

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. Januar 2004 (22.01.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/008779 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H04N 13/00**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/007620

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. Juli 2003 (11.07.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
202 11 612.3 12. Juli 2002 (12.07.2002) DE
202 18 862.0 3. Dezember 2002 (03.12.2002) DE
102 59 968.8 16. Dezember 2002 (16.12.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **4D-VISION GMBH** [DE/DE]; Carl-Pulfrich-Strasse
1, 07745 Jena (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **RELKE, Ingo**

[DE/DE]; Fritz-Ritter-Strasse 6, 07747 Jena (DE). **OTTE, Stephan** [DE/DE]; Bonhoefferstrasse 17, 07747 Jena (DE).
KLIPPSTEIN, Markus [DE/DE]; Salvador-Dali-Strasse
6, 07751 Münchenroda (DE). **BRÜGGERT, Thomas**
[DE/DE]; Schomerusstrasse 9, 07745 Jena (DE). **RIE-
MANN, Bernd** [DE/DE]; Friedrich-Engels-Platz 4, 07389
Ranis (DE).

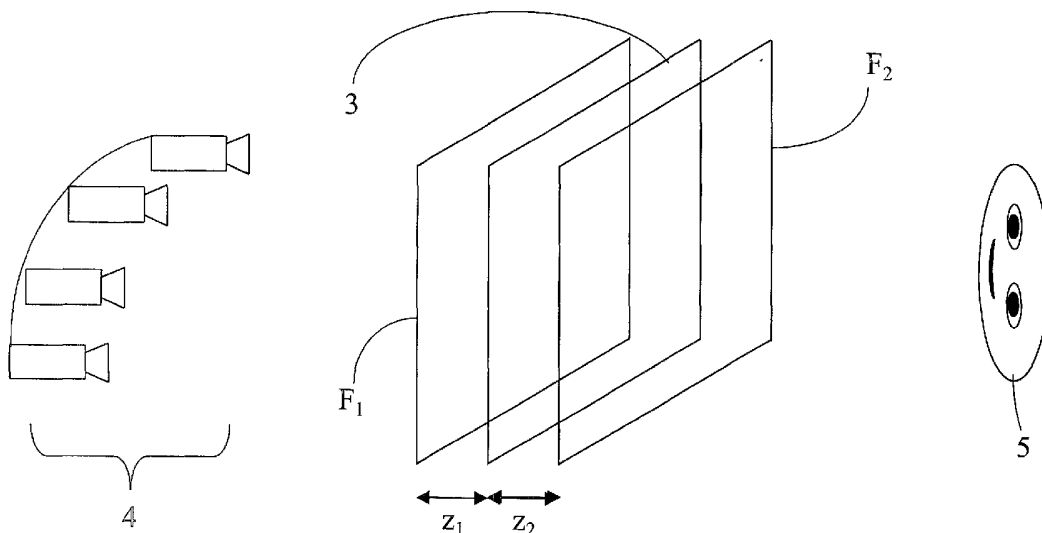
(74) **Anwalt: NIESTROY, Manfred**; Geyer, Fehners & Part-
ner (G.b.R.), Sellierstrasse 1, 07745 Jena (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,
MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,
RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** AUTOSTEREOSCOPIC PROJECTION SYSTEM

(54) **Bezeichnung:** AUTOSTEREOSKOPISCHE PROJEKTIONSANORDNUNG



(57) **Abstract:** The invention relates to an autostereoscopic projection system comprising at least one projector (4) and at least one filter array (F_1 , F_2) which is provided with a plurality of filter elements that are disposed in columns and rows. Bits of information about views of a scene or an object are projected onto a projection screen (3) by means of said projector/s (4), where said bits of information are reproduced on image-reproducing elements and are made visible to at least one viewer (5) after penetrating one or several filter arrays (F_1 , F_2). The image-reproducing elements correspond with associated filter elements regarding the direction of extension of the bits of information such that a viewer (S) sees mostly bits of information from a first selection of views with one eye while seeing mostly bits of information from a second selection of views with the other eye, whereby an impression of space is created for the viewer (5).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/008779 A2



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung bezieht sich auf eine autostereoskopische Projektionsanordnung, umfassend mindestens einen Projektor (4) und mindestens ein Filterarray (F_1 , F_2), das eine Vielzahl von in Spalten und Zeilen angeordneten Filterelementen aufweist, wobei mittels des Projektors/der Projektoren (4) Teilinformationen von Ansichten einer Szene oder eines Gegenstandes auf einen Projektionsschirm (3) projiziert, dort diese Teilinformationen auf Bildwiedergabeelementen wiedergegeben und nach Durchgang durch eines oder mehrere der Filterarrays (F_1 , F_2) für mindestens einen Betrachter (5) sichtbar gemacht werden, und wobei die Bildwiedergabeelemente mit zugeordneten Filterelementen bezüglich der Ausbreitungsrichtung der Teilinformationen derart korrespondieren, dass ein Betrachter (S) mit einem Auge überwiegend Teilinformationen von einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen von einer zweiten Auswahl aus den Ansichten optisch wahrnimmt, wodurch für den Betrachter (5) ein räumlicher Eindruck entsteht.

5

10

Titel

Autostereoskopische Projektionsanordnung

Gebiet der Erfindung

15

Die Erfindung bezieht sich auf eine autostereoskopische Projektionsanordnung mit mindestens einem Projektor, einem Projektionsschirm, der eine Vielzahl von in Spalten und Zeilen angeordneten Bildwiedergabeelementen aufweist, und mindestens einem Filterarray, das eine Vielzahl von in Spalten und Zeilen angeordneten Filterelementen aufweist, wobei mittels des Projektors bzw. der Projektoren Teilinfor-

20

mationen von Ansichten einer Szene oder eines Gegenstandes durch ein oder mehrere Filterarrays hindurch auf den Projektionsschirm projiziert und so diese Teilinformationen auf den Bildwiedergabeelementen sichtbar gemacht werden.

25

Stand der Technik

Eine derartige Anordnung ist beispielsweise in der DE 206 474 beschrieben. Diese Schrift offenbart einen Projektionsschirm, der in Betrachtungsrichtung vor und hinter einer Mattscheibe über jeweils ein Linienraster verfügt. Die Linienraster enthalten schmale, vertikal ausgerichtete, wechselweise opake und transparente Linien, durch die rückseitig ein Stereobildpaar projiziert wird. Der bzw. die Betrachter schauen auf

30

der Frontseite durch ein Linienraster hindurch und erleben einen räumlichen Seheindruck, da den Betrachteraugen jeweils unterschiedliche Perspektiven dargeboten werden. Nachteilig bei dieser Anordnung ist, daß leicht fehlerhafte Justagen der Linienraster bzw. der Mattscheibe zu unangenehmen Erscheinungen wie etwa Moiré-

35

Effekten führen.

Die US 5,146,246 beschreibt eine Zweiansichtenprojektion. Bei dieser Anordnung bekommt jedes Betrachterauge im wesentlichen nur eine Ansicht dargeboten, entweder die rechte oder die linke. Auch hier ist wieder in Betrachtungsrichtung vor und hinter dem Projektionsschirm jeweils ein Linienraster, d.h. ein Barrierschirm angeordnet. Dieser Barrierschirm wird auch wieder als vertikale opake und transparente Streifen umfassend offenbart. Eine ähnliche Anordnung zeigt die US 5,225,861 des gleichen Erfinders. Hierbei handelt es sich um eine Rückprojektionssystem, welches jeweils ein linkes und ein rechtes Bild durch ein Raster mit opaken und transparenten Elementen projiziert, wobei den Betrachteraugen wegen eines weiteren Rasters mit opaken und transparenten Elementen jeweils im wesentlichen disjunkte Ansichten sichtbar sind. Die Schrift beschreibt ebenfalls vertikale opake und transparente Streifen als Rasterelemente.

Für die letztgenannten Schriften gilt wiederum, daß die entsprechenden Anordnungen einen hohen Justageaufwand notwendig machen. Außerdem sind die zusätzlich beschriebenen Bildtrennmittel nur im wesentlichen für Systeme mit zwei dargestellten Ansichten geeignet, so daß dem bzw. den Betrachter(n) kaum Bewegungsfreiheit bei der stereoskopischen Wahrnehmung ermöglicht wird.

Die Offenlegungsschrift JP 9179090 beschreibt ein Rückprojektionssystem mit einem Lentikular, bei welchem mindestens zwei Ansichten einer Szenerie zeitmultiplex dargestellt werden. Die Zuordnung der rückseitig projizierten Ansichten zu den Streifenabschnitten auf der Projektionsscheibe, welche zu den Abbildungsrichtungen der Lentikulare korrespondieren, geschieht über steuerbare Flüssigkristallabschnitte. Diese Abschnitte sind entweder transparent oder streuend geschaltet, so daß entsprechend ihrem Zustand jeweils eine Ansicht durch die Lentikulare in stets eine oder mehrere definierte Richtungen abgebildet wird. Von Nachteil ist bei dieser Anordnung zunächst der hohe materielle Aufwand. Vor allem ist ein hohes Maß an Ansteuerelektronik erforderlich. Fernerhin wird trotz der in voller Auflösung zeitmultiplex dargestellten Ansichten für den Betrachter jeweils nur ein Bild in verminderter horizontaler Auflösung pro Auge sichtbar. Die Anordnung erfordert zur flimmerfreien Darstellung überdies schnelle Projektionsbildgeber. Die Bildwiederholrate dieser Bildgeber muß um so höher sein, je mehr Ansichten zur Darstellung kommen sollen, was die Anordnungen zusätzlich verteuert.

35

Die US 4,101,210 und die US 4,132,468 beschreiben eine Stereoprojektion für mehrere Ansichten einer Szenerie, wobei auf Grund der Abbildungsmaßnahmen auf ei-

nem Schirm (z.B. einer Emulsion) ununterbrochene und einander nicht überlappende, linienförmig strukturierte Rasterbilder mehrerer Ansichten gebildet werden. Diese Rasterbilder weisen quasi keine Lücken auf, d.h. die Ansichtenanteile werden dicht nebeneinander abgebildet. Die besagten Abbildungsmaßnahmen umfassen
5 insbesondere die Verwendung von Linsenrastern in Kombination mit Lentikularen.

In der Schrift DE 35 29 819 C2 wird eine Projektion mehrerer Ansichten durch ein Lentikular hindurch beschrieben. Bei dieser Anordnung werden zur Projektion der
10 Ansichtenstreifen unter jede einzelne Zylinderlinse die jeweils benachbarten Zylinderlinsen benutzt. Der Vorteil dabei ist, daß die Projektorenhäuser nicht besonders schmal sein müssen, um die korrekte Ansichtenkombination auf dem Projektions-
schirm zu erzielen. Nachteilig ist hier, daß, insbesondere bei großen Schirmdurch-
messern, großformatige Lentikulare benötigt werden.

15 Die DE 196 08 305 A1 offenbart ein Rückprojektionssystem, wobei zwei Ansichten durch vertikale Barrierestreifen auf einen Schirm projiziert werden. Das entstehende Rasterbild aus den zwei Ansichten wird hernach vom Betrachter durch einen Barrierschirm derart sichtbar gemacht, daß die Betrachteraugen jeweils unterschiedliche
20 Ansichten sehen, wodurch ein räumlicher Eindruck entsteht. Die Anordnung ist gekennzeichnet durch einen Verschiebemechanismus, der den betrachterseitigen Barrierschirm augenpositionsabhängig verschiebt. Hierbei ist von Nachteil, daß zum
einen lediglich zwei Ansichten einer Szenerie zum Einsatz kommen. Fernerhin besitzt der Regelkreis zum Ermitteln der Augenposition und entsprechenden Verschieben des betrachterseitigen Barrierschirmes eine gewisse Trägheit, wodurch der Be-
25 trachter mitunter ein pseudoskopisches Bild wahrnimmt. Die Anordnung ist in regelhaften Ausprägungen für lediglich einen Betrachter geeignet.

Eine Projektionseinrichtung mit Lentikular ist in der DE 37 00 525 A1 dargestellt. Bei dieser Anordnung ist die Projektionsfläche gekrümmt. Nachteilig ist dabei unter an-
30 derem der hohe Platzbedarf bei großformatigen Bildschirmen.

Die WO 98/43441 A1 beschreibt ein dynamisches Mehransichtenprojektionssystem mit Shattern. Nachteilig ist hierbei vor allem der hohe Aufwand bei der Herstellung
35 der Anordnung.

In der US 2,313,947 wird ein Mehransichtenprojektion mit zwei Barrierschirmen, welche vertikale Barrierestreifen umfassen, offenbart. Auch die Schrift US 2,307,276

beschreibt eine Mehransichtenprojektion mit Barrierschirmen unter Verwendung von vertikalen Barrirestreifen, wobei charakteristisch zwischen den entstehenden Ansichtenstreifen auf dem Schirm eine bestimmte Streifenbreite dunkel bleibt. Dadurch werden pseudoskopische und Doppelbildpositionen weitestgehend vermieden.

5

Die US 4,872,750 beschreibt ein Rückprojektionssystem mit rückseitigem Barrierschirm, wobei Farbbilder durch das Überlappen von separaten RGB-Projektionen erzielt werden. Zur räumlichen Rekonstruktion werden hier bevorzugt Lentikulare eingesetzt. Nachteilig ist hier der hohe apparative Aufwand.

10

Die Patentschrift DE 195 06 648 kritisiert am Stand der Technik der 3D-Darstellung die sprunghafte Änderung der Perspektive bei einer Betrachterbewegung, welche wegen der diskreten Anzahl der dargestellten Ansichten auftritt. Es wird eine autostereoskopische Anordnung zur Vermeidung dieser Nachteile beschrieben, bei der mehrere Ansichten in beobachtbaren Zonen dargestellt werden, so daß Überlappungsbereiche zwischen den Beobachtungszonen erzeugt werden und so daß die Beleuchtungsintensität der einzelnen Beobachtungszonen an den Rändern reduziert ist. Als optische Abbildungseinrichtungen werden u.a. Aperturblenden beschrieben, die in einem Übergangsbereich jeweils sich überlappende Beobachtungszonen zweier Ansichten erzeugen. Das dieser Anmeldung zu Grunde liegende Prinzip erfordert einen hohen technischen Aufwand, sofern 3D-Bilder mit größeren Abmessungen gefordert werden.

15

20

25

30

35

In der DE 100 03 326 C2 der Anmelderin werden autostereoskopische Verfahren und entsprechende Anordnungen beschrieben, bei denen der hilfsmittelfrei räumliche Eindruck für mehrere Betrachter vermöge eines Wellenlängenfilterarrays erzeugt wird. Das Filterarray, welches sich vor oder hinter einem Bildgeber befindet, besteht aus einer Vielzahl von in Zeilen und Spalten angeordneten Wellenlängenfiltern, die jeweils für Licht bestimmter Transparenzwellenlängen/-bereiche transparent sind und somit diskrete wellenlängenabhängige Lichtausbreitungsrichtungen für das von dem Bildgeber ausgesandte Licht vorgeben. Auf dem Bildgeber mit in Zeilen und Spalten eingeteilten Bildelementen wird ein aus mehreren Ansichten einer Szene oder eines Gegenstandes zusammengesetztes Bild dargestellt, so daß auf Grund des Filterarrays ein Betrachter mit beiden Augen überwiegend unterschiedliche Auswahlen von Ansichten sieht. Als Nachteil stellt sich hierbei heraus, daß Großbildprojektionen nicht ohne weiteres zu realisieren sind.

Beschreibung der Erfindung

Von diesem Stand der Technik ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, Anordnungen der eingangs genannten Art in einer Weise weiterzubilden, daß eine verbesserte Wahrnehmbarkeit auch bei größeren Bildabmessungen erreicht wird. Das Ziel soll bevorzugt mit einfachen bzw. einfach herstellbaren Baugruppen erreicht werden. Es soll fernerhin ein räumlicher Eindruck für mehrere Betrachter ermöglicht werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine autostereoskopische Projektionsanordnung, umfassend:

- mindestens einen Projektor und
- mindestens ein Filterarray, das eine Vielzahl von in Spalten und Zeilen angeordneten Filterelementen aufweist, wobei
- mittels des Projektors/der Projektoren Teilinformationen von Ansichten einer Szene oder eines Gegenstandes auf einen Projektionsschirm projiziert, dort diese Teilinformationen auf Bildwiedergabeelementen wiedergegeben und nach Durchgang durch eines oder mehrere der Filterarrays für mindestens einen Betrachter sichtbar gemacht werden, und wobei
- die Bildwiedergabeelemente mit zugeordneten Filterelementen bezüglich der Ausbreitungsrichtung der Teilinformationen derart korrespondieren, daß ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen von einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen von einer zweiten Auswahl aus den Ansichten optisch wahrnimmt, wodurch für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfaßt die autostereoskopische Projektionsanordnung mindestens zwei Projektoren, einen Projektionsschirm, sowie mindestens zwei Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$), wobei mindestens ein Filterarray (F_1) zwischen dem Projektionsschirm und den mindestens zwei Projektoren, d.h. in Betrachtungsrichtung hinter dem Projektionsschirm, und mindestens ein Filterarray (F_2) in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, und wobei alle Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$) in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenfilterelemente aufweisen, die für Licht verschiedener Wellenlängen (λ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ($\Delta\lambda$) transparent sind, vermittels der Projektoren Teilinformationen von n Ansichten A_k (mit $k=1..n$; $n \geq 2$) einer Szene oder eines Gegenstandes durch mindestens ein Filterarray (F_1) hindurch auf den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansich-

ten (A_k) in einer durch die Anordnungsgeometrie bestimmten Kombination bzw. Mischung optisch sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen (α_y) in Spalten (i) und Zeilen (j) eingeteilt ist, die je nach Ausprägung der Filterarrays ($F_1, F_2, \dots F_A, \dots$) und der Projektoren jeweils Licht bestimmter Wellenlängen (λ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement (α_y) Teilinformation(en) mindestens einer der Ansichten A_k wiedergibt, für das von dem Projektionsschirm zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das mindestens eine Filterarray (F_2), welches in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement (α_y) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays (F_2) oder ein Wellenlängenfilter des Filterarrays (F_2) mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen (α_y) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements (α_y) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten (A_k) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

Vorteilhaft kommen insgesamt 2, 4, 8, 16, 32 oder 40 Projektoren zum Einsatz. Sehr gute räumliche Eindrücke mit guter Helligkeit für mehrere Betrachter bei gleichzeitig angenehmer Bewegungsfreiheit werden ab etwa 8 dargestellten Ansichten erzielt, wobei hierzu vorzugsweise mindestens 8 Projektoren zur Ansichtenprojektion eingesetzt werden.

Bevorzugt kommen genau zwei Filterarrays (F_1) und (F_2) in der oben beschriebenen Anordnung zum Einsatz. Besondere Ausgestaltungen, bei denen mehr als zwei Filterarrays von Vorteil sind, werden weiter unten beschrieben. Die in den Wellenlängenfilterarrays enthaltenen Wellenlängenfilterelemente können beispielsweise transparent für Rot, Grün, Blau, Gelbes, Zyan oder Magenta und/oder transparent oder opak für den gesamten sichtbaren Wellenlängenbereich sein.

Ferner weisen die Filterelemente der Filterarrays ($F_1, F_2, \dots F_A, \dots$) beliebige, vorzugsweise vieleckige, besonders bevorzugt rechteckige Umrißformen auf. In der Regel besitzt ein Filterelement eine Fläche von ca. wenigen 10.000 μm^2 bis zu einigen

Quadratmillimetern. Abweichungen hiervon sind fallbedingt möglich. Dabei kann die Filterelementform und/oder Filterelementgröße auch innerhalb eines Filterarrays oder sogar innerhalb einer Zeile oder Spalte ein- und desselben Filterarrays variieren. Die Bildelementform auf dem Projektionsschirm hängt wesentlich von den projektor-

5 seitigen Filterarrays ab, so daß die vorstehend genannten Variationen der Filterelementform bzw. -größe essentiellen Einfluß auf die Bildelemente haben.

Das auf dem Projektionsschirm entstehende, aus verschiedenen Teilinformationen der Ansichten (A_k) kombinierte Bild weist, je nach der Struktur des/der Filterarrays und der geometrischen Anordnung der Projektoren, ein Raster von Bildwiedergabe-

10 beelementen (α_{ij}) in Spalten (i) und Zeilen (j) auf. Diese Rasterstruktur ist nicht notwendigerweise sichtbar. Dabei können die Bildwiedergabeelemente (α_{ij}) Licht ganz verschiedenartiger Wellenlängenbereiche abstrahlen, je nachdem, was für Licht von den Projektoren an den entsprechenden Stellen des Projektionsschirms ankommt.

15 Abhängig von der Ausgestaltung der Erfindung können auch zwischen den Bildwiedergabeelementen geringfügige Teilflächen des Projektionsschirms ohne irgendeine Teilinformation irgendeiner Ansicht (A_k) bleiben, etwa weil kein Licht irgendeines Projektors zu dieser Teilfläche gelangt. Solche Flächen sind dann nicht notwendigerweise als Bildwiedergabeelemente (α_{ij}) im Raster (i,j) zu betrachten. Derartige An-

20 ordnungen führen auch zum Ergebnis, sind aber nicht unbedingt zu bevorzugen.

Es ist auch denkbar, daß ein Bildwiedergabeelement (α_{ij}) vollfarbige Bildteilinformationen wiedergibt, die insbesondere aus einer optischen Mischung von Teilinformationen verschiedener Wellenlängen/Wellenlängenbereiche herrühren. Außerdem

25 kann, ebenfalls in Abhängigkeit von der Anordnungsstruktur, ein solches Bildelement auch Teilinformationen gleichzeitig aus verschiedenen Bildelementpositionen innerhalb einer Ansicht oder gar aus verschiedenen Ansichten wiedergeben, etwa wenn sich die auf dem Projektionsschirm ankommenden Lichtstrahlen zweier oder mehrerer Projektoren überlagern.

