



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 051 355 A1** 2006.05.04

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 051 355.4**

(22) Anmeldetag: **19.10.2004**

(43) Offenlegungstag: **04.05.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G02B 27/22** (2006.01)

**G02F 1/13** (2006.01)

**H04N 13/04** (2006.01)

(71) Anmelder:

**X3D Technologies GmbH, 07745 Jena, DE**

(72) Erfinder:

**Otte, Stephan, Dipl.-Ing., 07747 Jena, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

**DE 202 11 612 U1**

**US2004/01 65 263 A1**

**EP 12 48 473 A1**

**WO 2004/0 43 079 A1**

**WO 2004/0 23 348 A1**

**WO 01/56 265**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Anordnung zur räumlich wahrnehmbaren Darstellung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zur räumlich wahrnehmbaren Darstellung, umfassend einen Bildgeber mit einer Vielzahl einzelner Bildelemente ( $\alpha_{ij}$ ) in einem Raster aus Zeilen (j) und Spalten (i), wobei auf den Bildelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in einer zweidimensionalen, im wesentlichen periodischen Kombinationsstruktur Teilinformationen aus mindestens zwei Ansichten ( $A_k$ ) ( $k = 1 \dots n$ ,  $n \geq 2$ ) der Szene/des Gegenstandes wiedergegeben werden, und ein oder mehrere Arrays aus einer Vielzahl einzelner, in Zeilen (q) und Spalten (p) angeordneter, als Filterelemente ( $\beta_{pq}$ ) ausgeführte Wellenlängen- und/oder Graustufenfilter, von denen ein Teil in vorgegebenen Wellenlängenbereichen lichtdurchlässig ist und der übrige Teil lichtundurchlässig ist und die dem Bildgeber mit den Bildelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Blickrichtung vor- und/oder nachgeordnet sind, wobei erfindungsgemäß die Zeilen- und/oder Spaltengesamtzahl der jeweiligen Periode der besagten zweidimensionalen, im wesentlichen periodischen Kombinationsstruktur für die Teilinformationen aus mindestens zwei Ansichten ( $A_k$ ) ( $k = 1 \dots n$ ,  $n \geq 2$ ) auf dem Raster aus Zeilen (j) und Spalten (i) eine nicht durch zwei teilbare Anzahl von Bildelementen ( $\alpha_{ij}$ ) umfaßt.

	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G									
i →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20						
j ↓	1	2	3	5	6	8	2	1	3	5	6	8	2	3	5	6	8	2	3	5	6	8				
	2	3	4	6	7	1	3	4	6	7	1	3	4	6	7	1	3	4	6	7	1	3	4	6	7	1
	3	4	5	7	8	2	4	5	7	8	2	4	5	7	8	2	4	5	7	8	2	4	5	7	8	2
	4	5	6	8	1	3	5	6	8	1	3	5	6	8	1	3	5	6	8	1	3	5	6	8	1	3
	5	6	7	1	2	4	6	7	1	2	4	6	7	1	2	4	6	7	1	2	4	6	7	1	2	4
	6	7	8	2	3	5	7	8	2	3	5	7	8	2	3	5	7	8	2	3	5	7	8	2	3	5
	7	8	1	3	4	6	8	1	3	4	6	8	1	3	4	6	8	1	3	4	6	8	1	3	4	6
	8	1	2	4	5	7	1	2	4	5	7	1	2	4	5	7	1	2	4	5	7	1	2	4	5	7
	9	2	3	5	6	8	2	3	5	6	8	2	3	5	6	8	2	3	5	6	8	2	3	5	6	8
	10	3	4	6	7	1	3	4	6	7	1	3	4	6	7	1	3	4	6	7	1	3	4	6	7	1
	11	4	5	7	8	2	4	5	7	8	2	4	5	7	8	2	4	5	7	8	2	4	5	7	8	2
	12	5	6	8	1	3	5	6	8	1	3	5	6	8	1	3	5	6	8	1	3	5	6	8	1	3
	13	6	7	1	2	4	6	7	1	2	4	6	7	1	2	4	6	7	1	2	4	6	7	1	2	4
	14	7	8	2	3	5	7	8	2	3	5	7	8	2	3	5	7	8	2	3	5	7	8	2	3	5
	15	8	1	3	4	6	8	1	3	4	6	8	1	3	4	6	8	1	3	4	6	8	1	3	4	6
	16	1	2	4	5	7	1	2	4	5	7	1	2	4	5	7	1	2	4	5	7	1	2	4	5	7

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zur räumlich wahrnehmbaren Darstellung.

## Stand der Technik

**[0002]** Zur dreidimensional wahrnehmbaren Darstellung existieren verschiedenartige Verfahren und Anordnungen. In der jüngsten Vergangenheit fanden autostereoskopische Systeme, insbesondere auf Basis der Darstellung von mindestens zwei (z.B. acht) Perspektivansichten, immer weitere Verbreitung. Nachteilig ist hierbei oftmals die hohe Anzahl benötigter Perspektivansichten. Mitunter treten auch unangenehme Moiré-Erscheinungen auf.

## Aufgabenstellung

**[0003]** Es ist daher Aufgabe der Erfindung, Anordnungen der eingangs genannten Art weiter zu verbessern.

**[0004]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst von einer Anordnung zur räumlich wahrnehmbaren Darstellung einer Szene/eines Gegenstandes, umfassend

- einen Bildgeber mit einer Vielzahl einzelner Bildelemente  $\alpha_{ij}$  in einem Raster aus Zeilen  $j$  und Spalten  $i$ , wobei auf den Bildelementen  $\alpha_{ij}$  in einer zweidimensionalen, im wesentlichen periodischen Kombinationsstruktur Teilinformationen aus mindestens zwei Ansichten  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ,  $n\geq 2$ ) der Szene/des Gegenstandes wiedergegeben werden,
- ein oder mehrere Arrays aus einer Vielzahl einzelner, in Zeilen  $q$  und Spalten  $p$  angeordneter, als Filterelemente  $\beta_{pq}$  ausgeführte Wellenlängen- und/oder Graustufenfilter, von denen ein Teil in vorgegebenen Wellenlängenbereichen lichtdurchlässig ist, und der übrige Teil lichtundurchlässig ist und die dem Bildgeber mit den Bildelementen  $\alpha_{ij}$  in Blickrichtung vor- und/oder nachgeordnet sind, so daß für das von den Bildelementen  $\alpha_{ij}$  abgestrahlte Licht Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildelement  $\alpha_{ij}$  mit mehreren zugeordneten Filterelementen  $\beta_{pq}$  oder ein Filterelement  $\beta_{pq}$  mit mehreren zugeordneten Bildelementen  $\alpha_{ij}$  derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen der Flächenmitte eines sichtbaren Abschnittes des Bildelementes  $\alpha_{ij}$  und der Flächenmitte eines sichtbaren Abschnittes des Filterelements  $\beta_{pq}$  einer Ausbreitungsrichtung entspricht, wobei sich die Ausbreitungsrichtungen innerhalb eines Betrachtungsraumes, in dem sich der/die Betrachter aufhalten, in einer Vielzahl von Schnittpunkten, die jeweils einer Betrachtungsposition entsprechen, kreuzen, wodurch von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend oder ausschließlich Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend oder ausschließlich Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ) optisch wahrnimmt,
- wobei erfindungsgemäß die Zeilen- oder/und Spaltengesamtzahl der jeweiligen Periode der besagten zweidimensionalen, im wesentlichen periodischen Kombinationsstruktur für die Teilinformationen aus mindestens zwei Ansichten  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ,  $n\geq 2$ ) auf dem Raster aus Zeilen  $j$  und Spalten  $i$  eine nicht durch zwei teilbare Anzahl von Bildelementen  $\alpha_{ij}$  umfaßt.

