tan \phi_1 & k \cdot \frac{z_j}{e} \end{pmatrix}$$

gegeben, so dass sich der dargestellte Körper unabhängig von der Kipprichtung stets in Richtung ϕ_1 zur x-Achse bewegt.

- 5 In allen genannten Erfindungsaspekten sind die Betrachtungselemente des Betrachtungsrasters vorzugsweise periodisch oder lokal periodisch angeordnet, wobei sich im letzteren Fall die lokalen Periodenparameter im Verhältnis zur Periodizitätslänge vorzugsweise nur langsam ändern. Die Periodizitätslänge bzw. die lokale Periodizitätslänge liegt vorzugsweise zwischen
- 10 3 μm und 50 μm , bevorzugt zwischen 5 μm und 30 μm , besonders bevorzugt zwischen etwa 10 μm und etwa 20 μm . Möglich ist auch eine abrupte Änderung der Periodizitätslänge, wenn diese zuvor über eine im Vergleich zur Periodizitätslänge große Strecke, beispielsweise für mehr als 20, 50 oder 100

15

- Die Betrachtungselemente können in allen Erfindungsaspekten durch nicht-zylindrische Mikrolinsen, insbesondere durch Mikrolinsen mit einer kreisförmigen oder polygonal begrenzten Basisfläche gebildet sein, oder auch durch lang gestreckte Zylinderlinsen, deren Ausdehnung in Längsrichtung
- 20 mehr als 250 μm , bevorzugt mehr als 300 μm , besonders bevorzugt mehr als 500 μm und insbesondere mehr als 1 mm beträgt. In weiteren bevorzugten Erfindungsvarianten sind die Betrachtungselemente durch Lochblenden, Schlitzblenden, mit Spiegeln versehene Loch- oder Schlitzblenden, asphärische Linsen, Fresnellinsen, GRIN-Linsen (Gradient Refraction Index), Zonenplatten, holographische Linsen, Hohlspiegel, Fresnelspiegel, Zonenspiegel
- 25 oder andere Elemente mit fokussierender oder auch ausblendender Wirkung gebildet.

In bevorzugten Ausgestaltungen des Höhenprofil-Modells ist vorgesehen, dass der Träger der Bildfunktion

$$f\left((A-I)\cdot\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}\right)$$

größer ist als die Einheitszelle des Betrachtungsrasters W . Der Träger einer
 5 Funktion bezeichnet dabei in üblicher Weise die abgeschlossene Hülle des Bereichs, in dem die Funktion nicht Null ist. Auch für das Schnittebenen-Modell sind die Träger der Schnittbilder

$$f_j\left((A-I)\cdot\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}\right)$$

vorzugsweise größer als die Einheitszelle des Betrachtungsrasters W .

10

Das dargestellte dreidimensionale Bild weist in vorteilhaften Ausgestaltungen keine Periodizität auf, ist also eine Darstellung eines Einzel-3D-Motivs.

In einer vorteilhaften Erfindungsvariante sind das Betrachtungsraster und
 15 das Motivbild der Darstellungsanordnung fest miteinander verbunden und bilden so ein Sicherheitselement mit beabstandet übereinander angeordnetem Betrachtungsraster und Motivbild. Das Motivbild und das Betrachtungsraster sind dabei mit Vorteil an gegenüberliegenden Flächen einer optischen Abstandsschicht angeordnet. Das Sicherheitselement kann insbesondere
 20 ein Sicherheitsfaden, ein Aufreißfaden, ein Sicherheitsband, ein Sicherheitsstreifen, ein Patch oder ein Etikett zum Aufbringen auf ein Sicherheitspapier, Wertdokument oder dergleichen sein. Die Gesamtdicke des Sicherheitselements liegt vorzugsweise unterhalb von 50 μm , bevorzugt unterhalb von 30 μm und besonders bevorzugt unterhalb von 20 μm .

25

Nach einer anderen, ebenfalls vorteilhaften Erfindungsvariante sind das Betrachtungsraster und das Motivbild der Darstellungsanordnung so an ver-

schiedenen Stellen eines Datenträgers angeordnet, dass das Betrachtungsraster und das Motivbild zur Selbstauthentifizierung übereinanderlegbar sind und im übereinandergelegten Zustand ein Sicherheitselement bilden. Das Betrachtungsraster und das Motivbild sind insbesondere durch Biegen, Falten, Knicken oder Klappen des Datenträgers übereinanderlegbar.

Gemäß einer weiteren, ebenfalls vorteilhaften Erfindungsvariante ist das Motivbild von einer elektronischen Anzeigeeinrichtung angezeigt und ist das Betrachtungsraster zur Betrachtung des angezeigten Motivbilds fest mit der elektronischen Anzeigeeinrichtung verbunden. Statt mit der elektronischen Anzeigeeinrichtung fest verbunden zu sein, kann das Betrachtungsraster auch ein separates Betrachtungsraster sein, das zur Betrachtung des angezeigten Motivbilds auf oder vor die elektronische Anzeigeeinrichtung bringbar ist.

Im Rahmen dieser Beschreibung kann das Sicherheitselement also sowohl als permanentes Sicherheitselement durch ein fest miteinander verbundenes Betrachtungsraster und Motivbild gebildet sein, als auch durch ein räumlich getrennt vorliegendes Betrachtungsraster und ein zugehöriges Motivbild, wobei die beiden Elemente bei Übereinanderlegen ein temporär vorliegendes Sicherheitselement bilden. Aussagen in der Beschreibung über das Bewegungsverhalten oder den visuellen Eindruck des Sicherheitselements beziehen sich sowohl auf fest verbundene permanente Sicherheitselemente als auch auf durch Übereinanderlegen gebildete temporäre Sicherheitselemente.

In allen Erfindungsvarianten können die Zellengrenzen im Motivbild mit Vorteil ortsunabhängig verschoben sein, so dass der in der Bildfunktion $m(x,y)$ auftretende Vektor $(d_1(x,y), d_2(x,y))$ konstant ist. Alternativ können die Zellengrenzen im Motivbild auch ortsabhängig verschoben sein. Insbe-

sondere kann das Motivbild zwei oder mehr Teilbereiche mit unterschiedlichem, jeweils konstantem Zellenraster aufweisen.

Ein ortsabhängiger Vektor $(d_1(x,y), d_2(x,y))$ kann auch dazu genutzt werden, die Umrissform der Zellen im Motivbild zu definieren. Beispielsweise können anstelle parallelogrammförmiger Zellen auch Zellen mit einer anderen einheitlichen Form verwendet werden, die so zueinander passen, dass die Fläche des Motivbilds lückenlos aufgefüllt wird (Parkettierung der Fläche des Motivbilds). Durch die Wahl des ortsabhängigen Vektors $(d_1(x,y), d_2(x,y))$ lässt sich die Zellenform dabei nach Wunsch festlegen. Dadurch hat der Designer insbesondere Einfluss darauf, unter welchen Betrachtungswinkeln Motivsprünge auftreten.

Das Motivbild kann auch in verschiedene Bereiche unterteilt sein, in denen die Zellen jeweils identische Form aufweisen, während sich die Zellenformen in den unterschiedlichen Bereichen unterscheiden. Dies bewirkt, dass beim Kippen des Sicherheitselements Teile des Motivs, die verschiedenen Bereichen zugeordnet sind, bei unterschiedlichen Kippwinkeln springen. Sind die Bereiche mit unterschiedlichen Zellen groß genug, dass sie mit bloßem Auge erkennbar sind, so kann auf diese Weise eine zusätzliche sichtbare Information in dem Sicherheitselement untergebracht werden. Sind die Bereiche dagegen mikroskopisch, also nur mit vergrößernden Hilfsmitteln erkennbar, so kann auf diese Weise eine zusätzliche versteckte Information in dem Sicherheitselement untergebracht werden, die als Sicherheitsmerkmal höherer Stufe dienen kann.

Weiter kann ein ortsabhängiger Vektor $(d_1(x,y), d_2(x,y))$ auch zur Erzeugung von Zellen genutzt werden, die sich alle hinsichtlich ihrer Form voneinander

unterscheiden. Dadurch lässt sich ein ganz individuelles Sicherheitsmerkmal erzeugen, das beispielsweise mittels eines Mikroskops geprüft werden kann.

Die in der Bildfunktion $m(x,y)$ aller Erfindungsvarianten auftretende Maskenfunktion g ist in vielen Fällen mit Vorteil identisch 1. In anderen, ebenfalls vorteilhaften Gestaltungen ist die Maskenfunktion g in Teilbereichen, insbesondere in Randbereichen der Zellen des Motivbilds Null und beschränkt dann den Raumwinkelbereich, unter dem das dreidimensionale Bild zu sehen ist. Neben einer Winkelbeschränkung kann die Maskenfunktion auch eine Bildfeldbeschränkung beschreiben, in denen das dreidimensionale Bild nicht sichtbar wird, wie weiter unten genauer erläutert.

In vorteilhaften Ausgestaltungen aller Erfindungsvarianten ist weiter vorgesehen, dass die relative Position des Zentrums der Betrachtungselemente innerhalb der Zellen des Motivbilds ortsunabhängig ist, der Vektor $(c_1(x,y), c_2(x,y))$ also konstant ist. In anderen Gestaltungen kann es sich allerdings auch anbieten, die relative Position des Zentrums der Betrachtungselemente innerhalb der Zellen des Motivbilds ortsabhängig zu gestalten, wie weiter unten genauer ausgeführt.

20

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist das Motivbild zur Verstärkung des dreidimensionalen visuellen Eindrucks mit Fresnel-Strukturen, Blazegittern oder anderen optisch wirksamen Strukturen gefüllt.

Bei den bisher beschriebenen Erfindungsaspekten stellt die Rasterbildanordnung der Darstellungsanordnung stets ein einzelnes dreidimensionales Bild dar. In weiteren Aspekten umfasst die Erfindung auch Gestaltungen, in denen mehrere dreidimensionale Bilder gleichzeitig oder im Wechsel dargestellt werden.

Eine der allgemeinen Perspektive des ersten Erfindungsaspekts entsprechende Darstellungsanordnung nach einem vierten Erfindungsaspekt enthält dazu eine Rasterbildanordnung zur Darstellung einer Mehrzahl vorgegebener dreidimensionaler Körper, die durch Körperfunktionen $f_i(x,y,z)$,

5 $i=1,2,\dots,N$, mit $N \geq 1$ gegeben sind, mit

- einem Motivbild, das in eine Mehrzahl von Zellen eingeteilt ist, in denen jeweils abgebildete Bereiche der vorgegebenen Körper angeordnet sind,

10

- einem Betrachtungsraster aus einer Mehrzahl von Betrachtungselementen zur Darstellung der vorgegebenen Körper bei der Betrachtung des Motivbilds mithilfe des Betrachtungsrasters,

15 - wobei das Motivbild mit seiner Einteilung in eine Mehrzahl von Zellen eine Bildfunktion $m(x,y)$ aufweist, die gegeben ist durch

$$m(x,y) = F(h_1, h_2, \dots, h_N), \text{ mit den beschreibenden Funktionen}$$

20
$$h_i(x,y) = f_i \left(\begin{matrix} x_{ik} \\ y_{ik} \\ z_{ik}(x,y,x_m,y_m) \end{matrix} \right) \cdot g_i(x,y), \text{ mit}$$

$$\begin{pmatrix} x_{ik} \\ y_{ik} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + V_i(x,y,x_m,y_m) \cdot \left(\left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + w_{di}(x,y) \right) \bmod W \right) - w_{di}(x,y) - w_{ci}(x,y) \right)$$

$$w_{di}(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} d_{i1}(x,y) \\ d_{i2}(x,y) \end{pmatrix} \text{ und } w_{ci}(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} c_{i1}(x,y) \\ c_{i2}(x,y) \end{pmatrix},$$

25

- 25 -

- wobei $F(h_1, h_2, \dots, h_N)$ eine Masterfunktion ist, die eine Verknüpfung der N beschreibenden Funktionen $h_i(x, y)$ angibt, und wobei
- die Einheitszelle des Betrachtungsrasters durch Gitterzellenvektoren
5 $w_1 = \begin{pmatrix} w_{11} \\ w_{21} \end{pmatrix}$ und $w_2 = \begin{pmatrix} w_{12} \\ w_{22} \end{pmatrix}$ beschrieben und in der Matrix $W =$
 $\begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{pmatrix}$ zusammengefasst ist, und x_m und y_m die Gitterpunkte des
 W -Gitters bezeichnen,
- die Vergrößerungsterme $V_i(x, y, x_m, y_m)$ entweder Skalare
10 $V_i(x, y, x_m, y_m) = \left(\frac{z_{iK}(x, y, x_m, y_m)}{e} - 1 \right)$ sind, mit dem effektiven Abstand
des Betrachtungsrasters vom Motivbild e , oder Matrizen
 $V_i(x, y, x_m, y_m) = (A_i(x, y, x_m, y_m) - I)$ sind, wobei die Matrizen
 $A_i(x, y, x_m, y_m) = \begin{pmatrix} a_{i11}(x, y, x_m, y_m) & a_{i12}(x, y, x_m, y_m) \\ a_{i21}(x, y, x_m, y_m) & a_{i22}(x, y, x_m, y_m) \end{pmatrix}$ jeweils ein ge-
wünschtes Vergrößerungs- und Bewegungsverhalten des vorgegebenen
15 Körpers f_i beschreiben und I die Einheitsmatrix ist,
- die Vektoren $(c_{i1}(x, y), c_{i2}(x, y))$ mit $0 \leq c_{i1}(x, y), c_{i2}(x, y) < 1$ für den Körper f_i jeweils die relative Position des Zentrums der Betrachtungselemente innerhalb der Zellen i des Motivbilds angeben,
20
- die Vektoren $(d_{i1}(x, y), d_{i2}(x, y))$ mit $0 \leq d_{i1}(x, y), d_{i2}(x, y) < 1$ jeweils eine Verschiebung der Zellengrenzen im Motivbild darstellen, und
- $g_i(x, y)$ Maskenfunktionen zur Einstellung der Sichtbarkeit des Körpers f_i sind.
25

Für $z_{iK}(x, y, x_m, y_m)$, also die z-Koordinate eines gemeinsamen Punktes der Sichtgeraden mit dem Körper f_i , können mehr als ein Wert infrage kommen, aus denen nach festzulegenden Regeln ein Wert gebildet oder ausgewählt wird. Bei einem undurchsichtigen Körper kann beispielsweise zusätzlich zur
5 Körperfunktion $f_i(x, y, z)$ eine Transparenz-Stufenfunktion (charakteristische Funktion) $t_i(x, y, z)$ vorgegeben sein, wobei $t_i(x, y, z)$ gleich 1 ist, wenn der Körper $f_i(x, y, z)$ an der Stelle (x, y, z) den Hintergrund verdeckt und ansonsten gleich 0 ist. Für Blickrichtung im Wesentlichen in Richtung der z-Achse ist nun für $z_{iK}(x, y, x_m, y_m)$ jeweils der kleinste Wert zu nehmen für den $t_i(x, y, z_{iK})$
10 ungleich 0 ist, falls man die Körpervorderseite betrachten will.

Die Werte $z_{iK}(x, y, x_m, y_m)$ können je nach Lage des Körpers in Bezug auf die Zeichenebene (hinter oder vor der Zeichenebene oder die Zeichenebene durchdringend) positive oder negative Werte annehmen oder auch 0 sein.
15

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind zusätzlich zu den Körperfunktionen $f_i(x, y, z)$ Transparenz-Stufenfunktionen $t_i(x, y, z)$ gegeben, wobei $t_i(x, y, z)$ gleich 1 ist, wenn der Körper $f_i(x, y, z)$ an der Stelle (x, y, z) den Hintergrund verdeckt und ansonsten gleich 0 ist. Für Blickrichtung im Wesentlichen in Richtung der z-Achse ist dabei für $z_{iK}(x, y, x_m, y_m)$ der kleinste Wert zu nehmen, für den $t_i(x, y, z_K)$ ungleich Null ist, um die Körpervorderseite des Körpers f_i von außen zu betrachten. Alternativ kann für
20 $z_{iK}(x, y, x_m, y_m)$ auch der größte Wert genommen werden, für den $t_i(x, y, z_K)$ ungleich Null ist, um die Körperrückseite des Körpers f_i von innen zu betrachten.
25

Eine dem Höhenprofil-Modell des zweiten Erfindungsaspekts entsprechende Darstellungsanordnung nach einem fünften Erfindungsaspekt enthält dazu eine Rasterbildanordnung zur Darstellung einer Mehrzahl vorgegebener

ner dreidimensionaler Körper, die durch Höhenprofile mit zweidimensionalen Darstellungen der Körper $f_i(x,y)$, $i=1,2,\dots,N$, mit $N \geq 1$ und durch Höhenfunktionen $z_i(x,y)$ gegeben sind, die jeweils für jeden Punkt (x,y) des vorgegebenen Körpers f_i eine Höhen-/Tiefeninformation enthalten, mit

5

- einem Motivbild, das in eine Mehrzahl von Zellen eingeteilt ist, in denen jeweils abgebildete Bereiche der vorgegebenen Körper angeordnet sind,

10

- einem Betrachtungsraster aus einer Mehrzahl von Betrachtungselementen zur Darstellung der vorgegebenen Körper bei der Betrachtung des Motivbilds mithilfe des Betrachtungsrasters,

15

- wobei das Motivbild mit seiner Einteilung in eine Mehrzahl von Zellen eine Bildfunktion $m(x,y)$ aufweist, die gegeben ist durch

$$m(x,y) = F(h_1, h_2, \dots, h_N), \text{ mit den beschreibenden Funktionen}$$

$$h_i(x,y) = f_i \begin{pmatrix} x_{iK} \\ y_{iK} \end{pmatrix} \cdot g_i(x,y), \text{ mit}$$

20

$$\begin{pmatrix} x_{iK} \\ y_{iK} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + V_i(x,y) \cdot \left(\left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + w_{di}(x,y) \right) \bmod W \right) - w_{di}(x,y) - w_{ci}(x,y) \right)$$

$$w_{di}(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} d_{i1}(x,y) \\ d_{i2}(x,y) \end{pmatrix} \text{ und } w_{ci}(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} c_{i1}(x,y) \\ c_{i2}(x,y) \end{pmatrix},$$

25

- wobei $F(h_1, h_2, \dots, h_N)$ eine Masterfunktion ist, die eine Verknüpfung der N beschreibenden Funktionen $h_i(x,y)$ angibt, und wobei

- die Einheitszelle des Betrachtungsrasters durch Gitterzellenvektoren $w_1 = \begin{pmatrix} w_{11} \\ w_{21} \end{pmatrix}$ und $w_2 = \begin{pmatrix} w_{12} \\ w_{22} \end{pmatrix}$ beschrieben und in der Matrix $W = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{pmatrix}$ zusammengefasst ist,
- 5 - die Vergrößerungsterme $V_i(x,y)$ entweder Skalare $V_i(x,y) = \left(\frac{z_i(x,y)}{e} - 1 \right)$ sind, mit dem effektiven Abstand des Betrachtungsrasters vom Motivbild e , oder Matrizen $V_i(x,y) = (A_i(x,y) - I)$ sind, wobei die Matrizen $A_i(x,y) = \begin{pmatrix} a_{i11}(x,y) & a_{i12}(x,y) \\ a_{i21}(x,y) & a_{i22}(x,y) \end{pmatrix}$ jeweils ein gewünschtes Vergröße-
- 10 rungs- und Bewegungsverhalten des vorgegebenen Körpers f_i beschreiben und I die Einheitsmatrix ist,
- die Vektoren $(c_{i1}(x,y), c_{i2}(x,y))$ mit $0 \leq c_{i1}(x,y), c_{i2}(x,y) < 1$ für den Körper f_i jeweils die relative Position des Zentrums der Betrachtungselemente innerhalb der Zellen i des Motivbilds angeben,
- 15 - die Vektoren $(d_{i1}(x,y), d_{i2}(x,y))$ mit $0 \leq d_{i1}(x,y), d_{i2}(x,y) < 1$ jeweils eine Verschiebung der Zellengrenzen im Motivbild darstellen, und
- 20 - $g_i(x,y)$ Maskenfunktionen zur Einstellung der Sichtbarkeit des Körpers f_i sind.