30

Es ist von Vorteil, wenn jedes der Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$) Wellenlängenfilterelemente (β_{Apq}) in einem jeweils eigenen, filterarrayzugeordnetem Raster aus Zeilen (q_A) und Spalten (p_A) enthält, die in Abhängigkeit von ihrer Transparenzwellenlänge bzw. ihrem Transparenzwellenlängenbereich (λ_{Ab}) nach folgender Funktion auf dem Filter-

35 array angeordnet sind

$$b = p_A - d_{Apq} \cdot q_A - n_{Am} \cdot \text{IntegerPart} \left[\frac{p_A - d_{Apq} \cdot q_A - 1}{n_{Am}} \right], \text{ mit}$$

- A dem Index des jeweiligen Arrays (F_A),
- (p_A) dem Index eines Wellenlängenfilters (β_{Apq}) in einer Zeile des jeweiligen Arrays (F_A),
- (q_A) dem Index eines Wellenlängenfilter (β_{Apq}) in einer Spalte des jeweiligen Arrays (F_A),
- (b) einer ganzen Zahl, die für ein Wellenlängenfilter (β_{Apq}) des Filterarrays (F_A) an der Position (p_A, q_A) eine der vorgesehenen Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche (λ_{Ab}) festlegt und Werte zwischen 1 und b_{Amax} haben kann,
- (n_{Am}) einem ganzzahligen Wert größer „Null“, der bevorzugt der Gesamtzahl (n) der von den Projektoren dargestellten Ansichten (A_k) entspricht,
- (d_{Apq}) einer wählbaren Maskenkoeffizientenmatrix zur Variation der Anordnung der Wellenlängenfilter auf dem jeweiligen Array (F_A) und
- *IntegerPart* einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

15

Die Matrix (d_{Apq}) kann als Einträge reelle Zahlen besitzen, wobei in der obigen Gleichung (p_A) dem Index (p) und (q_A) dem Index (q) für die Matrix (d_{Apq}) bzw. für die Filterelemente (β_{Apq}) entspricht.

- 20 Es können für verschiedene (b) auch Transparenzwellenlängen/ Transparenzwellenlängenbereiche (λ_{Ab}) gleichen Inhalts vorgegeben werden: Gilt beispielsweise $b_{Amax} = 8$, können λ_{A1} bis λ_{A3} für R,G,B in dieser Reihenfolge und λ_{A4} bis λ_{A8} für Wellenlängen außerhalb des sichtbaren Lichts stehen, wobei dann λ_{A1} bis λ_{A3} die Farben R,G,B transmittieren und λ_{A4} bis λ_{A8} das sichtbare Spektrum abblocken. Dann liefert die
- 25 Kombinationsvorschrift für ein Filter (F_A) mit dem Index (A) und für die Parameter $d_{Apq} = -1 = \text{const}$ und $n_{Am} = 8$ eine Filterstruktur, die periodisch auf opakem Hintergrund schräge Streifen in den RGB-Farben erzeugt. Zwischen diesen farbigen Streifen bleiben jeweils fünf der Filterelemente in jeder Zeile opak. Der Winkel der Schrägstellung der farbigen Streifen hängt dabei von den Abmaßen der Filterelemente (β_{Apq})
- 30 ab. Zu bevorzugen sind Ausgestaltungen der Erfindung, bei denen b_{Amax} und n_{Am} gleich groß sind.

In einer weiteren beispielhaften Ausgestaltung können wiederum mehrere der Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche λ_{Ab} die gleichen Filterwirkungen

35 haben: Seien $\lambda_{A1} \dots \lambda_{A6}$ Wellenlängenbereiche, die das gesamte sichtbare Spektrum abblocken, λ_{A7} und λ_{A8} ein für das sichtbare Spektrum transparente Filterbereiche, und sei weiterhin $n_{Am} = 8$ sowie $d_{Apq} = -1 = \text{const}$, so ergibt sich nach der Vorschrift zur

Erzeugung einer Filterstruktur ein im wesentlichen opakes Filterarray (F_A), welches auf der Fläche gleichmäßig verteilte schräge, stufenförmige transparente Streifen beinhaltet, die etwa ein Viertel der gesamten Fläche einnehmen.

5 Es ist in diesem Zusammenhang weiterhin vorteilhaft, wenn mindestens zwei der Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$) nicht durch horizontale und/oder vertikale lineare Skalierung ihrer Strukturen vollständig zur Kongruenz zu bringen sind. Mit anderen Worten: Die Strukturen der entsprechenden Filterarrays gehen nicht durch ein- oder zweidimensionale Vergrößerung oder Verkleinerung ineinander über. Im Bezug auf
10 den räumlichen Eindruck hat diese Nicht-Kongruenz den Effekt, daß tatsächlich von jedem Betrachtungspunkt aus ein Betrachterauge stets eine Mischung aus Teilinformationen mehrerer Ansichten (A_k) wahrnimmt. Der Fall, daß ein Betrachterauge an irgendeiner Position Teilinformationen genau einer der Ansichten (A_k) sieht, ist damit vollständig ausgeschlossen.

15

Außerdem bewirken derartige Eigenschaften der Filterarrays einen besonderen Effekt: Bei einer Betrachterbewegung kann sich, geeignete Anordnungsgeometrien vorausgesetzt, die Struktur einer mit einem Auge überwiegend gesehenen 2D-Ansicht ändern. So ist beispielsweise denkbar, daß ein Auge eines Betrachters an
20 einer bestimmten Stelle im Betrachtungsraum zu 90% des wahrgenommenen Bildes Teilinformationen aus der Ansicht A_1 ($k=1$) und einen Restgemisch von 10% des wahrgenommenen Bildes aus Teilinformationen anderer Ansichten (A_k) mit $k>1$ sieht, wobei die wahrgenommenen Teilinformationen der Ansicht A_1 ($k=1$) eine Auflösung von beispielsweise 600 x 400 Bildelementen aufweisen. Unter den vorstehend genannten Voraussetzungen kann sich die wahrgenommene Struktur dieser überwiegend
25 gesehenen Ansicht A_1 ($k=1$) nun in einer anderen Betrachtungsposition so ändern, daß sie eine sichtbare Auflösung von beispielsweise 400 x 600 aufweist.

Mitunter kann die Filteranordnung so gewählt werden, daß die sichtbare Auflösung
30 pro Ansicht verschieden von der eines einzelnen Projektors ist.

Für einige Anwendungsfälle kann es außerdem von Vorteil sein, wenn mindestens ein Teil der Filterelemente mindestens eines der Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$) als Neutralfilter zur wellenlängenunabhängigen Abschwächung der Lichtintensität ausgebildet sind. Beispielsweise können derartige Filterelemente das sichtbare Licht zu 0%
35 (opak), 25%, 50%, 75% oder zu 100% (volltransparent) unabhängig von der Lichtwellenlängenlänge transmittieren. Derartige Neutralfilterelemente oder auch Graustu-

fenfilterelemente sind unter Umständen günstiger herzustellen als farbige Wellenlängenfilterarrayelemente. Überdies lassen sich vermöge eines Filterarrays mit Neutralfilterelementen spezielle Effekte erzielen, wie etwa die Veränderung der wahrgenommenen Lichtintensität einer oder mehrerer Ansichten bei einer Betrachterbewegung.

Die Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$) sind jeweils im Abstand (z_A) in Betrachtungsrichtung vor oder hinter dem Projektionsschirm angeordnet. Es nimmt (z_A) jeweils Werte in der Größenordnung $-60 \text{ mm} \leq z_A \leq +60 \text{ mm}$ an, wobei ein negativer Wert für (z_A) die Anordnung in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm und ein positiver Wert für (z_A) die Anordnung in Betrachtungsrichtung hinter dem Projektionsschirm jeweils im Abstand des Absolutbetrages von (z_A) bedeutet. In Ausnahmefällen kann der Absolutbetrag von (z_A) auch größere Werte als 60 mm annehmen, etwa wenn die Diagonale des Projektionsschirmes extrem groß ist.

In einer weiteren besonderen Ausgestaltung ist ein Teil der Filterelemente mindestens eines der Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$), vorzugsweise des Filterarrays, welches dem/den Betrachter(n) am nächsten liegt, derart ausgebildet, daß besagte Filterelemente nur Licht ausgewählter Einfallsrichtungen transmittieren. Dies kann beispielsweise durch die Verwendung bestimmter Kristalle oder einer Polymerbeschichtung gewährleistet werden.

Fernerhin ist es denkbar, mindestens ein Filterelement mindestens eines der Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$) als eine Linse, bevorzugt als eine Zylinderlinse, oder als ein Prisma auszubilden, wobei die Zylinderlinsen oder Prismen auch lediglich in Spalten oder Zeilen angeordnet sein können. Auf diese Weise wird eine vergleichsweise hohe Lichttransmission erreicht. Derartige Ausgestaltungen sind von besonderem Interesse im Bezug auf Systeme mit deutlich mehr als 8 dargestellten Ansichten.

Während in einfachen Ausgestaltungen der Erfindung jeder Projektor Teilinformationen lediglich einer einzelnen Ansicht (A_k) projiziert, z.B. die entsprechende 2D-Perspektivansicht der darzustellenden Szenerie, kann es im Sinne der Erfindung vorteilhaft sein, wenn mindestens einer der mindestens zwei Projektoren ein aus Teilinformationen mindestens zweier Ansichten (A_k) zusammengesetztes Kombinationsbild projiziert. In Erweiterung dieses Merkmals bietet es mitunter Vorteile, wenn (mindestens jeweils) zwei Projektoren jeweils ein aus Teilinformationen mindestens zweier Ansichten (A_k) zusammengesetztes Kombinationsbild projizieren und die

Bildkombinationsstruktur der Ansichten (A_k) für besagte zwei Projektoren unterschiedlich gewählt ist.

Zur Kombination von Teilinformationen mehrerer Ansichten wird auf die eingangs zitierte Schrift DE 100 03 326 C2 der Anmelderin verwiesen, in der eine Vorschrift zur allgemeinen Bildkombination gegeben ist, welche der hier verwandten Vorschrift zur Strukturierung der Filterarrays artverwandt ist.

In einigen Ausgestaltungen der Erfindung, etwa wenn mindestens einer der Projektoren unter einem bestimmtem Winkel auf den Projektionsschirm gerichtet ist, können die projizierten Teilinformationen der Ansichten unter Verwendung einer geeigneten Bildvorentzerrungsfunktion, z.B. einer Trapezkorrektur, projiziert werden. Moderne Projektoren bieten in diesem Zusammenhang bereits stufenlose „Scheimpflug-“ und/oder „Seagull-“Korrekturen an, die der geometrischen Korrektur des projizierten Bildes dienen. Im Falle der Verwendung von Dias als Projektionsdaten können auch diese mit einer entsprechenden Vorab-Korrektur erstellt werden.

Besonders effizient im Bezug auf die Licht- und Flächennutzung ist die erfindungsgemäße Anordnung dann, wenn die Ausrichtung und Struktur des/der Filterarray(s) zwischen den Projektoren und dem Projektionsschirm derart gewählt ist, daß jedes Flächenelement auf dem Projektionsschirm mit Licht mindestens eines der Projektoren beaufschlagt werden kann. Es entstehen somit keine „permanent schwarzen Flecken“ auf dem Schirm, so daß jedes Flächenelement des Projektionsschirmes eine Teilinformation mindestens einer Ansicht (A_k) abstrahlt. Diese vorteilhafte Ausgestaltung ist allerdings, wie weiter oben schon erwähnt, keine zwingende Bedingung zur Erhaltung der Funktionsweise der erfindungsgemäßen Anordnungen.

Der Projektionsschirm ist bevorzugt transluzent ausgebildet. Er kann außerdem lichtkonzentrierend wirken, d.h. einen positiven „gain“ aufweisen. Transluzente und lichtkonzentrierende Projektionsschirme sind im Stand der Technik bekannt und bedürfen für den Fachmann daher keiner weiteren Erläuterung. Eine ausgezeichnete Schärfe der Bildelemente auf dem Projektionsschirm wird erzielt, wenn der Projektionsschirm als sehr dünne Scheibe, bevorzugt mit einer Dicke kleiner einem Millimeter ausgebildet ist.

In vielen Ausgestaltungen der Erfindung wird der Projektionsschirm eine ebene Platte sein. Unter speziellen Voraussetzungen kann es dennoch vorteilhaft sein, den

Projektionsschirm gekrümmt auszubilden. In diesem Falle empfiehlt es sich, auch die Filterarrays in entsprechendem Maße zu krümmen.

5 Generell wird für jeden Projektor eine separate Projektionsposition und Projektionsrichtung im Bezug auf den Projektionsschirm vorgegeben, wobei die jeweilige Projektionsrichtung und der jeweilige Projektionsabstand von Projektor zu Projektor bevorzugt unterschiedlich ist. Im Zusammenspiel mit einem gekrümmten Projektionsschirm wird somit beispielsweise erreicht, daß das Licht der verschiedenen Projektoren im wesentlichen unter einem jeweils etwa gleichen Lichteinfallswinkel auf
10 den Projektionsschirm trifft. Mit Lichteinfallswinkel ist hier der Winkel gemeint, unter dem die Lichthauptausbreitungsrichtung eines projizierten Bildes auf den Projektionsschirm auftrifft.

15 Sofern sich alle Projektorenobjektive in der gleichen Höhe hinter dem Projektionsschirm befinden, soll diese Höhe bevorzugt etwa die Höhe des Flächenmittelpunktes des Projektionsschirmes sein. Zur Gewährleistung einer derartigen Positionierung ist beispielsweise ein entsprechend dimensioniertes mechanisches Stativ geeignet.

20 Die Helligkeit eines oder mehrerer Projektoren kann mitunter, innerhalb festgelegter Grenzen, variabel verstellbar sein. Dies ist eine Eigenschaft, die von einigen modernen Projektoren dargeboten wird und hier zur gleichmäßigen Beaufschlagung des Projektionsschirmes ausgenutzt werden kann. Sollte beispielsweise eine dargestellte Ansicht einer Szenerie aus aufnahmetechnischen Gründen etwas heller sein, als die übrigen Ansichten, so bietet die Helligkeitsregulierung des entsprechenden Projektors hier eine suffiziente Abhilfemöglichkeit.
25

Als Projektoren kommen beispielsweise Flüssigkristallprojektoren, DLP/DMD-Projektoren, CRT-Projektoren oder Dia-Projektoren in Frage. Außerdem ist eine Laserprojektion mit z.B. drei Lasern als separaten RGB-Bildgebern denkbar. Selbstverständlich können auch mehr als drei Laser eingesetzt werden. Diese Aufzählung der einzusetzenden Projektorentypen kann noch ergänzt werden und bedeutet nicht, daß eine erfindungsgemäße Anordnung nicht auch mit andersartigen Projektoren ausgestaltet werden kann. Im übrigen können innerhalb erfindungsgemäßer Anordnungen auch gleichzeitig verschiedengeartete Projektoren eingesetzt werden. Die
30 Verschiedenheit kann sich dabei sowohl auf das Lichtmodulationsprinzip als auch auf einzelne Parameter, wie etwa Lichtstrom oder Bildauflösung, beziehen.
35

Die Projektoren werden in der Regel von einer Ansteuerelektronik, die auch mehrere separate Geräte umfassen kann, mit Bilddaten versorgt. Denkbar ist in diesem Zusammenhang eine Bilddatenquelle, die aus je einem Videorekorder pro Projektor besteht. Jeder Videorekorder speist den zugeordneten Projektor mit der Bildsequenz einer Ansicht (A_k). Die Videorekorder sind über einen Trigger miteinander gekoppelt, so daß alle n Ansichten (A_k) zeitlich synchronisiert dargestellt werden.

Es ist auch denkbar jeden Projektor mit einem separaten Rechner anzusteuern, wobei auch hier wieder alle Rechner, etwa über eine Netzwerkverbindung, miteinander synchronisiert sind. Die Ausgestaltung unter Verwendung von Rechnern ermöglicht insbesondere den Anwendungsfall, daß mindestens ein Projektor Teilinformationen aus mindestens zwei verschiedenen Ansichten (A_k) projiziert. Zur möglichen Kombination der Teilinformationen aus mindestens zwei verschiedenen Ansichten (A_k) sei auch hier wieder auf die Schrift DE 100 03 326 C2 verwiesen. Fernerhin können auch handelsübliche Split-Rechner zur Ansteuerung gleichzeitig mehrerer Projektoren eingesetzt werden.

Um einen verbesserten Bildkontrast zu erzielen, kann auf das Filterarray, welches dem Betrachter am nächsten befindlich ist, eine Antireflexionsbeschichtung aufgebracht sein. Damit werden Fremdlichtreflexe zu einem gewissen Teil vermieden, wodurch die Wahrnehmbarkeit des räumlichen Bildes weiter verbessert wird.

Jedes der Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$) ist beispielsweise als belichtete Folie, als gedrucktes Bild oder als optisches Gitter ausgebildet. Weitere Herstellungsverfahren sind denkbar. Bevorzugt ist mindestens eines der Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$) auf ein Substrat, z.B. auf ein Glassubstrat, auflaminiert. Dadurch kann ein guter mechanischer Halt erreicht werden. In einer anderen Ausgestaltung ist vorgesehen, daß mindestens eines der Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$) innerhalb einer Sandwich-Struktur bestehend aus mehreren Substraten angeordnet ist, wobei die Substrate optional jeweils bestimmte optische Eigenschaften, wie vorgegebene Brechungsindizes, aufweisen. Mit der Sandwich-Struktur wird ebenfalls ein guter mechanischer Halt in Verbindung mit einer langen Lebensdauer der Filterarrays erreicht.

Eine ganz spezielle Ausgestaltung der Erfindung ergibt sich dadurch, daß sich auf Teilen mindestens eines Filterarrays eine spiegelnde Oberfläche befindet und diese spiegelnde Oberfläche jeweils auf der zu den Projektoren zeigenden Seite des/der Filterarrays und vorzugsweise nur auf den nicht-transparenten Filterelementen ange-

ordnet ist, so daß ein Teil des projizierten Lichtes in die Projektoren zurückgeworfen wird. Ist der entsprechende Projektor in der Lage, derartiges Licht wiederzuverwenden („transflektive Projektion“), so kann ein besserer Lichtausnutzungsgrad erzielt werden.

5

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sehen vor, daß mindestens ein Teil der Filterelemente mindestens eines der Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$) als Polarisationsfilter ausgebildet ist und daß mindestens einer der Projektoren polarisiertes Licht ausstrahlt. Dabei können die Polarisationsfilter beispielsweise transparent für horizontal oder vertikal linear polarisiertes Licht und optional gleichzeitig nur transparent für
10 Licht bestimmter Wellenlängen/-bereiche sein. Auch eine Kombination aus wellenlängenunabhängigen Neutralfiltern und Polarisationsfiltereigenschaften ist in diesem Zusammenhang denkbar. Die polarisationsabhängig transmittierenden Filter lassen dabei nur das Licht derjenigen Projektoren passieren, deren Licht entsprechende
15 Polarisationsseigenschaften aufweist.

Bei einer Ausgestaltung strahlt der mindestens eine polarisierte Licht aussendende Projektor das Licht in zeitlich alternierender Polarisation, bevorzugt abwechselnd horizontal linear und vertikal linear polarisiert, ab. Damit wird eine zeitliche Veränderung der Struktur des auf dem Projektionsschirm entstehenden Kombinationsbil-
20 des erreicht.

Generell kann weiterhin mindestens ein Teil der Filterelemente mindestens eines der Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$) als photochrome oder elektrochrome optische Bauelemen-
25 te ausgebildet sein. Damit kann eine Umschaltung zwischen 2D- und 3D-Projektion erzielt werden, nämlich wenn die photochromen bzw. elektrochromen Bauelemente in einem ersten Zustand die vorgegebene Wellenlängen/-bereichstransmission gestatten, um einen räumlichen Eindruck zu erzeugen („3D-Modus“), während sie in einem zweiten Zustand weitestgehend transparent für quasi das ganze sichtbare
30 Wellenlängenspektrum sind. In letzterem Zustand wird somit eine nahezu unbeeinflusste Projektion durch besagte Filterelemente hindurch auf den Projektionsschirm gewährleistet. Werden nun alle Filterelemente aller vorhandenen Filterarrays in diesen Zustand gebracht, so ist für den oder die Betrachter eine quasi vollauflösende 2D-Wahrnehmung möglich. Während im 3D-Modus die Projektoren mindestens Teil-
35 linformationen zweier Ansichten projizieren, wird im 2D-Modus genau eine Ansicht dargestellt. Im einfachsten Fall projiziert dann lediglich ein Projektor eine Ansicht in üblicher Weise, wobei ggf. hier auch schon eine Bildentzerrungskorrektur eingesetzt

wird. Um eine Helligkeitsverbesserung zu erzielen, können im 2D-Modus auch mehrere Projektoren ein- und dasselbe Bild auf den Projektionsschirm abstrahlen. Dabei ist allerdings darauf zu achten, daß die jeweiligen Projektorenbilder derart abgebildet werden, daß sich alle gleichartigen Ansichten einwandfrei auf dem Projektions-

5 schirm überlagern.

Es ist ebenfalls möglich, andere optische Bauelemente also photochrome oder elektrochrome einzusetzen. Entscheidend und wesentlich im Sinne der Erfindungsausgestaltung für die Umschaltung zwischen einem 2D- und einem 3D-Modus ist, daß die

10 optischen Bauelemente in einem ersten Zustand eine definierte Transparenz in bestimmten Wellenlängen/-bereichen oder ggf. in bestimmten Transmissionsgraden zur wellenlängenunabhängigen Schwächung der Lichtintensität aufweisen, während sie in einem zweiten Zustand eine möglichst hohe Transparenz für im wesentlichen das volle sichtbare Wellenlängenspektrum besitzen.

15 In einem besonders einfachen Fall, der keine elektrochromen Filterarrayelemente erfordert, werden die Filterarrays einfach von der erfindungsgemäßen Anordnung entfernbar ausgebildet, um eine 2D-Projektion zu erzielen.

20 Eine weitere Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anordnungen sieht vor, daß mindestens einer der Projektoren mit einem Farbfilter verblendet ist, wodurch das von besagtem Projektor abgestrahlte Licht lediglich Wellenlängenfilter der entsprechenden Transparenzwellenlänge bzw. des entsprechenden Transparenzwellenlängenbereichs durchdringen kann. Dadurch wird es möglich, besondere Kombinationsstrukturen der Teilinformationen auf dem Projektionsschirm zu erzielen. Es kann

25 dann, für spezielle Anwendungsfälle, auch bei einer Betrachterbewegung eine farbliche Veränderung der wahrgenommenen Ansichten erreicht werden.