**[0005]** Mit der vorgenannten Periode ist selbstverständlich die kleinste mögliche aller Perioden der zweidimensionalen Kombinationsstruktur der Ansichten auf dem Raster gemeint.

**[0006]** Weiterhin ist mit im „wesentlichen periodisch“ bzgl. der Kombinationsstruktur gemeint, daß bei einer Vielzahl aneinandergereihter derartiger Perioden bei einer im Verhältnis geringen Anzahl der Perioden (z.B. weniger als 5%) auch die erfindungsgemäße Bedingung vernachlässigt werden kann.

**[0007]** In einer Ausgestaltung der Erfindung kann in einer Zeile oder/und einer Spalte der jeweiligen Periode der besagten zweidimensionalen, im wesentlichen periodischen Kombinationsstruktur für die Teilinformationen aus mindestens zwei Ansichten  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ,  $n\geq 2$ ) auf dem Raster aus Zeilen  $j$  und Spalten  $i$  mindestens eine Ansicht  $A_{k'}$  ( $k'=1\dots n$ ,  $n\geq 2$ ) ungleich häufig wiedergegeben, wie mindestens eine andere Ansicht  $A_{k''}$  ( $k''=1\dots n$ ,  $n\geq 2$ ) mit  $A_{k'} \neq A_{k''}$ .

**[0008]** Bevorzugt ist genau ein Array aus einer Vielzahl einzelner, in Zeilen  $q$  und Spalten  $p$  angeordneter, als Filterelemente  $\beta_{pq}$  ausgeführte Wellenlängen- und/oder Graustufenfilter vorgesehen. Ferner ist von diesen Wellenlängen- und/oder Graustufenfiltern ein Teil für im wesentlichen das gesamte sichtbare Licht lichtdurchlässig, und der übrige Teil ist lichtundurchlässig.

**[0009]** Weiterhin kann an mindestens einer Stelle auf dem Array mindestens ein Filterelement  $\beta_{pq}$ , das im we-

sentlichen für das gesamte sichtbare Licht lichtdurchlässig ist, mit mindestens einem Teil mindestens einer seiner Filterelementaußenkanten an mindestens ein anderes Filterelement  $\beta_{pq}$ , das im wesentlichen für das gesamte sichtbare Licht lichtdurchlässig ist, angrenzen.

**[0010]** Vorteilhaft werden auf dem Bildgeber mit einer Vielzahl einzelner Bildelemente  $\alpha_{ij}$  in einem Raster aus Zeilen  $j$  und Spalten  $i$ , Teilinformationen aus mindestens drei Ansichten  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ,  $n \geq 3$ ) der Szene/des Gegenstandes wiedergegeben. Eine Beschränkung der Ansichten auf maximal 12 verschiedene Ansichten  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ,  $n \leq 12$ ) kann mitunter ebenso von Vorteil sein.

**[0011]** Die Bildelemente des  $\alpha_{ij}$  Bildgebers im Raster aus Zeilen  $j$  und Spalten  $i$ , welche Teilinformationen aus mindestens zwei Ansichten  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ,  $n \geq 2$ ) der Szene/des Gegenstandes wiedergegeben, sind in der Regel die kleinsten physischen Bildelemente des Bildgebers, die bevorzugt -insofern vorhanden- den Farbsubpixeln R, G, B entsprechen. Der Bildgeber kann beispielsweise ein LC-Display, ein Plasmasdisplay, ein laserbasiertes Display, ein Projektionsdisplay oder ein OLED-Bildschirm sein. Andere Ausgestaltungen sind selbstverständlich denkbar.

**[0012]** Die Zuordnung von Teilinformationen aus den Ansichten  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ) zu Bildelementen  $\alpha_{ij}$  der Position  $i, j$  wird bevorzugt nach der Funktion vorgenommen

$$k = i - c_{ij} \cdot j - n \cdot \text{IntegerPart} \left[ \frac{i - c_{ij} \cdot j - 1}{n} \right],$$

mit

- $i$  dem Index eines Bildelementes  $\alpha_{ij}$  in einer Zeile des Rasters,
- $j$  dem Index eines Bildelementes  $\alpha_{ij}$  in einer Spalte des Rasters,
- $k$  der fortlaufenden Nummer der Ansicht  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ), aus der die Teilinformation stammt, die auf einem bestimmten Bildelement ( $\alpha_{ij}$ ) wiedergegeben werden soll,
- $n$  der Gesamtzahl der jeweils verwendeten Ansichten  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ),
- $c_{ij}$  einer wählbaren Koeffizientenmatrix zur Kombination bzw. Mischung der verschiedenen von den Ansichten  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ) stammenden Teilinformationen auf dem Raster und
- IntegerPart einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

**[0013]** Weiterhin werden für vorgesehene Filterarrays die Filterelemente  $\beta_{pq}$  in Abhängigkeit von ihrer Transparenzwellenlänge / ihrem Transparenzwellenlängenbereich / ihrem Transmissionsgrad  $\lambda_b$  nach folgender Funktion zu einem Maskenbild kombiniert

$$b = p - d_{pq} \cdot q - n_m \cdot \text{IntegerPart} \left[ \frac{p - d_{pq} \cdot q - 1}{n_m} \right],$$

mit

- $p$  dem Index eines Filterelementes  $\beta_{pq}$  in einer Zeile des jeweiligen Arrays,
- $q$  dem Index eines Filterelementes  $\beta_{pq}$  in einer Spalte des jeweiligen Arrays,
- $b$  einer ganzen Zahl, die für ein Wellenlängen- bzw. Graustufenfilter  $\beta_{pq}$  an der Position  $p, q$  eine der vorgesehenen Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche bzw. Transmissionsgrade  $\lambda_b$  festlegt und Werte zwischen 1 und  $b_{\max}$ , mit einer natürlichen Zahl  $b_{\max} > 1$ , haben kann,
- $n_m$  einem ganzzahligen Wert größer „Null“, der bevorzugt der Gesamtzahl  $k$  in dem Kombinationsbild dargestellten Ansichten  $A_k$  entspricht,
- $d_{pq}$  einer wählbaren Maskenkoeffizientenmatrix zur Variation der Erzeugung eines Maskenbildes und
- IntegerPart einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

**[0014]** Für den Fall, daß genau ein Array aus Filterelementen  $\beta_{pq}$  vorgesehen ist, wird der Abstand  $z$  zwischen dem besagtem Array und dem Raster aus Bildelementen  $\alpha_{ij}$ , in Normalenrichtung gemessen, beispielhaft nach folgender Gleichung festgelegt wird:

$$\frac{p_d}{s_p} = \frac{d_a \pm z}{z},$$

worin bedeuten

- $s_p$  den mittleren horizontalen Abstand zwischen zwei benachbarten Bildelementen  $\alpha_{ij}$ ,
- $p_d$  die mittlere Pupillendistanz bei einem Betrachter und
- $d_a$  einen wählbaren Betrachtungsabstand.