Eine dem Schnittebenen-Modell des dritten Erfindungsaspekts entsprechende Darstellungsanordnung nach einem sechsten Erfindungsaspekt enthält

25 eine Rasterbildanordnung zur Darstellung einer Mehrzahl ($N \geq 1$) vorgege-

bener dreidimensionaler Körper, die jeweils durch n_i Schnitte $f_{ij}(x,y)$ und n_i Transparenz-Stufenfunktionen $t_{ij}(x,y)$ mit $i=1,2,\dots,N$ und $j = 1,2,\dots, n_i$, gegeben sind, wobei die Schnitte des Körpers i bei Betrachtung mit Augenabstand in x -Richtung jeweils in einer Tiefe z_{ij} liegen und wobei $f_{ij}(x,y)$ die Bildfunktion des j -ten Schnitts des i -ten Körpers ist und die Transparenz-Stufenfunktion $t_{ij}(x,y)$ gleich 1 ist, wenn der Schnitt j des Körpers i an der Stelle (x,y) dahinterliegende Objekte verdeckt und ansonsten gleich 0 ist, mit

10 - einem Motivbild, das in eine Mehrzahl von Zellen eingeteilt ist, in denen jeweils abgebildete Bereiche der vorgegebenen Körper angeordnet sind,

15 - einem Betrachtungsraster aus einer Mehrzahl von Betrachtungselementen zur Darstellung der vorgegebenen Körper bei der Betrachtung des Motivbilds mithilfe des Betrachtungsrasters,

- wobei das Motivbild mit seiner Einteilung in eine Mehrzahl von Zellen eine Bildfunktion $m(x,y)$ aufweist, die gegeben ist durch

20
$$m(x,y) = F(h_{11}, h_{12}, \dots, h_{1n_1}, h_{21}, h_{22}, \dots, h_{2n_2}, \dots, h_{N1}, h_{N2}, \dots, h_{Nn_N}),$$

mit den beschreibenden Funktionen

$$h_{ij} = f_{ij} \begin{pmatrix} x_{ik} \\ y_{ik} \end{pmatrix} \cdot g_{ij}(x,y), \text{ mit}$$

$$\begin{pmatrix} x_{ik} \\ y_{ik} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + V_{ij} \cdot \left(\left(\left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + w_{di}(x,y) \right) \bmod W \right) - w_{di}(x,y) - w_{ci}(x,y) \right) \right)$$

- 30 -

$$w_{d_i}(x, y) = W \cdot \begin{pmatrix} d_{i1}(x, y) \\ d_{i2}(x, y) \end{pmatrix} \text{ und } w_{c_i}(x, y) = W \cdot \begin{pmatrix} c_{i1}(x, y) \\ c_{i2}(x, y) \end{pmatrix}, \text{ wobei für } ij \text{ je-}$$

weils das Indexpaar zu nehmen ist, für das $t_{ij} \begin{pmatrix} x_{iK} \\ y_{iK} \end{pmatrix}$ ungleich Null und

z_{ij} minimal bzw. maximal ist, und

5 - wobei $F(h_{11}, h_{12}, \dots, h_{1n_1}, h_{21}, h_{22}, \dots, h_{2n_2}, \dots, h_{N1}, h_{N2}, \dots, h_{Nn_N})$ eine Masterfunktion ist, die eine Verknüpfung der beschreibenden Funktionen $h_{ij}(x, y)$ angibt, und wobei

- die Einheitszelle des Betrachtungsrasters durch Gitterzellenvektoren

10 $w_1 = \begin{pmatrix} w_{11} \\ w_{21} \end{pmatrix}$ und $w_2 = \begin{pmatrix} w_{12} \\ w_{22} \end{pmatrix}$ beschrieben und in der Matrix $W =$

$$\begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{pmatrix} \text{ zusammengefasst ist,}$$

- die Vergrößerungsterme V_{ij} entweder Skalare $V_{ij} = \left(\frac{z_{ij}}{e} - 1 \right)$ sind, mit

dem effektiven Abstand des Betrachtungsrasters vom Motivbild e ,

15 oder Matrizen $V_{ij} = (A_{ij} - I)$ sind, wobei die Matrizen $A_{ij} = \begin{pmatrix} a_{ij11} & a_{ij12} \\ a_{ij21} & a_{ij22} \end{pmatrix}$

jeweils ein gewünschtes Vergrößerungs- und Bewegungsverhalten des vorgegebenen Körpers f_i beschreiben und I die Einheitsmatrix ist,

- die Vektoren $(c_{i1}(x, y), c_{i2}(x, y))$ mit $0 \leq c_{i1}(x, y), c_{i2}(x, y) < 1$ für den Körper

20 f_i jeweils die relative Position des Zentrums der Betrachtungselemente innerhalb der Zellen i des Motivbilds angeben,

- die Vektoren $(d_{i1}(x,y), d_{i2}(x,y))$ mit $0 \leq d_{i1}(x,y), d_{i2}(x,y) < 1$ jeweils eine Verschiebung der Zellengrenzen im Motivbild darstellen, und
- $g_{ij}(x,y)$ Maskenfunktionen zur Einstellung der Sichtbarkeit des Körpers f_i sind.

Alle bei den ersten drei Erfindungsaspekten für Einzel-Körper f gemachten Ausführungen gelten auch für die Mehrzahl an Körpern f_i der allgemeineren Rasterbildanordnungen des vierten bis sechsten Erfindungsaspekts. Insbesondere kann zumindest eine (oder auch alle) der beschreibenden Funktionen des vierten, fünften oder sechsten Erfindungsaspektes wie oben für die Bildfunktion $m(x,y)$ des ersten, zweiten oder dritten Erfindungsaspekts angegeben, gestaltet sein.

Mit Vorteil stellt die Rasterbildanordnung ein Wechselbild, ein Bewegungsbild oder ein Morphbild dar. Die Maskenfunktionen g_i bzw. g_{ij} können dabei insbesondere ein streifenartiges oder schachbrettartiges Wechseln der Sichtbarkeit der Körper f_i festlegen. Eine Bilderfolge kann mit Vorteil beim Kippen entlang einer vorgegebenen Richtung ablaufen; in diesem Fall werden zweckmäßig streifenartige Maskenfunktionen g_i bzw. g_{ij} verwendet, also Maskenfunktionen, die für jedes i nur in einem innerhalb der Einheitszelle wandernden Streifen ungleich Null sind. Im allgemeinen Fall können allerdings auch Maskenfunktionen gewählt werden, die eine Bilderfolge durch gekrümmte, mäanderförmige oder spiralförmige Kippbewegungen ablaufen lassen.

Während bei Wechselbildern (Kippbildern) oder anderen Bewegungsbildern idealerweise jeweils nur ein dreidimensionales Bild gleichzeitig sichtbar ist, enthält die Erfindung auch Gestaltungen, bei denen für den Betrachter

gleichzeitig zwei oder mehr dreidimensionale Bilder (Körper) f_i sichtbar sind. Dabei stellt die Masterfunktion F mit Vorteil die Summenfunktion, die Maximumfunktion, eine ODER-Verknüpfung, eine XOR-Verknüpfung oder eine andere logische Verknüpfung dar.

5

Das Motivbild liegt insbesondere in einer geprägten oder gedruckten Schicht vor. Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist das Sicherheitselement in allen Aspekten eine opake Abdeckschicht zur bereichsweisen Abdeckung der Rasterbildanordnung auf. Innerhalb des abgedeckten Bereichs tritt somit kein Modulo-Vergrößerungseffekt auf, so dass der optisch variable Effekt mit herkömmlichen Informationen oder mit anderen Effekten kombiniert werden kann. Diese Abdeckschicht liegt mit Vorteil in Form von Mustern, Zeichen oder Codierungen vor und/oder weist Aussparungen in Form von Mustern, Zeichen oder Codierungen auf.

15

Sind das Motivbild und das Betrachtungsraster an gegenüberliegenden Flächen einer optischen Abstandsschicht angeordnet, kann die Abstandsschicht beispielsweise eine Kunststofffolie und/oder eine Lackschicht umfassen.

20

Das permanente Sicherheitselement selbst stellt in allen Erfindungsaspekten bevorzugt einen Sicherheitsfaden, einen Aufreißfaden, ein Sicherheitsband, einen Sicherheitsstreifen, einen Patch oder ein Etikett zum Aufbringen auf ein Sicherheitspapier, Wertdokument oder dergleichen dar. In einer vorteilhaften Ausgestaltung kann das Sicherheitselement einen transparenten oder ausgesparten Bereich eines Datenträgers überspannen. Dabei können auf unterschiedlichen Seiten des Datenträgers unterschiedliche Erscheinungsbilder realisiert werden. Auch beidseitige Gestaltungen kommen infrage, bei denen beiderseits eines Motivbilds Betrachtungsraster angeordnet sind.

25

Die erfindungsgemäßen Rasterbildanordnungen können mit anderen Sicherheitsmerkmalen kombiniert werden, beispielsweise mit diffraktiven Strukturen, mit Hologrammstrukturen in allen Ausführungsvarianten, metallisiert oder nicht metallisiert, mit Subwellenlängenstrukturen, metallisiert
5 oder nicht metallisiert, mit Subwellenlängengittern, mit Schichtsystemen, die beim Kippen einen Farbwechsel zeigen, semitransparent oder opak, mit diffraktiven optischen Elementen, mit refraktiven optischen Elementen, wie etwa Prismenstrahlformern, mit speziellen Lochformen, mit Sicherheitsmerkmalen mit gezielt eingestellter elektrischer Leitfähigkeit, mit eingearbei-
10 teten Stoffen mit magnetischer Codierung, mit Stoffen mit phosphoreszierender, fluoreszierender oder lumineszierender Wirkung, mit Sicherheitsmerkmalen auf Grundlage von Flüssigkristallen, mit Mattstrukturen, mit Mikrospiegeln, mit Elementen mit Jalousie-Effekt oder mit Sägezahnstrukturen. Weitere Sicherheitsmerkmale, mit denen die erfindungsgemäßen Rasterbildanordnungen kombiniert werden können, sind in der Druckschrift
15 WO 2005/052650 A2 auf Seiten 71 bis 73 angegeben; diese werden insoweit in die vorliegende Beschreibung aufgenommen.

In allen Erfindungsaspekten können die Bildinhalte einzelner Zellen des Motivbilds nach der Bestimmung der Bildfunktion $m(x,y)$ miteinander ver-
20 tauscht sein.

Die Erfindung enthält auch Verfahren zur Herstellung der Darstellungsanordnungen nach dem ersten bis sechsten Erfindungsaspekt, bei dem aus einem oder mehreren vorgegebenen dreidimensionalen Körpern ein Motivbild
25 berechnet wird. Die Vorgehensweise und die benötigten rechnerischen Beziehungen für die allgemeine Perspektive, das Höhenprofil-Modell und das Schnittebene-Modell wurden bereits weiter oben angegeben und werden auch durch die nachfolgenden Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Die Größe der Motivbildelemente und der Betrachtungselemente liegt im Rahmen der Erfindung typischerweise bei etwa 5 bis 50 μm , so dass auch der Einfluss der Modulo-Vergrößerungsanordnung auf die Dicke der Sicherheitselemente gering gehalten werden kann. Die Herstellung derart kleiner
5 Linsenarrays und derart kleiner Bilder ist beispielsweise in der Druckschrift DE 10 2005 028162 A1 beschrieben, deren Offenbarung insoweit in die vorliegende Anmeldung aufgenommen wird.

Eine typische Vorgehensweise ist dabei folgende: Zur Herstellung von Mikrostrukturen (Mikrolinsen, Mikrospiegel, Mikrobildelemente) können Techniken der Halbleiterstrukturierung verwendet werden, beispielsweise Photolithographie oder Elektronenstrahlolithographie. Ein besonders geeignetes Verfahren besteht darin, die Strukturen mithilfe eines fokussierten Laserstrahls in Photolack zu belichten. Anschließend werden die Strukturen, die
10 binäre oder komplexere dreidimensionale Querschnittsprofile aufweisen können, mit einem Entwickler freigelegt. Als alternatives Verfahren kann Laserablation eingesetzt werden.

Das auf einem dieser Wege erhaltene Original kann zu einem Prägewerkzeug weiterverarbeitet werden, mit dessen Hilfe die Strukturen beispielsweise durch Prägen in UV-Lack, thermoplastisches Prägen oder durch die in der Druckschrift WO 2008/00350 A1 beschriebene Mikrotiefdrucktechnik vervielfältigt werden können. Bei der letztgenannten Technik handelt es sich um eine Mikrotiefdrucktechnik, die die Vorteile von Druck- und Prägetechnologien vereint. Details dieses Mikrotiefdruckverfahrens und der damit
25 verbundenen Vorteile können der Druckschrift WO 2008/00350 A1 entnommen werden, deren Offenbarungsgehalt insoweit in die vorliegende Anmeldung aufgenommen wird.

Für das Endprodukt kommen eine Reihe verschiedener Ausführungsvarianten infrage: mit Metall bedampfte Prägestrukturen, Farbgebung durch metallische Nanostrukturen, Prägen in farbigen UV-Lack, Mikrotiefdruck nach der Druckschrift WO 2008/00350 A1, das Einfärben der Prägestrukturen und
5 anschließendes Abrakeln der geprägten Folie, oder auch das in der deutschen Patentanmeldung 10 2007 062 089.8 beschriebene Verfahren zum selektiven Übertragen eines Aufdruckstoffs auf Erhebungen oder Vertiefungen einer Prägestruktur. Alternativ kann das Motivbild mit einem fokussierten Laserstrahl direkt in eine lichtempfindliche Schicht geschrieben werden.

10

Das Mikrolinsenarray kann ebenfalls mittels Laserablation oder Graustufen-Lithographie hergestellt werden. Alternativ kann eine Binärbelichtung erfolgen, wobei die Linsenform erst nachträglich durch Aufschmelzen von Photolack entsteht („thermal reflow“). Aus dem Original kann – wie im Falle des
15 Mikrostruktur-Arrays – ein Prägewerkzeug gefertigt werden, mit dessen Hilfe die Massenproduktion erfolgen kann, beispielsweise durch Prägen in UV-Lack oder thermoplastisches Prägen.

Wird bei dekorativen Artikeln (z.B. Glückwunschkarten, Bilder als Wand-
20 schmuck, Vorhänge, Tischauflagen, Schlüsselanhänger, usw.) oder der Dekoration von Produkten das Modulo-Magnifierprinzip bzw. Modulo-Mappingprinzip angewandt, liegt die Größe der einzubringenden Bilder und Linsen bei etwa 50 bis 1000 μm . Hierbei können die einzubringenden Motiv-
25 bilder mit konventionellen Druckverfahren, wie etwa Offsetdruck, Tiefdruck, Hochdruck, Siebdruck, oder digitalen Druckverfahren, wie etwa Tintenstrahldruck oder Laserdruck, farbig gedruckt werden.

Das erfindungsgemäße Modulo-Magnifierprinzip bzw. Modulo-Mappingprinzip kann auch bei dreidimensional wirkenden Computer- und Fernseh-

Bildern angewandt werden, die allgemein auf einer elektronischen Anzeigeeinrichtung gezeigt werden. Die Größe der einzubringenden Bilder und die Größe der Linsen in dem vor dem Bildschirm anzubringenden Linsenarray liegt in diesem Fall bei etwa 50 bis 500 μm . Die Bildschirmauflösung soll
5 mindestens eine Größenordnung besser sein, so dass für diese Anwendung hochauflösende Bildschirme erforderlich sind.

Schließlich enthält die Erfindung auch ein Sicherheitspapier für die Herstellung von Sicherheits- oder Wertdokumenten, wie Banknoten, Schecks,
10 Ausweiskarten, Urkunden oder dergleichen, mit einer Darstellungsanordnung der oben beschriebenen Art. Die Erfindung enthält weiter einen Datenträger, insbesondere einen Markenartikel, ein Wertdokument, einen dekorativen Artikel, wie eine Verpackung, Postkarten oder dergleichen mit einer Darstellungsanordnung der oben beschriebenen Art. Das Betrachtungsraster
15 und/oder das Motivbild der Darstellungsanordnung können dabei vollflächig, auf Teilflächen oder in einem Fensterbereich des Datenträgers angeordnet sein.

Die Erfindung betrifft auch eine elektronische Anzeigeanordnung mit einer
20 elektronischen Anzeigeeinrichtung, insbesondere einem Computer- oder Fernsch Bildschirm, einer Steuereinrichtung und einer Darstellungsanordnung der oben beschriebenen Art. Die Steuereinrichtung ist dabei ausgelegt und eingerichtet, das Motivbild der Darstellungsanordnung auf der elektronischen Anzeigeeinrichtung anzuzeigen. Das Betrachtungsraster zur Betrachtung des angezeigten Motivbilds kann dabei mit der elektronischen
25 Anzeigeeinrichtung verbunden sein oder kann ein separates Betrachtungsraster sein, das zur Betrachtung des angezeigten Motivbilds auf oder vor die elektronische Anzeigeeinrichtung bringbar ist.

Alle beschriebenen Varianten können mit zweidimensionalen Linsenrastern in Gitteranordnungen beliebiger niederer oder höherer Symmetrie oder in Zylinderlinsen-Anordnungen ausgeführt werden. Alle Anordnungen können auch für gekrümmte Flächen berechnet werden, wie grundsätzlich in
5 der Druckschrift WO 2007/076952 A2 beschrieben, deren Offenbarungsgel-
halt insoweit in die vorliegende Anmeldung aufgenommen wird.

Weitere Ausführungsbeispiele sowie Vorteile der Erfindung werden nach-
folgend anhand der Figuren erläutert. Zur besseren Anschaulichkeit wird in
10 den Figuren auf eine maßstabs- und proportionsgetreue Darstellung verzich-
tet.

Es zeigen:

- 15 Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Banknote mit einem eingebetteten Sicherheitsfaden und einem aufgeklebten Transferelement,
Fig. 2 schematisch den Schichtaufbau eines erfindungsgemäßen Sicherheitselements im Querschnitt,
20 Fig. 3 schematisch eine Seitenansicht eines darzustellenden Körpers im Raum, der perspektivisch in einer Motivbildebene dargestellt werden soll, und
25 Fig. 4 für das Höhenprofil-Modell in (a) eine zweidimensionale Darstellung $f(x,y)$ eines darzustellenden Würfels in Zentralprojektion, in (b) die zugehörige Höhen/Tiefeninformation $z(x,y)$ in

Graucodierung und in (c) die mithilfe dieser Vorgaben berechnete Bildfunktion $m(x,y)$.

Die Erfindung wird nun am Beispiel von Sicherheitselementen für Banknoten erläutert. Fig. 1 zeigt dazu eine schematische Darstellung einer Banknote 10, die mit zwei Sicherheitselementen 12 und 16 nach Ausführungsbeispielen der Erfindung versehen ist. Das erste Sicherheitselement stellt einen Sicherheitsfaden 12 dar, der in bestimmten Fensterbereichen 14 an der Oberfläche der Banknote 10 hervortritt, während er in den dazwischen liegenden Bereichen im Inneren der Banknote 10 eingebettet ist. Das zweite Sicherheitselement ist durch ein aufgeklebtes Transferelement 16 beliebiger Form gebildet. Das Sicherheitselement 16 kann auch in Form einer Abdeckfolie ausgebildet sein, die über einem Fensterbereich oder einer durchgehenden Öffnung der Banknote angeordnet ist. Das Sicherheitselement kann für Betrachtung in Aufsicht, Durchsicht oder für Betrachtung sowohl in Aufsicht als auch in Durchsicht ausgelegt sein.

Sowohl der Sicherheitsfaden 12 als auch das Transferelement 16 können eine Modulo-Vergrößerungsanordnung nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung enthalten. Die Funktionsweise und das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren für derartige Anordnungen werden im Folgenden anhand des Transferelements 16 näher beschrieben.

Fig. 2 zeigt dazu schematisch den Schichtaufbau des Transferelements 16 im Querschnitt, wobei nur die für die Erläuterung des Funktionsprinzips erforderlichen Teile des Schichtaufbaus dargestellt sind. Das Transferelement 16 enthält einen Träger 20 in Form einer transparenten Kunststofffolie, im Ausführungsbeispiel einer etwa 20 μm dicken Polyethylenterephthalat(PET)-Folie.

Die Oberseite der Trägerfolie 20 ist mit einer rasterförmigen Anordnung von Mikrolinsen 22 versehen, die auf der Oberfläche der Trägerfolie ein zweidimensionales Bravais-Gitter mit einer vorgewählten Symmetrie bilden. Das Bravais-Gitter kann beispielsweise eine hexagonale Gittersymmetrie aufweisen. Möglich sind jedoch auch andere, insbesondere niedrigere Symmetrien und damit allgemeinere Formen, wie etwa die Symmetrie eines Parallelogramm-Gitters.

Der Abstand benachbarter Mikrolinsen 22 ist vorzugsweise so gering wie möglich gewählt, um eine möglichst hohe Flächendeckung und damit eine kontrastreiche Darstellung zu gewährleisten. Die sphärisch oder asphärisch ausgestalteten Mikrolinsen 22 weisen vorzugsweise einen Durchmesser zwischen 5 μm und 50 μm und insbesondere einen Durchmesser zwischen lediglich 10 μm und 35 μm auf und sind daher mit bloßem Auge nicht zu erkennen. Es versteht sich, dass bei anderen Gestaltungen auch größere oder kleinere Abmessungen infrage kommen. Beispielsweise können die Mikrolinsen bei Modulo-Vergrößerungsanordnungen für Dekorationszwecke einen Durchmesser zwischen 50 μm und 5 mm aufweisen, während bei Modulo-Vergrößerungsanordnungen, die nur mit einer Lupe oder einem Mikroskop entschlüsselbar sein sollen, auch Abmessung unterhalb von 5 μm zum Einsatz kommen können.