Die Verblendung eines oder mehrerer Projektoren mit einem Farbfilter kann auch

30 grundlegend anders umgesetzt werden, etwa bei DMD-Projektoren, welche zeitlich alternierend die roten, grünen und blauen Teilbilder eines Vollfarbbildes projizieren. Dann ist keine Verblendung nötig; vielmehr strahlt der Projektor funktionsinhärent alternierend Licht verschiedener Wellenlängenbereiche ab.

35 Außerdem können in wiederum besonderen Ausgestaltungen der Erfindung die Projektoren in mindestens zwei im wesentlichen horizontalen Reihen angeordnet werden. Damit kann zum einen erreicht werden, daß das entstehende Kombinationsbild

auf dem Projektionsschirm in seiner Struktur beeinflusst wird. Zum anderen kann, sofern zwei mit ihrem Projektiv im wesentliche übereinander liegende Projektoren ein- und dasselbe Bild abstrahlen, eine Helligkeitserhöhung bestimmter Ansichten oder Ansichtenteile auf dem Kombinationsbild, welches sich auf dem Projektions-

5 schirm ergibt, erreicht werden. Auch ein räumlicher Versatz zwischen den zwei Reihen ist denkbar, etwa, um die Projektionsobjektive horizontal ungefähr im Augenabstand anzuordnen, obwohl die Projektorengehäuse deutlich breiter als ein Augenabstand sind.

10 Zur einfachen Handhabung verfügt die Anordnung optional über zusätzliche Mittel zur automatischen Ausrichtung der Projektoren, beispielsweise über elektromechanische Stellglieder. Die Projektoren werden dann nach oder während des Einschaltvorgangs in eine vorgegebene Position gebracht.

15 Die Synchronisation der Projektoren kann selbstverständlich auch bei Bedarf manuell durchgeführt werden. Hierzu dienen vorzugsweise projizierte Testbilder mit Referenzmarken, die aufeinander ausgerichtet werden.

Auch kann der Lichtweg des von mindestens einem Projektor abgestrahlten Lichtes

20 durch die Verwendung mindestens eines Spiegels gefaltet sein. Faltungen sind fachmännisch übliche Maßnahmen insbesondere zur Platzersparnis in optischen Baugruppen. Hier kann die Faltung jedoch noch einen weiteren vorteilhaften Effekt erbringen: Der gefaltete Strahlengang verursacht einen bezüglich der Lichthauptausbreitungsrichtung nicht-senkrechten Lichteinfall auf dem Projektionsschirm. Wird

25 nun der Projektionsschirm als holographische Scheibe ausgebildet ist, die insbesondere nicht-senkrecht einfallendes Licht konzentrierend transmittiert (wie z.B. das Produkt „HOPS“ der Sax3D GmbH/ Chemnitz), so wird auch bei Tageslicht ein brillantes und kontrastreiches 3D-Projektionsbild gezeigt.

30 Wie eingangs erwähnt, können auch mehr als zwei Filterarrays ($F_1, F_2, \dots F_A, \dots$) zum Einsatz kommen. Vorteilhaft kommen dann drei Filterarrays zum Einsatz, wobei sich vorzugsweise zwei zwischen dem Projektionsschirm und den Projektoren und eines zwischen dem Projektionsschirm und den Betrachtern befindet. In diesem Fall passiert das von den Projektoren abgestrahlte Licht zwei Filterarrays und wird daher

35 besonders stark strukturiert, ehe es auf dem Projektionsschirm auftrifft. In weiteren Ausgestaltungsvarianten können durchaus auch mehr als drei Filterarrays zum Einsatz kommen.

Die Aufgabe der Erfindung wird auch durch die folgende Ausgestaltungsvariante einer autostereoskopischen Projektionsanordnung, in diesem Falle durch eine 3D-Frontprojektionsanordnung, gelöst. Diese umfaßt:

- 5 – mindestens zwei Projektoren,
- einen Projektionsschirm, geeignet zur Frontprojektion,
- ein Filterarray, welches zwischen dem Projektionsschirm und den mindestens zwei Projektoren angeordnet ist, wobei
- das Filterarray in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenfilterelemente
- 10 aufweist, die für Licht verschiedener Wellenlängen (λ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ($\Delta\lambda$) transparent sind und die das entsprechend nicht transmittierte Licht mindestens anteilig, bevorzugt jedoch hochgradig, absorbieren,
- mittels der Projektoren Teilinformationen von n Ansichten (A_k mit $k=1..n$; $n \geq 2$) einer Szene oder eines Gegenstandes durch das Filterarray hindurch auf
- 15 den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten (A_k) in einer durch die Anordnungsgeometrie bestimmten Kombination bzw. Mischung optisch sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen (α_{ij}) in Spalten (i) und Zeilen (j) eingeteilt ist, die je nach
- 20 Ausprägung des Filterarrays und der Projektoren jeweils Licht bestimmter Wellenlängen (λ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement (α_{ij}) Teilinformation(en) mindestens einer der Ansichten (A_k) wiedergibt,
- 25 – für das von dem Projektionsschirm projektionsseitig zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das Filterarray Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement (α_{ij}) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays oder ein Wellenlängenfilter des Filterarrays mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen (α_{ij}) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements (α_{ij}) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teil-
- 30 informationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten (A_k) optisch wahr-
- 35

nimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

Bei einer derartigen 3D-Frontprojektion befindet sich der/befinden sich die Betrachter auf der Seite der Projektoren, wobei sie sich regelhaft nicht in einem der Projektionsstrahlengänge aufhalten sollten, um keine Abschattungen hervorzurufen.

Die in den Wellenlängenfilterarrays enthaltenen Wellenlängenfilterelemente können auch in dieser Ausgestaltung beispielsweise transparent für Rot, Grün, Blau, Gelb, Zyan oder Magenta und/oder transparent oder opak für den gesamten sichtbaren Wellenlängenbereich sein.

Das auf dem Projektionsschirm entstehende, aus verschiedenen Teilinformationen der Ansichten (A_k) kombinierte Bild weist, je nach der Struktur des Filterarrays und der geometrischen Anordnung der Projektoren, ein Raster von Bildwiedergabeelementen (α_{ij}) in Spalten (i) und Zeilen (j) auf. Diese Rasterstruktur ist nicht notwendigerweise sichtbar. Dabei können die Bildwiedergabeelemente (α_{ij}) Licht ganz verschiedenartiger Wellenlängenbereiche abstrahlen, je nachdem, was für Licht von den Projektoren an der entsprechenden Stelle des Projektionsschirms ankommt. Es ist auch denkbar, daß ein Bildwiedergabeelement eine vollfarbige Bildteilinformation wiedergibt, die insbesondere aus einer optischen Mischung von Teilinformationen verschiedener Wellenlängen/-bereiche herrührt. Außerdem kann, ebenfalls in Abhängigkeit von der Anordnungsstruktur, ein solches Bildelement auch Teilinformationen aus verschiedenen Bildelementpositionen innerhalb einer Ansicht (A_k) oder gar aus verschiedenen Ansichten (A_k) wiedergeben.

Es ist ferner von Vorteil, wenn das Filterarray Wellenlängenfilterelemente (β_{pq}) in einem Raster aus Zeilen (q) und Spalten (p) enthält, die in Abhängigkeit von ihrer Transparenzwellenlänge/ ihrem Transparenzwellenlängenbereich (λ_b) nach folgender Funktion auf dem Filterarray angeordnet sind

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

- (p) dem Index eines Wellenlängenfilters (β_{pq}) in einer Zeile des Arrays,
- (q) dem Index eines Wellenlängenfilter (β_{pq}) in einer Spalte des Arrays,
- (b) einer ganzen Zahl, die für ein Wellenlängenfilter (β_{pq}) des Filterarrays an der Position (p,q) eine der vorgesehenen Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche (λ_b) festlegt und Werte zwischen 1 und $b_{\max}$ haben kann,

- (n_m) einem ganzzahligen Wert größer „Null“, der bevorzugt der Gesamtzahl n der von den Projektoren dargestellten Ansichten (A_k) entspricht,
- (d_{pq}) einer wählbaren Maskenkoeffizientenmatrix zur Variation der Anordnung der Wellenlängenfilter auf dem Array und
- 5 - *IntegerPart* einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

Die Filterelemente des Filterarrays weisen beliebige, vorzugsweise vieleckige, besonders bevorzugt rechteckige Umrißformen auf. In speziellen Ausgestaltungen sind
10 auch bei dieser Frontprojektionsvariante mehrere Filterarrays (F_A) zwischen den Projektoren und dem Projektionsschirm einsetzbar, wobei jedoch im folgenden von lediglich einem Filterarray ausgegangen wird.

Für einige Anwendungsfälle kann es außerdem von Vorteil sein, wenn mindestens
15 ein Teil der Filterelemente als Neutralfilter zur wellenlängenunabhängigen Abschwächung der Lichtintensität ausgebildet sind. Derartige Neutralfilterelemente oder auch Graustufenfilterelemente sind mitunter günstiger herzustellen, als Wellenlängenfilterarrayelemente. Überdies lassen sich vermöge eines Filterarrays mit Neutralfilterelementen spezielle Effekte erzielen, wie etwa die Veränderung der wahrgenommenen Lichtintensität einer oder mehrerer Ansichten bei einer Betrachterbewegung.
20

Das Filterarray ist im Abstand (z) in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm, d.h. betrachter- und projektorensseitig, angeordnet. Dabei nimmt (z) Werte in der Größenordnung $0 \text{ mm} \leq z \leq 60 \text{ mm}$ an. In Ausnahmefällen kann der Betrag von
25 (z) auch größere Werte annehmen, etwa wenn die Diagonale des Projektionsschirmes extrem groß ist.

In der Regel wird in dieser Ausführung der Projektionsschirm als ebene Platte ausgebildet sein. Es ist jedoch auch denkbar, den Projektionsschirm nicht eben, sondern
30 räumlich strukturiert auszubilden. Beispielsweise eine zylindrisch-periodische reflektierende Oberfläche ist im Zusammenhang mit der Frontprojektion von Vorteil, weil dann allein schon die Beschaffenheit des Projektionsschirms für eine gewisse strukturierte Lichttrichtungsgebung des reflektierten Lichtes sorgt.

35 In einer weiteren besonderen Ausgestaltung ist ein Teil der Filterelemente derart ausgebildet, daß besagte Filterelemente nur Licht ausgewählter Einfallsrichtungen transmittieren. Dies kann beispielsweise durch die Verwendung bestimmter Kristalle

oder einer Polymerbeschichtung gewährleistet werden. Fernerhin ist es denkbar, mindestens ein Filterelement als eine Linse, bevorzugt als eine Zylinderlinse, oder als ein Prisma auszubilden, wobei die Zylinderlinsen oder Prismen auch lediglich in Spalten oder Zeilen angeordnet sein können. Auf diese Weise wird eine vergleichs-
5 weise hohe Lichttransmission erreicht. Derartige Ausgestaltungen sind von besonderem Zusammenhang im Bezug auf Systeme mit deutlich mehr als acht dargestellten Ansichten.

Die Aufgabe der Erfindung wird ferner gelöst durch eine autostereoskopische Projektionsanordnung, umfassend:

- einen Projektor,
- einen Projektionsschirm, geeignet zur Frontprojektion,
- ein Filterarray, welches zwischen dem Projektionsschirm und dem Projektor angeordnet ist, wobei
- 15 - das Filterarray in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenfilterelemente aufweist, die für Licht verschiedener Wellenlängen (λ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ($\Delta\lambda$) transparent sind und die das entsprechend nicht transmittierte Licht mindestens anteilig, bevorzugt jedoch hochgradig, absorbieren,
- 20 - mittels des Projektors Teilinformationen von n Ansichten (A_k mit $k=1..n$; $n \geq 2$) einer Szene oder eines Gegenstandes durch das Filterarray hindurch auf den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten A_k in einer durch die Anordnungsgeometrie bestimmten Kombination bzw. Mischung optisch sichtbar gemacht werden, und
- 25 der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen (α_{ij}) in Spalten (i) und Zeilen (j) eingeteilt ist, die je nach Ausprägung des Filterarrays und des Projektors jeweils Licht bestimmter Wellenlängen (λ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement (α_{ij}) Teilinformation(en) mindestens einer der Ansichten (A_k) wiedergibt,
- 30 - für das von dem Projektionsschirm projektionsseitig zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das Filterarray Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement (α_{ij}) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays oder ein Wellenlängenfilter des Filterarrays mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen (α_{ij}) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der
- 35 Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements (α_{ij}) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts

des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten (A_k) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

Eine weitere Lösung der Aufgabenstellung gibt die folgende autostereoskopische Projektionsanordnung, umfassend:

- 10 – einen Projektor,
- einen transluzenten Projektionsschirm,
- mindestens zwei Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$), wobei mindestens ein Filterarray (F_1) zwischen dem Projektionsschirm und dem Projektor, d.h. in Betrachtungsrichtung hinter dem Projektionsschirm, und mindestens ein Filterarray (F_2) in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, wobei
- 15 – alle Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$) in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenfilterelemente aufweisen, die für Licht verschiedener Wellenlängen (λ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ($\Delta\lambda$) transparent sind,
- mittels des Projektors Teilinformationen von n Ansichten (A_k mit $k=1..n$; $n \geq 2$) einer Szene oder eines Gegenstandes durch mindestens ein Filterarray (F_1) hindurch auf den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten (A_k) in einer durch die Anordnungsgeometrie bestimmten Kombination bzw. Mischung optisch sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen (α_{ij}) in Spalten (i) und Zeilen (j) eingeteilt ist, die je nach Ausprägung der Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$) und des Projektors jeweils Licht bestimmter Wellenlängen (λ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement (α_{ij}) Teilinformation(en) mindestens einer der Ansichten (A_k) wiedergibt,
- 25 – für das von dem Projektionsschirm zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das mindestens eine Filterarray (F_2), welches in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement (α_{ij}) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays (F_2) oder ein Wellenlängenfilter des Filterarrays (F_2) mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen (α_{ij}) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiederga-
- 30
- 35

beelements (α_y) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge
5 überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten (A_k) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

In beiden vorgenannten Ausgestaltungsvarianten der autostereoskopischen Projektionsanordnungen mit lediglich einem Projektor strahlt dieser vorzugsweise zeitlich
10 aufeinanderfolgend Licht verschiedener Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereiche ab. Außerdem werden dabei die Teilinformationen jeder der n Ansichten A_k (mit $k=1..n$) in paarweise unterschiedlichen Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereichen projiziert.

Dieser Ansatz ist beispielsweise umzusetzen, indem Teilinformationen von $n=3$ Ansichten A_k zur Darstellung gelangen, indem der Projektor ein DMD/DLP-Projektor ist und indem die Ansicht A_1 ($k=1$) ausschließlich in rot, die Ansicht A_2 ($k=2$) ausschließlich in grün sowie die Ansicht A_3 ($k=3$) ausschließlich in blau dargestellt wird. Selbstverständlich können die Farbzusordnungen auch permutiert werden und sind nicht
20 auf diese Zuordnung beschränkt. Im Ergebnis werden dem bzw. den Betrachtern dadurch verschiedenfarbige Ansichten sichtbar gemacht.

Außerdem wird die Aufgabe der Erfindung gelöst durch eine autostereoskopische Projektionsanordnung, umfassend:

- 25 – einen transluzenten Projektionsschirm,
- einen Projektor, der in Betrachtungsrichtung hinter dem Projektionsschirm angeordnet ist,
- mindestens ein Filterarray, welches in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, wobei
- 30 – das Filterarray in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenfilterelemente aufweist, die für Licht verschiedener Wellenlängen (λ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ($\Delta\lambda$) transparent sind,
- mittels des Projektors Teilinformationen von n Ansichten (A_k mit $k=1..n$; $n \geq 2$) einer Szene oder eines Gegenstandes in einer definierten Kombination der
- 35 Teilinformationen direkt auf den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten (A_k) optisch sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösen-

des Raster von Bildwiedergabeelementen (α_{ij}) in Spalten (i) und Zeilen (j) eingeteilt ist, die je nach Ausprägung des Projektors jeweils Licht bestimmter Wellenlängen (λ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement (α_{ij}) Teilinformation(en) mindestens einer der Ansichten A_k wiedergibt,

– für das von dem Projektionsschirm zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das mindestens eine Filterarray Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement (α_{ij}) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays oder ein Wellenlängenfilter des Filterarrays mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen (α_{ij}) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements (α_{ij}) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten (A_k) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

20

Die Kombination der Teilinformation der Ansichten (A_k), welche von dem Projektor auf den Projektionsschirm projiziert wird, geschieht vorzugsweise wiederum nach der in der DE 10003326 C2 beschriebenen Art und Weise. Dort sind auch beispielhafte Bildkombinationsvorschriften angegeben. Entsprechende Filterarrays, welche im Zusammenhang mit dieser letztgenannten Ausgestaltung der Erfindung beispielsweise zur Anwendung kommen können, werden ebenfalls in der vorstehend genannten DE 10003326 C2 beschrieben. Ansonsten gilt im Bezug auf die Ausführung der Filterelemente und die Anordnungsgeometrie im wesentlichen dasselbe wie für die eingangs genannten Ausgestaltungen der Erfindung.

30

In dieser letzten Ausgestaltung kann es zur Kompensation von Abbildungsfehlern des Projektorenobjektivs besonders vorteilhaft sein, wenn die Filterelemente in ihrer Form mindestens teilweise variieren.

35

Alle bislang beschriebenen Anordnungen können auch in Modulbauweise aneinandergefügt werden, um besonders große Bilddiagonalen zu erzielen. Fernerhin kann für besondere Zwecke den erfindungsgemäßen Anordnungen auch noch eine Linse,

bevorzugt eine Fresnellinse vorangestellt werden, so daß für den/die Betrachter eine reelle oder virtuelle Abbildung der autostereoskopischen Projektionseinrichtung entsteht.

- 5 Sämtliche beschriebenen Ausgestaltungen der Erfindung erlauben es, die gestellte Aufgabe hervorragend zu lösen: Es werden autostereoskopische Projektionseinrichtungen offenbart, welche eine verbesserte Wahrnehmbarkeit auch bei größeren Bildabmessungen erreichen. Dabei kommen in der Regel einfache bzw. einfach herstellbare Baugruppen zum Einsatz. Je nach Anordnungsgeometrie wird ein räumlicher
10 Eindruck für mehrere Betrachter ermöglicht.

Mit der nachfolgend beschriebenen Weiterbildung der Erfindung wird eine verbesserte Wahrnehmbarkeit auch bei größeren Bildabmessungen erreicht.

- 15 Diesbezüglich ist ein Verfahren zur autostereoskopischen Projektion vorgesehen, bei dem mindestens ein Projektor Bildteilinformationen aus mindestens zwei Ansichten A_k ($k=1..n$, $n \geq 2$) einer Szene/ eines Gegenstandes rückseitig auf einen holographischen Schirm projiziert, wobei
- der holographische Schirm eine Vielzahl von holographischen optischen Elementen (HOE) aufweist, die in einem Raster aus Spalten und/oder Zeilen angeordnet sind,
 - jedes HOE das von dem mindestens einem Projektor einfallende Licht vermöge mindestens einer der folgenden optischen Abbildungen bzw. Abbildungskombinationen abbildet:
- 20 a) Abbildung mittels einer Linse, bevorzugt einer vertikal oder schräg zur Vertikalen stehenden Zylinderlinse,
- b) Diffus transparent bzw. transluzent abbildend mit nachfolgender Abbildung mittels einer Linse, bevorzugt einer vertikal oder schräg zur Vertikalen stehenden Zylinderlinse,
- 30 c) Abbildung mittels eines Prismas,
- d) Diffus transparent bzw. transluzent abbildend mit nachfolgender Abbildung mittels eines Prismas,
- e) Abbildung durch einen vieleckigen Polarisationsfilter und/oder Graustufenfilter und/oder Wellenlängenfilter, wobei ein Wellenlängenfilter Licht
35 einer vorgegebenen Wellenlänge bzw. eines oder mehrerer vorgegebenen Wellenlängenbereiche transmittiert,
- f) Abbildung nach e) sowie diffus transparent bzw. transluzent abbildend,

- g) Abbildung nach f) und nachfolgend nach e),
- h) Abbildung mittels einer Planplatte,
- i) Abbildung aufgrund von Beugung,

5 so daß für das von dem holographischen Schirm frontseitig zum Betrachter hin abgebildete Licht durch die abbildenden Wirkungen der Vielzahl von HOE eine Vielzahl von Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein HOE eine oder mehrere Lichtausbreitungsrichtungen für das auf es einfallende Licht, welches Bildteilinformationen mindestens einer der mindestens zwei insgesamt projizierten An-

10 sichten entspricht, vorgibt, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten (A_k) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

15

Überwiegend heißt in diesem Zusammenhang beispielsweise, daß das linke Auge eines Betrachters zu ca. 90% Bildteilinformationen einer ersten und zu ca. 10% Bildteilinformationen einer zweiten Ansicht einer Szene/eines Gegenstandes sieht, so daß hier die erste Ansicht überwiegt. Zeitgleich kann das rechte Auge des Betrach-

20 ters beispielsweise zu ca. 80% Bildteilinformationen der zweiten Ansicht und zu ca. 20% eine Mischung aus einer dritten und vierten Ansicht sehen, ohne daß der räumliche Eindruck leidet.

Unter holographischen optischen Elementen (HOE) im Sinne dieser Erfindung sind

25 einzelne Flächenabschnitte des holographischen Schirmes zu verstehen.

Ein grundlegender Zusammenhang, der bei dem erfindungsgemäßen Verfahren besteht ist, daß die durch jedes HOE für jeden auf es einfallenden Lichtstrahl vorgegebene Lichtausbreitungsrichtung eineindeutig von dessen Lichteinfallsrichtung ab-

30 hängt. Als Lichtausbreitungsrichtungen sind hier auch diejenigen Lichtausfallsrichtungen (gegebenenfalls viele) gemeint, welche die höchste Lichtintensität des abgebildeten Lichts innerhalb eines bestimmten Raumwinkels aufweisen.