**[0015]** Bevorzugt sind alle auf dem bzw. den Filterarrays vorgesehenen Filterelemente gleich groß sind. Weiterhin können die Lichtausbreitungsrichtungen für die jeweils auf den Bildelementen  $\alpha_{ij}$  wiedergegebene Teilinformation in Abhängigkeit ihrer Wellenlänge/ ihres Wellenlängenbereichs der vorgegeben werden.

**[0016]** Jedes der vorgesehenen Filterarrays ist als statisches, zeitlich unveränderliches Filterarray ausgebildet und im wesentlichen in einer fixen Relativposition zum Raster aus Bildelementen  $\alpha_{ij}$ , das heißt dem Bildgeber, angeordnet.

**[0017]** In speziellen Ausgestaltungsvarianten der Erfindung gibt mindestens ein Bildelement  $\alpha_{ij}$  eine aus Teilinformationen mindestens zweier verschiedener Ansichten  $A_k$  gemischte Bildinformation wieder. Ein auf dieser Prämisse basierendes Verfahren ist in der DE 10145133 C2 beschrieben.

**[0018]** Weiterhin kann es von Vorteil sein, wenn Mittel zu Umschaltung zwischen einer zweidimensionalen und einer räumlich wahrnehmbaren Darstellung vorhanden sind. Hierzu kommt z.B. eine besondere Ausgestaltung des erfinderischen Ansatzes zum Tragen, bei der eine transluzente Bildwiedergabeeinrichtung, beispielsweise ein LC-Display, sowie genau ein Array aus Filterelementen  $\beta_{pq}$  vorgesehen ist, welches sich in Betrachtungsrichtung zwischen der Bildwiedergabeeinrichtung und einer Planbeleuchtungseinrichtung befindet, und wobei fernerhin eine schaltbare Streuscheibe zwischen der Bildwiedergabeeinrichtung und dem Filterarray vorgesehen ist, so daß in einer ersten Betriebsart, in welcher die schaltbare Streuscheibe transparent geschaltet ist, für den/die Betrachter ein räumlicher Eindruck erzeugt wird, während in einer zweiten Betriebsart, in welcher die schaltbare Streuscheibe mindestens teilweise streuend geschaltet ist, die Wirkung des Arrays aus Filterelementen  $\beta_{pq}$  weitestgehend aufgehoben ist, so daß das gestreute Licht eine weitestgehend homogene Beleuchtung der Bildwiedergabeeinrichtung ermöglicht und auf dieser zweidimensionale Bildinhalte in voller Auflösung wahrnehmbar dargestellt werden können.

#### Ausführungsbeispiel

**[0019]** Die Erfindung wird im folgenden an Hand eines Beispiels erläutert. Es zeigt:

**[0020]** [Fig. 1](#) eine Prinzipskizze zu einer beispielhaften erfindungsgemäßen Anordnung,

**[0021]** [Fig. 2](#) ein zweidimensionale Kombinationsstruktur für Teilinformationen aus fünf Ansichten  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ,  $n=5$ ), bei der die Spaltengesamtzahl der Periode eine nicht durch zwei teilbare Anzahl von Bildelementen  $\alpha_{ij}$  umfaßt,

**[0022]** [Fig. 3](#) ein im Zusammenhang mit der Kombinationsstruktur nach [Fig. 2](#) verwendbares Filterarray,

**[0023]** [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) Sichtbeispiele für jeweils ein Auge eines Betrachters bei Zugrundelegung der Verhältnisse nach [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#), sowie

**[0024]** [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) weitere erfindungsgemäße Kombinationsstrukturen, die mit dem Filterarray nach [Fig. 3](#) gut verwendbar sind.

**[0025]** Die [Fig. 1](#) zeigt nun eine Prinzipskizze zu einer beispielhaften erfindungsgemäßen Anordnung zur räumlich wahrnehmbaren Darstellung einer Szene/eines Gegenstandes, umfassend

- einen Bildgeber **1** mit einer Vielzahl einzelner Bildelemente  $\alpha_{ij}$  in einem Raster aus Zeilen  $j$  und Spalten  $i$ , wobei auf den Bildelementen  $\alpha_{ij}$  in einer zweidimensionalen, periodischen Kombinationsstruktur Teilinformationen aus fünf Ansichten  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ,  $n=5$ ) der Szene/des Gegenstandes wiedergegeben werden,
- ein Array **2** aus einer Vielzahl einzelner, in Zeilen  $q$  und Spalten  $p$  angeordneter, als Filterelemente  $\beta_{pq}$  ausgeführte Wellenlängenfilter, von denen ein Teil in vorgegebenen Wellenlängenbereichen lichtdurchlässig ist, und der übrige Teil lichtundurchlässig ist und welches dem Bildgeber **1** mit den Bildelementen  $\alpha_{ij}$  in Blickrichtung vorgeordnet ist, so daß für das von den Bildelementen  $\alpha_{ij}$  abgestrahlte Licht Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildelement  $\alpha_{ij}$  mit mehreren zugeordneten Filterelementen  $\beta_{pq}$  oder ein Filterelement  $\beta_{pq}$  mit mehreren zugeordneten Bildelementen  $\alpha_{ij}$  derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen der Flächenmitte eines sichtbaren Abschnittes des Bildelementes  $\alpha_{ij}$  und der Flächenmitte eines sichtbaren Abschnittes des Filterelementes  $\beta_{pq}$  einer Ausbreitungsrichtung

entspricht, wobei sich die Ausbreitungsrichtungen innerhalb eines Betrachtungsraumes, in dem sich der/die Betrachter aufhalten, in einer Vielzahl von Schnittpunkten, die jeweils einer Betrachtungsposition entsprechen, kreuzen, wodurch von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge **3** überwiegend oder ausschließlich Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge **3'** überwiegend oder ausschließlich Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ,  $n=5$ ) optisch wahrnimmt.

**[0026]** Wie in [Fig. 2](#) dargestellt, umfaßt dabei erfindungsgemäß die Spaltengesamtzahl der Periode der besagten zweidimensionalen, im wesentlichen periodischen Kombinationsstruktur für die Teilinformationen aus fünf Ansichten  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ,  $n=5$ ) auf dem Raster aus Zeilen  $j$  und Spalten  $i$  eine nicht durch zwei teilbare Anzahl von Bildelementen  $\alpha_{ij}$ , genauer gesagt 5 Bildelemente  $\alpha_{ij}$ . Die vorgenannte Periode ist in [Fig. 2](#) mit einer Strichlinie gekennzeichnet. Ihre vollständige, vielfache Wiederholung ergibt das verwendete Kombinationsmuster für die Teilinformationen der Ansichten  $A_k$ . Die [Fig. 2](#) zeigt selbstverständlich nur einen Ausschnitt des Rasters aus Zeilen  $j$  und Spalten  $i$  des Bildgebers. Die Spaltenüberschrift R, G, B zeigt an, daß es sich bei den Bildelementen  $\alpha_{ij}$  um die Farbsubpixel des Bildgebers handelt. Dieser ist beispielsweise ein handelsübliches 17" TFT-LC-Display vom Typ Fujitsu-Siemens T17-1 oder ViewSonic VG710b.