Auf der Unterseite der Trägerfolie 20 ist eine Motivschicht 26 angeordnet, die ein in eine Mehrzahl von Zellen 24 eingeteiltes Motivbild mit Motivbild-elementen 28 enthält.

Die optische Dicke der Trägerfolie 20 und die Brennweite der Mikrolinsen 22 sind so aufeinander abgestimmt, dass sich die Motivschicht 26 etwa im Abstand der Linsenbrennweite befindet. Die Trägerfolie 20 bildet somit eine

optische Abstandsschicht, die einen gewünschten, konstanten Abstand der Mikrolinsen 22 und der Motivschicht 26 mit dem Motivbild gewährleistet.

Zur Erläuterung der Funktionsweise der erfindungsgemäßen Modulo-Vergrößerungsanordnungen zeigt Fig. 3 stark schematisch eine Seitenansicht
5 eines Körpers 30 im Raum, der perspektivisch in der Motivbildebene 32, die nachfolgend auch Zeichenebene genannt wird, dargestellt werden soll.

Der Körper 30 wird ganz allgemein durch eine Körperfunktion $f(x,y,z)$ und
10 eine Transparenz-Stufenfunktion $t(x,y,z)$ beschrieben, wobei die z-Achse senkrecht zu der durch die x- und y-Achse aufgespannten Zeichenebene 32 steht. Die Körperfunktion $f(x,y,z)$ gibt eine charakteristische Eigenschaft des Körpers an der Stelle (x,y,z) an, beispielsweise eine Helligkeitsverteilung, eine Farbverteilung, eine Binärverteilung oder auch andere Körpereigen-
15 schaften, wie Transparenz, Reflektivität, Dichte oder dergleichen. Sie kann im Allgemeinen somit nicht nur eine skalare, sondern auch eine vektorwertige Funktion der Ortskoordinaten x , y und z darstellen. Die Transparenz-Stufenfunktion $t(x,y,z)$ ist gleich 1, wenn der Körper an der Stelle (x,y,z) den Hintergrund verdeckt und ist ansonsten, also insbesondere, wenn der Körper
20 an der Stelle (x,y,z) transparent oder nicht vorhanden ist, gleich 0.

Es versteht sich, dass das darzustellende dreidimensionale Bild nicht nur ein einziges Objekt, sondern auch mehrere dreidimensionale Objekte umfassen kann, die nicht notwendigerweise zusammenhängen müssen. Die im Rahmen dieser Beschreibung verwendete Bezeichnung „Körper“ wird im Sinne
25 einer beliebigen dreidimensionalen Struktur gebraucht und schließt Strukturen mit einem oder mehreren getrennten dreidimensionalen Objekten ein.

Die Anordnung der Mikrolinsen in der Linsenebene 34 wird durch ein zwei-dimensionales Bravais-Gitter beschrieben, dessen Einheitszelle durch Vektoren w_1 und w_2 (mit den Komponenten w_{11} , w_{21} bzw. w_{12} , w_{22}) angegeben wird. In kompakter Schreibweise kann die Einheitszelle in Matrixform durch
5 eine Linsenrastermatrix W angegeben werden:

$$W = (w_1, w_2) = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{pmatrix}.$$

Die Linsenrastermatrix W wird nachfolgend oft auch einfach Linsenmatrix oder Linsenraster genannt. Anstelle der Bezeichnung Linsenebene wird
10 nachfolgend auch der Begriff Pupillenebene gebraucht. Die weiter unten als Pupillenpositionen bezeichneten Positionen x_m , y_m in der Pupillenebene stellen die Gitterpunkte des W -Gitters in der Linsenebene 34 dar.

In der Linsenebene 34 können anstelle von Linsen 22 beispielsweise auch
15 Lochblenden nach dem Prinzip der Lochkamera eingesetzt werden.

Auch alle anderen Arten von Linsen und abbildenden Systemen, wie asphärische Linsen, Zylinderlinsen, Schlitzblenden, mit Spiegeln versehene Loch- oder Schlitzblenden, Fresnellinsen, GRIN-Linsen (Gradient Refraction Index), Zonenplatten (Beugungslinsen), holographische Linsen, Hohlspiegel,
20 Fresnelspiegel, Zonenspiegel und andere Elemente mit fokussierender oder auch ausblendender Wirkung, können als Betrachtungselemente im Betrachtungsraster eingesetzt werden.

25 Grundsätzlich können neben Elementen mit fokussierender Wirkung auch Elemente mit ausblendender Wirkung (Loch- oder Spaltblenden, auch Spiegelflächen hinter Loch- oder Spaltblenden) als Betrachtungselemente im Betrachtungsraster eingesetzt werden.

Bei Anwendung eines Hohlspiegelarray und bei anderen erfindungsgemäß eingesetzten spiegelnden Betrachtungsrastern blickt der Betrachter durch das in diesem Fall teildurchlässige Motivbild auf das dahinterliegende Spiegelarray und sieht die einzelnen kleinen Spiegel als helle oder dunkle Punkte, aus denen sich das darzustellende Bild aufbaut. Das Motivbild ist dabei
5 im Allgemeinen so fein strukturiert, dass es nur als Schleier zu sehen ist. Die beschriebenen Formeln für die Zusammenhänge zwischen dem darzustellenden Bild und dem Motivbild gelten, auch wenn dies im Einzelnen nicht erwähnt wird, nicht nur für Linsenraster, sondern auch für Spiegelraster. Es
10 versteht sich dass bei erfindungsgemäßigem Einsatz von Hohlspiegeln an die Stelle der Linsenbrennweite die Spiegelbrennweite tritt.

Bei erfindungsgemäßer Anwendung eines Spiegelarray anstelle eines Linsenarray ist in Fig. 2 die Betrachtungsrichtung von unten zu denken, und in
15 Fig. 3 sind bei der Spiegelarray-Anordnung die Ebenen 32 und 34 miteinander vertauscht. Die Beschreibung der Erfindung erfolgt anhand von Linsenrastern, welche stellvertretend für alle anderen erfindungsgemäß eingesetzten Betrachtungsraster stehen.

20 Mit Bezug wieder auf Fig. 3 bezeichnet e die Linsenbrennweite (im Allgemeinen sind in dem effektiven Abstand e die Linsendaten und die Brechzahl des Mediums zwischen Linsenraster und Motivraster berücksichtigt). Ein Punkt (x_K, y_K, z_K) des im Raum befindlichen Körpers 30 wird in die Zeichenebene 32 mit der Pupillenposition $(x_m, y_m, 0)$ perspektivisch abgebildet.

25

An die Stelle (x, y, e) in der Zeichenebene 32 wird der im Körper zu entnehmende Wert $f(x_K, y_K, z_K(x, y, x_m, y_m))$ eingetragen, wobei $(x_K, y_K, z_K(x, y, x_m, y_m))$ der gemeinsame Punkt des Körpers 30 mit der charakteristischen Funktion $t(x, y, z)$ und Sichtgerade $[(x_m, y_m, 0), (x, y, e)]$ mit dem kleinsten z -Wert ist.

Dabei wird ein eventuelles Vorzeichen von z berücksichtigt, so dass nicht der Punkt mit dem betragsmäßig kleinsten z -Wert, sondern der Punkt mit dem negativsten z -Wert ausgewählt wird.

- 5 Betrachtet man zunächst nur einen im Raum stehenden Körper ohne Bewegungseffekte bei Kippen der Vergrößerungsanordnung, so ist das Motivbild in der Motivebene 32, das bei Betrachtung durch das in der Linsenebene 34 angeordnete Linsenraster W eine Darstellung des gewünschten Körpers erzeugt, durch eine Bildfunktion $m(x,y)$ beschrieben, die erfindungsgemäß
- 10 gegeben ist durch:

$$f \left(\begin{array}{c} \left(\begin{array}{c} x \\ y \end{array} \right) + \left(\frac{z_K(x,y,x_m,y_m)}{e} - 1 \right) \cdot \left(\left(\begin{array}{c} x \\ y \end{array} \right) \bmod W \right) - W \cdot \left(\begin{array}{c} c_1 \\ c_2 \end{array} \right) \\ z_K(x,y,x_m,y_m) \end{array} \right) = f \left(\begin{array}{c} x_K \\ y_K \\ z_K(x,y,x_m,y_m) \end{array} \right).$$

wobei für $z_K(x,y,x_m,y_m)$ der kleinste Wert zu nehmen ist, für den $t(x,y,z_K)$ ungleich 0 ist .

15

Der Vektor (c_1, c_2) , der im allgemeinen Fall ortsabhängig sein kann, also durch $(c_1(x,y), c_2(x,y))$ mit $0 \leq c_1(x,y), c_2(x,y) < 1$ gegeben sein kann, gibt dabei die relative Position des Zentrums der Betrachtungselemente innerhalb der Zellen des Motivbilds an.

20

Die Berechnung von $z_K(x,y,x_m,y_m)$ ist im Allgemeinen sehr aufwendig, da im Linsenrasterbild 10 000 bis 1 000 000 und mehr Positionen (x_m,y_m) zu berücksichtigen sind. Weiter unten werden daher einige Verfahren aufgezeigt, bei denen z_K unabhängig von (x_m,y_m) wird (Höhenprofil-Modell) bzw. sogar

25 unabhängig von (x,y,x_m,y_m) wird (Schnittebenen-Modell).

Zunächst wird jedoch noch eine Verallgemeinerung zu obiger Formel vorgestellt, bei der nicht nur im Raum stehende Körper dargestellt werden, sondern bei der sich der in der Linsenrastervorrichtung erscheinende Körper bei Änderung der Betrachtungsrichtung in der Tiefe verändert. Dazu wird an-

5 stelle der skalaren Vergrößerung $v = z(x,y,x_m,y_m)/e$ eine Vergrößerungs- und Bewegungsmatrix $A(x,y,x_m,y_m)$ verwendet, in der der Term $v = z(x,y,x_m,y_m)/e$ enthalten ist.

Für die Bildfunktion $m(x,y)$ ergibt sich dann

$$10 \quad f \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + (A(x,y,x_m,y_m) - I) \cdot \left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \bmod W \right) - W \cdot \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} \right) \\ z_K(x,y,x_m,y_m) \end{pmatrix} = f \begin{pmatrix} x_K \\ y_K \\ z_K(x,y,x_m,y_m) \end{pmatrix}.$$

Mit

$$a_{11}(x,y,x_m,y_m) = z_K(x,y,x_m,y_m)/e$$

15

stellt die Rasterbildanordnung den vorgegebenen Körper bei Betrachtung des Motivbilds mit Augenabstand in x-Richtung dar. Soll die Rasterbildanordnung den vorgegebenen Körper bei Betrachtung des Motivbilds mit Augenabstand in Richtung ψ zur x-Achse darstellen, so werden die Koeffizien-

20 ten von A so gewählt, dass

$$(a_{11} \cos^2\psi + (a_{12} + a_{21}) \cos\psi \sin\psi + a_{22} \sin^2\psi) = z_K(x,y,x_m,y_m) / e$$

erfüllt ist.

25

Höhenprofil-Modell

Um die Berechnung des Motivbilds zu vereinfachen, geht man beim Höhenprofil von einer zweidimensionalen Zeichnung $f(x,y)$ eines Körpers aus, wobei zu jedem Punkt x,y des zweidimensionalen Bildes des Körpers eine zusätzliche z -Koordinate $z(x,y)$ angibt, wie weit sich dieser Punkt im wirklichen Körper von der Zeichenebene 32 entfernt befindet. $z(x,y)$ kann dabei sowohl positive als auch negative Werte annehmen.

- 10 Zur Illustration zeigt Fig. 4(a) eine zweidimensionale Darstellung 40 eines Würfels in Zentralprojektion, wobei an jedem Bildpunkt (x,y) ein Grauwert $f(x,y)$ vorgegeben ist. Anstelle einer Zentralprojektion kann selbstverständlich auch eine besonders einfach zu erzeugende Parallelprojektion oder ein anderes Projektionsverfahren verwendet werden. Bei der zweidimensionalen
- 15 Darstellung $f(x,y)$ kann es sich auch um ein Fantasiebild handeln, wichtig ist nur, dass jedem Bildpunkt neben der Grau- (oder allgemeiner Farb-, Transparenz-, Reflektivitäts-, Dichte- etc.) Information eine Höhen-/Tiefeninformation $z(x,y)$ zugeordnet ist. Eine solche Höhendarstellung 42 ist in Fig. 4(b) schematisch in Graucodierung gezeigt, wobei vorne liegende Bildpunkte des
- 20 Würfels weiß, weiter hinten liegende Bildpunkte grau bzw. schwarz dargestellt sind.

Im Fall einer reinen Vergrößerung ergibt sich aus den Angaben von $f(x,y)$ und $z(x,y)$ für die Bildfunktion

25

$$m(x,y) = f\left(\left(\begin{matrix} x \\ y \end{matrix}\right) + \left(\frac{z(x,y)}{e} - 1\right) \cdot \left(\left(\left(\begin{matrix} x \\ y \end{matrix}\right) \bmod W\right) - W \cdot \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix}\right)\right).$$

Fig. 4(c) zeigt die so berechnete Bildfunktion $m(x,y)$ des Motivbilds 44, das bei passender Skalierung bei Betrachtung mit einem Linsenraster

$$W = \begin{pmatrix} 2\text{mm} & 0 \\ 0 & 2\text{mm} \end{pmatrix}$$

die Darstellung eines hinter der Zeichenebene dreidimensional erscheinenden Würfels erzeugt.

Sollen nicht nur im Raum stehende Körper dargestellt werden, sondern sollen sich die in der Linsenrastervorrichtung erscheinenden Körper bei Änderung der Betrachtungsrichtung in der Tiefe verändern, so tritt anstelle der Vergrößerung $v = z(x,y)/e$ eine Vergrößerungs- und Bewegungsmatrix $A(x,y)$:

$$m(x,y) = f \left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + (A(x,y) - I) \cdot \left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \bmod W \right) - W \cdot \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} \right) \right),$$

wobei die Vergrößerungs- und Bewegungsmatrix $A(x,y)$ im allgemeinen Fall durch

$$A(x,y) = \begin{pmatrix} a_{11}(x,y) & a_{12}(x,y) \\ a_{21}(x,y) & a_{22}(x,y) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{z_1(x,y)}{e} & \frac{z_2(x,y)}{e} \cdot \cot \phi_2(x,y) \\ \frac{z_1(x,y)}{e} \cdot \tan \phi_1(x,y) & \frac{z_2(x,y)}{e} \end{pmatrix}$$

gegeben ist. Zur Illustration seien einige Spezialfälle behandelt:

Beispiel 1:

Es werden zwei Höhenfunktionen $z_1(x,y)$ und $z_2(x,y)$ vorgegeben, so dass die Vergrößerungs- und Bewegungsmatrix $A(x,y)$ die Gestalt

$$A(x,y) = \begin{pmatrix} \frac{z_1(x,y)}{e} & 0 \\ 0 & \frac{z_2(x,y)}{e} \end{pmatrix}$$

erhält. Beim Drehen der Anordnung bei der Betrachtung gehen die Höhenfunktionen $z_1(x,y)$ und $z_2(x,y)$ des dargestellten Körpers ineinander über.

5

Beispiel 2:

Es werden zwei Höhenfunktionen $z_1(x,y)$ und $z_2(x,y)$ und zwei Winkel ϕ_1 und ϕ_2 vorgegeben, so dass die Vergrößerungs- und Bewegungsmatrix

10 $A(x,y)$ die Gestalt

$$A(x,y) = \begin{pmatrix} \frac{z_1(x,y)}{e} & \frac{z_2(x,y)}{e} \cdot \cot \phi_2 \\ \frac{z_1(x,y)}{e} \cdot \tan \phi_1 & \frac{z_2(x,y)}{e} \end{pmatrix}$$

erhält. Beim Drehen der Anordnung bei der Betrachtung gehen die Höhenfunktionen des dargestellten Körpers ineinander über. Die beiden Winkel ϕ_1 und ϕ_2 haben folgende Bedeutung:

15

Bei normaler Betrachtung (Augenabstandsrichtung in x-Richtung) sieht man den Körper im Höhenrelief $z_1(x,y)$ und beim Kippen der Anordnung in x-Richtung bewegt sich der Körper in Richtung ϕ_1 zur x-Achse.

20

Bei um 90° gedrehter Betrachtung (Augenabstandsrichtung in y-Richtung) sieht man den Körper im Höhenrelief $z_2(x,y)$ und beim Kippen der Anordnung in y-Richtung bewegt sich der Körper in Richtung ϕ_2 zur x-Achse .

25

Beispiel 3:

Es werden eine Höhenfunktion $z(x,y)$ und ein Winkel ϕ_1 vorgegeben, so dass die Vergrößerungs- und Bewegungsmatrix $A(x,y)$ die Gestalt

5

$$A(x,y) = \begin{pmatrix} \frac{z_1(x,y)}{e} & 0 \\ \frac{z_1(x,y)}{e} \cdot \tan \phi_1 & 1 \end{pmatrix}$$

erhält. Bei normaler Betrachtung (Augenabstandsrichtung in x-Richtung) und Kippen der Anordnung in x-Richtung bewegt sich der Körper in Richtung ϕ_1 zur x-Achse. Beim Kippen in y-Richtung erfolgt keine Bewegung.

10

In diesem Ausführungsbeispiel ist die Betrachtung auch mit einem passenden Zylinderlinsenraster möglich, beispielsweise mit einem Spaltraster oder Zylinderlinsenraster, dessen Einheitszelle durch

15

$$W = \begin{pmatrix} d & 0 \\ 0 & \infty \end{pmatrix}$$

mit dem Spalt- bzw. Zylinderachsenabstand d gegeben ist, oder mit einem

Lochblenden- bzw. Linsenarray mit $W = \begin{pmatrix} d & 0 \\ d \cdot \tan \beta & d_2 \end{pmatrix}$ mit d_2, β beliebig.

20

Bei einer Zylinderlinsen-Achse in beliebiger Richtung γ und mit Achsenabstand d , also einem Linsenraster

$$W = \begin{pmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma \\ \sin \gamma & \cos \gamma \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} d & 0 \\ 0 & \infty \end{pmatrix}$$

ist die passende Matrix A , bei der in Richtung γ keine Vergrößerung oder Verzerrung vorliegt:

$$A = \begin{pmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma \\ \sin \gamma & \cos \gamma \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \frac{z_1(x,y)}{e} & 0 \\ \frac{z_1(x,y)}{e} \cdot \tan \phi_1 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma \\ -\sin \gamma & \cos \gamma \end{pmatrix}.$$

- 5 Das hiermit für das hinter einem Linsenraster W anzulegende Druck- oder Prägebild erzeugte Muster lässt sich nicht nur mit dem Spaltblenden- bzw. Zylinderlinsen-Array mit Achse in Richtung γ betrachten, sondern auch mit einem Lochblenden- bzw. Linsenarray mit

$$W = \begin{pmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma \\ \sin \gamma & \cos \gamma \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} d & 0 \\ d \cdot \tan \beta & d_2 \end{pmatrix}, \text{ wobei } d_2, \beta \text{ beliebig sein können.}$$

10

Beispiel 4:

Es werden zwei Höhenfunktionen $z_1(x,y)$ und $z_2(x,y)$ und ein Winkel ϕ_2 vorgegeben, so dass die Vergrößerungs- und Bewegungsmatrix $A(x,y)$ die Ge-

15 stalt

$$A(x,y) = \begin{pmatrix} 0 & \frac{z_2(x,y)}{e} \cdot \cot \phi_2 \\ \frac{z_1(x,y)}{e} & \frac{z_2(x,y)}{e} \end{pmatrix}, \quad A(x,y) = \begin{pmatrix} 0 & \frac{z_2(x,y)}{e} \\ \frac{z_1(x,y)}{e} & 0 \end{pmatrix} \text{ wenn } \phi_2 = 0$$

erhält. Beim Drehen der Anordnung bei der Betrachtung gehen die Höhenfunktionen des dargestellten Körpers ineinander über.

20

Weiter weist die Anordnung einen orthoparallaktischen 3D-Effekt auf, wobei sich der Körper bei üblicher Betrachtung (Augenabstandsrichtung in x -

Richtung) und beim Kippen der Anordnung in x-Richtung senkrecht zur x-Achse bewegt.

Bei um 90° gedrehter Betrachtung (Augenabstandsrichtung in y-Richtung)
 5 und beim Kippen der Anordnung in y-Richtung bewegt sich der Körper in Richtung ϕ_2 zur x-Achse.

Eine dreidimensionale Wirkung kommt hier bei üblicher Betrachtung (Augenabstandsrichtung in x-Richtung) allein durch Bewegung zustande.

10

Schnittebenen-Modell

Beim Schnittebenen-Modell wird der dreidimensionale Körper zur Vereinfachung der Berechnung des Motivbilds durch n Schnitte $f_j(x,y)$ und n Transparenz-Stufenfunktionen $t_j(x,y)$ mit $j = 1, \dots, n$, vorgegeben, die zum Beispiel
 15 bei Betrachtung mit Augenabstand in x-Richtung jeweils in einer Tiefe z_j , $z_j > z_{j-1}$ liegen. Die A_j -Matrix muss dann so gewählt werden, dass der linke obere Koeffizient gleich z_j / e ist.