Es sind unter Umständen auch noch weitere Abbildungsarten als die unter a) bis h) genannten für die Umsetzung in den HOE denkbar.

35

Vorteilhaft kann es sein, wenn jeweils alle HOE die gleiche der optischen Abbildungen bzw. Abbildungskombinationen a) bis h) ausführen. Demgegenüber ist für bestimmte Anwendungsfälle zu bevorzugen, daß mindestens zwei der HOE paarweise verschiedene optische Abbildungen bzw. Abbildungskombinationen a) bis h) ausführen.
5 ren.

Ferner sind Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens denkbar, bei denen mindestens ein HOE mindestens zwei der optischen Abbildungen bzw. Abbildungskombinationen a) bis h) ausführt, insbesondere kann zum Beispiel ein HOE gleichzeitig viele (verschiedene) Abbildungen nach e) gewährleisten, indem es ein ganzes
10 Array aus mehreren Filterelementen modelliert.

Außerdem kann ein HOE derart erstellt werden, daß es für aus einer ersten Richtung einfallendes Licht eine andere Abbildung realisiert, als für aus einer anderen, zweiten Richtung einfallendes Licht. Mittels einer solchen Ausgestaltung könnte beispielsweise auf eine in den Abbildungseigenschaften eines HOE enthaltene Streufläche Licht von verschiedenen Projektoren gelangen, welches von ein- und demselben HOE unterschiedlich abgebildet, insbesondere in unterschiedliche Richtungen abgebildet wird.
15

Die diffus-abbildenden Eigenschaften der HOE können, wenn vorhanden, vielseitig ausgeprägt sein. Vorteilhaft ist die diffuse Streuung innerhalb der zu verwirklichenden optischen Abbildung jeweils derart ausgeprägt, daß das Licht im wesentlichen in der Vertikalen oder aber einer zur Vertikalen geneigten Richtung gestreut wird. Die
20 diffuse Streuung kann durch die HOE auch mittels der Beugung erzielt werden.

Die Größenordnung der HOE bzw. der von ihr repräsentierten optischen Komponenten wie Prismen, Linsen oder beispielsweise Filter entspricht annähernd derjenigen, die die später auf dem holographischen Schirm wahrgenommenen Bilder bezüglich ihrer Pixelgrößenordnung aufweisen. Dabei liegt die jeweilige HOE-Höhe in der Größe der Pixel bzw. Subpixel, während die HOE-Breite etwa die Breite eines Pixels einer Ansicht bis zu etwa der Breite eines Zyklus' aus Pixeln mehrerer Ansichten beträgt. Abweichungen hiervon sind selbstverständlich möglich, insbesondere kann auch projiziertes Licht eines Bildelementes von einem/dem Projektor gleichzeitig auf mehrere
30
35 HOE einfallen.

Überdies sieht eine weitere Ausgestaltung vor, daß mindestens zwei der HOE auf dem holographischen Schirm in ihren äußeren Abmessungen und/oder in ihrer äußeren Form voneinander abweichen. Vermöge dieser Ausprägung wird der Umstand begünstigt, daß ein Betrachterauge von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen
5 überwiegend, und nicht etwa exakt, Bildteilminformation einer Auswahl von Ansichten sieht. Diesen Umstand fördernd wirkt es auch, wenn mindestens zwei der HOE auf dem holographischen Schirm bezüglich Ihrer Flächenschwerpunkte einen Versatz bezüglich Ihrer Relativposition zueinander aufweisen, der einem nicht-ganzzahligen Vielfachen der Breite und/oder Höhe eines der in Rede stehenden HOE entspricht.
10 Insofern demnach beispielsweise alle HOE die gleichen Abmaße aufweisen würden, so entspräche diese Eigenschaft dem relativen Teilversatz zueinander, beispielsweise um ein Drittel oder ein Viertel der (hier allgemeinen) HOE-Breite und/oder Höhe.

Ein weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, daß mindestens eines der HOE Licht
15 unterschiedlicher Wellenlängenbereiche in jeweils paarweise disjunkte Richtungen abbildet. Damit ist es insbesondere bei Projektionsgeräten mit Vollfarbpixeln (z.B. DMD oder Farbdia) möglich, die wahrgenommene Auflösung des 3D-Bildes scheinbar zu erhöhen, beispielsweise um den Faktor 3 für die horizontale Schirmrichtung.

20 Ferner ist das Raster, in welchem die HOE auf dem holographischen Schirm angeordnet sind, bevorzugt ein orthogonales Raster. Es ist jedoch auch möglich, daß besagtes Raster, in welchem die HOE auf dem holographischen Schirm angeordnet sind, ein nicht-orthogonales Raster ist, vorzugsweise ein solches, in welchem die Zeilenrichtung die Spaltenrichtung unter einem Winkel ungleich 90 Grad schneidet.
25 In diesem Zusammenhang sind auch schlangenlinienförmige Spaltenformen bzw. Zeilenformen möglich. Letztere Eigenschaften können insbesondere dann vorteilhaft angewendet werden, wenn Abbildungsfehler der Projektionsoptiken durch eine entsprechend vorverzerzte Anordnung der HOE auf dem holographischen Schirm ausgeglichen werden sollen.

30 Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren auch dadurch gekennzeichnet sein, daß mindestens ein HOE für mindestens Licht aus einer Einfallsrichtung gleichzeitig mindestens zwei Lichtausbreitungsrichtungen vorgibt. Damit kann die vorteilhafte Wirkung erzielt werden, daß im Betrachtungsraum entlang einer bestimmten Linie
35 (z.B. eine Linie parallel zum holographischen Schirm) ein sich wiederholender Ansichtenzyklus ergibt, beispielsweise der mehrfach wiederkehrende Zyklus, daß der Betrachter entlang besagter Linie nacheinander überwiegend Bildteilminformationen

der Ansicht 1, danach 2, danach 3 usw. bis der Ansicht 8 wahrnimmt, worauf der Zyklus wieder mit Bildteilinformationen der Ansicht 1 startet.

5 Ferner wird durch die Wirkung der HOE auch festgelegt, wie oft die vollständigen Ansichtenzyklen (beispielsweise von Ansicht 1 bis Ansicht 8) jeweils im wesentlichen für ein bestimmtes Betrachterauge beim Entlanggehen einer vorstehend genannten Linie wahrnehmbar sind. Je nach Anwendungsfall kann der Zyklus entlang einer, beispielsweise parallelen Linie zum holographischen Schirm, nur einmal, zweimal oder aber häufiger wiederkehren.

10

Im übrigen kann das Verfahren so umgesetzt werden, daß mindestens zwei Projektoren vorgesehen sind, wobei jeder Projektor entweder Bildteilinformationen lediglich einer Ansicht einer Szene/eines Gegenstandes oder gleichzeitig Bildteilinformationen mindestens zweier Ansichten einer Szene/eines Gegenstandes projiziert. Dies gilt
15 natürlich auch für mehr als zwei Projektoren. Entscheidend ist, daß mindestens Bildteilinformationen zweier Ansichten projiziert werden.

20

Zur Vermeidung pseudoskopischer Effekte kann beim erfindungsgemäßen Verfahren ferner vorgesehen sein, daß im Betrachtungsraum mindestens eine Betrachtungsposition für ein Betrachterauge existiert, in welche von dem holographischen Schirm im wesentlichen kein von den Projektoren projiziertes Licht abgebildet wird. Dies ist leicht möglich, indem die Abbildungen bzw. Abbildungskombinationen der HOE so ausgelegt sind, daß ein bestimmter Raumabschnitt im Betrachtungsraum im wesentlichen nicht mit Licht beaufschlagt wird. Die Vermeidung von Pseudoskopie ist hier
25 insbesondere möglich, wenn sich eine solche dunkle Sehzone zwischen dem Ende und dem Anfang eines Ansichtenzyklus von (beispielsweise acht) Ansichten befindet.

30

Der holographische Schirm kann ferner bezüglich seiner Wirkung so ausgebildet sein, daß die jeweiligen Projektoren in einem Abstand voneinander positioniert sind, der größer ihren räumlichen Abmessungen ist. Damit ist ein aufwendiges Neben- und Übereinanderschichten zum Erreichen des Augenabstandes der Projektionsobjekte obsolet. Dies wird durch die entsprechende Vorgabe der Abbildungen bzw. Lichtausbreitungsrichtungen erzielt.

35

Außerdem kann die Projektion auch zeitlich-sequentiell erfolgen. Hierzu projiziert mindestens ein, vorzugsweise jedoch jeder Projektor Bildteilinformationen mindestens einer Ansicht der darzustellenden Szenerie/des darzustellenden Gegenstandes

nur zu bestimmten Zeiten, vorzugsweise in einer vorzugebenden Frequenz zwischen 10 Hz und 60 Hz. Dabei sind mehrere Ausgestaltungsvarianten möglich: Zunächst ist denkbar, daß zu einem ersten Zeitpunkt nur eine Ansicht von einem Projektor projiziert wird. Hernach folgt die zweite Ansicht auf einem zweiten Projektor, der aus einer anderen Richtung auf den holographischen Schirm projiziert, usw. Nach dem letzten Projektor projiziert wieder der erste, usw.

Ferner ist es möglich, daß die Kombinationsstruktur zur Kombination der Bildteilinformationen verschiedener Ansichten auf mindestens einem der Projektoren zeitlich variiert. Hierbei stellt der entsprechende Projektor selbstredend gleichzeitig Bildinformation mindestens zweier Ansichten dar. Außerdem kann auch die Anzahl der Ansichten, von denen die jeweilige Teilinformation für einen Projektor herrührt, zeitlich variieren. Weitere sequentielle Ausprägungen des erfindungsgemäßen Verfahrens können abgeleitet werden.

Die sequentielle Beleuchtung dient insbesondere einer verbessert getrennten Abbildung des projizierten Lichtes, d.h. der projizierten Bildteilinformationen mehrerer Ansichten, im Bezug auf unterschiedliche Abbildungsrichtungen. Durch die zeitliche Beabstandung der Projektion von verschiedenen Projektoren aus verschiedenen Richtungen können beispielsweise Unzulänglichkeiten der HOE teilweise ausgeglichen werden.

In einer weiteren speziellen Ausprägung sind mindestens zwei Projektoren vorhanden und das Licht mindestens eines Projektors wird derart abgebildet, daß es frontseitig aus einem Raumwinkel, der mindestens $0,3 \pi^{\circ}\text{sr}$ beträgt, wahrgenommen werden kann, so daß das Licht besagten Projektors betrachterseitig als im wesentlichen zweidimensionales Bild wahrgenommen wird, da beide Betrachteraugen innerhalb des besagten Raumwinkels liegen und somit im wesentlichen nicht-disparate Bildinformation dargeboten bekommen. Auch hier ist es beispielsweise denkbar, daß der Projektor, dessen Licht als zweidimensionales Bild wahrgenommen wird, nur zeitweise, eben genau zum Zeitpunkt einer gewünschten 2D-Darstellung, eingeschaltet wird. In manchen Fällen kann der Raumwinkel von $0,3 \pi^{\circ}\text{sr}$ auch unterschritten werden, obwohl ebenso eine 2D-Darstellung erreicht wird.

Jeder eingesetzte Projektor beinhaltet beispielsweise entweder mindestens einen DMD-Chip, eine LCD-Komponente, eine Röhre oder einen Laser. Andere Projektorentypen sind natürlich denkbar.

Die Aufgabe der Erfindung wird weiterhin gelöst mit einer autostereoskopischen Projektionsanordnung, umfassend:

- 5 – mindestens einen Projektor zur rückseitigen Projektion von Bildteilm Informationen aus mindestens zwei Ansichten A_k ($k=1..n$, $n \geq 2$) einer Szene/eines Gegenstandes auf einen holographischen Schirm, wobei
- der holographische Schirm eine Vielzahl von holographischen optischen Elementen (HOE) aufweist, die in einem Raster aus Spalten und/oder Zeilen angeordnet sind,
- 10 – jedes HOE das von dem mindestens einem Projektor einfallende Licht vermöge mindestens einer der folgenden optischen Abbildungen bzw. Abbildungskombinationen abbildet:
 - a) Abbildung mittels einer Linse, bevorzugt einer vertikal oder schräg zur Vertikalen stehenden Zylinderlinse,
 - 15 b) Diffus transparent bzw. transluzent abbildend mit nachfolgender Abbildung mittels einer Linse, bevorzugt einer vertikal oder schräg zur Vertikalen stehenden Zylinderlinse,
 - c) Abbildung mittels eines Prismas,
 - d) Diffus transparent bzw. transluzent abbildend mit nachfolgender Abbildung
 - 20 mittels eines Prismas,
 - e) Abbildung durch einen vieleckigen Polarisationsfilter und/oder Graustufenfilter und/oder Wellenlängenfilter, wobei ein Wellenlängenfilter Licht einer vorgegebenen Wellenlänge bzw. eines oder mehrerer vorgegebenen Wellenlängenbereiche transmittiert,
 - 25 f) Abbildung nach e) sowie diffus transparent bzw. transluzent abbildend,
 - g) Abbildung nach f) und nachfolgend nach e),
 - h) Abbildung mittels einer Planplatte,
 - i) Abbildung aufgrund von Beugung,
- 30 so daß für das von dem holographischen Schirm frontseitig zum Betrachter hin abgebildete Licht durch die abbildenden Wirkungen der Vielzahl von HOE eine Vielzahl von Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein HOE eine oder mehrere Lichtausbreitungsrichtungen für das auf es einfallende Licht, welches Bildteilm Informationen mindestens einer der mindestens zwei insgesamt projizierten An-
- 35 sichten entspricht, vorgibt, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den An-

sichten (A_k) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

Überwiegend heißt in diesem Zusammenhang beispielsweise, daß das linke Auge
5 eines Betrachters zu ca. 90% Bildteilinformationen einer ersten und zu ca. 10% Bildteilinformationen einer zweiten Ansicht einer Szene/eines Gegenstandes sieht, so daß hier die erste Ansicht überwiegt. Zeitgleich kann das rechte Auge des Betrachters beispielsweise zu ca. 80% Bildteilinformationen der zweiten Ansicht und zu ca. 20% eine Mischung aus einer dritten und vierten Ansicht sehen, ohne daß der räumliche Eindruck leidet. Ein grundlegender Zusammenhang, der bei der erfindungsgemäßen Anordnung besteht ist, daß die durch jedes HOE für jeden auf es einfallenden Lichtstrahl vorgegebene Lichtausbreitungsrichtung eineindeutig von dessen Lichteinfallrichtung abhängt.

Es sind unter Umständen auch noch weitere Abbildungsarten als die unter a) bis i)
15 genannten für die Umsetzung in den HOE denkbar.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen dieser Variante der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

20 Außerdem wird die Aufgabe der Erfindung gelöst durch ein Verfahren zur autostereoskopischen Projektion, bei dem mindestens ein Projektor Bildteilinformationen aus mindestens zwei Ansichten A_k ($k=1..n$, $n \geq 2$) einer Szene/ eines Gegenstandes frontseitig auf einen holographischen Schirm projiziert, wobei

– der holographische Schirm eine Vielzahl von holographischen optischen Elementen (HOE) aufweist, die in einem Raster aus Spalten und/oder Zeilen angeordnet
25 sind,

– jedes HOE das von dem mindestens einem Projektor einfallende Licht vermöge mindestens einer der folgenden optischen Abbildungen bzw. Abbildungskombinationen abbildet:

- 30 a) Abbildung mittels eines konkaven oder konvexen Hohlspiegels, bevorzugt eines vertikal oder schräg zur Vertikalen stehenden Zylinderhohlspiegels,
b) Diffus reflektierend mit nachfolgender Abbildung eines konkaven oder konvexen Hohlspiegels, bevorzugt eines vertikal oder schräg zur Vertikalen stehenden Zylinderhohlspiegels,
35 c) Abbildung mittels eines Doppel- oder- Triplettspiegels,
d) Diffus reflektierend mit nachfolgender Abbildung mittels eines Doppel- oder- Triplettspiegels,

- e) Abbildung durch einen vieleckigen Polarisationsfilter und/oder Graustufenfilter und/oder Wellenlängenfilter, wobei ein Wellenlängenfilter Licht einer vorgegebenen Wellenlänge bzw. eines oder mehrerer vorgegebenen Wellenlängenbereiche transmittiert,
- 5 f) Abbildung nach e) sowie diffus reflektierend und nachfolgend nach e),
g) Diffus reflektierend und nachfolgende Abbildung mittels einer Planplatte,
h) Diffus reflektierend und nachfolgende Abbildung mittels eines Prismas,
i) Abbildung aufgrund von Beugung,
- 10 so daß für das von dem holographischen Schirm frontseitig zum Betrachter hin abgebildete Licht durch die abbildenden Wirkungen der Vielzahl von HOE eine Vielzahl von Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein HOE eine oder mehrere Lichtausbreitungsrichtungen für das auf es einfallende Licht, welches Bildteilinformationen mindestens einer der mindestens zwei insgesamt projizierten Ansichten entspricht, vorgibt, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter
- 15 mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten (A_k) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.
- 20 Überwiegend heißt in diesem Zusammenhang beispielsweise, daß das linke Auge eines Betrachters zu ca. 90% Bildteilinformationen einer ersten und zu ca. 10% Bildteilinformationen einer zweiten Ansicht einer Szene/eines Gegenstandes sieht, so daß hier die erste Ansicht überwiegt. Zeitgleich kann das rechte Auge des Betrachters beispielsweise zu ca. 80% Bildteilinformationen der zweiten Ansicht und zu ca.
- 25 20% eine Mischung aus einer dritten und vierten Ansicht sehen, ohne daß der räumliche Eindruck leidet. Ein grundlegender Zusammenhang, der bei dem erfindungsgemäßen Verfahren besteht ist, daß die durch jedes HOE für jeden auf es einfallenden Lichtstrahl vorgegebene Lichtausbreitungsrichtung eineindeutig von dessen
- 30 Lichteinfallsrichtung abhängt.

Es sind unter Umständen auch noch weitere Abbildungsarten als die unter a) bis i) genannten für die Umsetzung in den HOE denkbar.

- 35 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Weiterhin wird die Aufgabe der Erfindung gelöst von einer weiteren autostereoskopischen Projektionsanordnung, umfassend:

- mindestens einen Projektor zur frontseitigen Projektion von Bildteilinformationen aus mindestens zwei Ansichten A_k ($k=1..n$, $n \geq 2$) einer Szene/ eines Gegenstandes auf einen holographischen Schirm, wobei
 - der holographische Schirm eine Vielzahl von holographischen optischen Elementen (HOE) aufweist, die in einem Raster aus Spalten und/oder Zeilen angeordnet sind,
 - jedes HOE das von dem mindestens einen Projektor einfallende Licht vermöge
- mindestens einer der folgenden optischen Abbildungen bzw. Abbildungskombinationen abbildet:
- a) Abbildung mittels eines konkaven oder konvexen Hohlspiegels, bevorzugt eines vertikal oder schräg zur Vertikalen stehenden Zylinderhohlspiegels,
 - b) Diffus reflektierend mit nachfolgender Abbildung eines konkaven oder konvexen Hohlspiegels, bevorzugt eines vertikal oder schräg zur Vertikalen stehenden Zylinderhohlspiegels,
 - c) Abbildung mittels eines Doppel- oder Triplettspiegels,
 - d) Diffus reflektierend mit nachfolgender Abbildung mittels eines Doppel- oder Triplettspiegels,
 - e) Abbildung durch einen vieleckigen Polarisationsfilter und/oder Graustufenfilter und/oder Wellenlängenfilter, wobei ein Wellenlängenfilter Licht einer vorgegebenen Wellenlänge bzw. eines oder mehrerer vorgegebenen Wellenlängenbereiche transmittiert,
 - f) Abbildung nach e) sowie diffus reflektierend und nachfolgend nach e),
 - g) Diffus reflektierend und nachfolgende Abbildung mittels einer Planplatte,
 - h) Diffus reflektierend und nachfolgende Abbildung mittels eines Prismas,
 - i) Abbildung aufgrund von Beugung,

so daß für das von dem holographischen Schirm frontseitig zum Betrachter hin abgebildete Licht durch die abbildenden Wirkungen der Vielzahl von HOE eine Vielzahl von Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein HOE eine oder mehrere Lichtausbreitungsrichtungen für das auf es einfallende Licht, welches Bildteilinformationen mindestens einer der mindestens zwei insgesamt projizierten Ansichten entspricht, vorgibt, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den An-

sichten (A_k) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

5

Für jede Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anordnung gilt prinzipiell: Eine Erhöhung der Anzahl der Projektoren ermöglicht die Erhöhung der Auflösung und/oder der Anzahl der auf dem holographischen Schirm wahrgenommenen Ansichten. Es ist im übrigen denkbar, daß ein projiziertes Bildelement eine gemischte
10 Bildinformation aus mindestens zwei verschiedenen Ansichten repräsentiert.

15

Die Erfindung bezieht sich auch auf Verfahren zur Herstellung eines holographischen Schirmes zur Verwendung in einem der vorgenannten Verfahren bzw. in einer der vorstehend beschriebenen Anordnungen. Dieses Herstellungsverfahren umfaßt die folgenden Verfahrensschritte:

20

- a) Fertigen einer Optischen Anordnung, die jeweils eine Vielzahl von optischen Komponenten enthält, die jeweils die in den unabhängigen Ansprüchen 1 bzw. 31 genannten optischen Abbildungen bzw. Abbildungskombinationen bzw. Kombinationen davon gewährleisten,
- b) Positionieren eines (noch nicht entwickelten) holographischen Schirmes in der Nähe besagter optischer Anordnung,
- c) Belichten des holographischen Schirmes mittels einer oder mehrerer kohärenten Lichtquelle(n), wobei bevorzugt ein Referenzstrahl direkt von der Lichtquelle auf den holographischen Schirm und ein Objektstrahl von der Lichtquelle durch besagte optische Anordnung hindurch auf den holographischen Schirm gelangt, wobei dieser Schritt c) bevorzugt mehrfach wiederholt wird, besonders bevorzugt in einer Weise, daß bei jeder Ausführung des Schrittes c) die Lichtquelle an einer anderen Relativposition zur besagten optischen Anordnung gebracht wird und wobei optional bei jeder Ausführung des Schrittes
25 c) eine andere optische Anordnung zum Einsatz kommt,
- d) Entwickeln des holographischen Schirmes.