**[0027]** Die Kombinationsstruktur nach [Fig. 2](#) ist auch so ausgebildet, daß innerhalb einer Spalte der besagten Periode der Kombinationsstruktur für die Teilinformationen aus fünf Ansichten  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ,  $n=5$ ) auf dem Raster aus Zeilen  $j$  und Spalten  $i$  mindestens eine Ansicht  $A_k$  ( $k'=1$ ) ungleich häufig wiedergegeben wird, wie (mindestens) eine andere Ansicht  $A_{k''}$  ( $k''=2$ ). So kommt in der ersten Spalte der in [Fig. 2](#) gestrichelten Periode die Ansicht  $k'=1$  nur einmal vor, während die Ansicht  $k''=2$  zweimal auftritt.

**[0028]** Bei dem Filterarray **2** nach [Fig. 3](#), welches im Zusammenhang mit der Kombinationsstruktur nach [Fig. 2](#) verwendbar ist, sind ein Teil der Wellenlängenfilter für im wesentlichen das gesamte sichtbare Licht lichtdurchlässig, und der übrige Teil ist lichtundurchlässig.

**[0029]** Auf dem gezeigten Filterarray **2** grenzt (gleich an mehreren Stellen auf dem Array **2**) mindestens ein Filterelement  $\beta_{pq}$ , das im wesentlichen für das gesamte sichtbare Licht lichtdurchlässig ist, mit mindestens einem Teil mindestens einer seiner Filterelementaußenkanten an mindestens ein anderes Filterelement  $\beta_{pq}$ , das im wesentlichen für das gesamte sichtbare Licht lichtdurchlässig ist.

**[0030]** Die Zuordnung von Teilinformationen aus den Ansichten  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ) zu Bildelementen  $\alpha_{ij}$  der Position  $i, j$  wird bevorzugt nach der Funktion vorgenommen

$$k = i - c_{ij} \cdot j - n \cdot \text{IntegerPart} \left[ \frac{i - c_{ij} \cdot j - 1}{n} \right],$$

mit

- $i$  dem Index eines Bildelementes  $\alpha_{ij}$  in einer Zeile des Rasters,
- $j$  dem Index eines Bildelementes  $\alpha_{ij}$  in einer Spalte des Rasters,
- $k$  der fortlaufenden Nummer der Ansicht  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ), aus der die Teilinformation stammt, die auf einem bestimmten Bildelement  $\alpha_{ij}$  wiedergegeben werden soll,
- $n$  der Gesamtzahl der jeweils verwendeten Ansichten  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ),
- $c_{ij}$  einer wählbaren Koeffizientenmatrix zur Kombination bzw. Mischung der verschiedenen von den Ansichten  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ) stammenden Teilinformationen auf dem Raster und
- IntegerPart einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

**[0031]** Für die gezeigte Kombinationsstruktur nach [Fig. 2](#) läßt sich die Matrix  $c_{ij}$  bestimmen.

**[0032]** Die Filterelemente  $\beta_{pq}$  des Filterarrays **2** werden in Abhängigkeit von ihrer Transparenzwellenlänge / ihrem Transparenzwellenlängenbereich / ihrem Transmissionsgrad  $\lambda_b$  nach folgender Funktion zu einem Maskenbild kombiniert

$$b = p - d_{pq} \cdot q - n_m \cdot \text{IntegerPart} \left[ \frac{p - d_{pq} \cdot q - 1}{n_m} \right],$$

- $p$  dem Index eines Filterelementes  $\beta_{pq}$  in einer Zeile des Arrays **2**,

- q dem Index eines Filterelements  $\beta_{pq}$  in einer Spalte des Arrays **2**,
- b einer ganzen Zahl, die für ein Wellenlängen- bzw. Graustufenfilter  $\beta_{pq}$  an der Position p,q eine der vorgesehenen Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche bzw. Transmissionsgrade  $\lambda_b$  festlegt und Werte zwischen 1 und  $b_{\max}$ , mit einer natürlichen Zahl  $b_{\max} > 1$ , haben kann,
- $n_m$  einem ganzzahligen Wert größer „Null“, der bevorzugt der Gesamtzahl k in dem Kombinationsbild dargestellten Ansichten  $A_k$  entspricht,
- $d_{pq}$  einer wählbaren Maskenkoeffizientenmatrix zur Variation der Erzeugung eines Maskenbildes und
- IntegerPart einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

**[0033]** Für das gezeigte Maskenbild nach [Fig. 3](#) läßt sich die Matrix  $d_{pq}$  ebenso bestimmen.

**[0034]** Der Abstand z zwischen dem besagtem Array **2** und dem Raster aus Bildelementen ( $\alpha_{ij}$ ), in Normalenrichtung gemessen, wird nach folgender Gleichung festgelegt:

$$\frac{p_d}{s_p} = \frac{d_a - z}{z},$$

worin bedeuten

- $s_p$  den mittleren horizontalen Abstand zwischen zwei benachbarten Bildelementen  $\alpha_{ij}$ ,
- $p_d$  die mittlere Pupillendistanz bei einem Betrachter und
- $d_a$  einen wählbaren Betrachtungsabstand.

**[0035]** Ferner kann die Breite der Filterelemente beispielhaft nach folgender Gleichung festgelegt werden:

$$\frac{s_p}{f_b} = \frac{d_a}{d_a - z}$$

mit den vorstehenden Definitionen und weiterhin mit  $f_b$  entsprechend der Breite eines Filterabschnittes, welcher z.B. aus mehreren unmittelbar benachbarten Filterelementen  $\beta_{pq}$ , die sämtlich für im wesentlichen das gesamte sichtbare Licht lichtdurchlässig sind, zusammengesetzt sein kann. Die Höhe eines solchen Filterabschnittes würde sich beispielsweise analog ausgehend vom mittleren vertikalen Abstand zwischen zwei benachbarten Bildelementen  $\alpha_{ij}$  errechnen lassen.

**[0036]** Bei Verwendung der beispielhaften Werte für das oben genannte Display vom Typ Fujitsu Siemens T17-1 ergibt sich beispielsweise eine Breite eines solchen Filterabschnittes von  $f_b = 0,0878811$  mm. Ein solcher Filterabschnitt, der aus mehreren unmittelbar benachbarten Filterelementen  $\beta_{pq}$ , die sämtlich für im wesentlichen das gesamte sichtbare Licht lichtdurchlässig sind, zusammengesetzt ist, wurde in [Fig. 3](#) gestrichelt eingezeichnet.

**[0037]** Das Filterarray **2** ist als statisches, zeitlich unveränderliches Filterarray ausgebildet und in einer fixen Relativposition zum Raster aus Bildelementen  $\alpha_{ij}$ , das heißt dem Bildgeber **1**, angeordnet. Das Filterarray **2** kann zum Beispiel ein belichteter/geplotteter und entwickelter fotografischer Film sein, der auf ein Trägersubstrat laminiert ist. Ferner kann es sich um ein gedrucktes Filterarray **2** handeln.

**[0038]** Weiterhin geben die [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) verschiedene Sichtbeispiele für jeweils ein Auge **3** eines Betrachters bei Zugrundelegung der Verhältnisse nach [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) wieder. Es sind dabei jeweils unterschiedliche Augenpositionen zu Grunde gelegt worden um zu demonstrieren, daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter (es können auch mehrere Betrachter sein) mit einem Auge **3** überwiegend oder ausschließlich Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge **3'** überwiegend oder ausschließlich Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten  $A_k$  ( $k=1\dots n$ ,  $n=5$ ) optisch wahrnimmt.