20 Dabei ist $f_j(x,y)$ die Bildfunktion des j-ten Schnitts, die eine Helligkeitsverteilung (Graustufenbild), eine Farbverteilung (Farbbild), eine Binärverteilung (Strichzeichnung) oder auch andere Bildeigenschaften, wie Transparenz, Reflektivität, Dichte oder dergleichen, angeben kann. Die Transparenz-Stufenfunktion $t_j(x,y)$ ist gleich 1, wenn der Schnitt j an der Stelle (x,y) dahinter-
 25 liegende Objekte verdeckt und ist ansonsten gleich 0.

Für die Bildfunktion $m(x,y)$ ergibt sich dann

$$f_j \left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + (A_j - I) \cdot \left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \bmod W \right) - W \cdot \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} \right) \right), \text{ wobei } j \text{ der kleinste Index ist,}$$

für den

$$t_j \left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + (A_j - I) \cdot \left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \bmod W \right) - W \cdot \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} \right) \right) \text{ ungleich Null ist.}$$

- 5 Ein holzschnittartiges oder kupferstichartiges 3D-Bild erhält man beispielsweise, wenn die Schnitte f_j , t_j in folgender Weise durch mehrere Funktionswerte beschrieben werden:

f_j = Schwarz-Weiß-Wert (bzw. Graustufenwert) auf der Konturlinie oder

- 10 Schwarz-Weiß-Werte (bzw. Graustufenwerte) in unterschiedlich ausgedehnten, an den Rand anschließenden Bereichen der Schnittfigur, und

$$t_j = \begin{cases} 1 & \text{Opazität (Deckkraft) innerhalb der Schnittfigur des Körpers} \\ 0 & \text{Opazität (Deckkraft) außerhalb der Schnittfigur des Körpers} \end{cases}$$

- 15 Zur Illustration des Schnittebenen-Modells seien auch hier einige Spezialfälle behandelt:

Beispiel 5:

- 20 Im einfachsten Fall ist die Vergrößerungs- und Bewegungsmatrix gegeben durch

$$A_j = \begin{pmatrix} \frac{z_j}{e} & 0 \\ 0 & \frac{z_j}{e} \end{pmatrix} = \frac{z_j}{e} \cdot I = v_j \cdot I.$$

Bei allen Betrachtungsrichtungen, allen Augenabstandsrichtungen und beim Drehen der Anordnung bleibt die Tiefe unverändert.

Beispiel 6:

5

Es wird ein Änderungsfaktor k ungleich 0 vorgegeben, so dass die Vergrößerungs- und Bewegungsmatrix A_j die Gestalt

$$A_j = \begin{pmatrix} \frac{z_j}{e} & 0 \\ 0 & k \cdot \frac{z_j}{e} \end{pmatrix}$$

10

erhält. Beim Drehen der Anordnung ändert sich der Tiefeneindruck des dargestellten Körpers um den Änderungsfaktor k .

Beispiel 7:

15

Es wird ein Änderungsfaktor k ungleich 0 und zwei Winkel ϕ_1 und ϕ_2 vorgegeben, so dass die Vergrößerungs- und Bewegungsmatrix A_j die Gestalt

$$20 \quad A_j = \begin{pmatrix} \frac{z_j}{e} & k \cdot \frac{z_j}{e} \cdot \cot \phi_2 \\ \frac{z_j}{e} \cdot \tan \phi_1 & k \cdot \frac{z_j}{e} \end{pmatrix}$$

erhält. Bei normaler Betrachtung (Augenabstandsrichtung in x-Richtung) und Kippen der Anordnung in x-Richtung bewegt sich der Körper in Richtung ϕ_1 zur x-Achse, bei um 90° gedrehter Betrachtung (Augenabstandsrichtung in y-Richtung) und Kippen der Anordnung in y-Richtung bewegt sich

25

der Körper in Richtung ϕ_2 zur x-Achse und ist um den Faktor k in der Tiefendimension gedehnt.

Beispiel 8:

5

Es wird ein Winkel ϕ_1 vorgegeben, so dass die Vergrößerungs- und Bewegungsmatrix A_j die Gestalt

$$A_j = \begin{pmatrix} \frac{z_j}{e} & 0 \\ \frac{z_j}{e} \cdot \tan \phi_1 & 1 \end{pmatrix}$$

10

erhält. Bei normaler Betrachtung (Augenabstandsrichtung in x-Richtung) und Kippen der Anordnung in x-Richtung bewegt sich der Körper in Richtung ϕ_1 zur x-Achse. Beim Kippen in y-Richtung erfolgt keine Bewegung.

15 In diesem Ausführungsbeispiel ist die Betrachtung auch mit einem passenden Zylinderlinsenraster möglich, beispielsweise mit einem Spaltraster oder Zylinderlinsenraster, dessen Einheitszelle durch

$$W = \begin{pmatrix} d & 0 \\ 0 & \infty \end{pmatrix}$$

mit dem Spalt- bzw. Zylinderachsenabstand d gegeben ist.

20

Beispiel 9:

Es werden ein Änderungsfaktor k ungleich 0 und ein Winkel ϕ vorgegeben, so dass die Vergrößerungs- und Bewegungsmatrix A_j die Gestalt

25

$$A_j = \begin{pmatrix} 0 & k \cdot \frac{z_j}{e} \cdot \cot \phi \\ \frac{z_j}{e} & k \cdot \frac{z_j}{e} \end{pmatrix}, \quad A_j = \begin{pmatrix} 0 & k \cdot \frac{z_j}{e} \\ \frac{z_j}{e} & 0 \end{pmatrix} \text{ wenn } \phi = 0$$

erhält. Beim waagrechten Kippen kippt der dargestellte Körper senkrecht zur Kipprichtung, beim senkrechten Kippen kippt der Körper in Richtung ϕ zur x-Achse.

5

Beispiel 10:

Er werden ein Änderungsfaktor k ungleich 0 und ein Winkel ϕ_1 vorgegeben, so dass die Vergrößerungs- und Bewegungsmatrix A_j die Gestalt

10

$$A_j = \begin{pmatrix} \frac{z_j}{e} & k \cdot \frac{z_j}{e} \cdot \cot \phi_1 \\ \frac{z_j}{e} \cdot \tan \phi_1 & k \cdot \frac{z_j}{e} \end{pmatrix}$$

erhält. Der dargestellte Körper bewegt sich unabhängig von der Kipprichtung stets in Richtung ϕ_1 zur x-Achse.

15

Gemeinsame Ausgestaltungen

Nachfolgend werden weitere Ausgestaltungen der Erfindung dargestellt, die jeweils am Beispiel des Höhenprofil-Modells erläutert werden, bei dem der darzustellende Körper entsprechend der obigen Erläuterung durch eine zweidimensionale Zeichnung $f(x,y)$ und eine Höhenangabe $z(x,y)$ dargestellt ist. Es versteht sich, dass die nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen jedoch auch im Rahmen der allgemeinen Perspektive und des Schnitt-

20

ebenen-Modells eingesetzt werden können, wobei die zweidimensionale Funktion $f(x,y)$ dann entsprechend durch die dreidimensionalen Funktionen $f(x,y,z)$ und $t(x,y,z)$ bzw. die Schnittbilder $f_j(x,y)$ und $t_j(x,y)$ ersetzt werden.

- 5 Für das Höhenprofil-Modell ist die Bildfunktion $m(x,y)$ allgemein gegeben durch

$$m(x,y) = f \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix} \cdot g(x,y), \text{ mit}$$

$$\begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + V(x,y) \cdot \left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + w_d(x,y) \right) \bmod W \right) - w_d(x,y) - w_c(x,y),$$

10 $w_d(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} d_1(x,y) \\ d_2(x,y) \end{pmatrix}$ und $w_c(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} c_1(x,y) \\ c_2(x,y) \end{pmatrix}$.

Der Vergrößerungsterm $V(x,y)$ ist im Allgemeinen eine Matrix

$$V(x,y) = (A(x,y) - I), \text{ wobei die Matrix } A(x,y) = \begin{pmatrix} a_{11}(x,y) & a_{12}(x,y) \\ a_{21}(x,y) & a_{22}(x,y) \end{pmatrix} \text{ das ge-}$$

- wünschte Vergrößerungs- und Bewegungsverhalten des vorgegebenen Körpers beschreibt, und I die Einheitsmatrix ist. Im Spezialfall einer reinen Vergrößerung ohne Bewegungseffekt ist der Vergrößerungsterm ein Skalar
- 15

$$V(x,y) = \left(\frac{z(x,y)}{e} - 1 \right).$$

- Der Vektor $(c_1(x,y), c_2(x,y))$ mit $0 \leq c_1(x,y), c_2(x,y) < 1$ gibt die relative Position des Zentrums der Betrachtungselemente innerhalb der Zellen des Motivbilds an. Der Vektor $(d_1(x,y), d_2(x,y))$ mit $0 \leq d_1(x,y), d_2(x,y) < 1$ stellt eine Verschiebung der Zellengrenzen im Motivbild dar, und $g(x,y)$ ist eine Maskenfunktion zur Einstellung der Sichtbarkeit des Körpers.
- 20

Beispiel 11:

Für manche Anwendungen kann eine Winkelbeschränkung bei der Betrachtung der Motivbilder erwünscht sein, d.h. das dargestellte dreidimensionale
5 Bild soll nicht aus allen Richtungen sichtbar oder sogar nur in einem kleinen Raumwinkelbereich zu erkennen sein.

Eine solche Winkelbeschränkung kann insbesondere in Kombination mit den weiter unten beschriebenen Wechselbildern von Vorteil sein, da das Um-
10 schalten von einem Motiv zum anderen im Allgemeinen nicht von beiden Augen gleichzeitig wahrgenommen wird. Dies kann dazu führen, dass während des Umschaltens ein unerwünschtes Doppelbild als Überlagerung benachbarter Bildmotive zu sehen ist. Werden die Einzelbilder jedoch durch
15 einen Rand geeigneter Breite gesäumt, kann eine solche visuell unerwünschte Überlagerung unterdrückt werden.

Weiter hat sich gezeigt, dass die Abbildungsqualität bei schräger Aufsicht auf das Linsenarray unter Umständen deutlich nachlassen kann: Während bei senkrechter Betrachtung der Anordnung ein scharfes Bild zu erkennen
20 ist, wird das Bild in diesem Fall bei zunehmendem Kippwinkel unschärfer und wirkt verschwommen. Aus diesem Grund kann eine Winkelbeschränkung auch bei der Darstellung einzelner Bilder vorteilhaft sein, wenn sie insbesondere die Flächenbereiche zwischen den Linsen, die erst bei relativ hohen Kippwinkeln durch die Linsen sondiert werden, ausblendet. Dadurch
25 verschwindet das dreidimensionale Bild für den Betrachter beim Kippen, ehe es verschwommen wahrgenommen werden kann.

Eine solche Winkelbeschränkung kann durch eine Maskenfunktion $g \neq 1$ in der allgemeinen Formel für das Motivbild $m(x,y)$ erreicht werden. Ein einfaches Beispiel für eine solche Maskenfunktion ist

$$5 \quad g \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{cases} 1 & \text{für } (x,y) \bmod W = t_1(w_{11}, w_{21}) + t_2(w_{12}, w_{22}) \\ & \text{mit } k_{11} \leq t_1 \leq k_{12} \text{ und } k_{21} \leq t_2 \leq k_{22} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

mit $0 \leq k_{ij} < 1$. Dadurch wird von der Gitterzelle $(w_{11}, w_{21}), (w_{12}, w_{22})$ nur ein Ausschnitt genutzt, und zwar der Bereich $k_{11} \cdot (w_{11}, w_{21})$ bis $k_{12} \cdot (w_{11}, w_{21})$ in Richtung des ersten Gittervektors und der Bereich $k_{21} \cdot (w_{12}, w_{22})$ bis $k_{22} \cdot (w_{12}, w_{22})$ in Richtung des zweiten Gittervektors. Als Summe der beiden
 10 Randbereiche beträgt die Breite der ausgeblendeten Streifen $(k_{11} + (1 - k_{12})) \cdot (w_{11}, w_{21})$ bzw. $(k_{21} + (1 - k_{22})) \cdot (w_{12}, w_{22})$.

Es versteht sich, dass die Funktion $g(x,y)$ im Allgemeinen die Verteilung be-
 15 legter und freier Flächen innerhalb einer Zelle beliebig vorgeben kann.

Neben einer Winkelbeschränkung können Maskenfunktionen als Bildfeldbeschränkung auch Bereiche definieren, in denen das dreidimensionale Bild nicht sichtbar wird. Die Bereiche in denen $g=0$ ist, können sich in diesem Fall
 20 über eine Vielzahl von Zellen erstrecken. Beispielsweise können die weiter unten genannten Ausgestaltungen mit nebeneinanderliegenden Bildern durch solche makroskopische Maskenfunktionen beschrieben werden. Allgemein ist eine Maskenfunktion zur Bildfeldbeschränkung gegeben durch

$$g \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{cases} 1 & \text{in Bereichen in denen das 3D - Bild sichtbar sein soll} \\ 0 & \text{in Bereichen in denen das 3D - Bild nicht sichtbar sein soll} \end{cases}$$

Bei der Verwendung einer Maskenfunktion $g \neq 1$ erhält man für den Fall von ortsunabhängigen Zellengrenzen im Motivbild aus der Formel für die Bildfunktion $m(x,y)$:

$$m(x,y) = f \left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + (A - I) \cdot \left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \bmod W \right) - W \cdot \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} \right) \right) \cdot g(x,y).$$

Beispiel 12:

10

Bei den bisher beschriebenen Beispielen war der Vektor $(d_1(x,y), d_2(x,y))$ identisch Null, die Zellengrenzen waren über die ganze Fläche gleichförmig verteilt. In manchen Ausgestaltungen kann es jedoch auch von Vorteil sein, das Raster der Zellen in der Motivebene ortsabhängig zu verschieben, um beim Ändern der Betrachtungsrichtung spezielle optische Effekte zu erzielen. Mit $g \equiv 1$ stellt sich die Bildfunktion $m(x,y)$ dann in der Form

15

$$f \left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + (A - I) \cdot \left(\left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + W \begin{pmatrix} d_1(x,y) \\ d_2(x,y) \end{pmatrix} \right) \bmod W \right) - W \begin{pmatrix} d_1(x,y) \\ d_2(x,y) \end{pmatrix} - W \cdot \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} \right) \right)$$

mit $0 \leq d_1(x,y), d_2(x,y) < 1$ dar.

20

Beispiel 13:

Auch der Vektor $(c_1(x,y), c_2(x,y))$ kann eine Funktion des Ortes sein. Mit $g \equiv 1$ stellt sich die Bildfunktion $m(x,y)$ dann in der Form

$$f\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + (A - I) \cdot \left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \bmod W \right) - W \cdot \begin{pmatrix} c_1(x, y) \\ c_2(x, y) \end{pmatrix} \right) \right)$$

mit $0 \leq c_1(x, y), c_2(x, y) < 1$ dar. Selbstverständlich können auch hier der Vektor $(d_1(x, y), d_2(x, y))$ ungleich Null und die Bewegungsmatrix $A(x, y)$ ortsabhängig sein, so dass sich für $g \equiv 1$ allgemein ergibt:

5

$$f\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + (A(x, y) - I) \cdot \left(\left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + W \begin{pmatrix} d_1(x, y) \\ d_2(x, y) \end{pmatrix} \right) \bmod W \right) - W \begin{pmatrix} d_1(x, y) \\ d_2(x, y) \end{pmatrix} - W \cdot \begin{pmatrix} c_1(x, y) \\ c_2(x, y) \end{pmatrix} \right) \right)$$

mit $0 \leq c_1(x, y), c_2(x, y); d_1(x, y), d_2(x, y) < 1$.

Wie weiter oben erläutert, beschreibt der Vektor $(c_1(x, y), c_2(x, y))$ die Position der Zellen in der Motivbildebene relativ zum Linsenarray W , wobei als Bezugspunktemenge das Raster der Linsenzentren betrachtet werden kann. Ist der Vektor $(c_1(x, y), c_2(x, y))$ eine Funktion des Ortes, so bedeutet dies, dass Änderungen von $(c_1(x, y), c_2(x, y))$ sich in einer Änderung der relativen Positionierung zwischen den Zellen in der Motivbildebene und den Linsen manifestieren, was zu Schwankungen in der Periodizität der Motivbildelemente führt.

Beispielsweise kann eine Ortsabhängigkeit des Vektors $(c_1(x, y), c_2(x, y))$ vorteilhaft eingesetzt werden, wenn eine Folienbahn verwendet wird, die auf der Vorderseite eine Linsenprägung mit vollflächig homogenem Raster W trägt. Prägt man auf der Rückseite eine Modulo-Vergrößerungsanordnung mit ortsunabhängigem $(c_1(x, y), c_2(x, y))$ ein, so bleibt es dem Zufall überlassen, unter welchen Betrachtungswinkeln man welche Features erkennt, wenn keine exakte Registrierung zwischen Vorder- und Rückseitenprägung möglich ist. Variiert man hingegen $(c_1(x, y), c_2(x, y))$ quer zur Folienlaufrichtung, so findet sich ein streifenförmiger Bereich in Laufrichtung der Folie,

der die geforderte Positionierung zwischen Vorder- und Rückseitenprägung erfüllt.

Darüber hinaus kann man $(c_1(x,y), c_2(x,y))$ beispielsweise auch in Laufrichtung der Folie variieren, um in jedem Streifen in Längsrichtung der Folie Abschnitte vorzufinden, welche die richtige Registrierung aufweisen. Dadurch lässt sich verhindern, dass metallisierte Hologrammstreifen oder Sicherheitsfäden von Banknote zu Banknote unterschiedlich aussehen.

10 **Beispiel 14:**

In einem weiteren Ausführungsbeispiel soll das dreidimensionale Bild nicht nur bei Betrachtung durch ein normales Loch/Linsenraster, sondern auch bei Betrachtung durch ein Spaltraster oder Zylinderlinsenraster sichtbar sein, wobei als dreidimensionales Bild insbesondere ein sich nicht periodisch wiederholendes Einzelbild vorgegeben sein kann.

Auch dieser Fall kann durch die allgemeine Formel für $m(x,y)$ beschrieben werden, wobei man, wenn das anzulegende Motivbild in Spalt/Zylinder- richtung nicht gegenüber dem darzustellenden Bild transformiert ist, eine spezielle Matrix A benötigt, die folgendermaßen ermittelt werden kann:

Liegt die Zylinderachsenrichtung in y-Richtung und ist der Zylinderachsenabstand d , so wird das Spalt- oder Zylinderlinsenraster beschrieben durch:

25

$$W = \begin{pmatrix} d & 0 \\ 0 & \infty \end{pmatrix}.$$

Die passende Matrix A, bei der in y-Richtung keine Vergrößerung oder Verzerrung vorliegt, ist dann:

- 61 -

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & 0 \\ a_{21} & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_1 \cdot \cos \phi_1 & 0 \\ v_1 \cdot \sin \phi_1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{z_1}{e} & 0 \\ \frac{z_1}{e} \cdot \tan \phi_1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Dabei wirkt die Matrix (A-I) in der Beziehung (A-I)W nur auf die erste Zeile von W, so dass W einen unendlich langen Zylinder darstellen kann.

5

Das anzulegende Motivbild mit der Zylinderachse in y-Richtung ergibt sich dann zu:

$$f\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_{11} - 1 & 0 \\ a_{21} & 0 \end{pmatrix} \cdot \left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \bmod W \right) - W \cdot \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} \right) = f\left(\begin{pmatrix} x + (a_{11} - 1) \cdot ((x \bmod d) - d \cdot c_1) \\ y + a_{21} \cdot ((x \bmod d) - d \cdot c_1) \end{pmatrix}\right)$$

10

wobei auch möglich ist, dass der Träger von $f\left(\begin{pmatrix} a_{11} - 1 & 0 \\ a_{21} & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}\right)$ nicht in eine

Zelle W passt, und dabei so groß ist, dass das anzulegende Muster in den Zellen keine kompletten zusammenhängenden Bilder zeigt. Das so erzeugte Muster lässt sich nicht nur mit dem Spaltblenden- bzw. Zylinderlinsen-

15 Array $W = \begin{pmatrix} d & 0 \\ 0 & \infty \end{pmatrix}$ betrachten, sondern auch mit einem Lochblenden- bzw.

Linsenarray mit $W = \begin{pmatrix} d & 0 \\ d \cdot \tan \beta & d_2 \end{pmatrix}$, wobei d_2 und β beliebig sind.

Gemeinsame Ausgestaltungen für die Darstellung mehrerer Körper

20 Bei den bisherigen Ausführungen stellt die Modulo-Vergrößerungsanordnung bei der Betrachtung meist ein einzelnes dreidimensionales Bild (Körper) dar. Die Erfindung umfasst jedoch auch Gestaltungen, bei denen mehrere dreidimensionale Bilder gleichzeitig oder im Wechsel dargestellt werden.