30

35

Nicht immer kann die dabei jeweils benötigte optische Anordnung tatsächlich gefertigt werden. In solch einem Falle kann alternativ zu dem vorgenannten Verfahren das nachfolgende eingesetzt werden. Es umfaßt die folgenden Verfahrensschritte:

- a) Auswahl einer Vielzahl von optischen Komponenten, die jeweils die in den Ansprüchen 1 bzw. 31 genannten optischen Abbildungen bzw. Abbildungskom-

binationen bzw. Kombinationen davon gewährleisten, sowie Anordnung der Komponenten in einem Raster aus Zeilen und/oder Spalten,

- b) Berechnen der entsprechenden holographischen Interferenzmuster für die Abbildungen bzw. -kombinationen,
- 5 c) Belichten des holographischen Schirmes vermittle einer oder mehrerer kohärenten Lichtquelle(n), wobei das/die berechnete(n) holographische(n) Interferenzmuster auf den holographischen Schirm geschrieben wird/werden,
- d) Entwickeln des holographischen Schirmes.

10 In besonderen Fällen ist es überdies möglich, den holographischen Schirm wie folgt herzustellen:

- Herstellen mindestens zweier holographischer Schirme nach einem der oder beiden vorgenannten Verfahren,
- Aneinandersetzen der mindestens zwei hergestellten holographischen Schirme
- 15 zu einem gesamten holographischen Schirm.

Es somit möglich, den holographischen Schirm auch aus mehreren Schichten aufzubauen. Die verschiedenen Schichten können beispielsweise aufeinander auflaminiert werden.

20 Mit einer zusätzlichen Weiterentwicklung der Erfindung, die nachfolgend beschrieben wird, wird erreicht, daß sich der bzw. die Betrachter in einem möglichst großen Betrachtungsbereich bewegen können, ohne daß eine Minderung der Qualität der wahrgenommenen 3D-Darstellung eintritt, wodurch die Anordnung insbesondere auch für 3D-Projektionen im Großbildbereich mit einigen Quadratmetern Bildfläche

25 einsetzbar ist.

Erfindungsgemäß umfaßt eine solche Anordnung zur Projektion eines dreidimensional wahrnehmbaren Bildes:

- mindestens eine Projektionseinheit, die zur Projektion mindestens eines Bildes,
- 30 welches Bildinformationen von einer Anzahl n von Ansichten ($n \geq 2$) einer Szene bzw. eines Gegenstandes enthält, geeignet ist,
- einen Projektionsschirm, welcher eine Vielzahl feldartig angeordneter Reflektoren enthält, wobei die Reflektoren das von der Projektionseinheit herrührende Licht weitestgehend unabhängig von der jeweiligen Lichteinfallrichtung derart
- 35 reflektieren, daß von jedem beleuchteten Reflektor ein Reflexionslichtkegel ausgeht, bei welchem mindestens eine in einer Ebene parallel zur Ebene des Projektionsschirms liegende Tangente an den räumlichen Verlauf des Intensitätsmaxi-

mums in besagtem Reflexionslichtkegel einen Neigungswinkel $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ zur vertikalen Ausdehnungsrichtung des Randes besagten Projektionsschirms, wenn diese vertikale Ausdehnungsrichtung in besagte parallele Ebene parallelprojiziert wird, aufweist.

5

Bevorzugt überlagern sich hierbei mehrere solcher Reflexionslichtkegel derart, daß die räumlichen Verläufe der jeweiligen Intensitätsmaxima im wesentlichen gleich sind. Damit wird erreicht, daß von einer oder mehreren (monokularen) Betrachtungspositionen aus verschiedene Reflektoren, die ja als Bildteilelemente oder -

10

Die Aufgabe der Erfindung wird außerdem gelöst durch eine Ausführung einer Anordnung zur Projektion eines dreidimensional wahrnehmbaren Bildes, umfassend:

- mindestens eine Projektionseinheit, die zur Projektion mindestens eines Bildes, welches Bildinformationen von einer Anzahl n von Ansichten ($n \geq 2$) einer Szene bzw. eines Gegenstandes enthält, geeignet ist,
- einen Projektionsschirm, welcher eine Vielzahl feldartig angeordneter, im wesentlichen gleich großer und gleichartig geformter Reflektoren enthält, wobei besagte Reflektoren das von der Projektionseinheit herrührende Licht jeweils in einen Raumwinkel abstrahlen, der weniger als $1 \pi \cdot \text{sr}$ beträgt, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei der Reflektoren horizontal und/oder vertikal um eine Strecke zueinander versetzt sind, deren Länge keinem ganzzahligen Vielfachen der Breite eines solchen Reflektors entspricht, sofern es sich um einen horizontalen Versatz handelt, bzw. der Höhe, sofern es sich um einen vertikalen Versatz handelt.

15

20

25

Ferner wird die Aufgabe der Erfindung gelöst durch eine Ausführung einer Anordnung zur Projektion eines dreidimensional wahrnehmbaren Bildes, umfassend:

- mindestens eine Projektionseinheit, die zur Projektion mindestens eines Bildes, welches Bildinformationen von einer Anzahl n von Ansichten ($n \geq 2$) einer Szene bzw. eines Gegenstandes enthält, geeignet ist,
- einen Projektionsschirm, welcher eine Vielzahl feldartig angeordneter geformter Reflektoren enthält, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei der Reflektoren in mindestens einem der Parameter Form, Größe oder richtungsabhängiger Reflexionsgrad voneinander abweichen.

30

35

Bei allen Ausführungen der erfindungsgemäßen Anordnungen kann die Projektionseinheit einen DMD-Chip oder einen oder mehrere LCD-Lichtmodulatoren enthalten. Ferner ist es jeweils möglich, daß die Projektionseinheit einen Laser-Projektor enthält.

5

Zusätzlich kann bzw. können jeweils in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm ein oder mehrere Filterarrays enthalten sein, die jeweils eine Vielzahl von in Spalten und Zeilen angeordneten Filterelementen enthält, welche jeweils für Licht bestimmter Wellenlängen/-bereiche in einem definierten Transmissionsgrad lichtdurchlässig oder opak sind. Damit wird eine weitere Richtungsselektivität der projizierten bzw. reflektierten Bildteilinformationen erreicht.

10

Beispielsweise können in allen drei Ausführungen jeder einzelne oder gleichzeitig mehrere Reflektoren auf dem Projektionsschirm aus zwei in einem bestimmten Winkel, vorzugsweise 90°, zueinander stehenden Planspiegeln und einem Lentikular gebildet werden. Dabei würde die Schnittkante der jeweiligen beiden Planspiegel beispielsweise gegenüber der Vertikalen in einem Winkel von 7° geneigt sein.

15

Es ist demgegenüber jedoch auch denkbar, daß jeder einzelne oder gleichzeitig mehrere Reflektoren auf dem Projektionsschirm aus einer Metallbeschichtung besteht, die auf eine Kunststoffoberfläche aufgebracht sind. Ferner kann die Grundfläche des Projektionsschirms eben oder gewölbt ausgebildet sein.

20

In einer besonderen Ausgestaltung jeder der drei grundsätzlichen und bis hierher beschriebenen Ausführungen ist bzw. sind ein bzw. mehrere Reflektoren des Projektionsschirms rotierbar gelagert, wobei bevorzugt die Kombinationsstruktur der projizierten Bildinformationen der n Ansichten ($n \geq 2$) einer Szene bzw. eines Gegenstandes für mindestens eine Projektionseinheit zeitlich variiert wird, so daß das von einer bzw. der Projektionseinheit herrührende Licht, welches jeweils auf einen der rotierbar gelagerten Reflektoren projiziert wird, in Abhängigkeit von der Zeit vorzugsweise von Bildinformationen unterschiedlicher Ansichten herrührt, wodurch von besagtem Reflektor zu unterschiedlichen Zeitpunkten Bildinformation unterschiedlicher Ansichten in unterschiedliche Richtungen reflektiert wird.

25

30

Außerdem kann bzw. können einer oder mehrere Reflektoren des Projektionsschirms Reflexionseigenschaften aufweisen, die von der Wellenlänge abhängig sind. Vor-

35

zugsweise reflektieren in dieser Ausgestaltung einige Reflektoren insbesondere Licht verschiedener Wellenlängen in voneinander abweichende Richtungen.

5 Zur Verringerung der räumlichen Ausdehnung der erfindungsgemäßen Anordnung sind in weiteren Ausgestaltungsbeispielen weiterhin Mittel zur Strahlfaltung zwischen Projektionseinheit und Projektionsschirm vorhanden sind. Strahlfaltungen bei Bildprojektionen sind dem Fachmann bekannt und bedürfen daher hier keiner weiteren Erläuterung.

10 In einer vorteilhaften Ausgestaltung werden mindestens 4 Projektionseinheiten eingesetzt, welche ihre Bilder bzw. Bildteilinformationen aus unterschiedlichen Richtungen auf den Projektionsschirm projizieren. Damit kann erreicht werden, daß eine größere Anzahl von verschiedenen Ansichten einer Szene bzw. eines Gegenstandes projiziert wird, als wenn beispielsweise nur ein oder zwei Projektionseinheiten zum
15 Einsatz kämen. Dieser Umstand wiederum ist für eine Verbesserung der Betrachterbewegungsfreiheit von großem Vorteil.

Die bzw. jede Projektionseinheit weist von dem Projektionsschirm beispielsweise einen Abstand zwischen 0,5 Meter und 20 Meter auf.

20 Weiterhin wird die Aufgabe der Erfindung gelöst durch eine Ausführung einer Anordnung zur Projektion eines dreidimensional wahrnehmbaren Bildes, umfassend:

- mindestens zwei Projektionseinheiten, die jeweils zur Projektion mindestens eines Bildes, welches Bildinformationen von einer Anzahl n von Ansichten ($n \geq 2$)
25 einer Szene bzw. eines Gegenstandes enthält, geeignet sind,
- einen Projektionsschirm, welcher eine Vielzahl feldartig angeordneter Reflektoren enthält, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Reflektor gleichzeitig von mindestens zwei Projektionseinheiten mit Licht beaufschlagt wird, wobei das jeweils von verschiedenen Projektionseinheiten herrührende Licht in im wesentlichen
30 unterschiedliche Raumrichtungen maximal reflektiert wird.

Auch in dieser vierten Ausführung der Erfindung enthält jede Projektionseinheit vorzugsweise jeweils entweder einen DMD-Chip oder einen oder mehrere LCD-Lichtmodulatoren oder einen Laser-Projektor. Im Falle von Laser-Projektoren sind die
35 geringen Divergenzen der Lichtbündel sehr von Vorteil, da problemlos sehr scharfe Abbildungen erzeugt werden könne. Bevorzugt kommt jede Projektionseinheit dabei vollständig ohne konvergent abbildende Optiken aus.

Ferner enthält diese Anordnung für besondere Ausgestaltungen zusätzlich in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm ein oder mehrere Filterarray(s), welche(s) jeweils eine Vielzahl von in Spalten und Zeilen angeordneten Filterelementen
5 enthält bzw. enthalten, die jeweils für Licht bestimmter Wellenlängen/-bereiche in einem definierten Transmissionsgrad lichtdurchlässig oder opak sind.

Einzelne oder gleichzeitig mehrere Reflektoren auf dem Projektionsschirm können beispielsweise aus zwei in einem bestimmten Winkel, vorzugsweise 90°, zueinander
10 stehenden Planspiegeln und einem in Betrachtungsrichtung davor befindlichen Lenticular gebildet werden.

Demgegenüber ist es jedoch auch möglich, daß einzelne oder gleichzeitig mehrere Reflektoren auf dem Projektionsschirm aus einer Metallbeschichtung bestehen, die
15 auf eine Kunststoffoberfläche aufgebracht sind. Dabei kann die Grundfläche des Projektionsschirms eben oder gewölbt ausgebildet sein.

In einer besonderen Ausgestaltung der bis hierher beschriebenen vierten Ausführung sind einer oder mehrere Reflektoren des Projektionsschirms rotierbar gelagert,
20 wobei bevorzugt die Kombinationsstruktur der projizierten Bildinformationen der n Ansichten ($n \geq 2$) einer Szene bzw. eines Gegenstandes für mindestens eine Projektionseinheit zeitlich variiert wird, so daß das von einer bzw. der Projektionseinheit herrührende Licht, welches jeweils auf einen der rotierbar gelagerten Reflektoren projiziert wird, in Abhängigkeit von der Zeit vorzugsweise von Bildinformationen
25 unterschiedlicher Ansichten herrührt, wodurch von besagtem Reflektor zu unterschiedlichen Zeitpunkten Bildinformation unterschiedlicher Ansichten in unterschiedliche Richtungen reflektiert wird.

Außerdem kann bzw. können einer oder mehrere Reflektoren des Projektionsschirms
30 Reflexionseigenschaften aufweisen, die von der Wellenlänge abhängig sind. Vorzugsweise reflektieren in dieser Ausgestaltung einige Reflektoren insbesondere Licht verschiedener Wellenlängen in voneinander abweichende Richtungen.

Zur Verringerung der räumlichen Ausdehnung der erfindungsgemäßen Anordnung
35 sind in weiteren Ausgestaltungsbeispielen weiterhin Mittel zur Strahlfaltung zwischen Projektionseinheit und Projektionsschirm vorhanden sind. Strahlfaltungen bei

Bildprojektionen sind dem Fachmann bekannt und bedürfen daher hier keiner weiteren Erläuterung.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung werden mindestens 4 Projektionseinheiten eingesetzt, welche ihre Bilder bzw. Bildinformationen aus unterschiedlichen Richtungen auf den Projektionsschirm projizieren. Damit kann erreicht werden, daß eine größere Anzahl von verschiedenen Ansichten einer Szene bzw. eines Gegenstandes projiziert wird, als wenn beispielsweise nur ein oder zwei Projektionseinheiten zum Einsatz kämen. Dieser Umstand wiederum ist für eine Verbesserung der Betrachterbewegungsfreiheit von großem Vorteil.

Die bzw. jede Projektionseinheit weist von dem Projektionsschirm beispielsweise einen Abstand zwischen 0,5 Meter und 20 Meter auf.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen autostereoskopischen Projektionsanordnung ist in den Strahlengang zwischen dem Projektor/den Projektoren und dem Projektionsschirm ein Filterarray in Form einer Farbmaske gestellt, welche unterschiedliche Farbanteile, bevorzugt der Farben rot, grün und blau, auf jeweils zu einem Pixel des Projektionsschirms gehörende Subpixel richtet, wodurch auf den Subpixeln neben den reinen Farben rot, grün und blau auch gemischte Farben dargestellt werden, somit eine höhere Anzahl von Farben pro Subpixel darstellbar ist und das Auflösungsvermögen des Projektionsschirms dadurch erhöht wird.

Die Breite l_{new} der je Pixel darstellbaren Farben ergibt sich dabei beispielsweise aus

$$l_{new} = l \frac{n}{2n-1}$$

mit l der Größe eines Subpixels und n der Anzahl der Subpixel je Pixel, oder es wird die Anzahl p_{new} der je Pixel darstellbaren Ansichten erhöht nach der Funktion

$$p_{new} = p \frac{2n-1}{n}$$

mit n der Anzahl der Subpixel je Pixel und p der Anzahl der verschiedenen darzustellenden Ansichten der Szene/des Gegenstandes, bevorzugt mit $n=3$ und $p=8$.

Die Breite I_{new} kann von Farbe zu Farbe variieren. Auf diese Weise ist es denkbar, nicht lediglich die Breite, sondern auch die Form bzw. die Umrißgeometrie der Bildwiedergabeelemente zu beeinflussen und vorzugeben. Ein Filterelement kann aus mehreren kleineren Teilfilterelementen zusammengesetzt sein.

Die vorgenannte Farbmaske kann als Linse, HOE oder anderes optisches Element ausgebildet sein, das geeignet ist, eine spektrale Aufspaltung des einfallenden Lichts zu bewirken.

10

Bei jeder der beschriebenen Ausführungen ist es denkbar, daß ein kleinstes physisches Bildelement jeder der Projektionseinheiten sowohl mit der Information eines einzelnen Bildelementes einer Ansicht einer Szene bzw. eines Gegenstandes als auch mit einer gemischten Bildinformation, die sich beispielsweise als gewichtetes Mittel der Bildinformation von Bildelementen mindestens zweier Ansichten einer Szene bzw. eines Gegenstandes ergibt, angesteuert wird. Entsprechende beispielhafte Bildkombinationsstrukturen sind unter anderem in der bereits erwähnten DE 100 03 326 C2 und in der DE 101 45 133 C1 enthalten.

Das Prinzip der Erzeugung einer räumlich wahrnehmbaren Darstellung ist bei jeder der vier generellen Ausführungen im wesentlichen dasselbe: Bildteilmعلومات unterschiedlicher Ansichten einer Szene bzw. eines Gegenstandes wird im wesentlichen in unterschiedliche Betrachtungsrichtungen reflektiert, so daß jeder Betrachter mit einem Auge überwiegend eine erste Auswahl an dargestellten Ansichten sieht, während das jeweils andere Auge überwiegend eine zweite Auswahl aus den dargestellten Ansichten sieht, wodurch ein für eine räumliche Empfindung ausreichender Stereokontrast erzielt wird.

Die Anzahl der Projektoren kann reduziert werden, indem ein Projektor sequentiell Informationen verschiedener Ansichten abstrahlt und dabei die Richtung der optischen Achse in einer entsprechenden Frequenz variiert wird, beispielsweise durch zeitlich veränderte Umlenkung mittels Reflektoren.

Des weiteren kann das dem Betrachter am nächsten positionierte Filterarray teilweise reflektierend ausgebildet sein, um eine 2D-Darstellung auf diesem dann als Projektionsfläche genutzten Filterarray zu erzeugen.

Die Erfindung wird im folgenden an Hand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

- Fig.1 eine Prinzipskizze zu den erfindungsgemäßen Anordnungen,
Fig.2 das projektorensseitige Filterarray einer ersten Ausgestaltung der Erfindung
5 (Ausschnitt), geeignet für z.B. acht Projektoren,
Fig.3 das betrachterseitige Filterarray einer ersten Ausgestaltung der Erfindung
(Ausschnitt),
Fig.4 die auf dem Projektionsschirm bei der ersten Ausgestaltung der Erfindung
entstehende Bildstruktur, welche aus Teilinformationen verschiedener An-
10 sichten zusammengesetzt ist (Ausschnitt),
Fig.5 und Fig.6 je eine mögliche Ansichtenmischung, die von einem Betrachterauge
bei Verwendung der ersten Ausgestaltung der Erfindung an einer Betrachtungs-
position gesehen werden kann (Ausschnitt),
Fig.7 das projektorensseitige Filterarray einer zweiten Ausgestaltung der Erfindung
15 (Ausschnitt), ebenfalls für 8 Projektoren geeignet,
Fig.8 das betrachterseitige Filterarray der zweiten Ausgestaltung der Erfindung
(Ausschnitt),
Fig.9 die auf dem Projektionsschirm bei der zweiten Ausgestaltung der Erfindung
entstehende Bildstruktur, welche aus Teilinformationen verschiedener An-
20 sichten zusammengesetzt ist (Ausschnitt),
Fig.10 und Fig.11 je eine mögliche Ansichtenmischung, die von einem Betrachter-
auge bei Verwendung der zweiten Ausgestaltung der Erfindung an einer Be-
trachtungsposition gesehen werden kann (Ausschnitt),
Fig.12 das erste projektorensseitige Filterarray einer dritten Ausgestaltung der Erfin-
25 dung (Ausschnitt), ebenfalls für acht Projektoren geeignet,
Fig.13 das zweite projektorensseitige Filterarray einer dritten Ausgestaltung der Er-
findung (Ausschnitt),
Fig.14 das betrachterseitige Filterarray der dritten Ausgestaltung der Erfindung
(Ausschnitt),
30 Fig.15 die auf dem Projektionsschirm bei der dritten Ausgestaltung der Erfindung
entstehende Bildstruktur, welche aus Teilinformationen verschiedener An-
sichten zusammengesetzt ist (Ausschnitt),
Fig.16 das projektorensseitige Filterarray einer vierten Ausgestaltung der Erfindung
(Ausschnitt), ebenfalls für acht Projektoren geeignet,
35 Fig.17 das betrachterseitige Filterarray der vierten Ausgestaltung der Erfindung
(Ausschnitt),

- Fig.18 die auf dem Projektionsschirm bei der vierten Ausgestaltung der Erfindung entstehende Bildstruktur, welche aus Teilinformationen verschiedener Ansichten zusammengesetzt ist (Ausschnitt),
- Fig.19 und Fig.20 je eine mögliche Ansichtenmischung, die von einem Betrachter-
5 aue bei Verwendung der vierten Ausgestaltung der Erfindung an einer Betrachtungsposition gesehen werden kann (Ausschnitt),
- Fig.21 das projektorensseitige Filterarray einer fünften Ausgestaltung der Erfindung (Ausschnitt), welches für einen einzelnen DMD-Projektor geeignet ist,
- Fig.22 das betrachterseitige Filterarray der fünften Ausgestaltung der Erfindung
10 (Ausschnitt),
- Fig.23 die auf dem Projektionsschirm bei der fünften Ausgestaltung der Erfindung entstehende Bildstruktur, welche aus Teilinformationen dreier verschiedener Ansichten zusammengesetzt ist (Ausschnitt), wobei die Teilinformationen der
15 verschiedenen Ansichten in von Ansicht zu Ansicht unterschiedlichen Farben (Wellenlängenbereichen) wiedergegeben werden, und
- Fig.24 diverse verwendbare Umrisse für Filterelemente in den erfindungsgemäßen Anordnungen.
- Fig.25 eine Prinzipskizze zum Aufbau einer erfindungsgemäßen Anordnung mit rückseitiger Projektion,
- 20 Fig.26 eine beispielhafte erste Filterstruktur, die von jeweils einem oder gleichzeitig mehreren HOE umgesetzt wird (Ausschnitt),
- Fig.27 eine beispielhafte zweite Filterstruktur, die von jeweils einem oder gleichzeitig mehreren HOE umgesetzt wird (Ausschnitt),
- Fig.28 eine beispielhafte Bildkombinationsstruktur für die Zusammensetzung eines
25 Bildes aus Bildteilinformationen mehreren Ansichten,
- Fig.29 und Fig.30 beispielhafte für jeweils ein Auge sichtbare Ansichtengemische,
- Fig.31 ein weiteres Beispiel für die Wirkung eines HOE (schematisch dargestellt),
- Fig.32 ein beispielhaftes Modell für die Wirkung der HOE auf dem holographischen Schirm erfindungsgemäßer Anordnungen,
- 30 Fig.33 eine beispielhafte Bildkombinationsstruktur, welche 4 Ansichten verwendet, sowie
- Fig.34 ein beispielhaftes Modell für die Wirkung der HOE auf dem holographischen Schirm erfindungsgemäßer Anordnungen,
- Fig.35 eine Ausführung mit einem holographischen Rückprojektions-3D-Schirm,
- 35 Fig.36 ein Beispiel mit vertikaler Ausrichtung der Augenpositionen,
- Fig.37 ein Beispiel mit schräger Ausrichtung der Augenpositionen,

Fig.38 eine Ausführung mit Projektoren, von denen jeder Bildinformationen mindestens zweier Ansichten zeigt.