**[0039]** Die [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) zeigen weitere erfindungsgemäße Kombinationsstrukturen, die mit dem Filterarray **2** nach [Fig. 3](#) gut verwendbar sind. Dabei kommen bei dem Beispiel nach [Fig. 6](#) sogar  $n=8$  Ansichten  $A_k$  zum Einsatz.

**[0040]** In speziellen Ausgestaltungsvarianten der Erfindung gibt mindestens ein Bildelement  $\alpha_{ij}$  eine aus Teilinformationen mindestens zweier verschiedener Ansichten  $A_k$  gemischte Bildinformation wieder. Dies ist in [Fig. 7](#) zu sehen. Dort geben die mit jeweils zwei Ansichtennummern  $k_1$  und  $k_2$  bezeichneten Kästchen, die Bildelementen  $\alpha_{ij}$  entsprechen, jeweils eine aus den beiden genannten Ansichten  $k_1$ ;  $k_2$  gemischte Bildinformation wieder. Das Mischverhältnis der Teilinformationen pro Bildelement  $\alpha_{ij}$  kann dabei variieren oder auch fest sein,

z.B. 50 zu 50. Die Kombinationsstruktur nach [Fig. 7](#) kann unter Umständen schneller computergrafisch zu erzeugen sein, als diejenige nach [Fig. 6](#).

**[0041]** Die Erfindung bietet verschiedene Vorteile gegenüber dem Stand der Technik. Sie verbessert bestehende Anordnungen zur 3D-Darstellung und erlaubt eine angenehme räumlich wahrnehmbare Darstellung.

### Patentansprüche

1. Anordnung zur räumlich wahrnehmbaren Darstellung einer Szene/eines Gegenstandes, umfassend  
 – einen Bildgeber mit einer Vielzahl einzelner Bildelemente ( $\alpha_{ij}$ ) in einem Raster aus Zeilen (j) und Spalten (i), wobei auf den Bildelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in einer zweidimensionalen, im wesentlichen periodischen Kombinationsstruktur Teilinformationen aus mindestens zwei Ansichten ( $A_k$ ) ( $k=1\dots n$ ,  $n\geq 2$ ) der Szene/des Gegenstandes wiedergegeben werden,

– ein oder mehrere Arrays aus einer Vielzahl einzelner, in Zeilen (q) und Spalten (p) angeordneter, als Filterelemente ( $\beta_{pq}$ ) ausgeführte Wellenlängen- und/oder Graustufenfilter, von denen ein Teil in vorgegebenen Wellenlängenbereichen lichtdurchlässig ist, und der übrige Teil lichtundurchlässig ist und die dem Bildgeber mit den Bildelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Blickrichtung vor- und/oder nachgeordnet sind, so daß für das von den Bildelementen ( $\alpha_{ij}$ ) abgestrahlte Licht Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildelement ( $\alpha_{ij}$ ) mit mehreren zugeordneten Filterelementen ( $\beta_{pq}$ ) oder ein Filterelement ( $\beta_{pq}$ ) mit mehreren zugeordneten Bildelementen ( $\alpha_{ij}$ ) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen der Flächenmitte eines sichtbaren Abschnittes des Bildelementes ( $\alpha_{ij}$ ) und der Flächenmitte eines sichtbaren Abschnittes des Filterelementes ( $\beta_{pq}$ ) einer Ausbreitungsrichtung entspricht, wobei sich die Ausbreitungsrichtungen innerhalb eines Betrachtungsraumes, in dem sich der/die Betrachter aufhalten, in einer Vielzahl von Schnittpunkten, die jeweils einer Betrachtungsposition entsprechen, kreuzen, wodurch von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend oder ausschließlich Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend oder ausschließlich Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten ( $A_k$ ) ( $k=1\dots n$ ) optisch wahrnimmt,

– **dadurch gekennzeichnet**, daß

– die Zeilen- oder/und Spaltengesamtzahl der jeweiligen Periode der besagten zweidimensionalen, im wesentlichen periodischen Kombinationsstruktur für die Teilinformationen aus mindestens zwei Ansichten ( $A_k$ ) ( $k=1\dots n$ ,  $n\geq 2$ ) auf dem Raster aus Zeilen (j) und Spalten (i) eine nicht durch zwei teilbare Anzahl von Bildelementen ( $\alpha_{ij}$ ) umfaßt.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Zeile oder/und einer Spalte der jeweiligen Periode der besagten zweidimensionalen, im wesentlichen periodischen Kombinationsstruktur für die Teilinformationen aus mindestens zwei Ansichten ( $A_k$ ) ( $k=1\dots n$ ,  $n\geq 2$ ) auf dem Raster aus Zeilen (j) und Spalten (i) mindestens eine Ansicht ( $A_{k'}$ ) ( $k'=1\dots n$ ,  $n\geq 2$ ) ungleich häufig wiedergegeben wird, wie mindestens eine andere Ansicht ( $A_{k''}$ ) ( $k''=1\dots n$ ,  $n\geq 2$ ) mit ( $A_{k'} \neq A_{k''}$ ).

3. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß genau ein Array aus einer Vielzahl einzelner, in Zeilen (q) und Spalten (p) angeordneter, als Filterelemente ( $\beta_{pq}$ ) ausgeführte Wellenlängen- und/oder Graustufenfilter vorgesehen ist, und daß von diesen Wellenlängen- und/oder Graustufenfiltern ein Teil für im wesentlichen das gesamte sichtbare Licht lichtdurchlässig ist, und der übrige Teil lichtundurchlässig ist.

4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß an mindestens einer Stelle auf dem Array mindestens ein Filterelement ( $\beta_{pq}$ ), das im wesentlichen für das gesamte sichtbare Licht lichtdurchlässig ist, mit mindestens einem Teil mindestens einer seiner Filterelementaußenkanten an mindestens ein anderes Filterelement ( $\beta_{pq}$ ), das im wesentlichen für das gesamte sichtbare Licht lichtdurchlässig ist, angrenzt.

5. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Bildgeber mit einer Vielzahl einzelner Bildelemente ( $\alpha_{ij}$ ) in einem Raster aus Zeilen (j) und Spalten (i), Teilinformationen aus mindestens drei Ansichten ( $A_k$ ) ( $k=1\dots n$ ,  $n\geq 3$ ) der Szene/des Gegenstandes wiedergegeben werden.

6. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildelemente ( $\alpha_{ij}$ ) des Bildgebers im Raster aus Zeilen (j) und Spalten (i), welche Teilinformationen aus mindestens zwei Ansichten ( $A_k$ ) ( $k=1\dots n$ ,  $n\geq 2$ ) der Szene/des Gegenstandes wiedergegeben, die kleinsten physischen Bildelemente des Bildgebers sind, die bevorzugt -insofern vorhanden- Farbsubpixeln R, G, B entsprechen.

7. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuordnung von

Teilinformationen aus den Ansichten ( $A_k$ ) ( $k=1\dots n$ ) zu Bildelementen ( $\alpha_{ij}$ ) der Position ( $i,j$ ) nach der Funktion vorgenommen wird

$$k = i - c_{ij} \cdot j - n \cdot \text{IntegerPart} \left[ \frac{i - c_{ij} \cdot j - 1}{n} \right],$$

mit

- ( $i$ ) dem Index eines Bildelementes ( $\alpha_{ij}$ ) in einer Zeile des Rasters,
- ( $j$ ) dem Index eines Bildelementes ( $\alpha_{ij}$ ) in einer Spalte des Rasters,
- ( $k$ ) der fortlaufenden Nummer der Ansicht ( $A_k$ ) ( $k=1\dots n$ ), aus der die Teilinformation stammt, die auf einem bestimmten Bildelement ( $\alpha_{ij}$ ) wiedergegeben werden soll,
- ( $n$ ) der Gesamtzahl der jeweils verwendeten Ansichten ( $A_k$ ) ( $k=1\dots n$ ),
- ( $c_{ij}$ ) einer wählbaren Koeffizientenmatrix zur Kombination bzw. Mischung der verschiedenen von den Ansichten ( $A_k$ ) ( $k=1\dots n$ ) stammenden Teilinformationen auf dem Raster und
- IntegerPart einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

8. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für vorgesehene Filterarrays die Filterelemente ( $\beta_{pq}$ ) in Abhängigkeit von ihrer Transparenzwellenlänge / ihrem Transparenzwellenlängenbereich / ihrem Transmissionsgrad ( $\lambda_b$ ) nach folgender Funktion zu einem Maskenbild kombiniert werden

$$b = p - d_{pq} \cdot q - n_m \cdot \text{IntegerPart} \left[ \frac{p - d_{pq} \cdot q - 1}{n_m} \right],$$

mit

- ( $qp$ ) dem Index eines Filterelements ( $\beta_{pq}$ ) in einer Zeile des jeweiligen Arrays,
- ( $q$ ) dem Index eines Filterelements ( $\beta_{pq}$ ) in einer Spalte des jeweiligen Arrays,
- ( $b$ ) einer ganzen Zahl, die für ein Wellenlängen- bzw. Graustufenfilter ( $\beta_{pq}$ ) an der Position ( $p,q$ ) eine der vorgesehenen Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche bzw. Transmissionsgrade ( $\lambda_b$ ) festlegt und Werte zwischen 1 und ( $b_{\max}$ ), mit einer natürlichen Zahl  $b_{\max} > 1$ , haben kann,
- ( $n_m$ ) einem ganzzahligen Wert größer „Null“, der bevorzugt der Gesamtzahl ( $k$ ) in dem Kombinationsbild dargestellten Ansichten ( $A_k$ ) entspricht,
- ( $d_{pq}$ ) einer wählbaren Maskenkoeffizientenmatrix zur Variation der Erzeugung eines Maskenbildes und
- IntegerPart einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

9. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß genau ein Array aus Filterelementen ( $\beta_{pq}$ ) vorgesehen ist und der Abstand ( $z$ ) zwischen dem besagtem Array und dem Raster aus Bildelementen ( $\alpha_{ij}$ ), in Normalenrichtung gemessen, nach folgender Gleichung festgelegt wird:

$$\frac{p_d}{s_p} = \frac{d_a \pm z}{z},$$

worin bedeuten

- ( $s_p$ ) den mittleren horizontalen Abstand zwischen zwei benachbarten Bildelementen ( $\alpha_{ij}$ ),
- ( $p_d$ ) die mittlere Pupillendistanz bei einem Betrachter und
- ( $d_a$ ) einen wählbaren Betrachtungsabstand.

10. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß alle auf dem bzw. den Filterarrays vorgesehenen Filterelemente gleich groß sind.

11. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtausbreitungsrichtungen für die jeweils auf den Bildelementen ( $\alpha_{ij}$ ) wiedergegebene Teilinformation in Abhängigkeit ihrer Wellenlänge/ ihres Wellenlängenbereichs der vorgegeben sind.

12. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jedes der vorgesehenen Filterarrays als statisches, zeitlich unveränderliches Filterarray ausgebildet und im wesentlichen in einer fixen Relativposition zum Raster aus Bildelementen ( $\alpha_{ij}$ ), das heißt dem Bildgeber, angeordnet ist.



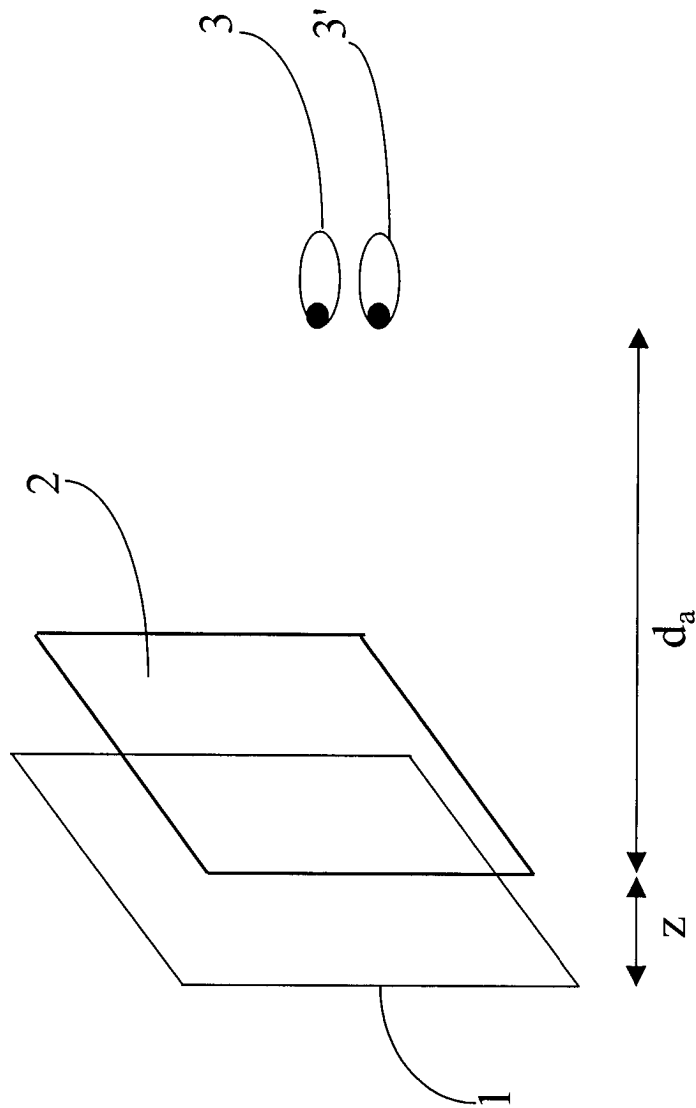
13. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Bildelement ( $\alpha_{ij}$ ) eine aus Teilinformationen mindestens zweier verschiedener Ansichten ( $A_k$ ) gemischte Bildinformation wiedergibt.

14. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildgeber ein LC-Display, ein Plasmadisplay, ein laserbasiertes Display, ein Projektionsdisplay oder ein OLED-Bildschirm ist.

15. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei eine transluzente Bildwiedergabeeinrichtung, beispielsweise ein LC-Display, sowie genau ein Array aus Filterelementen ( $\beta_{pq}$ ) vorgesehen ist, welches sich in Betrachtungsrichtung zwischen der Bildwiedergabeeinrichtung und einer Planbeleuchtungseinrichtung befindet, und wobei fernerhin eine schaltbare Streuscheibe zwischen der Bildwiedergabeeinrichtung und dem Filterarray vorgesehen ist, so daß in einer ersten Betriebsart, in welcher die schaltbare Streuscheibe transparent geschaltet ist, für den/die Betrachter ein räumlicher Eindruck erzeugt wird, während in einer zweiten Betriebsart, in welcher die schaltbare Streuscheibe mindestens teilweise streuend geschaltet ist, die Wirkung des Arrays aus Filterelementen ( $\beta_{pq}$ ) weitestgehend aufgehoben ist, so daß das gestreute Licht eine weitestgehend homogene Beleuchtung der Bildwiedergabeeinrichtung ermöglicht und auf dieser zweidimensionale Bildinhalte in voller Auflösung wahrnehmbar dargestellt werden können.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

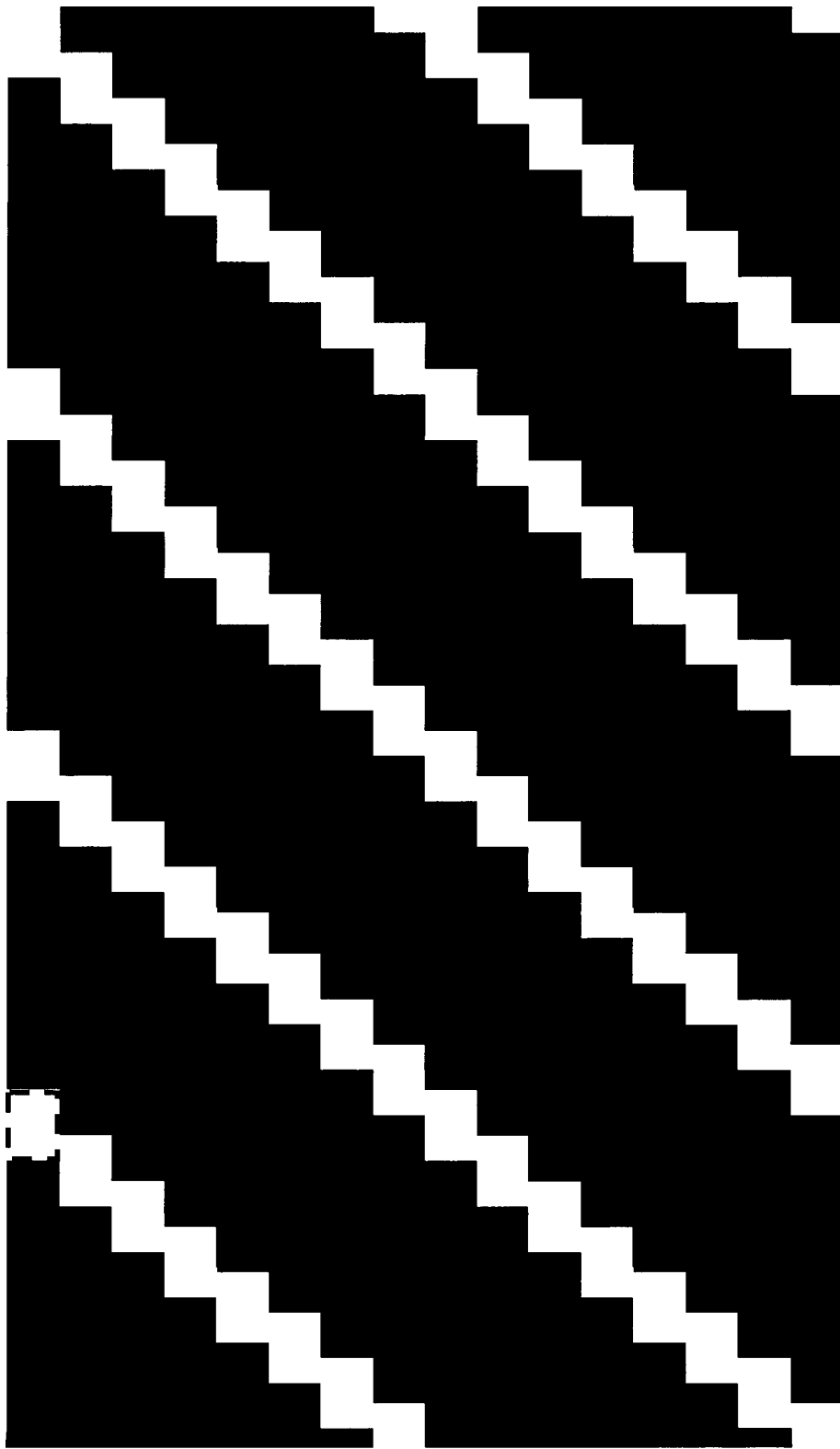
Anhängende Zeichnungen



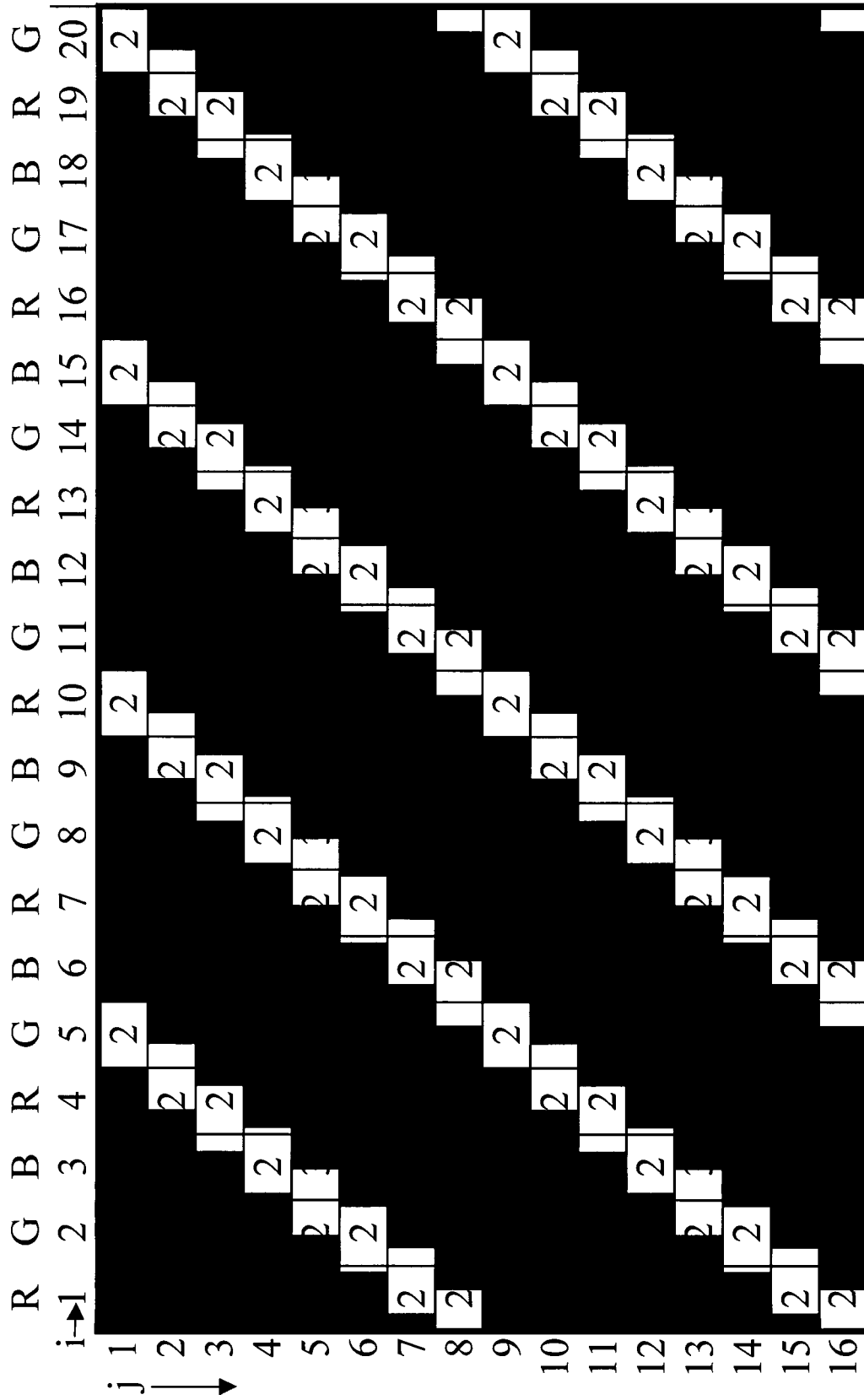
**Fig.1**

	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G
i→	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
j ↓	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3
4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1
7	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
8	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3
9	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
10	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
11	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1
12	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
13	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3
14	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
15	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
16	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1