Bei der gleichzeitigen Darstellung können die dreidimensionalen Bilder insbesondere verschiedenes Bewegungsverhalten beim Kippen der Anordnung aufweisen. Bei im Wechsel dargestellten dreidimensionalen Bildern können diese insbesondere beim Kippen der Anordnung ineinander übergehen. Die
 5 verschiedenen Bilder können voneinander unabhängig sein oder inhaltlich aufeinander bezogen sein und beispielsweise einen Bewegungsablauf darstellen.

Auch hier wird das Prinzip am Beispiel des Höhenprofil-Modells erläutert,
 10 wobei sich wieder versteht, dass die beschriebenen Ausführungsformen bei entsprechender Anpassung bzw. Ersetzung der Funktionen $f_i(x,y)$ auch im Rahmen der allgemeinen Perspektive mit Körperfunktionen $f_i(x,y,z)$ und Transparenz-Stufenfunktionen $t_i(x,y,z)$ bzw. im Rahmen des Schnittebenen-Modells mit Schnittbildern $f_{ij}(x,y)$ und Transparenz-Stufenfunktionen $t_{ij}(x,y)$
 15 eingesetzt werden können.

Es soll eine Mehrzahl $N \geq 1$ vorgegebener dreidimensionaler Körper dargestellt werden, die durch Höhenprofile mit zweidimensionalen Darstellungen der Körper $f_i(x,y)$, $i=1,2,\dots,N$ und durch Höhenfunktionen $z_i(x,y)$ gegeben
 20 sind, die jeweils für jeden Punkt (x,y) des vorgegebenen Körpers f_i eine Höhen-/Tiefeninformation enthalten. Für das Höhenprofil-Modell ist die Bildfunktion $m(x,y)$ dann allgemein gegeben durch

$$m(x,y) = F(h_1, h_2, \dots, h_N), \text{ mit den beschreibenden Funktionen}$$

25

$$h_i(x,y) = f_i \begin{pmatrix} x_{iK} \\ y_{iK} \end{pmatrix} \cdot g_i(x,y), \text{ mit}$$

$$\begin{pmatrix} x_{iK} \\ y_{iK} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + V_i(x,y) \cdot \left(\left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + w_{di}(x,y) \right) \bmod W \right) - w_{di}(x,y) - w_{ci}(x,y) \right),$$

$$w_{di}(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} d_{i1}(x,y) \\ d_{i2}(x,y) \end{pmatrix} \text{ und } w_{ci}(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} c_{i1}(x,y) \\ c_{i2}(x,y) \end{pmatrix}.$$

Dabei ist $F(h_1, h_2, \dots, h_N)$ eine Masterfunktion, die eine Verknüpfung der N beschreibenden Funktionen $h_i(x,y)$ angibt. Die Vergrößerungsterme $V_i(x,y)$ sind entweder Skalare

$$V_i(x,y) = \left(\frac{z_i(x,y)}{e} - 1 \right),$$

mit dem effektiven Abstand des Betrachtungsrasters vom Motivbild e , oder Matrizen

$V_i(x,y) = (A_i(x,y) - I)$, wobei die Matrizen

$$10 \quad A_i(x,y) = \begin{pmatrix} a_{i11}(x,y) & a_{i12}(x,y) \\ a_{i21}(x,y) & a_{i22}(x,y) \end{pmatrix} \text{ jeweils das gewünschte Vergrößerungs- und}$$

Bewegungsverhalten des vorgegebenen Körpers f_i beschreiben und I die Einheitsmatrix ist. Die Vektoren $(c_{i1}(x,y), c_{i2}(x,y))$ mit $0 \leq c_{i1}(x,y), c_{i2}(x,y) < 1$ geben für den Körper f_i jeweils die relative Position des Zentrums der Betrachtungselemente innerhalb der Zellen i des Motivbilds an. Die Vektoren $(d_{i1}(x,y), d_{i2}(x,y))$ mit $0 \leq d_{i1}(x,y), d_{i2}(x,y) < 1$ stellen jeweils eine Verschiebung der Zellengrenzen im Motivbild dar, und $g_i(x,y)$ sind Maskenfunktionen zur Einstellung der Sichtbarkeit des Körpers f_i .

Beispiel 14:

20

Ein einfaches Beispiel für Gestaltungen mit mehreren dreidimensionalen Bildern (Körpern) ist ein einfaches Kippbild, bei dem sich zwei dreidimensionale Körper $f_1(x,y)$ und $f_2(x,y)$ abwechseln, sobald das Sicherheitselement in entsprechender Weise gekippt wird. Unter welchen Betrachtungswinkeln der Wechsel zwischen den beiden Körpern stattfindet, wird durch die Maskenfunktionen g_1 und g_2 festgelegt. Um zu verhindern, dass - selbst bei Be-

25

trachtung mit nur einem Auge – beide Bilder gleichzeitig zu sehen sind, werden die Träger der Funktionen g_1 und g_2 disjunkt gewählt.

Als Masterfunktion F wird die Summenfunktion gewählt. Damit ergibt sich

5 für die Bildfunktion des Motivbilds $m(x,y)$:

$$\begin{aligned} & \left(f_1 \left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + (A_1 - I) \cdot \left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \bmod W \right) - W \cdot \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} \right) \right) \right) \cdot g_1 \left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \right) + \\ & + \left(f_2 \left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + (A_2 - I) \cdot \left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \bmod W \right) - W \cdot \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} \right) \right) \right) \cdot g_2 \left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \right) \end{aligned}$$

wobei für ein schachbrettartiges Wechseln der Sichtbarkeit der beiden Bilder

$$\begin{aligned} 10 \quad g_1 \left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \right) &= \begin{cases} 1 & \text{für } (x,y) \bmod W = t_1(w_{11}, w_{21}) + t_2(w_{12}, w_{22}) \\ & \text{mit } 0 \leq t_1, t_2 < 0.5 \text{ oder } 0.5 \leq t_1, t_2 < 1 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \\ g_2 \left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \right) &= \begin{cases} 0 & \text{für } (x,y) \bmod W = t_1(w_{11}, w_{21}) + t_2(w_{12}, w_{22}) \\ & \text{mit } 0 \leq t_1, t_2 < 0.5 \text{ oder } 0.5 \leq t_1, t_2 < 1 \\ 1 & \text{sonst} \end{cases} \\ g_2 \left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \right) &= 1 - g_1 \left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \right) \end{aligned}$$

gewählt wird. In diesem Beispiel wurden die Grenzen zwischen den Bildbe-
reichen im Motivbild bei 0,5 gewählt, so dass die zu den beiden Bildern f_1

15 und f_2 gehörigen Flächenabschnitte gleich groß sind. Natürlich können die
Grenzen im allgemeinen Fall beliebig gewählt werden. Die Lage der Grenzen

bestimmt die Raumwinkelbereiche, von denen aus die beiden dreidimensionalen Bilder zu sehen sind.

- 5 Statt schachbrettartig können sich die dargestellten Bilder auch streifenweise abwechseln, beispielsweise durch Verwendung der folgenden Maskenfunktionen:

$$g_1 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{cases} 1 & \text{für } (x, y) \bmod W = t_1(w_{11}, w_{21}) + t_2(w_{12}, w_{22}) \\ & \text{mit } 0 \leq t_1 < 0.5 \text{ und } t_2 \text{ beliebig} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

$$g_2 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{cases} 0 & \text{für } (x, y) \bmod W = t_1(w_{11}, w_{21}) + t_2(w_{12}, w_{22}) \\ & \text{mit } 0 \leq t_1 < 0.5 \text{ und } t_2 \text{ beliebig} \\ 1 & \text{sonst} \end{cases}$$

- 10 In diesem Fall tritt ein Wechsel der Bildinformation auf, wenn das Sicherheitselement entlang der durch den Vektor (w_{11}, w_{21}) angegebenen Richtung gekippt wird, wohingegen Kippen entlang des zweiten Vektors (w_{12}, w_{22}) zu keinem Bildwechsel führt. Auch hier wurde die Grenze bei 0,5 gewählt, d.h. die Fläche des Motivbilds wurde in Streifen gleicher Breite aufgeteilt, die
- 15 abwechselnd die Informationen der beiden dreidimensionalen Bilder enthalten.

- Liegen die Streifengrenzen exakt unter den Linsenmittelpunkten bzw. den Linsengrenzen, so sind die Raumwinkelbereiche, unter denen die beiden
- 20 Bilder zu sehen sind, gleich verteilt: beginnend bei senkrechtem Aufblick sieht man von der rechten Hälfte der Hemisphäre aus betrachtet zunächst das eine der beiden dreidimensionalen Bilder, von der linken Hälfte der

Hemisphäre zunächst das andere dreidimensionale Bild. Im Allgemeinen kann die Grenze zwischen den Streifen natürlich beliebig gelegt werden.

Beispiel 15:

5

Bei dem nunmehr beschriebenen Modulo-Morphing oder Modulo-Cinema stehen die verschiedenen dreidimensionalen Bilder in direktem Sinnzusammenhang, wobei sich im Fall des Modulo-Morphing ein Startbild über eine definierte Anzahl von Zwischenstadien in ein Endbild verwandelt, und beim

10 Modulo-Cinema vorzugsweise einfache Bewegungsabläufe gezeigt werden.

Die dreidimensionalen Bilder seien im Höhenprofil-Modell durch Bilder

$$f_1 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}, f_2 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \dots \dots f_n \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \text{ und } z_1(x,y) \dots z_n(x,y) \text{ gegeben, die beim Kippen}$$

entlang der durch den Vektor (w_{11}, w_{21}) vorgegebenen Richtung nacheinander

15 erscheinen sollen. Um dies zu erreichen, wird mithilfe der Maskenfunktionen g_i eine Einteilung in Streifen gleicher Breite vorgenommen. Wird auch hier $w_{di} = 0$ für $i=1 \dots n$ gewählt, und als Masterfunktion F die Summenfunktion verwendet, so ergibt sich für die Bildfunktion des Motivbilds

20

$$m(x,y) = \sum_{i=1}^n \left(\left(f_i \left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + (A_i - I) \cdot \left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \bmod W - W \cdot \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} \right) \right) \right) \cdot g_i \left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \right)$$

$$g_i \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{cases} 1 & \text{für } (x,y) \bmod W = t_1(w_{11}, w_{21}) + t_2(w_{12}, w_{22}) \\ & \text{mit } \frac{i-1}{n} \leq t_1 < \frac{i}{n} \text{ und } t_2 \text{ beliebig} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Verallgemeinernd kann auch hier anstelle der in der Formel ausgedrückten regelmäßigen Aufteilung die Streifenbreite unregelmäßig gewählt werden.

Es ist zwar zweckmäßig, die Bilderfolge durch Kippen entlang einer Richtung (lineare Kippbewegung) abzurufen, zwingend erforderlich ist dies allerdings nicht. Stattdessen können die Morph- bzw. Bewegungseffekte beispielsweise auch durch mäanderförmige oder spiralenförmige Kippbewegungen abgespielt werden.

Beispiel 16:

Bei den Beispielen 14 und 15 war grundsätzlich das Ziel, aus einer bestimmten Betrachtungsrichtung immer nur ein einziges dreidimensionales Bild erkennen zu lassen, nicht jedoch zwei oder mehrere gleichzeitig. Die gleichzeitige Sichtbarkeit mehrerer Bilder ist im Rahmen der Erfindung jedoch ebenfalls möglich und kann zu attraktiven optischen Effekten führen. Die verschiedenen dreidimensionalen Bilder f_i können dabei völlig unabhängig voneinander behandelt werden. Dies gilt sowohl für die jeweiligen Bildinhalte, als auch für die scheinbare Lage der dargestellten Objekte und deren Bewegung im Raum.

Während die Bildinhalte mithilfe von Zeichnungen wiedergegeben werden können, werden Lage und Bewegung der dargestellten Objekte in den Dimensionen des Raums mithilfe der Bewegungsmatrizen A_i beschrieben. Auch die relative Phase der einzelnen dargestellten Bilder kann individuell eingestellt werden, wie durch die Koeffizienten c_{ij} in der allgemeinen Formel für $m(x,y)$ ausgedrückt. Die relative Phase steuert, bei welchen Betrachtungsrichtungen die Motive zu erkennen sind. Wird der Einfachheit halber für die Maskenfunktionen g_i jeweils die Einheitsfunktion gewählt, sind die Zellengrenzen im Motivbild nicht ortsabhängig verschoben, und wird als Masterfunktion F die Summenfunktion gewählt, so ergibt sich für eine Reihe übereinandergelegter dreidimensionaler Bilder f_i :

$$m(x,y) = \sum_i \left(f_i \left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + (A_i - I) \cdot \left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \bmod W - W \cdot \begin{pmatrix} c_{i1} \\ c_{i2} \end{pmatrix} \right) \right) \right) \right).$$

Bei der Überlagerung mehrerer Bilder entspricht die Verwendung der Summenfunktion als Masterfunktion je nach Charakter der Bildfunktion f einer
 5 Addition der Grau-, Farb-, Transparenz- oder Dichte-Werte, wobei die resultierenden Bildwerte bei Überschreiten des maximalen Wertebereichs typischerweise auf den Maximalwert gesetzt werden.

Es kann jedoch auch günstiger sein, andere Funktionen als die Summenfunktion für die Masterfunktion F zu wählen, beispielsweise eine ODER-Verknüpfung, eine Exklusiv-Oder- (XOR)-Verknüpfung oder die Maximums-
 10 funktion. Weitere Möglichkeiten bestehen darin, das Signal mit dem geringsten Funktionswert zu wählen, oder wie oben die Summe aller an einem bestimmten Punkt zusammentreffender Funktionswerte zu bilden. Gibt es eine
 15 maximale Obergrenze, beispielsweise die maximale Belichtungsintensität eines Laserbelichters, so kann man die Summe bei diesem Maximalwert abschneiden.

Durch passende Sichtbarkeitsverknüpfungen, Mischung und Überlagerung
 20 mehrerer Bilder können z.B. auch „3D-Röntgenbilder“ dargestellt werden, wobei eine „Außenhaut“ und ein „Innenskelett“ gemischt und überlagert werden

Beispiel 17:

25

Alle im Rahmen dieser Beschreibung diskutierten Ausgestaltungen können auch nebeneinander oder ineinander angeordnet werden, beispielsweise als Wechselbilder oder als übereinandergelegte Bilder. Die Grenzen zwischen

den Bildteilen müssen dabei nicht geradlinig verlaufen, sondern können beliebig gestaltet werden. Insbesondere können die Grenzen so gewählt werden, dass sie die Umrisslinien von Symbolen oder Schriftzügen, Muster, Formen jedweder Art, Pflanzen, Tieren oder Menschen darstellen.

5

Die neben- oder ineinander angeordneten Bildteile werden in bevorzugten Ausgestaltungen mit einem einheitlichen Linsenarray betrachtet. Zusätzlich kann sich auch die Vergrößerungs- und Bewegungsmatrix A der verschiedenen Bildteile unterscheiden, um beispielsweise spezielle Bewegungseffekte der einzelnen vergrößerten Motive zu ermöglichen. Es kann von Vorteil sein, die Phasenbeziehung zwischen den Bildteilen zu steuern, damit die vergrößerten Motive in definiertem Abstand zueinander erscheinen.

10

Weiterbildungen für alle Ausgestaltungen

15

Mithilfe der oben beschriebenen Formeln für das Motivbild $m(x,y)$ lässt sich die Mikrostrukturebene so berechnen, dass sie bei Betrachtung mithilfe eines Linsenrasters ein dreidimensional wirkendes Objekt wiedergibt. Dies beruht im Grunde darauf, dass der Vergrößerungsfaktor ortsabhängig ist, die Motivfragmente in den verschiedenen Zellen also unterschiedliche Größen aufweisen können.

20

Diese dreidimensionale Anmutung lässt sich verstärken, indem man Flächen unterschiedlicher Neigung mit Blazegittern (Sägezahn-Gittern) füllt, deren Parameter sich voneinander unterscheiden. Ein Blazegitter ist dabei durch Angabe der Parameter Azimutwinkel Φ , Periode d und Neigung α definiert.

25

Anschaulich erklären lässt sich dies anhand sogenannter Fresnel-Strukturen: Für das optische Erscheinungsbild einer dreidimensionalen Struktur ist die

Reflexion des auftreffenden Lichts an der Oberfläche der Struktur entscheidend. Da das Volumen des Körpers für diesen Effekt nicht ausschlaggebend ist, kann es mithilfe eines einfachen Algorithmus eliminiert werden. Dabei können runde Flächen durch eine Vielzahl kleiner ebener Flächen angenähert werden.

Bei der Elimination des Volumens ist darauf zu achten, dass die Tiefe der Strukturen in einem Bereich liegt, der mithilfe der beabsichtigten Herstellungsprozesse zugänglich ist und innerhalb des Fokusbereichs der Linsen liegt. Darüber hinaus kann es von Vorteil sein, wenn die Periode d der Sägezähne ausreichend groß ist, um die Entstehung von farbig wirkenden Beugungseffekten weitgehend zu vermeiden.

Diese Weiterbildung der Erfindung beruht also darauf, zwei Methoden zur Erzeugung dreidimensional anmutender Strukturen miteinander zu kombinieren: ortsabhängiger Vergrößerungsfaktor und Füllung mit Fresnel-Strukturen, Blazegittern oder anderen optisch wirksamen Strukturen, wie etwa Subwellenlängenstrukturen.

Bei der Berechnung eines Punktes in der Mikrostrukturebene wird nicht nur der Wert des Höhenprofils an dieser Stelle berücksichtigt (der in die Vergrößerung an dieser Stelle einfließt), sondern auch optische Eigenschaften an dieser Stelle. Im Gegensatz zu den bisher diskutierten Fällen, in denen auch binäre Muster in der Mikrostrukturebene ausreichen, ist zur Realisierung dieser Weiterbildung der Erfindung eine dreidimensionale Strukturierung der Mikrostrukturebene erforderlich.

Beispiel: dreiseitige Pyramide

Aufgrund der ortsabhängigen Vergrößerung sind in den Zellen der Mikrostrukturebene unterschiedlich große Fragmente der dreiseitigen Pyramide untergebracht. Jeder der drei Seiten wird ein Blazegitter zugeordnet, die sich hinsichtlich ihres Azimutwinkels unterscheiden. Im Falle einer geraden gleichseitigen Pyramide betragen die Azimutwinkel 0° , 120° und 240° . Alle Flächenbereiche, welche Seite 1 der Pyramide darstellen, werden mit dem Blazegitter mit Azimut 0° ausgestattet - unabhängig von ihrer durch die ortsabhängige A-Matrix definierten Größe. Entsprechend wird mit den Seiten 2 und 3 der Pyramide verfahren: sie werden mit Blazegittern mit Azimutwinkel 120° (Seite 2) bzw. 240° (Seite 3) gefüllt. Durch Bedampfen der so entstehenden dreidimensionalen Mikrostrukturebene mit Metall (z.B. 50 nm Aluminium) wird die Reflektivität der Oberfläche erhöht und der 3D-Effekt zusätzlich verstärkt.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung Licht absorbierender Strukturen. Anstelle von Blazegittern können auch Strukturen verwendet werden, die Licht nicht nur reflektieren, sondern in verstärktem Maße auch absorbieren. Dies ist in der Regel dann der Fall, wenn das Aspektverhältnis Tiefe / Breite (Periode bzw. Quasiperiode) relativ hoch ist, beispielsweise $1/1$ oder $2/1$ oder höher. Die Periode bzw. Quasiperiode kann sich vom Bereich der Subwellenlängenstrukturen bis hin zu Mikrostrukturen erstrecken - dies hängt auch von der Größe der Zellen ab. Wie dunkel eine Fläche erscheinen soll, kann beispielsweise über die Flächendichte der Strukturen oder das Aspektverhältnis geregelt werden. Flächen unterschiedlicher Neigung können Strukturen mit unterschiedlich starken Absorptionseigenschaften zugeordnet werden.

Zuletzt sei eine Verallgemeinerung der Modulo-Vergrößerungsanordnung erwähnt, bei der die Linsenelemente (bzw. allgemein die Betrachtungselemente) nicht in Form eines regelmäßigen Gitters angeordnet sein müssen, sondern mit unterschiedlichen Abständen beliebig im Raum verteilt sein können. Das auf Betrachtung mit einer solchen allgemeinen Betrachtungselement-Anordnung ausgelegte Motivbild lässt sich dann nicht mehr in der Modulo-Schreibweise beschreiben, ist jedoch durch folgende Beziehung

$$m(x,y) = \sum_{w \in W} \chi_{M(w)}(x,y) \cdot (f_2 \circ p_w^{-1})(x,y, \min(p_w(f_1^{-1}(1)) \cap pr_{XY}^{-1}(x,y), e_z))$$

10 eindeutig festgelegt. Dabei ist

$$pr_{XY} : R^3 \rightarrow R^2, \quad pr_{XY}(x, y, z) = (x, y)$$

die Projektion auf XY-Ebene,

$$\langle a,b \rangle$$

15 stellt das Skalarprodukt dar, wobei $\langle (x, y, z), e_z \rangle$, das Skalarprodukt von (x, y, z) mit $e_z = (0, 0, 1)$ die z-Komponente ergibt, und die Mengenschreibweise

$$\langle A, x \rangle = \{ \langle a, x \rangle \mid a \in A \}$$

zur Abkürzung eingeführt wurde. Weiter wird die charakteristische Funktion verwendet, die für eine Menge A gegeben ist durch

$$20 \quad \chi_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{falls } x \in A \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

und das Lochraster bzw. Linsenraster $W = \{ w_1, w_2, w_3, \dots \}$ ist durch eine beliebige diskrete Teilmenge von R^3 gegeben.