Die Fig.1 zeigt eine Prinzipskizze zu den erfindungsgemäßen Anordnungen. Die Skizze ist nicht maßstäblich. Wie oben beschrieben, umfaßt die dargestellte Anordnung erfindungsgemäß folgende Komponenten:

- mindestens zwei Projektoren 4; (in der Zeichnung sind der Übersichtlichkeit wegen lediglich vier dargestellt, obwohl es auch beispielsweise acht oder mehr Projektoren sein können),
- einen Projektionsschirm 3,
- mindestens zwei Filterarrays F_1, F_2 , wobei das Filterarray F_1 zwischen dem Projektionsschirm 3 und den Projektoren 4, d.h. in Betrachtungsrichtung des Betrachters 5 hinter dem Projektionsschirm 3, und das Filterarray F_2 in Betrachtungsrichtung des Betrachters 5 vor dem Projektionsschirm 3 angeordnet ist.

Wie in den einzelnen Ausgestaltungsvarianten untenstehend noch näher erläutert wird, weisen hierbei alle Filterarrays F_1, F_2 in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenfilterelemente auf, die für Licht verschiedener Wellenlängen λ oder verschiedener Wellenlängenbereiche $\Delta\lambda$ transparent sind. Dabei werden mittels der Projektoren 4 Teilinformationen von n Ansichten A_k (mit $k=1..n$; $n \geq 2$) einer Szene oder eines Gegenstandes durch mindestens ein Filterarray F_1 hindurch auf den Projektionsschirm 3 projiziert, so daß auf dem Projektionsschirm 3 Teilinformationen der Ansichten A_k in einer durch die Anordnungsgeometrie bestimmten Kombination bzw. Mischung optisch sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm 3 in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen α_{ij} in Spalten i und Zeilen j eingeteilt ist, die je nach Ausprägung des Filterarrays F_1 und der Projektoren 4 jeweils Licht bestimmter Wellenlängen λ oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement α_{ij} Teilinformation(en) mindestens einer der Ansichten A_k wiedergibt.

Für das von dem Projektionsschirm 3 zum Betrachter 5 hin abgestrahlte Licht werden durch das mindestens eine Filterarray F_2 , welches in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm 3 angeordnet ist, Ausbreitungsrichtungen vorgegeben, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement α_{ij} mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays F_2 oder ein Wellenlängenfilter des Filterarrays F_2 mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen α_{ij} derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sicht-

5 baren Abschnitts des Bildwiedergabeelements α_j und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter 5 mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten A_k optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter 5 ein räumlicher Eindruck entsteht.

10 Vorteilhaft kommen insgesamt 2, 4, 8, 16, 32 oder 40 Projektoren zum Einsatz. Sehr gute räumliche Eindrücke für mehrere Betrachter bei gleichzeitig angenehmer Bewegungsfreiheit werden ab etwa acht dargestellten Ansichten erzielt, wobei hierzu vorzugsweise mindestens acht Projektoren zur Ansichtenprojektion eingesetzt werden und jeder Projektor genau eine Ansicht A_k bzw. Teilinformationen davon projiziert.

15 Wie in Fig.1 gezeigt, kommen bevorzugt genau zwei Filterarrays F_1 und F_2 in der oben beschriebenen Anordnung zum Einsatz. Besondere Ausgestaltungen, bei denen mehr als zwei Filterarrays von Vorteil sind, werden weiter unten beschrieben.

20 In einer ersten beispielhaften Ausgestaltung kommt eine Anordnung nach Fig.1 zum Einsatz, wobei allerdings acht an Stelle der in der Zeichnung lediglich vier gezeigten Projektoren 4 verwendet werden. Jeder der acht Projektoren projiziert eine komplette 2D-Ansicht der darzustellenden Szenerie/des darzustellenden Gegenstandes, so daß demnach acht Ansichten gezeigt werden. Derlei 2D-Ansichten sind beispielsweise 2D-Aufnahmen einer Szenerie/eines Gegenstandes, die aus horizontal leicht versetzten Richtungen aufgenommen werden. Durch eine technisch bedingte Rasterung werden die 2D-Ansichten dann als Teilinformationen, beispielsweise in einer Vollfarbauflösung von 1024 x 768 Pixeln, von den Projektoren abgestrahlt.

30 Die optischen Achsen der Projektoren schneiden sich bevorzugt auf der Flächenmitte des Projektionsschirms 3, wobei zwei benachbarte optische Achsen einen Winkel von etwa 3,5 Grad einschließen. Die Projektoren sind entsprechend ausgerichtet und haben einen Projektivabstand von beispielsweise 2900 mm von der Flächenmitte des Projektionsschirmes 3. Vorteilhaft können die Projektoren auf einer Kreisbahn mit besagter Flächenmitte als Kreismittelpunkt angeordnet sein. Alle Projektorenobjektive befinden sich bevorzugt in der gleichen Höhe hinter dem Projektionsschirm, und
35 zwar etwa in der Höhe des Flächenmittelpunktes des Projektionsschirmes. Zur Ge-

währleistung einer derartigen Positionierung ist beispielsweise ein entsprechend dimensioniertes mechanisches Stativ geeignet.

In Fig.2 ist das projektorensseitige Filterarray F_1 der ersten Ausgestaltung der Erfindung als Ausschnitt dargestellt. Dieses Filterarray F_1 enthält Wellenlängenfilterelemente β_{1pq} in einem Raster aus Zeilen q_1 und Spalten p_1 , die in Abhängigkeit von ihrer Transparenzwellenlänge/ ihrem Transparenzwellenlängenbereich λ_{1b} nach folgender Funktion auf dem Filterarray angeordnet sind

$$b = p_A - d_{Apq} \cdot q_A - n_{Am} \cdot \text{IntegerPart} \left[\frac{p_A - d_{Apq} \cdot q_A - 1}{n_{Am}} \right], \text{ mit}$$

- 10 – dem Index $A=1$, da es sich um das Array F_1 handelt,
- p_1 dem Index eines Wellenlängenfilters β_{1pq} in einer Zeile des Arrays F_1 ,
- q_1 dem Index eines Wellenlängenfilter β_{1pq} in einer Spalte des Arrays F_1 ,
- b einer ganzen Zahl, die für ein Wellenlängenfilter β_{1pq} des Filterarrays F_1 an der Position p_1, q_1 eine der vorgesehenen Transparenzwellenlängen/-
- 15 wellenlängenbereiche λ_{1b} festlegt und Werte zwischen 1 und $b_{1\max}$ haben kann,
- n_{1m} einem ganzzahligen Wert größer „Null“, der bevorzugt der Gesamtzahl n der von den Projektoren dargestellten Ansichten A_k entspricht,
- d_{1pq} einer wählbaren Maskenkoeffizientenmatrix zur Variation der Anordnung der Wellenlängenfilter auf dem Array F_1 und
- 20 – *IntegerPart* einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

In der obigen Gleichung entspricht $p_A=p_1$ dem Index p und $q_A=q_1$ dem Index q für die Matrix $d_{Apq}=d_{1pq}$ bzw. für die Filterelemente β_{1pq} .

- 25 In dieser Ausgestaltung haben nun mehrere der Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche λ_{1b} die gleichen Filterwirkungen: Seien $\lambda_{1,1}$ sowie $\lambda_{1,3}.. \lambda_{1,8}$ Wellenlängenbereiche, die das gesamte sichtbare Spektrum abblocken, $\lambda_{1,2}$ ein für das sichtbare Spektrum transparenter Filterbereich und sei weiterhin $n_{1m}=8$ sowie $d_{1pq}=$
- 30 $1 = \text{const}$, so ergibt sich nach der Vorschrift zur Erzeugung einer Filterstruktur ein im wesentlichen opakes Filterarray F_1 , welches auf der Fläche gleichmäßig verteilte schräge, stufenförmige transparente Streifen beinhaltet, die etwa ein Achtel der gesamten Fläche einnehmen. Dies ist in Fig.2 gezeigt. Ein transparentes oder opakes Filterelement ist hier beispielsweise ca. 0,285 mm breit und 0,804 mm hoch. Andere
- 35 Ausführungen sind selbstverständlich denkbar.

Die Fig.3 zeigt das betrachterseitige Filterarray F_2 mit $A = 2$ der ersten Ausgestaltung der Erfindung, ebenfalls als Ausschnitt. Hier kommen ähnliche, aber nicht vollkommen identische Parameter wie für das Filter F_1 zum Einsatz. Diese lauten: $\lambda_{2,1}$ sowie $\lambda_{2,4} \cdot \lambda_{2,8}$ sind Wellenlängenbereiche, die das gesamte sichtbare Spektrum abblocken; $\lambda_{2,2}$ und $\lambda_{2,3}$ sind für das sichtbare Spektrum transparente Filterbereiche, und $n_{2m} = 8$ sowie $d_{2pq} = -1 = \text{const.}$ Hier ist ebenfalls ein transparentes oder opakes Filterelement beispielsweise ca. 0,285 mm breit und 0,804 mm hoch, wobei andere Maße durchaus möglich sind.

10

Das Filterarray F_1 ist im Abstand $z_1 = 2$ mm in Betrachtungsrichtung hinter dem Projektionsschirm angeordnet. Für das Array F_2 beträgt der Abstand $z_2 = (-)45$ mm, wobei dieses Array vor dem Projektionsschirm befindlich ist. Das Minuszeichen steht dafür, daß das Array in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm liegt. Um einen verbesserten Bildkontrast zu erzielen, ist bevorzugt auf das Filterarray F_2 , welches dem Betrachter am nächsten befindlich ist, eine Antireflexionsbeschichtung aufgebracht. Damit werden Fremdlichtreflexe zu einem gewissen Teil vermieden, wodurch die Wahrnehmbarkeit des räumlichen Bildes verbessert wird.

15

20

Sind die Projektoren wie oben beschrieben ausgerichtet, so entsteht etwa eine Bildstruktur auf dem Projektionsschirm, welche in Fig.4 ausschnittsweise dargestellt ist. Das Raster mit Spalten i und Zeilen j ist hierbei nur der Übersicht halber eingezeichnet und selbstverständlich auf dem Projektionsschirm 3 nicht unbedingt sichtbar. In Fig.4 entspricht eine Ziffer in einem Kästchen derjenigen Ansicht A_k , aus der die Teilinformation stammt, die an diese Rasterstelle auf dem Projektionsschirm projiziert wird. Das auf dem Projektionsschirm 3 entstehende, aus verschiedenen Teilinformationen der Ansichten A_k kombinierte Bild weist also ein Raster von Bildwiedergabeelementen α_{ij} in Spalten i und Zeilen j auf. Dabei können die Bildwiedergabeelemente α_{ij} Licht ganz verschiedenartiger Wellenlängenbereiche abstrahlen, je nachdem, was für Licht von den Projektoren an der entsprechenden Stelle des Projektionsschirms 3 ankommt. Werden in diesem Ausführungsbeispiel DMD/DLP-Projektoren eingesetzt, so handelt es sich um vollfarbige Bildwiedergabeelemente α_{ij} .

25

30

35

Bei korrekter Ausrichtung ist die erfindungsgemäße Anordnung im Bezug auf die Licht- und Flächennutzung besonders effizient, da dann jedes Flächenelement auf dem Projektionsschirm mit Licht mindestens eines der Projektoren beaufschlagt werden kann. Es entstehen somit keine „permanent schwarzen Flecken“ auf dem

Schirm, so daß jedes Flächenelement des Projektionsschirmes irgendeine Teilinformation mindestens irgendeiner Ansicht abstrahlt.

Die auf Grund des Filters F_2 vorgegebenen Lichtausbreitungsrichtungen sorgen da-
für, daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter 5 mit einem Auge über-
wiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge über-
wiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten A_k optisch
wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den
Betrachter 5 ein räumlicher Eindruck entsteht. Fig.5 und Fig.6 zeigen je eine mög-
liche Ansichtenmischung, die von einem Betrachterauge bei Verwendung der ersten
Ausgestaltung der Erfindung an einer Betrachtungsposition gesehen werden kann
(Ausschnittdarstellung). An der ersten Position nach Fig.5 sieht das Betrachterauge
beispielsweise überwiegend die Ansichten 2 und 3, während es an der zweiten bei-
spielhaften Position nach Fig.6 überwiegend die Ansichten 6 und 7 wahrnimmt. Sieht
nun jedes Auge des Betrachters jeweils eine der beispielsweise dargestellten Ansich-
tenmischungen, so entsteht für den Betrachter ein räumlicher Eindruck.

Es sei noch bemerkt, daß in diesem ersten Ausgestaltungsbeispiel die zwei Filter-
arrays F_1 , F_2 nicht durch horizontale und/oder vertikale lineare Skalierung ihrer
Strukturen vollständig zur Kongruenz zu bringen sind. Mit anderen Worten: Die
Strukturen der Filterarrays gehen nicht durch ein- oder zweidimensionale Vergröße-
rung oder Verkleinerung ineinander über. Im Bezug auf den räumlichen Eindruck hat
diese Nicht-Kongruenz den Effekt, daß tatsächlich von jedem Betrachtungspunkt aus
ein Betrachterauge stets eine Mischung aus Teilinformationen mehrerer Ansichten
wahrnimmt (siehe auch die beispielhaften Ansichtengemische in Fig.5 und Fig.6).
Der Fall, daß ein Betrachterauge von einer Position im Betrachtungsraum Teilinfor-
mationen genau einer Ansicht sieht, ist vollständig ausgeschlossen.

Der Projektionsschirm 3 ist transluzent ausgebildet und umfaßt vorzugsweise auch
ein Trägersubstrat, z.B. eine Glasscheibe. Er kann außerdem lichtkonzentrierend
wirken, d.h. einen positiven „gain“ aufweisen. Eine ausgezeichnete Schärfe der Bild-
elemente auf dem Projektionsschirm wird erzielt, wenn der Projektionsschirm als
sehr dünne Scheibe, bevorzugt mit einer Dicke kleiner einem Millimeter ausgebildet
ist. In dieser ersten Ausgestaltung ist der Projektionsschirm 3 eine ebene Platte mit
einer Flächendiagonale von ca. 50 Zoll bei einem Seitenverhältnis von 16:9.

- Die eingesetzten Projektoren 4 werden von einer Ansteuerelektronik, die auch mehrere separate Geräte umfassen kann, mit Bilddaten versorgt. Beispielsweise besteht besagte Ansteuerelektronik in diesem Zusammenhang aus einer Bilddatenquelle, die einen PC pro Projektor enthält. Mit anderen Worten: Es sind acht PCs vorhanden.
- 5 Jeder PC speist einen Projektor, wie oben schon erwähnt, mit der Bildsequenz einer bestimmten Ansicht A_k . Die PCs sind über einen Trigger miteinander gekoppelt, so daß alle acht Ansichten A_k zeitlich synchronisiert dargestellt werden. Es sind auch Ausgestaltungen mit weniger PCs denkbar.
- 10 Jedes der Filterarrays F_1 und F_2 ist als belichtete Folie ausgebildet. Beide Filterarrays F_1 , F_2 sind auf jeweils ein Substrat, z.B. auf ein Glassubstrat, auflaminiert. Dadurch kann ein guter mechanischer Halt erreicht werden. In der Anordnung nach Fig.1 sind beide Filterarrays F_1 , F_2 stets auf der den Projektoren 4 zugewandten Seite der Glas-
- 15 durch die Substrate bedingten Strahlversätze gegenüber Vertauschung der Filterarrayseiten auf den Substraten minimiert sind.

- In einer zweiten beispielhaften Ausgestaltung kommt ebenfalls eine Anordnung nach Fig.1 zum Einsatz, wobei allerdings acht an Stelle der in der Zeichnung lediglich vier
- 20 gezeigten Projektoren 4 verwendet werden. Jeder der acht Projektoren 4 projiziert wieder eine komplette 2D-Ansicht der darzustellenden Szenerie/des darzustellenden Gegenstandes, so daß demnach acht Ansichten gezeigt werden. Die optischen Achsen der Projektoren 4 schneiden sich wiederum bevorzugt auf der Flächenmitte des Projektionsschirms 3, wobei zwei benachbarte optische Achsen einen Winkel von
- 25 etwa 3,5 Grad einschließen. Die Projektoren 4 sind entsprechend ausgerichtet und haben einen Projektivabstand von beispielsweise 2900 mm von der Flächenmitte des Projektionsschirmes 3. Vorteilhaft können die Projektoren 4 auf einer Kreisbahn mit besagter Flächenmitte als Kreismittelpunkt angeordnet sein. Alle Projektorenobjektive befinden sich in der gleichen Höhe hinter dem Projektionsschirm 3, und zwar
- 30 etwa in der Höhe des Flächenmittelpunktes des Projektionsschirmes 3. Zur Gewährleistung einer derartigen Positionierung ist beispielsweise ein entsprechend dimensioniertes mechanisches Stativ geeignet.

- In Fig.7 ist das projektorensseitige Filterarray F_1 mit $A = 1$ der zweiten Ausgestaltung der Erfindung als Ausschnitt dargestellt. Die Wellenlängenfilterelemente β_{1pq} im Raster aus Zeilen q_1 und Spalten p_1 sind nach der schon mehrfach beschriebenen Vorschrift angeordnet, wobei hier folgende Parameter gewählt wurden: Seien $\lambda_{1,2} \dots \lambda_{1,8}$
- 35

Wellenlängenbereiche, die das gesamte sichtbare Spektrum abblocken, $\lambda_{1,1}$ ein für das sichtbare Spektrum transparenter Filterbereich und sei weiterhin $b_{1\max} = 8$, $n_{1m} = 8$ sowie

$$d_{1pq} = \frac{p_1 - (((IntegerPart(q_1 - 1) \cdot \frac{1}{2}) + p_1) \bmod 8)}{q_1}$$

- 5 Die Funktion „mod“ bezeichnet hier die Restklasse in bezug auf einen Teiler. Ein transparentes oder opakes Filterelement ist hier beispielsweise ca. 0,285 mm breit und ca. 0,804 mm hoch. Andere Ausführungen sind selbstverständlich denkbar.

- 10 Die Fig.8 zeigt das betrachterseitige Filterarray F_2 der zweiten Ausgestaltung der Erfindung, ebenfalls als Ausschnitt. Die Parameter zur Erzeugung der entsprechenden Filterstruktur lauten: $\lambda_{2,3} \dots \lambda_{2,16}$ sind Wellenlängenbereiche, die das gesamte sichtbare Spektrum abblocken; $\lambda_{2,1}$ und $\lambda_{2,2}$ sind für das sichtbare Spektrum transparente Filterbereiche, und es gilt $b_{2\max} = 16$, $n_{2m} = 16$ sowie $d_{2pq} = -1 = \text{const.}$ Hier ist ein transparentes oder opakes Filterelement beispielsweise ca. 0,14236 mm breit und 0,804 mm hoch, wobei andere Maße möglich sind.

- 20 Das Filterarray F_1 ist im Abstand $z_1 = 2$ mm hinter dem Projektionsschirm angeordnet. Für das Array F_2 beträgt der Abstand $z_2 = (-)45$ mm, wobei dieses Array in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm befindlich ist. Das Minuszeichen steht dafür, daß das Array in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm liegt. Um einen verbesserten Bildkontrast zu erzielen, ist bevorzugt auf das Filterarray F_2 , welches dem Betrachter am nächsten befindlich ist, eine Antireflexionsbeschichtung aufgebracht. Damit werden Fremdlireflexe zu einem gewissen Teil vermieden, wodurch die Wahrnehmbarkeit des räumlichen Bildes verbessert wird.

- 25 Sind die Projektoren wie oben beschrieben ausgerichtet, so entsteht etwa eine Bildstruktur auf dem Projektionsschirm, welche in Fig.9 ausschnittsweise dargestellt ist. Das Raster mit Spalten i und Zeilen j ist hierbei nur der Übersicht halber eingezeichnet und selbstverständlich auf dem Projektionsschirm 3 nicht unbedingt sichtbar.
- 30 Das auf dem Projektionsschirm entstehende, aus verschiedenen Teilinformationen der Ansichten A_k kombinierte Bild weist also ein Raster von Bildwiedergabeelementen α_{ij} in Spalten i und Zeilen j auf. Dabei können die Bildwiedergabeelemente α_{ij} Licht ganz verschiedenartiger Wellenlängenbereiche abstrahlen, je nachdem, was für Licht von den Projektoren an der entsprechenden Stelle des Projektionsschirms ankommt.

Werden in diesem Ausführungsbeispiel DMD/DLP-Projektoren eingesetzt, so handelt es sich um vollfarbige Bildwiedergabeelemente α_{ij} .

Bei korrekter Ausrichtung ist die erfindungsgemäße Anordnung im Bezug auf die Licht- und Flächennutzung besonders effizient, da dann jedes Flächenelement auf dem Projektionsschirm mit Licht mindestens eines der Projektoren beaufschlagt werden kann. Es entstehen somit keine „permanent schwarzen Flecken“ auf dem Schirm, so daß jedes Flächenelement des Projektionsschirmes irgendeine Teilinformation mindestens irgendeiner Ansicht A_k abstrahlt.