Fig.2



**Fig.3**



**Fig.4**

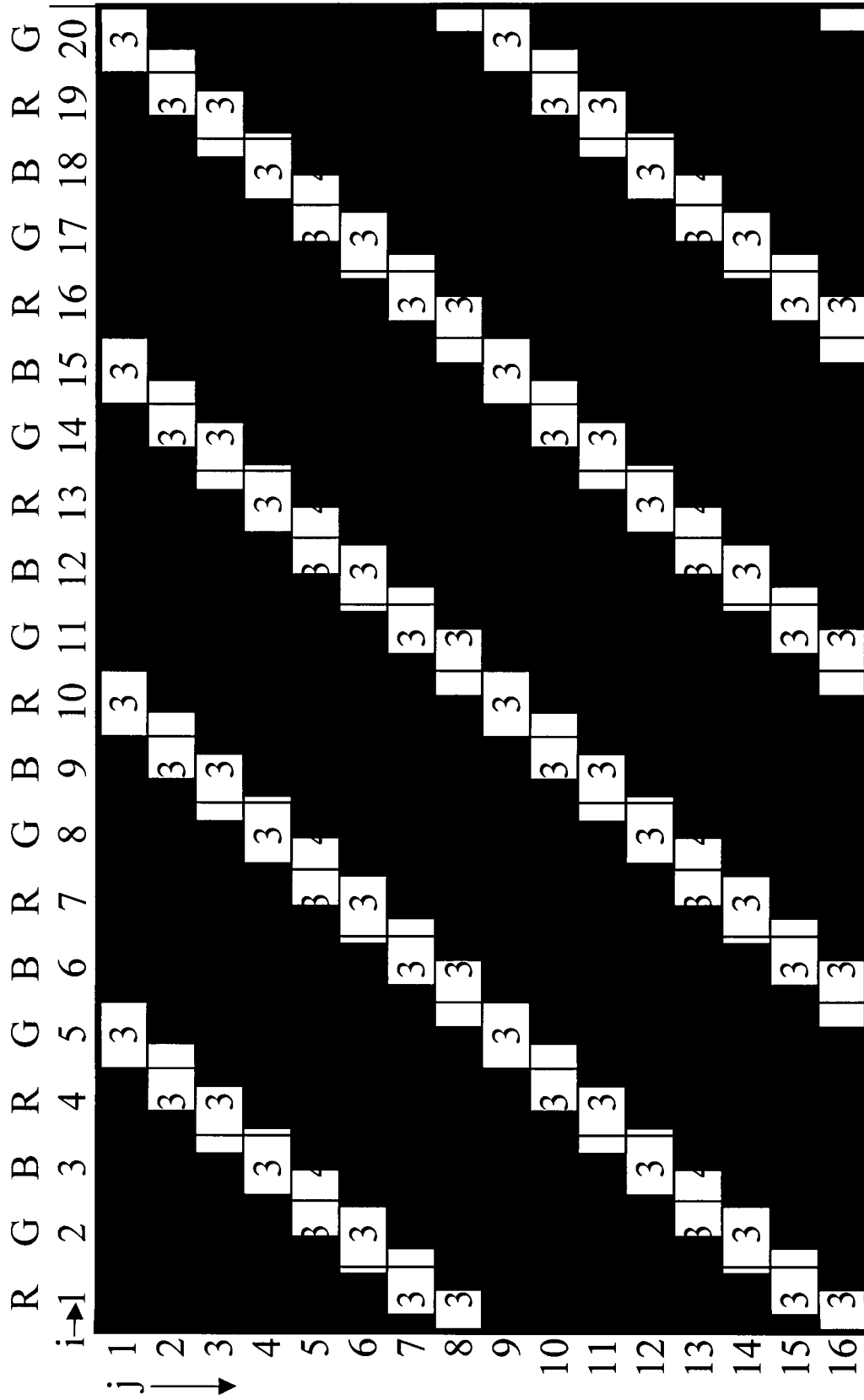


Fig.5

		R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G
i→		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	j ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20					
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20						
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20							
		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20								
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20										
		12	13	14	15	16	17	18	19	20											
		13	14	15	16	17	18	19	20												
		14	15	16	17	18	19	20													
		15	16	17	18	19	20														
		16	17	18	19	20															

Fig.6

	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G
i →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
j ↓	1	1;2	3	5	8	1;2	3	5	6	8	1;2	3	5	6	8	1;2	3	5	6	8
2	2;3	4	6	7	1	2;3	4	6	7	1	2;3	4	6	7	1	2;3	4	6	7	1
3	3;4	5	7	8	2	3;4	5	7	8	2	3;4	5	7	8	2	3;4	5	7	8	2
4	4;5	6	8	1	3	4;5	6	8	1	3	4;5	6	8	1	3	4;5	6	8	1	3
5	5;6	7	1	2	4	5;6	7	1	2	4	5;6	7	1	2	4	5;6	7	1	2	4
6	6;7	8	2	3	5	6;7	8	2	3	5	6;7	8	2	3	5	6;7	8	2	3	5
7	7;8	1	3	4	6	7;8	1	3	4	6	7;8	1	3	4	6	7;8	1	3	4	6
8	8;1	2	4	5	7	8;1	2	4	5	7	8;1	2	4	5	7	8;1	2	4	5	7
9	1;2	3	5	6	8	1;2	3	5	6	8	1;2	3	5	6	8	1;2	3	5	6	8
10	2;3	4	6	7	1	2;3	4	6	7	1	2;3	4	6	7	1	2;3	4	6	7	1
11	3;4	5	7	8	2	3;4	5	7	8	2	3;4	5	7	8	2	3;4	5	7	8	2
12	4;5	6	8	1	3	4;5	6	8	1	3	4;5	6	8	1	3	4;5	6	8	1	3
13	5;6	7	1	2	4	5;6	7	1	2	4	5;6	7	1	2	4	5;6	7	1	2	4
14	6;7	8	2	3	5	6;7	8	2	3	5	6;7	8	2	3	5	6;7	8	2	3	5
15	7;8	1	3	4	6	7;8	1	3	4	6	7;8	1	3	4	6	7;8	1	3	4	6
16	8;1	2	4	5	7	8;1	2	4	5	7	8;1	2	4	5	7	8;1	2	4	5	7

Fig.7