Die Perspektivenabbildung zum Rasterpunkt $w_m = (x_m, y_m, z_m)$ ist gegeben durch

$$p_{w_m} : R^3 \rightarrow R^3,$$

$$p_{w_m}(x, y, z) = ((z_m x - x_m z)/(z_m - z), (z_m y - y_m z)/(z_m - z), (z_m z)/(z_m - z))$$

Jedem Rasterpunkt $w \in W$ wird eine Teilmenge $M(w)$ der Zeichenebene zugeordnet. Hierbei seien für verschiedene Rasterpunkte die zugehörigen Teilmengen disjunkt.

- 5 Der zu modellierende Körper K werde durch die Funktion $f = (f_1, f_2): \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^2$ definiert, wobei

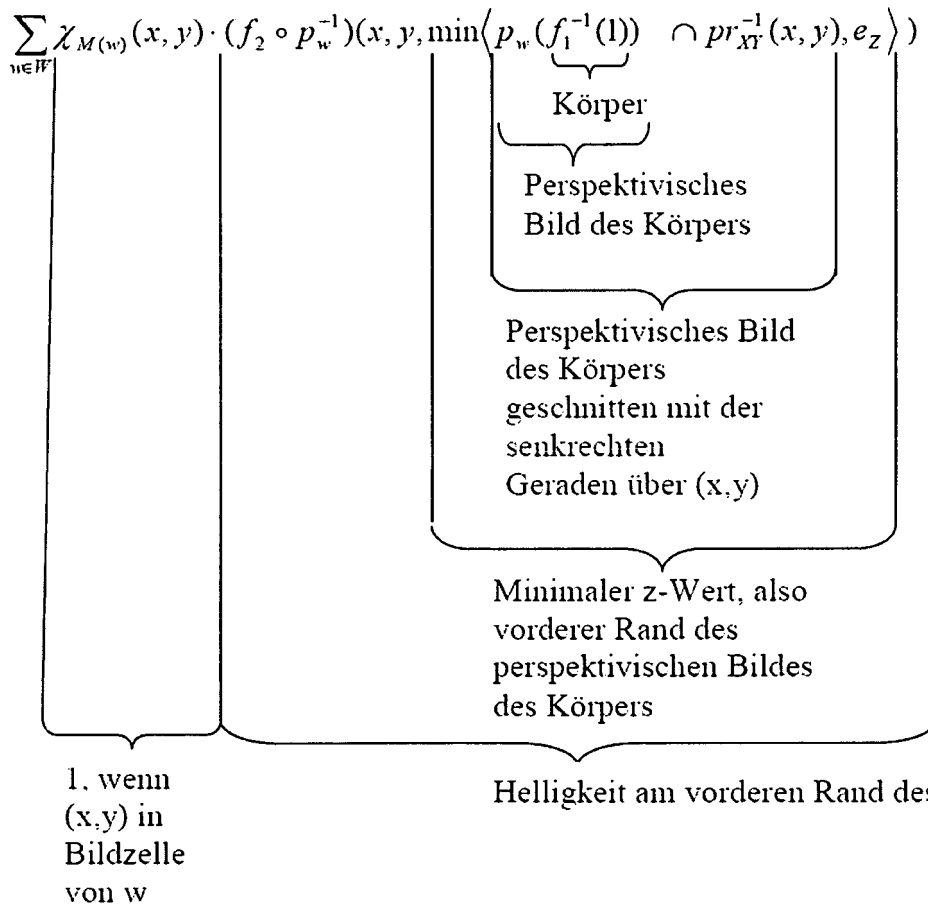
$$f_1(x, y, z) = \begin{cases} 1 & \text{falls } x \in K \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

$$f_2(x, y, z) = \text{Helligkeit des Körpers } K \text{ an der Stelle } (x, y, z)$$

ist.

10

Dann lässt sich die oben genannte Formel wie folgt verstehen:



Patentansprüche

1. Darstellungsanordnung für Sicherheitspapiere, Wertdokumente,
elektronische Anzeigeeinrichtungen oder andere Datenträger, mit einer Ras-
5 terbildanordnung zur Darstellung eines vorgegebenen dreidimensionalen
Körpers, der durch eine Körperfunktion $f(x,y,z)$ gegeben ist, mit

10 - einem Motivbild, das in eine Mehrzahl von Zellen eingeteilt ist, in de-
nen jeweils abgebildete Bereiche des vorgegebenen Körpers angeord-
net sind,

15 - einem Betrachtungsraster aus einer Mehrzahl von Betrachtungsele-
menten zur Darstellung des vorgegebenen Körpers bei der Betracht-
ung des Motivbilds mithilfe des Betrachtungsrasters,

20 - wobei das Motivbild mit seiner Einteilung in eine Mehrzahl von Zel-
len eine Bildfunktion $m(x,y)$ aufweist, die gegeben ist durch

$$m(x,y) = f \left(\begin{array}{c} x_K \\ y_K \\ z_K(x,y,x_m,y_m) \end{array} \right) \cdot g(x,y), \text{ mit}$$

20

$$\begin{pmatrix} x_K \\ y_K \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + V(x,y,x_m,y_m) \cdot \left(\left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + w_d(x,y) \right) \bmod W \right) - w_d(x,y) - w_c(x,y) \right)$$

$$w_d(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} d_1(x,y) \\ d_2(x,y) \end{pmatrix} \text{ und } w_c(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} c_1(x,y) \\ c_2(x,y) \end{pmatrix}, \text{ wobei}$$

- die Einheitszelle des Betrachtungsrasters durch Gitterzellenvektoren

$$w_1 = \begin{pmatrix} w_{11} \\ w_{21} \end{pmatrix} \text{ und } w_2 = \begin{pmatrix} w_{12} \\ w_{22} \end{pmatrix} \text{ beschrieben und in der Matrix } W =$$

$$\begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{pmatrix} \text{ zusammengefasst ist, und } x_m \text{ und } y_m \text{ die Gitterpunkte des}$$

W-Gitters bezeichnen,

5

- der Vergrößerungsterm $V(x,y, x_m,y_m)$ entweder ein Skalar

$$V(x,y, x_m,y_m) = \left(\frac{z_k(x,y, x_m,y_m)}{e} - 1 \right) \text{ ist, mit dem effektiven Abstand}$$

des Betrachtungsrasters vom Motivbild e , oder eine Matrix

$V(x,y, x_m,y_m) = (A(x,y, x_m,y_m) - I)$ ist, wobei die Matrix

$$10 \quad A(x,y, x_m,y_m) = \begin{pmatrix} a_{11}(x,y, x_m,y_m) & a_{12}(x,y, x_m,y_m) \\ a_{21}(x,y, x_m,y_m) & a_{22}(x,y, x_m,y_m) \end{pmatrix} \text{ ein gewünschtes}$$

Vergrößerungs- und Bewegungsverhalten des vorgegebenen Körpers beschreibt und I die Einheitsmatrix ist,

- der Vektor $(c_1(x,y), c_2(x,y))$ mit $0 \leq c_1(x,y), c_2(x,y) < 1$ die relative Position des Zentrums der Betrachtungselemente innerhalb der Zellen des Motivbilds angibt ,

15

- der Vektor $(d_1(x,y), d_2(x,y))$ mit $0 \leq d_1(x,y), d_2(x,y) < 1$ eine Verschiebung der Zellengrenzen im Motivbild darstellt, und

20

- $g(x,y)$ eine Maskenfunktion zur Einstellung der Sichtbarkeit des Körpers ist.

2. Darstellungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**
25 **dass** der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V(x,y, x_m,y_m) = (A(x,y, x_m,y_m)$

- I) mit $a_{11}(x,y, x_m,y_m) = z_K(x,y, x_m,y_m)/e$ gegeben ist, so dass die Rasterbildanordnung den vorgegebenen Körper bei Betrachtung des Motivbilds mit Augenabstand in x-Richtung darstellt.

5 3. Darstellungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,
 dass der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V(x,y, x_m,y_m) = (A(x,y, x_m,y_m)$
 - I) mit $(a_{11} \cos^2\psi + (a_{12} + a_{21}) \cos\psi \sin\psi + a_{22} \sin^2\psi) = z_K(x,y, x_m,y_m) / e$
 gegeben ist, so dass die Rasterbildanordnung den vorgegebenen Körper bei
 Betrachtung des Motivbilds mit Augenabstand in Richtung ψ zur x-Achse
 10 darstellt.

4. Darstellungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis
 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich zur Körperfunktion $f(x,y,z)$ eine
 Transparenz-Stufenfunktion $t(x,y,z)$ gegeben ist, wobei $t(x,y,z)$ gleich 1 ist,
 15 wenn der Körper $f(x,y,z)$ an der Stelle (x,y,z) den Hintergrund verdeckt und
 ansonsten gleich 0 ist, und wobei für Blickrichtung im Wesentlichen in Rich-
 tung der z-Achse für $z_K(x,y,x_m,y_m)$ der kleinste Wert zu nehmen ist, für den
 $t(x,y,z_K)$ ungleich Null ist, um die Körpervorderseite von außen zu betrach-
 ten, und wobei für Blickrichtung im Wesentlichen in Richtung der z-Achse
 20 für $z_K(x,y,x_m,y_m)$ der größte Wert zu nehmen ist, für den $t(x,y,z_K)$ ungleich
 Null ist, um die Körperrückseite von innen zu betrachten.

5. Darstellungsanordnung für Sicherheitspapiere, Wertdokumente,
 elektronische Anzeigeeinrichtungen oder andere Datenträger, mit einer Ras-
 25 terbildanordnung zur Darstellung eines vorgegebenen dreidimensionalen
 Körpers, der durch ein Höhenprofil mit einer zweidimensionalen Darstel-
 lung des Körpers $f(x,y)$ und einer Höhenfunktion $z(x,y)$ gegeben ist, die für
 jeden Punkt (x,y) des vorgegebenen Körpers eine Höhen-/Tiefeninformation
 enthält, mit

- einem Motivbild, das in eine Mehrzahl von Zellen eingeteilt ist, in denen jeweils abgebildete Bereiche des vorgegebenen Körpers angeordnet sind,
- 5 - einem Betrachtungsraster aus einer Mehrzahl von Betrachtungselementen zur Darstellung des vorgegebenen Körpers bei der Betrachtung des Motivbilds mithilfe des Betrachtungsrasters,
- wobei das Motivbild mit seiner Einteilung in eine Mehrzahl von Zellen eine Bildfunktion $m(x,y)$ aufweist, die gegeben ist durch

10

$$m(x,y) = f\left(\begin{matrix} x_k \\ y_k \end{matrix}\right) \cdot g(x,y), \text{ mit}$$

$$\begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + V(x,y) \cdot \left(\left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + w_d(x,y) \right) \bmod W \right) - w_d(x,y) - w_c(x,y) \right),$$

$$15 \quad w_d(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} d_1(x,y) \\ d_2(x,y) \end{pmatrix} \text{ und } w_c(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} c_1(x,y) \\ c_2(x,y) \end{pmatrix}, \text{ wobei}$$

- die Einheitszelle des Betrachtungsrasters durch Gitterzellenvektoren

$$w_1 = \begin{pmatrix} w_{11} \\ w_{21} \end{pmatrix} \text{ und } w_2 = \begin{pmatrix} w_{12} \\ w_{22} \end{pmatrix} \text{ beschrieben und in der Matrix } W =$$

$$\begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{pmatrix} \text{ zusammengefasst ist,}$$

20

- der Vergrößerungsterm $V(x,y)$ entweder ein Skalar

$$V(x,y) = \left(\frac{z(x,y)}{e} - 1 \right) \text{ ist, mit dem effektiven Abstand des Betrachtungsrasters vom Motivbild } e, \text{ oder eine Matrix}$$

$V(x,y) = (A(x,y) - I)$ ist, wobei die Matrix $A(x,y) = \begin{pmatrix} a_{11}(x,y) & a_{12}(x,y) \\ a_{21}(x,y) & a_{22}(x,y) \end{pmatrix}$

ein gewünschtes Vergrößerungs- und Bewegungsverhalten des vorgegebenen Körpers beschreibt, und I die Einheitsmatrix ist,

- 5 - der Vektor $(c_1(x,y), c_2(x,y))$ mit $0 \leq c_1(x,y), c_2(x,y) < 1$ die relative Position des Zentrums der Betrachtungselemente innerhalb der Zellen des Motivbilds angibt ,
- der Vektor $(d_1(x,y), d_2(x,y))$ mit $0 \leq d_1(x,y), d_2(x,y) < 1$ eine Verschiebung der Zellengrenzen im Motivbild darstellt, und
- 10 - $g(x,y)$ eine Maskenfunktion zur Einstellung der Sichtbarkeit des Körpers ist.

- 15 6. Darstellungsanordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei Höhenfunktionen $z_1(x,y)$ und $z_2(x,y)$ und zwei Winkel $\phi_1(x,y)$ und $\phi_2(x,y)$ vorgegeben sind und dass der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V(x,y) = (A(x,y) - I)$ mit

$$20 \quad A(x,y) = \begin{pmatrix} a_{11}(x,y) & a_{12}(x,y) \\ a_{21}(x,y) & a_{22}(x,y) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{z_1(x,y)}{e} & \frac{z_2(x,y)}{e} \cdot \cot \phi_2(x,y) \\ \frac{z_1(x,y)}{e} \cdot \tan \phi_1(x,y) & \frac{z_2(x,y)}{e} \end{pmatrix}$$

gegeben ist.

7. Darstellungsanordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei Höhenfunktionen $z_1(x,y)$ und $z_2(x,y)$ vorgegeben sind und dass
- 25 der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V(x,y) = (A(x,y) - I)$ mit

$$A(x,y) = \begin{pmatrix} \frac{z_1(x,y)}{e} & 0 \\ 0 & \frac{z_2(x,y)}{e} \end{pmatrix}$$

gegeben ist.

- 5 8. Darstellungsanordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Höhenfunktion $z(x,y)$ und ein Winkel ϕ_1 vorgegeben sind und dass der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V(x,y) = (A(x,y) - I)$ mit

$$A(x,y) = \begin{pmatrix} \frac{z_1(x,y)}{e} & 0 \\ \frac{z_1(x,y)}{e} \cdot \tan \phi_1 & 1 \end{pmatrix}$$

10

gegeben ist, so dass sich der dargestellte Körper bei Betrachtung mit Augenabstand in x-Richtung und Kippen der Anordnung in x-Richtung in Richtung ϕ_1 zur x-Achse bewegt und beim Kippen in y-Richtung keine Bewegung erfolgt.

15

9. Darstellungsanordnung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Betrachtungsraster ein Spaltraster, Zylinderlinsenraster oder Zylinderhohlspiegelraster ist, dessen Einheitszelle durch

$$W = \begin{pmatrix} d & 0 \\ 0 & \infty \end{pmatrix}$$

20 mit dem Spalt- bzw. Zylinderachsenabstand d gegeben ist.

10. Darstellungsanordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Höhenfunktion $z(x,y)$, ein Winkel ϕ_1 und durch einen Winkel

γ eine Richtung vorgegeben sind und dass der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V(x,y) = (A(x,y) - I)$ mit

$$A = \begin{pmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma \\ \sin \gamma & \cos \gamma \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \frac{z_1(x,y)}{e} & 0 \\ \frac{z_1(x,y)}{e} \cdot \tan \phi_1 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma \\ -\sin \gamma & \cos \gamma \end{pmatrix}$$

5

gegeben ist.

11. Darstellungsanordnung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Betrachtungsraster ein Spaltraster, Zylinderlinsenraster oder Zylinderhohlspiegelraster ist, dessen Einheitszelle durch

$$W = \begin{pmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma \\ \sin \gamma & \cos \gamma \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} d & 0 \\ 0 & \infty \end{pmatrix}$$

gegeben ist, wobei d den Spalt- bzw. Zylinderachsenabstand und γ die Richtung der Spalt- bzw. Zylinderachse angibt.

12. Darstellungsanordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei Höhenfunktionen $z_1(x,y)$ und $z_2(x,y)$ und ein Winkel ϕ_2 vorgegeben sind und dass der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V(x,y) = (A(x,y) - I)$ mit

$$A(x,y) = \begin{pmatrix} 0 & \frac{z_2(x,y)}{e} \cdot \cot \phi_2 \\ \frac{z_1(x,y)}{e} & \frac{z_2(x,y)}{e} \end{pmatrix}, \quad A(x,y) = \begin{pmatrix} 0 & \frac{z_2(x,y)}{e} \\ \frac{z_1(x,y)}{e} & 0 \end{pmatrix} \quad \text{wenn } \phi_2 = 0$$

gegeben ist, so dass sich der dargestellte Körper bei Betrachtung mit Augenabstand in x-Richtung und Kippen der Anordnung in x-Richtung senkrecht

zur x-Achse bewegt und bei Betrachtung mit Augenabstand in y-Richtung und Kippen der Anordnung in y-Richtung in Richtung ϕ_2 zur x-Achse bewegt.

- 5 13. Darstellungsanordnung für Sicherheitspapiere, Wertdokumente, elektronische Anzeigeeinrichtungen oder andere Datenträger, mit einer Rasterbildanordnung zur Darstellung eines vorgegebenen dreidimensionalen Körpers, der durch n Schnitte $f_j(x,y)$ und n Transparenz-Stufenfunktionen $t_j(x,y)$ mit $j = 1, \dots, n$, gegeben ist, wobei die Schnitte bei Betrachtung mit Augenabstand in x-Richtung jeweils in einer Tiefe z_j , $z_j > z_{j-1}$ liegen und wobei $f_j(x,y)$ die Bildfunktion des j-ten Schnitts ist und die Transparenz-Stufenfunktion $t_j(x,y)$ gleich 1 ist, wenn der Schnitt j an der Stelle (x,y) dahinterliegende Objekte verdeckt und ansonsten gleich 0 ist, mit
- 10
- 15 - einem Motivbild, das in eine Mehrzahl von Zellen eingeteilt ist, in denen jeweils abgebildete Bereiche des vorgegebenen Körpers angeordnet sind,
- einem Betrachtungsraster aus einer Mehrzahl von Betrachtungselementen zur Darstellung des vorgegebenen Körpers bei der Betrachtung des Motivbilds mithilfe des Betrachtungsrasters,
- 20
- wobei das Motivbild mit seiner Einteilung in eine Mehrzahl von Zellen eine Bildfunktion $m(x,y)$ aufweist, die gegeben ist durch

25

$$m(x,y) = f_j \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix} \cdot g(x,y), \text{ mit}$$

- 82 -

$$\begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + V_j \cdot \left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + w_d(x, y) \right) \bmod W \right) - w_d(x, y) - w_c(x, y),$$

$$w_d(x, y) = W \cdot \begin{pmatrix} d_1(x, y) \\ d_2(x, y) \end{pmatrix} \text{ und } w_c(x, y) = W \cdot \begin{pmatrix} c_1(x, y) \\ c_2(x, y) \end{pmatrix}, \text{ wobei für } j \text{ der}$$

kleinste oder der größte Index zu nehmen ist, für den $t_j \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix}$ ungleich

Null ist, und wobei

5

- die Einheitszelle des Betrachtungsrasters durch Gitterzellenvektoren

$$w_1 = \begin{pmatrix} w_{11} \\ w_{21} \end{pmatrix} \text{ und } w_2 = \begin{pmatrix} w_{12} \\ w_{22} \end{pmatrix} \text{ beschrieben und in der Matrix } W =$$

$$\begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{pmatrix} \text{ zusammengefasst ist,}$$

- 10 - der Vergrößerungsterm V_j entweder ein Skalar $V_j = \left(\frac{z_j}{e} - 1 \right)$ ist, mit

dem effektiven Abstand des Betrachtungsrasters vom Motivbild e ,

oder eine Matrix $V_j = (A_j - I)$ ist, wobei die Matrix $A_j = \begin{pmatrix} a_{j11} & a_{j12} \\ a_{j21} & a_{j22} \end{pmatrix}$ ein

gewünschtes Vergrößerungs- und Bewegungsverhalten des vorgegebenen Körpers beschreibt, und I die Einheitsmatrix ist,

15

- der Vektor $(c_1(x, y), c_2(x, y))$ mit $0 \leq c_1(x, y), c_2(x, y) < 1$ die relative Position des Zentrums der Betrachtungselemente innerhalb der Zellen des Motivbilds angibt,

- 20 - der Vektor $(d_1(x, y), d_2(x, y))$ mit $0 \leq d_1(x, y), d_2(x, y) < 1$ eine Verschiebung der Zellengrenzen im Motivbild darstellt, und

- $g(x,y)$ eine Maskenfunktion zur Einstellung der Sichtbarkeit des Körpers ist.