10

Die auf Grund des Filters F_2 vorgegebenen Lichtausbreitungsrichtungen sorgen dafür, daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter 5 mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten A_k optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter 5 ein räumlicher Eindruck entsteht. Fig.10 und Fig.11 zeigen je eine mögliche Ansichtenmischung, die von einem Betrachterauge bei Verwendung der ersten Ausgestaltung der Erfindung an einer Betrachtungsposition gesehen werden kann (Ausschnittsdarstellung). An der ersten Position nach Fig.10 sieht das Betrachterauge beispielsweise überwiegend die Ansichten 5 und 6, während es an der zweiten beispielhaften Position nach Fig.11 überwiegend die Ansichten 2 und 3 wahrnimmt. Sehen nun die Augen des Betrachters die gezeigten Ansichtenmischungen, so entsteht ein räumlicher Eindruck.

Es sei noch bemerkt, daß in diesem zweiten Ausgestaltungsbeispiel die zwei Filterarrays F_1 , F_2 nicht durch horizontale und/oder vertikale lineare Skalierung ihrer Strukturen vollständig zur Kongruenz zu bringen sind. Mit anderen Worten: Die Strukturen der Filterarrays gehen nicht durch ein- oder zweidimensionale Vergrößerung oder Verkleinerung ineinander über.

30

Der Projektionsschirm ist transluzent ausgebildet und umfaßt vorzugsweise auch ein Trägersubstrat, z.B. eine Glasscheibe. Er kann außerdem lichtkonzentrierend wirken, d.h. einen positiven „gain“ aufweisen. In dieser zweiten Ausgestaltung ist der Projektionsschirm eine ebene Platte. Die eingesetzten Projektoren werden auch hier von einer Ansteuerelektronik, die auch mehrere separate Geräte umfassen kann, mit Bilddaten versorgt.

35

Jedes der Filterarrays F_1 und F_2 ist als belichtete Folie ausgebildet. Beide Filterarrays F_1 , F_2 sind auf jeweils ein Substrat, z.B. auf ein Glassubstrat, auflaminiert. Dadurch kann ein guter mechanischer Halt erreicht werden. In der Anordnung nach Fig.1 sind beide Filterarrays F_1 , F_2 stets auf der den Projektoren 4 zugewandten Seite der Glas-
5 substrate angeordnet, wobei die Glassubstrate in Fig.1 zeichnerisch nicht dargestellt sind.

In einer dritten beispielhaften Ausgestaltung kommt ebenfalls eine Anordnung nach Fig.1 zum Einsatz, wobei allerdings erneut acht an Stelle der in der Zeichnung lediglich vier gezeigten Projektoren 4 verwendet werden. Außerdem ist jetzt ein drittes Filter F_3 zwischen dem Filter F_1 und dem Projektionsschirm 3 vorhanden. Das Filter F_3 ist in Fig.1 zeichnerisch nicht dargestellt. Jeder der acht Projektoren projiziert wieder eine komplette 2D-Ansicht der darzustellenden Szenerie/des darzustellenden Gegenstandes, so daß demnach acht Ansichten gezeigt werden.

15 Die optischen Achsen der Projektoren schneiden sich bevorzugt in der Flächenmitte des Projektionsschirms 3, wobei zwei benachbarte optische Achsen einen Winkel von etwa 3,5 Grad einschließen. Die Projektoren 4 sind entsprechend ausgerichtet und haben einen Projektivabstand von beispielsweise 2900 mm von der Flächenmitte des Projektionsschirmes 3. Vorteilhaft können die Projektoren auf einer Kreisbahn mit besagter Flächenmitte als Kreismittelpunkt angeordnet sein. Alle Projektorenobjektive befinden sich bevorzugt in der gleichen Höhe hinter dem Projektionsschirm, und zwar etwa in der Höhe des Flächenmittelpunktes des Projektionsschirmes. Zur Gewährleistung einer derartigen Positionierung ist beispielsweise ein entsprechend
20 dimensioniertes mechanisches Stativ geeignet.

In Fig.12 ist das erste projektorensseitige Filterarray F_1 der dritten Ausgestaltung der Erfindung als Ausschnitt dargestellt. Die Wellenlängenfilterelemente β_{1pq} im Raster aus Zeilen q_1 und Spalten p_1 sind nach der schon mehrfach beschriebenen Vorschrift
30 angeordnet, wobei hier folgende Parameter gewählt wurden: In dieser Ausgestaltung haben wieder mehrere der Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche $\lambda_{1,b}$ die gleichen Filterwirkungen: Seien $\lambda_{1,1}$ sowie $\lambda_{1,3} \dots \lambda_{1,8}$ Wellenlängenbereiche, die das gesamte sichtbare Spektrum abblocken, $\lambda_{1,2}$ ein für das sichtbare Spektrum transparenter Filterbereich und sei weiterhin $n_{1m} = 8$ sowie $d_{1pq} = -1 = \text{const.}$ Ein transparentes oder opakes Filterelement ist hier beispielsweise ca. 0,2847 mm breit und ca.
35 0,8044 mm hoch. Andere Ausführungen sind selbstverständlich denkbar.

In Fig.13 ist ein Ausschnitt des zweiten projektorensseitigen Filterarrays F_3 mit $A = 3$ der dritten Ausgestaltung der Erfindung dargestellt. Die Wellenlängenfilterelemente β_{3pq} im Raster aus Zeilen q_3 und Spalten p_3 sind nach der schon mehrfach beschriebenen Vorschrift angeordnet, wobei hier folgende Parameter gewählt wurden: Seien $\lambda_{3,1}$ bis $\lambda_{3,3}$ Wellenlängenbereiche für die Farben Rot, Grün und Blau in dieser Reihenfolge, und sei weiterhin $n_{3m} = 3$ sowie

$$d_{3pq} = \frac{p_3 - (p_3 \bmod 3)}{q_3}$$

Ein Filterelement ist hier beispielsweise ca. 0,281 mm breit und ca. 0,796 mm hoch. Andere Ausführungen sind selbstverständlich denkbar. In Fig.13 sind die farbigen Filterelemente, d.h. die Wellenlängenfilterelemente, zur Unterscheidung von etwa RGB-Bildelementen mit einem Apostroph gekennzeichnet R', G' und B'.

Die Fig.14 zeigt das betrachterseitige Filterarray F_2 der dritten Ausgestaltung der Erfindung, ebenfalls als Ausschnitt. Es sei hierbei $b_{2max} = 4$, wobei drei Transparenzwellenlängen/-wellen-längenbereiche $\lambda_{2,1}$, $\lambda_{2,2}$, $\lambda_{2,3}$ vorgegeben werden für die Transparenzwellenlängenbereiche Rot, Grün und Blau (in dieser Reihenfolge) sowie ein weiterer Transparenzwellenlängen-bereich $\lambda_{2,4}$, mit dem das sichtbare Licht komplett abgeblockt werden kann. Die Koeffizientenmatrix d_{2pq} wird nach der Vorschrift erzeugt:

$$d_{2pq} = \frac{p_2 - 1 - (p_2 \bmod 3)}{q_2} \delta((p_2 + q_2) \bmod 8) + \left(\frac{p_2 - 4}{q_2}\right) \delta[\delta((p_2 + q_2) \bmod 8)]$$

Hierbei sei $n_{2m} = 8$; „mod“ bezeichnet die Restklasse in bezug auf einen Teiler. Die Funktion δ gibt für alle Argumente ungleich „Null“ den Wert „Null“; für das Argument „Null“ ergibt sich der Funktionswert 1, denn es gilt $\delta(0) = 1$ und $\delta(x \neq 0) = 0$. Die Indizes p_2, q_2 durchlaufen alle möglichen Werte, die innerhalb des zu erzeugenden Filterrasters liegen; das sind beispielsweise für p_2 Werte von 1 bis 3840 und für q_2 Werte von 1 bis 768. Hier ist ein Filterelement beispielsweise ca. 0,285 mm breit und 0,804 mm hoch, wobei andere Maße durchaus möglich sind.

Das Filterarray F_1 ist im Abstand $z_1 = 2$ mm und das Filterarray F_3 ist im Abstand $z_3 = 1$ mm hinter dem Projektionsschirm angeordnet. Für das Array F_2 beträgt der Abstand $z_2 = (-)45$ mm, wobei dieses Array in Betrachtungsrichtung vor dem Projektions-

schirm befindlich ist. Das Minuszeichen steht dafür, daß das Array in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm liegt.

Sind die Projektoren wie oben beschrieben ausgerichtet, so entsteht in etwa eine
5 Bildstruktur auf dem Projektionsschirm, welche in Fig.15 ausschnittsweise dargestellt ist. Das Raster mit Spalten i und Zeilen j ist hierbei nur der Übersicht halber eingezeichnet und selbst-verständlich auf dem Projektionsschirm 3 nicht unbedingt sichtbar. Das auf dem Projektionsschirm entstehende, aus verschiedenen Teilinformationen der Ansichten A_k kombinierte Bild weist also ein Raster von Bildwiedergabeelementen α_{ij} in Spalten i und Zeilen j auf. Dabei können die Bildwiedergabeelemente α_{ij} Licht ganz verschiedenartiger Wellenlängenbereiche abstrahlen, je nachdem, was für Licht von den Projektoren an der entsprechenden Stelle des Projektionsschirms ankommt. Werden in diesem Ausführungsbeispiel DMD/DLP-Projektoren eingesetzt, so handelt es sich dieses Mal auf Grund des zweiten projektorensseitigen
10 Filters F_3 nicht um vollfarbige Bildwiedergabeelemente α_{ij} , sondern vielmehr um solche, die i.d.R. Licht der Wellenlängenbereiche für Rot, Grün oder Blau abstrahlen. Dies ist in Fig.15 durch die mit R, G und B bezeichneten Spalten angedeutet.

Die auf Grund des Filters F_2 vorgegebenen Lichtausbreitungsrichtungen sorgen dafür, daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter 5 mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten A_k optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter 5 ein räumlicher Eindruck entsteht.

25 Es sei noch bemerkt, daß auch in diesem dritten Ausgestaltungsbeispiel die drei Filterarrays F_1 , F_2 nicht durch horizontale und/oder vertikale lineare Skalierung ihrer Strukturen vollständig zur Kongruenz zu bringen sind. Mit anderen Worten: Die Strukturen der Filterarrays gehen nicht durch ein- oder zweidimensionale Vergrößerung oder Verkleinerung ineinander über. Im Bezug auf den räumlichen Eindruck hat diese Nicht-Kongruenz den Effekt, daß tatsächlich von jedem Betrachtungspunkt aus ein Betrachterauge stets eine Mischung aus Teilinformationen mehrerer Ansichten wahrnimmt.

35 Der Projektionsschirm ist transluzent ausgebildet und umfaßt vorzugsweise auch ein Trägersubstrat, z.B. eine Glasscheibe. Er kann außerdem lichtkonzentrierend wirken, d.h. einen positiven „gain“ aufweisen. Eine ausgezeichnete Schärfe der Bildelemente

auf dem Projektionsschirm wird erzielt, wenn der Projektionsschirm als sehr dünne Scheibe, bevorzugt mit einer Dicke kleiner einem Millimeter ausgebildet ist. In dieser dritten Ausgestaltung ist der Projektionsschirm eine ebene Platte.

- 5 Die eingesetzten Projektoren werden auch hier von einer Ansteuerelektronik, die auch mehrere separate Geräte umfassen kann, mit Bilddaten versorgt. Jedes der Filterarrays F_1 , F_2 und F_3 ist als belichtete Folie ausgebildet. Sie sind jeweils auf ein Substrat, z.B. auf ein Glassubstrat, auf laminiert.
- 10 In einer vierten beispielhaften Ausgestaltung kommt ebenfalls eine Anordnung nach Fig.1 zum Einsatz, wobei allerdings acht an Stelle der in der Zeichnung lediglich vier gezeigten Projektoren 4 verwendet werden. Jeder der acht Projektoren 4 projiziert wieder eine komplette 2D-Ansicht der darzustellenden Szenerie/des darzustellenden Gegenstandes, so daß demnach acht Ansichten gezeigt werden. Die optischen Achsen der Projektoren 4 schneiden sich wiederum bevorzugt im Flächenmittelpunkt des Projektionsschirms 3, wobei zwei benachbarte optische Achsen einen Winkel von
- 15 beispielsweise etwa 3,5 Grad einschließen. Die Projektoren 4 sind entsprechend ausgerichtet und haben einen Projektivabstand von beispielsweise 2900 mm von der Flächenmitte des Projektionsschirmes 3. Vorteilhaft können die Projektoren 4 auf einer Kreisbahn mit besagter Flächenmitte als Kreismittelpunkt angeordnet sein. Alle Projektorenobjektive befinden sich in der gleichen Höhe hinter dem Projektionsschirm 3, und zwar etwa in der Höhe des Flächenmittelpunktes des Projektionsschirmes 3. Zur Gewährleistung einer derartigen Positionierung ist beispielsweise ein
- 20 entsprechend dimensioniertes mechanisches Stativ geeignet.
- 25 In Fig.16 ist das projektorensseitige Filterarray F_1 der vierten Ausgestaltung der Erfindung als Ausschnitt dargestellt. Die Wellenlängenfilterelemente β_{1pq} im Raster aus Zeilen q_1 und Spalten p_1 sind nach der schon mehrfach beschriebenen Vorschrift angeordnet, wobei hier folgende Parameter gewählt wurden: Seien $\lambda_{1,1} \dots \lambda_{1,4}$ sowie $\lambda_{1,6} \dots \lambda_{1,8}$
- 30 Wellenlängenbereiche, die das gesamte sichtbare Spektrum abblocken, $\lambda_{1,5}$ ein für das sichtbare Spektrum transparenter Filterbereich und sei weiterhin $b_{1\max} = 8$, $n_{1m} = 8$ sowie

$$d_{1pq} = \frac{p_1 - \left(\text{IntegerPart}\left(p_1 + \frac{2q_1}{3}\right) \bmod 8 \right)}{q_1}$$

Ein transparentes oder opakes Filterelement ist hier beispielsweise ca. 0,2847 mm breit und ca. 0,8044 mm hoch. Andere Ausführungen sind selbstverständlich denkbar.

- 5 Die Fig.17 zeigt das betrachterseitige Filterarray F_2 der vierten Ausgestaltung der Erfindung, ebenfalls als Ausschnitt. Es sind $\lambda_{2,4} \dots \lambda_{2,24}$ Wellenlängenbereiche, die das gesamte sichtbare Spektrum abblocken; $\lambda_{2,1} \dots \lambda_{2,3}$ sind für das sichtbare Spektrum transparente Filterbereiche, und $b_{2\max} = 24$, $n_{2m} = 24$ sowie

$$d_{2pq} = \frac{p_2 - (\text{IntegerPart}(p_2 + 2 \cdot q_2) \bmod 24)}{q_2}$$

- 10 Hier ist ein transparentes oder opakes Filterelement beispielsweise ca. 0,095 mm breit und ca. 0,804 mm hoch, wobei andere Maße durchaus realistisch sind.

- Das Filterarray F_1 ist im Abstand $z_1 = 2$ mm hinter dem Projektionsschirm angeordnet. Für das Array F_2 beträgt der Abstand $z_2 = (-)45$ mm, wobei dieses Array in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm befindlich ist. Das Minuszeichen steht
15 dafür, daß das Array in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm liegt.

- Um einen verbesserten Bildkontrast zu erzielen, ist bevorzugt auf das Filterarray F_2 , welches dem Betrachter am nächsten befindlich ist, eine Antireflexionsbeschichtung
20 aufgebracht. Damit werden Fremdlireflexe zu einem gewissen Teil vermieden, wodurch die Wahrnehmbarkeit des räumlichen Bildes verbessert wird.

- Sind die Projektoren wie oben beschrieben ausgerichtet, so entsteht in etwa eine Bildstruktur auf dem Projektionsschirm, welche in Fig.18 ausschnittsweise dargestellt ist. Das Raster mit Spalten i und Zeilen j ist hierbei nur der Übersicht halber eingezeichnet und selbstverständlich auf dem Projektionsschirm 3 nicht unbedingt sichtbar. Das auf dem Projektionsschirm entstehende, aus verschiedenen Teilinformationen der Ansichten A_k kombinierte Bild weist also ein Raster von Bildwiedergabeelementen α_{ij} in Spalten i und Zeilen j auf. Dabei können die Bildwiedergabeelemente α_{ij} Licht ganz verschiedenartiger Wellenlängenbereiche abstrahlen, je nach-
25 dem, was für Licht von den Projektoren an der entsprechenden Stelle des Projektionsschirms ankommt. Werden in diesem Ausführungsbeispiel DMD/DLP-Projektoren eingesetzt, so handelt es sich um vollfarbige Bildwiedergabeelemente α_{ij} .

Bei korrekter Ausrichtung ist die erfindungsgemäße Anordnung im Bezug auf die Licht- und Flächennutzung besonders effizient, da dann daß jedes Flächenelement auf dem Projektionsschirm mit Licht mindestens eines der Projektoren beaufschlagt werden kann. Es entstehen somit keine „permanent schwarzen Flecken“ auf dem Schirm, so daß jedes Flächenelement des Projektionsschirmes irgendeine Teilinfor-
5 mation mindestens irgendeiner Ansicht abstrahlt.

Die auf Grund des Filters F_2 vorgegebenen Lichtausbreitungsrichtungen sorgen dafür, daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter 5 mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten A_k optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter 5 ein räumlicher Eindruck entsteht. Fig.19 und Fig.20 zeigen je eine mögliche Ansichtenmischung, die von einem Betrachterauge bei Verwendung der ersten
10 Ausgestaltung der Erfindung an einer Betrachtungsposition gesehen werden kann (Ausschnittdarstellung). An der ersten Position nach Fig.19 sieht das Betrachterauge beispielsweise überwiegend die Ansichten 1 und 2, während es an der zweiten beispielhaften Position nach Fig.20 überwiegend die Ansichten 4 und 5 wahrnimmt. Sehen nun gerade die verschiedenen Augen des Betrachters die gezeigten Ansichtenmischungen, so entsteht ein räumlicher Eindruck.
15 20

Es sei wiederum angemerkt, daß in diesem vierten Ausgestaltungsbeispiel die zwei Filterarrays F_1 , F_2 ebenfalls nicht durch horizontale und/oder vertikale lineare Skalierung ihrer Strukturen vollständig zur Kongruenz zu bringen sind. Mit anderen Worten: Die Strukturen der Filterarrays gehen nicht durch ein- oder zweidimensionale Vergrößerung oder Verkleinerung ineinander über. Im Bezug auf den räumlichen Eindruck hat diese Nicht-Kongruenz den Effekt, daß tatsächlich von jedem Betrachtungspunkt aus ein Betrachterauge stets eine Mischung aus Teilinformationen mehrerer Ansichten wahrnimmt (siehe auch die beispielhaften Ansichtengemische in
25 30 Fig.19 und Fig.20). Der Fall, daß ein Betrachterauge von einer Position im Betrachtungsraum Teilinformationen genau einer Ansicht sieht, ist vollständig ausgeschlossen.

Der Projektionsschirm ist transluzent ausgebildet und umfaßt vorzugsweise auch ein Trägersubstrat, z.B. eine Glasscheibe. Er kann außerdem lichtkonzentrierend wirken, d.h. einen positiven „gain“ aufweisen. Eine ausgezeichnete Schärfe der Bildelemente auf dem Projektionsschirm wird erzielt, wenn der Projektionsschirm als sehr dünne
35

Scheibe, bevorzugt mit einer Dicke kleiner einem Millimeter ausgebildet ist. In dieser vierten Ausgestaltung ist der Projektionsschirm eine ebene Platte.

Die eingesetzten Projektoren werden auch hier von einer Ansteuerelektronik, die auch mehrere separate Geräte umfassen kann, mit Bilddaten versorgt. Jedes der Filterarrays F_1 und F_2 ist als belichtete Folie ausgebildet. Beide Filterarrays F_1 , F_2 sind auf jeweils ein Substrat, z.B. auf ein Glassubstrat, auflaminiert. Dadurch kann ein guter mechanischer Halt erreicht werden. In der Anordnung nach Fig.1 sind beide Filterarrays F_1 , F_2 stets auf der den Projektoren 4 zugewandten Seite der Glassubstrate angeordnet.

In einer fünften beispielhaften Ausgestaltung kommt ebenfalls eine Anordnung nach Fig.1 zum Einsatz, wobei allerdings an Stelle der in der Zeichnung vier gezeigten Projektoren 4 lediglich ein Projektor verwendet wird. Der Projektor ist beispielsweise ein DMD/DLP-Projektor und zeigt zeitlich periodisch aufeinanderfolgend rote, grüne und blaue Bilder, wobei das rote Bild der Ansicht A_1 ($k=1$), das grüne Bild Ansicht A_2 ($k=2$) und das blaue Bild Ansicht A_3 ($k=3$) entspricht. Es werden also $n = 3$ Ansichten dargestellt.

Die optische Achse des Projektors ist bevorzugt auf den Flächenmittelpunkt des Projektionsschirms 3 ausgerichtet. Der Projektivabstand ist beispielsweise 2000 mm von der Flächenmitte des Projektionsschirmes 3. Das Projektorenobjektiv befindet sich etwa in der Höhe des Flächenmittelpunktes des Projektionsschirmes oder darunter.

In Fig.21 ist das projektorensseitige Filterarray F_1 der fünften Ausgestaltung der Erfindung als Ausschnitt dargestellt. Die Wellenlängenfilterelemente β_{1pq} im Raster aus Zeilen q_1 und Spalten p_1 sind nach der schon mehrfach beschriebenen Vorschrift angeordnet, wobei hier folgende Parameter gewählt wurden: Sei $\lambda_{1,1}$ ein Transparenzwellenlängenbereich für blaues Licht, $\lambda_{1,2}$ ein Transparenzwellenlängenbereich für rotes Licht, $\lambda_{1,3}$ ein Transparenzwellenlängenbereich für grünes Licht, $b_{1\max} = 3$, $n_{1m} = 3$ sowie $d_{1pq} = -1 = \text{const.}$ Ein Filterelement ist hier beispielsweise ca. 0,285 mm breit und 0,804 mm hoch. Andere Ausführungen sind selbstverständlich denkbar.