14. Darstellungsanordnung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**,
5 **dass** ein Änderungsfaktor k ungleich 0 vorgegeben ist und der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V_j=(A_j - I)$ mit

$$A_j = \begin{pmatrix} \frac{z_j}{e} & 0 \\ 0 & k \cdot \frac{z_j}{e} \end{pmatrix}$$

gegeben ist, so dass sich beim Drehen der Anordnung der Tiefeneindruck des dargestellten Körpers um den Änderungsfaktor k ändert.

10

15. Darstellungsanordnung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**,
dass ein Änderungsfaktor k ungleich 0 und zwei Winkel ϕ_1 und
 ϕ_2 vorgegeben sind und der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V_j=(A_j - I)$ mit

$$15 \quad A_j = \begin{pmatrix} \frac{z_j}{e} & k \cdot \frac{z_j}{e} \cdot \cot \phi_2 \\ \frac{z_j}{e} \cdot \tan \phi_1 & k \cdot \frac{z_j}{e} \end{pmatrix}$$

- gegeben ist, so dass sich der dargestellte Körper bei Betrachtung mit Augenabstand in x -Richtung und Kippen der Anordnung in x -Richtung in Richtung ϕ_1 zur x -Achse bewegt und bei Betrachtung mit Augenabstand in y -Richtung und Kippen der Anordnung in y -Richtung in Richtung ϕ_2 zur x -
20 Achse bewegt und um den Änderungsfaktor k in der Tiefendimension gedehnt ist.

16. Darstellungsanordnung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Winkel ϕ_1 vorgegeben ist und dass der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V_j=(A_j - I)$ mit

$$A_j = \begin{pmatrix} \frac{z_j}{e} & 0 \\ \frac{z_j}{e} \cdot \tan \phi_1 & 1 \end{pmatrix}$$

5 gegeben ist, so dass sich der dargestellte Körper bei Betrachtung mit Augenabstand in x-Richtung und Kippen der Anordnung in x-Richtung in Richtung ϕ_1 zur x-Achse bewegt und beim Kippen in y-Richtung keine Bewegung erfolgt.

10 17. Darstellungsanordnung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Betrachtungsraster ein Spaltraster, Zylinderlinsenraster oder Zylinderhohlspiegelraster ist, dessen Einheitszelle durch

$$W = \begin{pmatrix} d & 0 \\ 0 & \infty \end{pmatrix}$$

mit dem Spalt- bzw. Zylinderachsenabstand d gegeben ist.

15

18. Darstellungsanordnung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Winkel ϕ_1 und durch einen Winkel γ eine Richtung vorgegeben sind und dass der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V_j=(A_j - I)$ mit

$$A_j = \begin{pmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma \\ \sin \gamma & \cos \gamma \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \frac{z_j}{e} & 0 \\ \frac{z_j}{e} \cdot \tan \phi_1 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma \\ -\sin \gamma & \cos \gamma \end{pmatrix}$$

20 gegeben ist.

19. Darstellungsanordnung nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Betrachtungsraster ein Spaltraster, Zylinderlinsenraster oder Zylinderhohlspiegelraster ist, dessen Einheitszelle durch

$$W = \begin{pmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma \\ \sin \gamma & \cos \gamma \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} d & 0 \\ 0 & \infty \end{pmatrix}$$

gegeben ist, wobei d den Spalt- bzw. Zylinderachsenabstand und γ die Richtung der Spalt- bzw. Zylinderachse angibt.

- 5 20. Darstellungsanordnung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Änderungsfaktor k ungleich 0 und ein Winkel ϕ vorgegeben sind und dass der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V_j = (A_j - I)$ mit

$$A_j = \begin{pmatrix} 0 & k \cdot \frac{z_j}{e} \cdot \cot \phi \\ \frac{z_j}{e} & k \cdot \frac{z_j}{e} \end{pmatrix}, \quad A_j = \begin{pmatrix} 0 & k \cdot \frac{z_j}{e} \\ \frac{z_j}{e} & 0 \end{pmatrix} \text{ wenn } \phi = 0$$

- gegeben ist, so dass sich der dargestellte Körper beim waagrechten Kippen
10 senkrecht zur Kipprichtung und beim senkrechten Kippen in Richtung ϕ zur x -Achse bewegt.

21. Darstellungsanordnung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Änderungsfaktor k ungleich 0 und ein Winkel ϕ_1 vorgegeben sind
15 und dass der Vergrößerungsterm durch eine Matrix $V_j = (A_j - I)$ mit

$$A_j = \begin{pmatrix} \frac{z_j}{e} & k \cdot \frac{z_j}{e} \cdot \cot \phi_1 \\ \frac{z_j}{e} \cdot \tan \phi_1 & k \cdot \frac{z_j}{e} \end{pmatrix}$$

gegeben ist, so dass sich der dargestellte Körper unabhängig von der Kipp-
richtung stets in Richtung ϕ_1 zur x -Achse bewegt.

- 20 22. Darstellungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zellengrenzen im Motivbild ortsabhängig verschoben sind, vorzugsweise, dass das Motivbild zwei oder mehr

Teilbereiche mit unterschiedlichem, jeweils konstantem Zellenraster aufweist.

23. Darstellungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis
5 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Maskenfunktion g identisch 1 ist.

24. Darstellungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis
22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Maskenfunktion g in Teilbereichen,
insbesondere in Randbereichen, der Zellen des Motivbilds Null ist und so
10 eine Winkelbeschränkung bei der Betrachtung des dargestellten Bilds be-
schreibt.

25. Darstellungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis
24, **dadurch gekennzeichnet, dass** die relative Position des Zentrums der
15 Betrachtungselemente innerhalb der Zellen des Motivbilds ortsunabhängig,
der Vektor (c_1, c_2) also konstant ist.

26. Darstellungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis
24, **dadurch gekennzeichnet, dass** die relative Position des Zentrums der
20 Betrachtungselemente innerhalb der Zellen des Motivbilds ortsabhängig ist.

27. Darstellungsanordnung für Sicherheitspapiere, Wertdokumente,
elektronische Anzeigeeinrichtungen oder andere Datenträger, mit einer Ras-
terbildanordnung zur Darstellung einer Mehrzahl vorgegebener dreidimen-
25 sionaler Körper, die durch Körperfunktionen $f_i(x,y,z)$, $i=1,2,\dots,N$, mit $N \geq 1$,
gegeben sind, mit

- einem Motivbild, das in eine Mehrzahl von Zellen eingeteilt ist, in denen jeweils abgebildete Bereiche der vorgegebenen Körper angeordnet sind,
- 5 - einem Betrachtungsraster aus einer Mehrzahl von Betrachtungselementen zur Darstellung der vorgegebenen Körper bei der Betrachtung des Motivbilds mithilfe des Betrachtungsrasters,
- wobei das Motivbild mit seiner Einteilung in eine Mehrzahl von Zellen eine Bildfunktion $m(x,y)$ aufweist, die gegeben ist durch

10

$m(x,y) = F(h_1, h_2, \dots, h_N)$, mit den beschreibenden Funktionen

$$h_i(x,y) = f_i \begin{pmatrix} x_{ik} \\ y_{ik} \\ z_{ik}(x,y,x_m,y_m) \end{pmatrix} \cdot g_i(x,y), \text{ mit}$$

15

$$\begin{pmatrix} x_{ik} \\ y_{ik} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + V_i(x,y,x_m,y_m) \cdot \left(\left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + w_{di}(x,y) \right) \bmod W \right) - w_{di}(x,y) - w_{ci}(x,y) \right)$$

$$w_{di}(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} d_{i1}(x,y) \\ d_{i2}(x,y) \end{pmatrix} \text{ und } w_{ci}(x,y) = W \cdot \begin{pmatrix} c_{i1}(x,y) \\ c_{i2}(x,y) \end{pmatrix},$$

- 20 - wobei $F(h_1, h_2, \dots, h_N)$ eine Masterfunktion ist, die eine Verknüpfung der N beschreibenden Funktionen $h_i(x,y)$ angibt, und wobei
- die Einheitszelle des Betrachtungsrasters durch Gitterzellenvektoren $w_1 = \begin{pmatrix} w_{11} \\ w_{21} \end{pmatrix}$ und $w_2 = \begin{pmatrix} w_{12} \\ w_{22} \end{pmatrix}$ beschrieben und in der Matrix $W =$

$\begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{pmatrix}$ zusammengefasst ist, und x_m und y_m die Gitterpunkte des

W-Gitters bezeichnen,

- die Vergrößerungsterme $V_i(x,y, x_m, y_m)$ entweder Skalare

5 $V_i(x,y, x_m, y_m) = \left(\frac{z_{iK}(x,y, x_m, y_m)}{e} - 1 \right)$ sind, mit dem effektiven Abstand

des Betrachtungsrasters vom Motivbild e , oder Matrizen

$V_i(x,y, x_m, y_m) = (A_i(x,y, x_m, y_m) - I)$ sind, wobei die Matrizen

$$A_i(x,y, x_m, y_m) = \begin{pmatrix} a_{i11}(x,y, x_m, y_m) & a_{i12}(x,y, x_m, y_m) \\ a_{i21}(x,y, x_m, y_m) & a_{i22}(x,y, x_m, y_m) \end{pmatrix} \text{ jeweils ein ge-}$$

wünschtes Vergrößerungs- und Bewegungsverhalten des vorgegebenen

10 Körpers f_i beschreiben und I die Einheitsmatrix ist,

- die Vektoren $(c_{i1}(x,y), c_{i2}(x,y))$ mit $0 \leq c_{i1}(x,y), c_{i2}(x,y) < 1$ für den Körper f_i jeweils die relative Position des Zentrums der Betrachtungselemente innerhalb der Zellen i des Motivbilds angeben,

15

- die Vektoren $(d_{i1}(x,y), d_{i2}(x,y))$ mit $0 \leq d_{i1}(x,y), d_{i2}(x,y) < 1$ jeweils eine Verschiebung der Zellengrenzen im Motivbild darstellen, und

- $g_i(x,y)$ Maskenfunktionen zur Einstellung der Sichtbarkeit des Körpers f_i sind.

20

28. Darstellungsanordnung nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzlich zu den Körperfunktionen $f_i(x,y,z)$ Transparenz-Stufenfunktionen $t_i(x,y,z)$ gegeben sind, wobei $t_i(x,y,z)$ gleich 1 ist, wenn der Körper $f_i(x,y,z)$ an der Stelle (x,y,z) den Hintergrund verdeckt, und ansonsten gleich 0 ist, und wobei für Blickrichtung im Wesentlichen in Richtung der z -Achse

25

für $z_{iK}(x,y,x_m,y_m)$ der kleinste Wert zu nehmen ist, für den $t_i(x,y,z_K)$ ungleich Null ist, um die Körpervorderseite des Körpers f_i von außen zu betrachten, und wobei für Blickrichtung im Wesentlichen in Richtung der z-Achse für $z_{iK}(x,y,x_m,y_m)$ der größte Wert zu nehmen ist, für den $t_i(x,y,z_K)$ ungleich Null
 5 ist, um die Körperrückseite des Körpers f_i von innen zu betrachten.

29. Darstellungsanordnung für Sicherheitspapiere, Wertdokumente, elektronische Anzeigeeinrichtungen oder andere Datenträger, mit einer Rasterbildanordnung zur Darstellung einer Mehrzahl vorgegebener dreidimensionalen Körper, die durch Höhenprofile mit zweidimensionalen Darstellungen
 10 der Körper $f_i(x,y)$, $i=1,2,\dots,N$, mit $N\geq 1$ und durch Höhenfunktionen $z_i(x,y)$ gegeben sind, die jeweils für jeden Punkt (x,y) des vorgegebenen Körpers f_i eine Höhen-/Tiefeninformation enthalten, mit

- 15 - einem Motivbild, das in eine Mehrzahl von Zellen eingeteilt ist, in denen jeweils abgebildete Bereiche der vorgegebenen Körper angeordnet sind,
- einem Betrachtungsraster aus einer Mehrzahl von Betrachtungselementen zur Darstellung der vorgegebenen Körper bei der Betrachtung
 20 des Motivbilds mithilfe des Betrachtungsrasters,
- wobei das Motivbild mit seiner Einteilung in eine Mehrzahl von Zellen eine Bildfunktion $m(x,y)$ aufweist, die gegeben ist durch

25

$m(x,y) = F(h_1, h_2, \dots, h_N)$, mit den beschreibenden Funktionen

$$h_i(x,y) = f_i \begin{pmatrix} x_{iK} \\ y_{iK} \end{pmatrix} \cdot g_i(x,y), \text{ mit}$$

$$\begin{pmatrix} x_{iK} \\ y_{iK} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + V_i(x, y) \cdot \left(\left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + w_{di}(x, y) \right) \bmod W \right) - w_{di}(x, y) - w_{ci}(x, y) \right)$$

$$w_{di}(x, y) = W \cdot \begin{pmatrix} d_{i1}(x, y) \\ d_{i2}(x, y) \end{pmatrix} \text{ und } w_{ci}(x, y) = W \cdot \begin{pmatrix} c_{i1}(x, y) \\ c_{i2}(x, y) \end{pmatrix},$$

5

- wobei $F(h_1, h_2, \dots, h_N)$ eine Masterfunktion ist, die eine Verknüpfung der N beschreibenden Funktionen $h_i(x, y)$ angibt, und wobei

- die Einheitszelle des Betrachtungsrasters durch Gitterzellenvektoren

10 $w_1 = \begin{pmatrix} w_{11} \\ w_{21} \end{pmatrix}$ und $w_2 = \begin{pmatrix} w_{12} \\ w_{22} \end{pmatrix}$ beschrieben und in der Matrix $W =$

$$\begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{pmatrix} \text{ zusammengefasst ist,}$$

- die Vergrößerungsterme $V_i(x, y)$ entweder Skalare

$$V_i(x, y) = \left(\frac{z_i(x, y)}{e} - 1 \right) \text{ sind, mit dem effektiven Abstand des Betrachtungs-}$$

15

rasters vom Motivbild e , oder Matrizen

$V_i(x, y) = (A_i(x, y) - I)$ sind, wobei die Matrizen

$$A_i(x, y) = \begin{pmatrix} a_{i11}(x, y) & a_{i12}(x, y) \\ a_{i21}(x, y) & a_{i22}(x, y) \end{pmatrix} \text{ jeweils ein gewünschtes Vergröße-}$$

rungs- und Bewegungsverhalten des vorgegebenen Körpers f_i beschreiben und I die Einheitsmatrix ist,

20

- die Vektoren $(c_{i1}(x, y), c_{i2}(x, y))$ mit $0 \leq c_{i1}(x, y), c_{i2}(x, y) < 1$ für den Körper f_i jeweils die relative Position des Zentrums der Betrachtungselemente innerhalb der Zellen i des Motivbilds angeben,

- die Vektoren $(d_{i1}(x,y), d_{i2}(x,y))$ mit $0 \leq d_{i1}(x,y), d_{i2}(x,y) < 1$ jeweils eine Verschiebung der Zellengrenzen im Motivbild darstellen, und
- $g_i(x,y)$ Maskenfunktionen zur Einstellung der Sichtbarkeit des Körpers f_i sind.

30. Darstellungsanordnung für Sicherheitspapiere, Wertdokumente, elektronische Anzeigeeinrichtungen oder andere Datenträger, mit einer Rasterbildanordnung zur Darstellung einer Mehrzahl ($N \geq 1$) vorgegebener dreidimensionaler Körper, die jeweils durch n_i Schnitte $f_{ij}(x,y)$ und n_i Transparenz-Stufenfunktionen $t_{ij}(x,y)$ mit $i=1,2,\dots,N$ und $j = 1,2,\dots,n_i$, gegeben sind, wobei die Schnitte des Körpers i bei Betrachtung mit Augenabstand in x -Richtung jeweils in einer Tiefe z_{ij} liegen und wobei $f_{ij}(x,y)$ die Bildfunktion des j -ten Schnitts des i -ten Körpers ist und die Transparenz-Stufenfunktion $t_{ij}(x,y)$ gleich 1 ist, wenn der Schnitt j des Körpers i an der Stelle (x,y) dahinterliegende Objekte verdeckt und ansonsten gleich 0 ist, mit

- einem Motivbild, das in eine Mehrzahl von Zellen eingeteilt ist, in denen jeweils abgebildete Bereiche der vorgegebenen Körper angeordnet sind,
- einem Betrachtungsraster aus einer Mehrzahl von Betrachtungselementen zur Darstellung der vorgegebenen Körper bei der Betrachtung des Motivbilds mithilfe des Betrachtungsrasters,
- wobei das Motivbild mit seiner Einteilung in eine Mehrzahl von Zellen eine Bildfunktion $m(x,y)$ aufweist, die gegeben ist durch

$$m(x,y) = F(h_{11}, h_{12}, \dots, h_{1n_1}, h_{21}, h_{22}, \dots, h_{2n_2}, \dots, h_{N1}, h_{N2}, \dots, h_{Nn_N}),$$

mit den beschreibenden Funktionen

$$h_{ij} = f_{ij} \begin{pmatrix} x_{iK} \\ y_{iK} \end{pmatrix} \cdot g_{ij}(x, y), \text{ mit}$$

$$\begin{pmatrix} x_{iK} \\ y_{iK} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + V_{ij} \cdot \left(\left(\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + w_{di}(x, y) \right) \bmod W \right) - w_{di}(x, y) - w_{ci}(x, y) \right)$$

5 $w_{di}(x, y) = W \cdot \begin{pmatrix} d_{i1}(x, y) \\ d_{i2}(x, y) \end{pmatrix}$ und $w_{ci}(x, y) = W \cdot \begin{pmatrix} c_{i1}(x, y) \\ c_{i2}(x, y) \end{pmatrix}$, wobei für ij jeweils das Indexpaar zu nehmen ist, für das $t_{ij} \begin{pmatrix} x_{iK} \\ y_{iK} \end{pmatrix}$ ungleich Null und z_{ij} minimal oder maximal ist, und

- wobei $F(h_{11}, h_{12}, \dots, h_{1n_1}, h_{21}, h_{22}, \dots, h_{2n_2}, \dots, h_{N1}, h_{N2}, \dots, h_{Nn_N})$ eine Master-
 10 funktion ist, die eine Verknüpfung der beschreibenden Funktionen $h_{ij}(x, y)$ angibt, und wobei

- die Einheitszelle des Betrachtungsrasters durch Gitterzellenvektoren $w_1 = \begin{pmatrix} w_{11} \\ w_{21} \end{pmatrix}$ und $w_2 = \begin{pmatrix} w_{12} \\ w_{22} \end{pmatrix}$ beschrieben und in der Matrix $W =$

15 $\begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{pmatrix}$ zusammengefasst ist,

- die Vergrößerungsterme V_{ij} entweder Skalare $V_{ij} = \left(\frac{z_{ij}}{e} - 1 \right)$ sind, mit dem effektiven Abstand des Betrachtungsrasters vom Motivbild e ,
 oder Matrizen $V_{ij} = (A_{ij} - I)$ sind, wobei die Matrizen $A_{ij} = \begin{pmatrix} a_{ij11} & a_{ij12} \\ a_{ij21} & a_{ij22} \end{pmatrix}$
 20 jeweils ein gewünschtes Vergrößerungs- und Bewegungsverhalten des vorgegebenen Körpers f_i beschreiben und I die Einheitsmatrix ist,

- die Vektoren $(c_{i1}(x,y), c_{i2}(x,y))$ mit $0 \leq c_{i1}(x,y), c_{i2}(x,y) < 1$ für den Körper f_i jeweils die relative Position des Zentrums der Betrachtungselemente innerhalb der Zellen i des Motivbilds angeben,
- 5
- die Vektoren $(d_{i1}(x,y), d_{i2}(x,y))$ mit $0 \leq d_{i1}(x,y), d_{i2}(x,y) < 1$ jeweils eine Verschiebung der Zellengrenzen im Motivbild darstellen, und
 - $g_{ij}(x,y)$ Maskenfunktionen zur Einstellung der Sichtbarkeit des Körpers f_i sind.
- 10
31. Darstellungsanordnung nach einem der Ansprüche 27 bis 30, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine der beschreibenden Funktionen $h_i(x,y)$ bzw. $h_{ij}(x,y)$ wie in den Ansprüchen 1 bis 21 für die Bildfunktion $m(x,y)$ angegeben gestaltet ist.
- 15
32. Darstellungsanordnung nach einem der Ansprüche 27 bis 31, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rasterbildanordnung ein Wechselbild, ein Bewegungsbild oder ein Morphbild darstellt.
- 20
33. Darstellungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 27 bis 32, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Maskenfunktionen g_i bzw. g_{ij} ein streifenartiges oder schachbrettartiges Wechseln der Sichtbarkeit der Körper f_i festlegen.
- 25
34. Darstellungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 27 bis 33, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Masterfunktion F die Summenfunktion darstellt.

35. Darstellungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 27 bis 34, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei oder mehr dreidimensionale Körper f_i gleichzeitig sichtbar sind.
- 5 36. Darstellungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 35, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Betrachtungsraster und das Motivbild fest miteinander verbunden sind um ein Sicherheitselement mit beabstandet übereinander angeordnetem Betrachtungsraster und Motivbild zu bilden.
- 10 37. Darstellungsanordnung nach Anspruch 36, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Motivbild und das Betrachtungsraster an gegenüberliegenden Flächen einer optischen Abstandsschicht angeordnet sind.
- 15 38. Darstellungsanordnung nach Anspruch 36 oder 37, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sicherheitselement ein Sicherheitsfaden, ein Aufreißfaden, ein Sicherheitsband, ein Sicherheitsstreifen, ein Patch oder ein Etikett zum Aufbringen auf ein Sicherheitspapier, Wertdokument oder dergleichen ist.
- 20 39. Darstellungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 36 bis 38, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gesamtdicke des Sicherheitselements unterhalb von 50 μm , bevorzugt unterhalb von 30 μm und besonders bevorzugt unterhalb von 20 μm liegt.
- 25 40. Darstellungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 35, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Betrachtungsraster und das Motivbild so an verschiedenen Stellen eines Datenträgers angeordnet sind, dass das Betrachtungsraster und das Motivbild zur Selbstauthentifizierung überein-

anderlegbar sind und im übereinandergelegten Zustand ein Sicherheitselement bilden.

41. Darstellungsanordnung nach Anspruch 40, **dadurch gekennzeichnet**,
5 **dass** das Betrachtungsraster und das Motivbild durch Biegen, Falten, Knicken oder Klappen des Datenträgers übereinanderlegbar sind.

42. Darstellungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis
10 **41, dadurch gekennzeichnet, dass** das Motivbild zur Verstärkung des dreidimensionalen visuellen Eindrucks mit Fresnel-Strukturen, Blazegittern oder anderen optisch wirksamen Strukturen, wie etwa Subwellenlängenstrukturen, gefüllt ist.

43. Darstellungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis
15 **42, dadurch gekennzeichnet, dass** die Bildinhalte einzelner Zellen des Motivbilds nach der Bestimmung der Bildfunktion $m(x,y)$ miteinander vertauscht sind.

44. Darstellungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis
20 **35 oder 43, dadurch gekennzeichnet, dass** das Motivbild von einer elektronischen Anzeigeeinrichtung angezeigt ist, und das Betrachtungsraster zur Betrachtung des angezeigten Motivbilds fest mit der elektronischen Anzeigeeinrichtung verbunden ist.

25 45. Darstellungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 35 oder 43, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Motivbild von einer elektronischen Anzeigeeinrichtung angezeigt ist, und dass das Betrachtungsraster als ein separates Betrachtungsraster zur Betrachtung des angezeigten Motivbilds auf oder vor die elektronische Anzeigeeinrichtung bringbar ist.

46. Sicherheitspapier für die Herstellung von Sicherheits- oder Wertdokumenten, wie Banknoten, Schecks, Ausweiskarten, Urkunden oder dergleichen, mit einer Darstellungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 43.

5

47. Datenträger, insbesondere Markenartikel, Wertdokument, dekorativer Artikel oder dergleichen, mit einer Darstellungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 43.

10 48. Datenträger nach Anspruch 47, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Betrachtungsraster und/oder das Motivbild der Darstellungsanordnung in einem Fensterbereich des Datenträgers angeordnet ist.

15 49. Elektronische Anzeigeanordnung mit einer elektronische Anzeigeeinrichtung, insbesondere einem Computer- oder Fernsehbildschirm, einer Steuereinrichtung und einer Darstellungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 35 oder 43 bis 45, wobei die Steuereinrichtung ausgelegt und eingerichtet ist, das Motivbild der Darstellungsanordnung auf der elektronischen Anzeigeeinrichtung anzuzeigen.

20

50. Elektronische Anzeigeanordnung nach Anspruch 49, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Betrachtungsraster zur Betrachtung des angezeigten Motivbilds fest mit der elektronischen Anzeigeeinrichtung verbunden ist.

25 51. Elektronische Anzeigeanordnung nach Anspruch 49, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Betrachtungsraster ein separates Betrachtungsraster ist, das zur Betrachtung des angezeigten Motivbilds auf oder vor die elektronische Anzeigeeinrichtung bringbar ist.

1/4

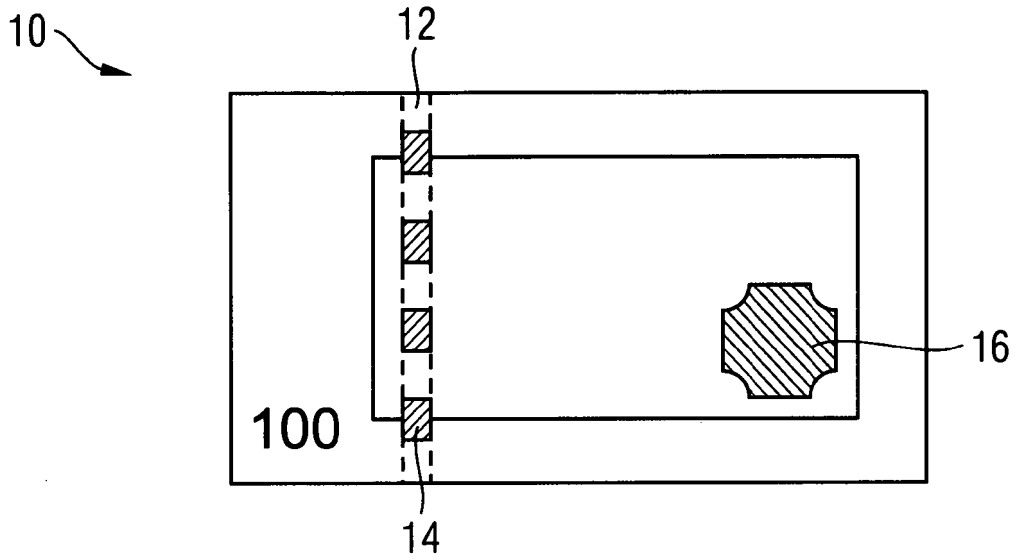


Fig. 1

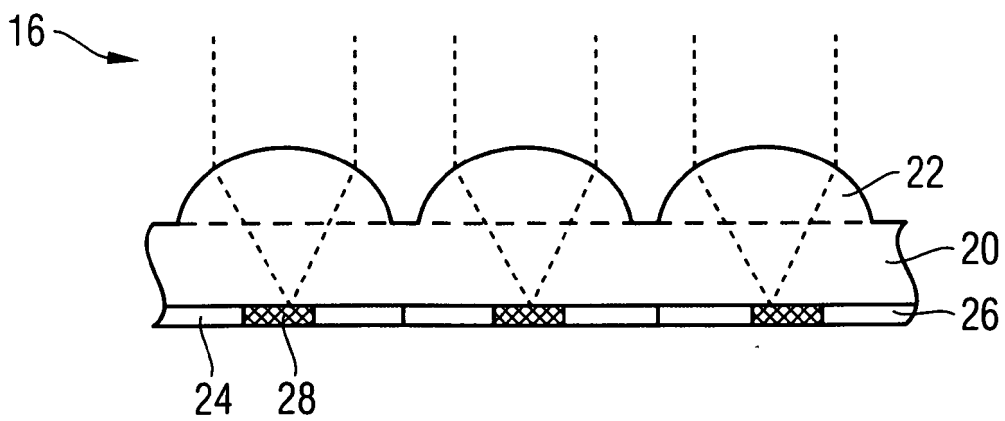


Fig. 2

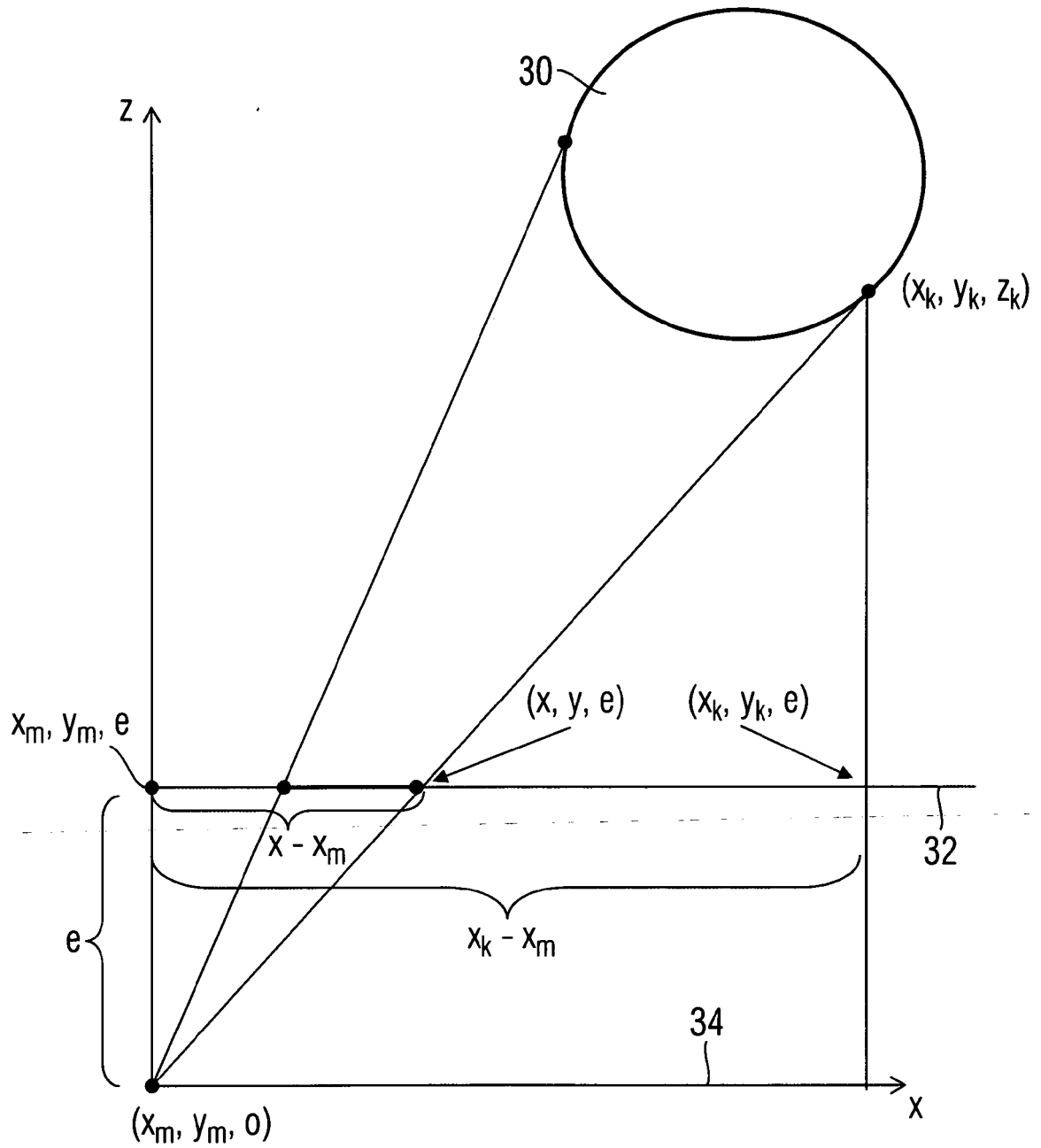


Fig. 3

3/4

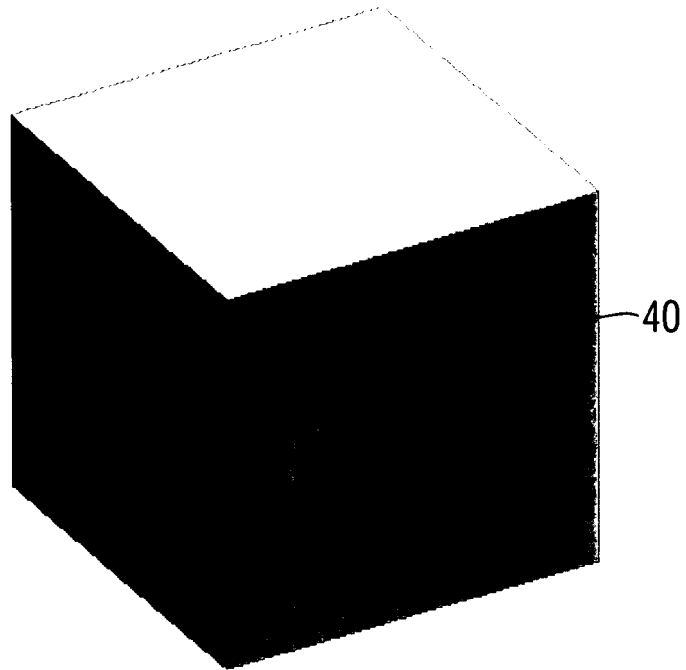


Fig. 4a

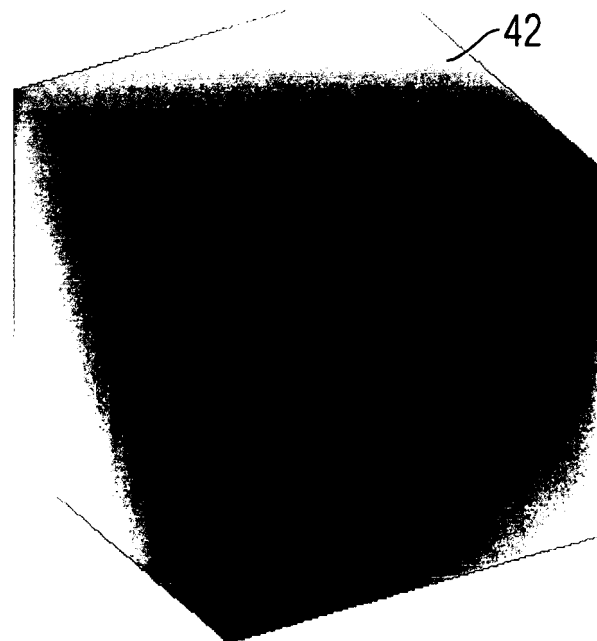


Fig. 4b

4/4

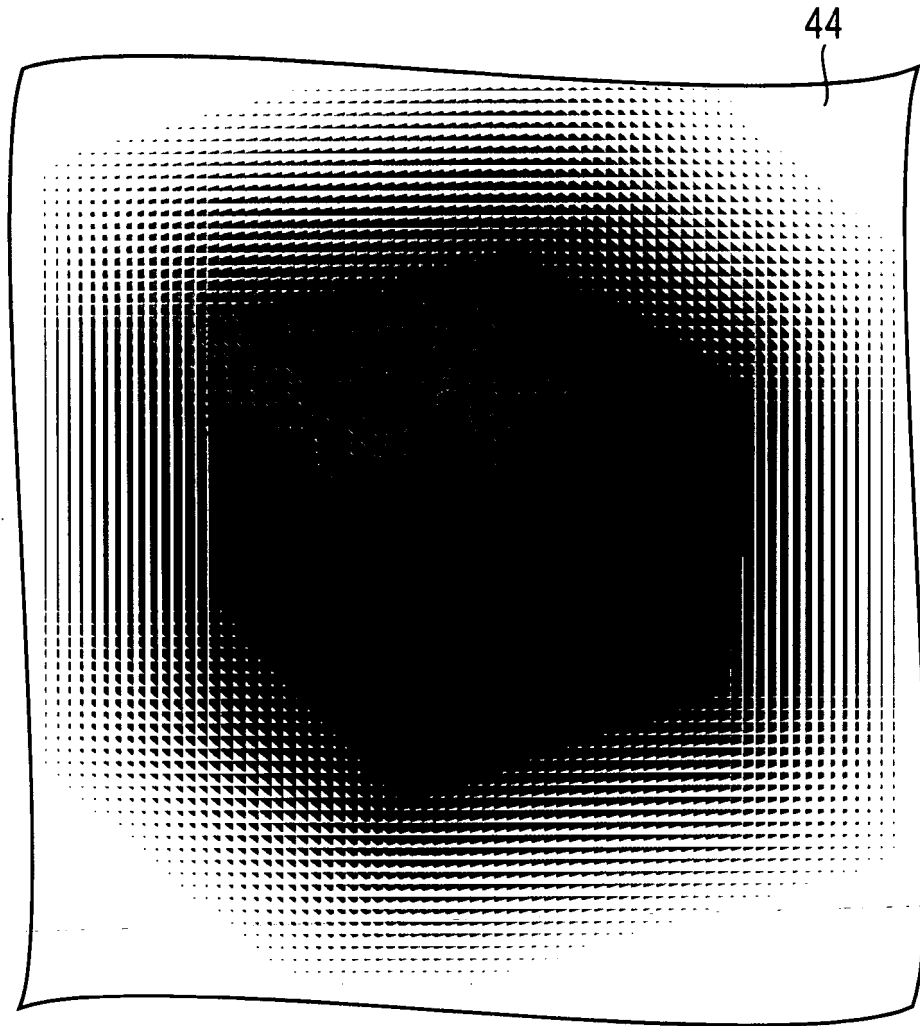


Fig. 4c

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/005171

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B42D15/00 B42D15/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B42D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 712 731 A (DRINKWATER KENNETH J [GB] ET AL) 27 January 1998 (1998-01-27) cited in the application column 12, line 47 - column 13, line 26; figures 1-3	1-51
X	GB 2 362 493 A (FLOATING IMAGES LTD [GB]) 21 November 2001 (2001-11-21) abstract; figure 1	1-51
A	WO 2006/029745 A (OVD KINEGRAM AG [CH]; SCHILLING ANDREAS [CH]; TOMPKIN WAYNE ROBERT [CH]) 23 March 2006 (2006-03-23) abstract; figure 2	1-51
A	WO 2006/087138 A (GIESECKE & DEVRIENT GMBH [DE]; KAULE WITTICH [DE]; HEIM MANFRED [DE];) 24 August 2006 (2006-08-24) abstract; figure 2a	1-51

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
E earlier document but published on or after the international filing date	*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	*Z* document member of the same patent family
P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 12 November 2008	Date of mailing of the international search report 21/11/2008
--	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Acton, Paola
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2008/005171

Patent document cited in search report	A	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5712731	A	27-01-1998	CA 2162683 A1	24-11-1994
			DE 69406442 D1	27-11-1997
			DE 69406442 T2	19-02-1998
			EP 0698256 A1	28-02-1996
			WO 9427254 A1	24-11-1994
GB 2362493	A	21-11-2001	NONE	
WO 2006029745	A	23-03-2006	CA 2580288 A1	23-03-2006
			CN 101019154 A	15-08-2007
			DE 102004044459 A1	30-03-2006
			EP 1797539 A1	20-06-2007
			JP 2008513817 T	01-05-2008
			US 2008106091 A1	08-05-2008
WO 2006087138	A	24-08-2006	AU 2006215783 A1	24-08-2006
			EP 1853763 A1	14-11-2007
			JP 2008529851 T	07-08-2008
			US 2008160226 A1	03-07-2008

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/005171

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B42D15/00 B42D15/10

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B42D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 712 731 A (DRINKWATER KENNETH J [GB] ET AL) 27. Januar 1998 (1998-01-27) in der Anmeldung erwähnt Spalte 12, Zeile 47 - Spalte 13, Zeile 26; Abbildungen 1-3	1-51
X	GB 2 362 493 A (FLOATING IMAGES LTD [GB]) 21. November 2001 (2001-11-21) Zusammenfassung; Abbildung 1	1-51
A	WO 2006/029745 A (OVD KINEGRAM AG [CH]; SCHILLING ANDREAS [CH]; TOMPKIN WAYNE ROBERT [CH]) 23. März 2006 (2006-03-23) Zusammenfassung; Abbildung 2	1-51
A	WO 2006/087138 A (GIESECKE & DEVRIENT GMBH [DE]; KAULE WITTICH [DE]; HEIM MANFRED [DE];) 24. August 2006 (2006-08-24) Zusammenfassung; Abbildung 2a	1-51

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
12. November 2008	21/11/2008
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Acton, Paola

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/005171

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5712731	A	27-01-1998	CA 2162683 A1	24-11-1994
			DE 69406442 D1	27-11-1997
			DE 69406442 T2	19-02-1998
			EP 0698256 A1	28-02-1996
			WO 9427254 A1	24-11-1994
GB 2362493	A	21-11-2001	KEINE	
WO 2006029745	A	23-03-2006	CA 2580288 A1	23-03-2006
			CN 101019154 A	15-08-2007
			DE 102004044459 A1	30-03-2006
			EP 1797539 A1	20-06-2007
			JP 2008513817 T	01-05-2008
			US 2008106091 A1	08-05-2008
WO 2006087138	A	24-08-2006	AU 2006215783 A1	24-08-2006
			EP 1853763 A1	14-11-2007
			JP 2008529851 T	07-08-2008
			US 2008160226 A1	03-07-2008