Die Fig.22 zeigt das betrachterseitige Filterarray F_2 der fünften Ausgestaltung der Erfindung, ebenfalls als Ausschnitt. Die entsprechenden Parameter lauten: $\lambda_{2,1}$ sowie $\lambda_{2,3}$ sind Wellenlängenbereiche, die das gesamte sichtbare Spektrum abblocken; $\lambda_{2,2}$ ist

ein für das sichtbare Spektrum transparenter Filterbereich, und $b_{2\max} = 3$, $n_{2m} = 3$ sowie $d_{2pq} = -1 = \text{const.}$ Hier ist ebenfalls ein transparentes oder opakes Filterelement beispielsweise ca. 0,285 mm breit und 0,804 mm hoch, wobei andere Maße durchaus möglich sind.

5

Das Filterarray F_1 ist im Abstand $z_1 = 2$ mm hinter dem Projektionsschirm angeordnet. Für das Array F_2 beträgt der Abstand $z_2 = (-)45$ mm, wobei dieses Array in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm befindlich ist. Das Minuszeichen steht dafür, daß das Array in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm liegt. Um

10 einen verbesserten Bildkontrast zu erzielen, ist bevorzugt auf das Filterarray F_2 , welches dem Betrachter am nächsten befindlich ist, eine Antireflexionsbeschichtung aufgebracht. Damit werden Fremdlichtreflexe zu einem gewissen Teil vermieden, wodurch die Wahrnehmbarkeit des räumlichen Bildes verbessert wird.

15 Ist der Projektor wie oben beschrieben ausgerichtet, so entsteht in etwa eine Bildstruktur auf dem Projektionsschirm, welche in Fig.23 ausschnittsweise dargestellt ist. Das Raster mit Spalten i und Zeilen j ist hierbei nur der Übersicht halber eingezeichnet und selbstverständlich auf dem Projektionsschirm 3 nicht unbedingt sichtbar. Das auf dem Projektionsschirm 3 entstehende, aus verschiedenen Teilinformationen der Ansichten A_k kombinierte Bild weist also ein Raster von Bildwiedergabeelementen α_{ij} in Spalten i und Zeilen j auf. Dabei strahlen die Bildwiedergabeelemente α_{ij} Licht ganz verschiedenartiger Wellenlängenbereiche ab, und zwar entsprechend der Anordnungsgeometrie sind die sichtbaren Teilinformationen der Ansicht A_1 ($k=1$) rot, der Ansicht A_2 ($k=2$) grün und der Ansicht A_3 ($k=3$) blau.

25

Die auf Grund des Filters F_2 vorgegebenen Lichtausbreitungsrichtungen sorgen dafür, daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter 5 mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten A_k optisch

30 wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter 5 ein räumlicher Eindruck entsteht.

35

Es sei erneut bemerkt, daß in diesem fünften Ausgestaltungsbeispiel die zwei Filterarrays F_1 , F_2 ebenfalls nicht durch horizontale und/oder vertikale lineare Skalierung ihrer Strukturen vollständig zur Kongruenz zu bringen sind, dies wird hier insbesondere durch die verschiedenen vorgegebenen Transmissionswellenlängenbereiche der zwei Filterarrays F_1 , F_2 verhindert.

Der Projektionsschirm ist transluzent ausgebildet und umfaßt vorzugsweise auch ein Trägersubstrat, z.B. eine Glasscheibe. Er kann außerdem lichtkonzentrierend wirken, d.h. einen positiven „gain“ aufweisen. Eine ausgezeichnete Schärfe der Bildelemente auf dem Projektionsschirm wird erzielt, wenn der Projektionsschirm als sehr dünne Scheibe, bevorzugt mit einer Dicke kleiner einem Millimeter ausgebildet ist. In dieser fünften Ausgestaltung ist der Projektionsschirm eine ebene Platte.

Der eingesetzte Projektor wird auch hier von einer Ansteuerelektronik mit Bilddaten versorgt. Wegen der spektralen Auftrennung der Ansichten empfiehlt sich hierzu ein PC, der von entsprechender Software gesteuert wird. Jedes der Filterarrays F_1 und F_2 ist als belichtete Folie ausgebildet. Beide Filterarrays F_1 , F_2 sind auf jeweils ein Substrat, z.B. auf ein Glassubstrat, auflaminiert. Dadurch kann ein guter mechanischer Halt erreicht werden. In der Anordnung nach Fig.1 sind beide Filterarrays F_1 , F_2 stets auf der den Projektoren 4 zugewandten Seite der Glassubstrate angeordnet.

Für alle beschriebenen Ausgestaltungsvarianten der Erfindung können, wie schon erwähnt, neben besonders bevorzugten rechteckigen Filterumrissen auch beliebige Filterumrisse für die Filterelemente verwendet werden. Die Fig.24 zeigt diverse verwendbare Umrisse für Filterelemente in erfindungsgemäßen Anordnungen, wobei unter Umständen auf einem Filterarray gleichzeitig mindestens zwei verschiedenartige Umrißformen ausgebildet sein können. Die Verwendung derartiger Umrisse dient zur Verminderung der auftretenden Moiré-Effekte. Es kann ebenfalls vorteilhaft sein, wenn konkave und konvexe Filterelementumrisse derart angeordnet sind, daß sie ineinander greifen. Als Abmessungen der Filterelemente sollen jeweils die äußersten Abmaße in horizontaler und vertikaler Ausdehnung gelten.

Ganz speziellen Erfordernissen in der Bildkombinationsstruktur oder bei der Vorgabe der Lichtausbreitungsrichtungen kann unter Umständen ferner entsprochen werden, wenn schon einzelne Filterelemente einen Farbverlauf bzw. einen Graukeil als Transparenzwellenlängen-bereich bzw. als Neutralfiltertransmissionseigenschaft aufweisen.

Die Erfindung läßt sich hervorragend im Bereich der Unterhaltung (3D-Kino) und auch im Bereich der Präsentation einsetzen. Besonders hervorzuheben ist die Tatsache, daß, je nach Ausführung, mehrere Betrachter mit recht großer Bewegungsfrei-

heit ein großformatiges, brillantes 3D-Bild sehen können. Einfach erhältliche oder einfach herzustellende Komponenten können eingesetzt werden.

In Fig.25 ist eine Prinzipskizze zum Aufbau einer beispielhaften erfindungsgemäßen Anordnung mit rückseitiger Projektion schemenhaft und nicht maßstäblich dargestellt. Hinter einem holographischen Schirm 1 sind mehrere, hier beispielsweise acht, Projektoren 2 angeordnet, von denen nur vier zeichnerisch dargestellt sind. Ferner sind vier Bildelemente 3 extrem vergrößert dargestellt, auf die Licht unterschiedlicher Richtungen einfällt, daß hier beispielsweise von jeweils unterschiedlichen Projektoren 2 herrührt. Die Bildelemente des holographischen Schirms 3 bilden die Lichtstrahlen in unterschiedliche Lichtausbreitungsrichtungen 4 ab. Sämtliche Richtungen sind hier nur schemenhaft eingezeichnet. In der praktischen Umsetzung würden die Bildelemente 3 zunächst auch wesentlich kleiner als die Abmaße des gesamten holographischen Schirms 1 und regelhaft direkt benachbart sein. Die getrennte Darstellung benachbarter Bildelemente 3 in Fig.25 ist lediglich der besseren Übersicht geschuldet.

Jeder Projektor 2 projiziert hier beispielsweise eine (andere) zweidimensionale Ansicht einer Szene/ eines Gegenstandes, so daß insgesamt acht Ansichten projiziert werden. Vermöge der durch den holographischen Schirm 1 bzw. dessen abbildenden HOE vorgegebenen frontseitigen Lichtausbreitungsrichtungen 4 für alle rückseitig einfallenden Lichtstrahlen wird erreicht, daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten A_k optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht. Der Betrachtungsraum würde sich beispielsweise rechts vom holographischen Schirm 1 befinden.

Exemplarisch könnte jedes HOE die optisch abbildende Wirkung nach Punkt g) der erfindungsgemäßen rückseitig projizierten Anordnung verwirklichen. Hierzu würde eine erste Filterstruktur, die von jeweils einem oder gleichzeitig mehreren HOE umgesetzt wird, beispielsweise die in Fig.26 gezeigte Struktur oder ein Ausschnitt davon sein. In einem bestimmten Abstand, z.B. 4 Millimetern, würde durch das bzw. jedes HOE außerdem eine diffus transparente Mattscheibe modelliert. Schlußendlich würde sich eine weitere betrachterseitige Filterarraystruktur (z.B. in einem Abstand von 4 Millimetern) anschließen, die jeweils auch in der Abbildungswirkung der ein-

zelnen HOE enthalten ist. Ein Beispiel für die letztgenannte Filterarraystruktur ist in Fig.27 gezeigt.

Des besseren Verständnisses halber sei angemerkt, daß gerade HOE in der Lage sind, Information über ein gesamtes zu modellierendes räumliches Objekt (hier z.B. ein Filterarray bzw. einen Teil davon) abzuspeichern und zu rekonstruieren, auch wenn sie in ihren Abmaßen deutlich kleiner als die zu modellierenden Objekte sind.

Werden nun von den acht Projektoren 2 die acht verschiedenen Ansichten auf den holographischen Schirm projiziert, so entsteht (lediglich gedanklich!) auf den jeweiligen durch die Vielzahl der HOE modellierten Streuscheiben ein Bildkombinationsstruktur aus Bildinformationen, wie sie ausschnittsweise in Fig.28 gezeigt ist.

Weiterhin geben die durch die HOE modellierten Filterelemente des betrachterseitigen Filterarrays wiederum frontseitige Lichtausbreitungsrichtungen vor, so daß ein Betrachterauge beispielsweise von einer bestimmten Betrachtungsposition aus überwiegend Ansicht 1, aber auch einen geringeren Teil von Bildteilinformationen der Ansicht 2 sehen würde, wie dies auch in Fig.29 dargestellt ist.

Von einer korrespondierenden Betrachtungsposition des anderen Betrachterauges könnte dann beispielsweise beim Blick auf den holographischen Schirm 1 überwiegend Teilinformation der Ansicht 4 und ein geringerer Anteil der Ansicht 5 sichtbar sein, wie es in Fig.30 gezeigt ist. Weil beide Augen demnach überwiegend andere Ansichtengemische sehen, wird ein 3D-Eindruck für den Betrachter erzeugt.

Ein weiteres Beispiel für die Wirkung eines HOE ist in Fig.31 schematisch dargestellt. Dabei ist, stark vergrößert, ein HOE eines holographischen Schirmes in einer erfindungsgemäßen Anordnung wiedergegeben. Besagtes HOE wird von Lichtstrahlen, die von verschiedenen Richtungen einfallen und beispielsweise von unterschiedlichen Projektoren, die jeweils unterschiedliche Ansichten projizieren, herrühren, rückseitig beleuchtet. Für jeden einfallenden Lichtstrahl (eingezeichnet sind nur zwei: ein durchgezogener und ein gestrichelter) werden durch das HOE mehrere Lichtausbreitungsrichtungen vorgegeben, wie in Fig.31 angedeutet ist. Sei nun beispielsweise die durchgezogene Linie ein Lichtstrahl, der Bildteilinformation der Ansicht 1 repräsentiert und die gestrichelte Linie ein Lichtstrahl, der Bildteilinformation der Ansicht 2 repräsentiert, so würde das HOE hier, für allein die eingezeichneten einfallenden Lichtstrahlen, beispielsweise in etwa die betrachterseitig (rechts) eingezeichneten

Lichtausbreitungsrichtungen vorgeben. Bewegte sich ein Betrachter entlang der Linie 5, die hier perspektivisch verzerrt dargestellt ist und in Wirklichkeit in einer horizontalen Ebene vor dem holographischen Schirm liegt, so würde er mit einem Auge zunächst überwiegend Bildteilinformation der Ansicht 1, dann der Ansicht zwei und dann, sofern weitere Lichtstrahlen vorhanden sind, die zeichnerisch nicht dargestellt sind und welche Bildteilinformationen weiterer Ansichten, z.B. dritter bis achter Ansichten repräsentieren, überwiegend weitere Bildteilinformationen der Ansichten 3 bis 8 sehen, bis der Zyklus wieder bei eins beginnt.

10 Mit der überwiegenden Sicht ist hierbei gemeint, daß durch die Vielzahl der HOE erfindungsgemäß auch Lichtausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, die dazu führen, daß ein Betrachterauge in der Regel nicht nur Bildteilinformationen genau einer Ansicht sieht. Für Fig.31 müßten dann noch eine Vielzahl weiterer solcher HOE
15 eingezeichnet werden, um diesen Umstand klar zu verdeutlichen; dies würde allerdings die Übersichtlichkeit zunichte machen.

Es liegt ebenfalls im Rahmen der Erfindung, daß die durch die HOE vorzugebenden Lichtausbreitungsrichtungen im wesentlichen den jeweiligen Lichtintensitätsmaxima und nicht allein nicht-divergenten Lichtstrahlen entsprechen. In diesem Sinne würde
20 beispielsweise auch ein bestimmter Lichtanteil einer gestrichelten Lichtausbreitungsrichtung in Fig.31 zu einem (oder mehreren) Beobachtungspunkten gelangen, zu denen eigentlich eine durchgezogene Linie hinzeigt, welche einer Lichtausbreitungsrichtung entspricht. Die Lichtausbreitungsrichtungen könnten im Rahmen dessen quasi als Streukeulen (und nicht Streulinien) interpretiert werden. Vorzugsweise sind
25 die Streukeulen derart ausgebildet, daß ein HOE, sofern es an irgendeiner Stelle eine vorzugsweise diffus streuende Optik mit modelliert, ein Lichtintensitätsmaximum aufweist, dessen Maximalintensitätsverlauf vertikal oder zur Vertikalen geneigt verläuft.

30 In Fig.32 ist ein beispielhaftes Modell für die Wirkung der HOE auf dem holographischen Schirm erfindungsgemäßer Anordnungen dargestellt. So ist in Fig.32 eine Vielzahl von Zylinderlinsen zu sehen; jede Zylinderlinse wird durch ein HOE modelliert. Dies entspricht der abbildenden Wirkung der HOE nach Merkmal a).

35 Charakteristisch für dieses Beispiel sind jeweils die Zylinderlinsenperioden von Zeile zu Zeile gegeneinander versetzt und zwar um eine Strecke, die hier beispielsweise etwa einem Drittel einer Linse- und damit HOE-Breite entspricht. Ein Drittel ent-

spricht auch der weiter oben schon erwähnten nicht-ganzzahligen Verschiebung bezogen auf eine HOE-Breite. Mittels einer derartigen HOE-Abbildungswirkung kann erreicht werden, daß für einfallendes Licht entsprechende Lichtausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten A_k optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht. Selbstverständlich muß hierzu Licht verschiedener Ansichten auf die HOE rückseitig projiziert werden.

10

Die HOE-Abbildungswirkung kann ferner die einer diffus streuenden Mattscheibe einschließen, welche auf oder nahe der Planfläche des Zylinderlinsenrasters modelliert wird.

15

Die Fig.33 zeigt eine beispielhafte Bildkombinationsstruktur, welche 4 Ansichten verwendet und welche für ein von zum Beispiel lediglich einem Projektor rückseitig auf den holographischen Schirm projiziertes Bild eingesetzt werden kann, um für die Betrachter einen räumlichen Eindruck nach der vorstehend beschriebenen Art und Weise (siehe Beschreibung zu Fig.32) zu erzeugen. Es entspricht hier jedes Kästchen einem projizierten Bildpunkt; die Zahl im Kästchen gibt an, aus welcher Ansicht der jeweilige Bildpunkt seine Bildteilinformation bezieht. Die Bildpunkte sind in Zeilen j und Spalten i eingeteilt.

20

Dabei ist jede Zylinderlinse bezüglich der Ausdehnung ihrer Planfläche (und damit auch hinsichtlich der Projektion der Scheitelfläche auf die Planfläche) in der einen Richtung etwa so lang, wie eine Bildpunktzeile des projizierten Bildes (auf der modellierten Mattscheibe) hoch ist (z.B. 0,8 mm), während sie in der zweiten Richtung ungefähr so breit ist, wie vier Bildpunktspalten des projizierten Bildes (auf der modellierten Mattscheibe) sind (z.B. 3,2 mm).

25

Die Bildkombinationsstruktur nach Fig.33 kann auch durch Projektion der vier Ansichten von beispielsweise 4 Projektoren aus durch ein geeignetes Filterarray, welches ebenfalls von den HOE modelliert werden kann, hindurch erzeugt werden.

30

In Fig.34 ist ein beispielhaftes Modell für die Wirkung der HOE auf dem holographischen Schirm erfindungsgemäßer Anordnungen dargestellt. Der Übersichtlichkeit wegen wurden nur wenige HOE dargestellt; auch sind deswegen die Zeilen des Ra-

sters auf dem Schirm leicht versetzt dargestellt, was in praxi nicht notwendig ist. Dabei ist in Fig.34 eine Vielzahl von Zylinderlinsen und Filterabschnitten zu sehen; jede Zylinderlinse und jeder Filterabschnitt (insbesondere ein zwischen zwei HOE befindlicher Filterabschnitt) wird durch ein HOE modelliert. Dies entspricht der ab-

5 bildenden Wirkung der HOE nach den Merkmalen a) und e). Hinsichtlich der Merkmale e) sind hier verschiedene Interpretationen möglich: Entweder, ein HOE modelliert gleich mehrere (hier z.B. zwei opake und ein transparentes) Filterelemente oder aber die verschiedenen Filterelemente werden durch verschiedene benachbarte HOE modelliert. Die optische Wirkung bleibt im wesentlichen dieselbe.

10

Projektionsseitig der Filterabschnitte kann ebenso noch eine durch ein HOE jeweils mit zu modellierende diffus streuende Fläche eingearbeitet sein. Auch in diesem Falle würden rückseitig Bildteilinformationen aus mehreren, beispielsweise vier oder acht, Ansichten projiziert. Für besagte auf den holographischen Schirm einfallende

15 Bildteilinformationen verschiedener Ansichten werden dann auf Grund der durch die HOE simulierten Linsen bzw. Filterelemente Lichtausbreitungsrichtungen vorgegeben, so daß wieder ein dreidimensionaler Eindruck entsteht.

20

Die Erfindung bietet bedeutende Vorteile gegenüber dem Stand der Technik. So wird es ermöglicht, daß mehrere Betrachter einen verbesserten 3D-Eindruck auf einem Projektionssystem wahrnehmen können. Die Betrachter genießen eine große Bewegungsfreiheit. Ferner können vermittels der HOE optische Abbildungen modelliert werden, welche mit konventionellen Optiken technisch bzw. praktisch nicht vollständig oder nur mit extremem Aufwand realisiert werden können. Außerdem können

25 3D-Projektionen großer Bildabmessungen, beispielsweise mit Abmessungen von einigen Metern, erzielt werden.

30

Für die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Anordnung zu verwendende holographische 3D-Rückprojektionsscheibe gelten als Richtwerte die nachfolgend angegebenen Parameter, die je nach Anwendungsfall auch variiert werden können. Insbesondere kann bei Bedarf die Größe der Winkel α und β verändert werden, wodurch der Betrachtungsabstand optimiert werden kann. Ferner ist ein möglichst hoher Lichttransmissionsgrad anzustreben.

35

In Fig.35 ist eine bevorzugte Ausführungsvariante in einer Draufsicht dargestellt, bei der ein holographischer Rückprojektions-3D-Schirm zum Einsatz kommt. Es ist zu erkennen, daß mehrere Projektoren kreisbogenförmig angeordnet sind, wobei deren

mittlerer Abstand zum Projektionsschirm etwa 2 m beträgt. Der Winkel α ist mit etwa $8,6^\circ$ ausgeführt, der Winkel β mit etwa $0,83^\circ$.

5 Dabei ist der Winkel β so vorgegebenen, daß sich die Betrachtungs- bzw. Augenpositionen in einem Abstand von 4,5 m zum Projektionsschirm ergeben. Wird der Winkel β größer gewählt, verringert sich dadurch der Abstand der Betrachtungspositionen vom Projektionsschirm. Für die Augen des Betrachters ist aus dem Abstand von 4,5m das Raster, auf denen die Bildinformationen dargestellt werden, nicht mehr auflösbar, was für die 3D-Wahrnehmung förderlich ist. Dabei sollte die Rastergröße
10 der HOE auf dem Projektionsschirm etwa $0,1\text{ mm} \times 0,1\text{ mm}$ betragen.

Bei dieser Anordnung ist es beispielsweise möglich, die Betrachtungspositionen (die jeweils den Augenpositionen eines Betrachters entsprechen) vertikal, wie in Fig.36 dargestellt, oder schräg anzuordnen, wie in Fig.37 gezeichnet.

15 Dabei bieten jeweils gleiche Betrachtungspositionen stets dieselben Ansichtenmischungen. Die Anteilsummen der Ansichten ergeben an jedem Punkt der dargestellten Kurven den Wert 1. Bei der Kurven- bzw. Linienglättung ist ein gewisser Spielraum erlaubt, der Fertigungstoleranzen für die Rückprojektionsscheibe ermöglicht.
20 Insofern sind Abweichungen von der Anteilsumme 1 in Höhe von wenigen Prozent zulässig.

Die vertikale Anordnung der Betrachtungspositionen nach Fig.36 ist bevorzugt für 3D-Kinos mit fester Stuhlanordnung geeignet, da die Betrachtung von der Sitzhöhe
25 unabhängig ist. Dagegen kommt die schräge Anordnung der Betrachtungspositionen nach Fig.37 der 3D-Wahrnehmung für sich bewegende Betrachter entgegen. Der Grund liegt im wesentlichen darin, daß es wegen der Neigung keine vollständig toten Winkel im Raum gibt.

30 In Fig.38 ist eine Ausführung der erfindungsgemäßen Anordnung mit einem holographischen Rückprojektions-3D-Schirm dargestellt, die im Vergleich mit der Ausführung nach Fig.35 mit der Hälfte der Projektoren auskommt, dabei jedoch ebenfalls einen sehr guten 3D-Eindruck gewährleistet. Hierbei erzeugt jeder der Projektoren gleichzeitig (in Spalten verschachtelt) zwei der insgesamt darzustellenden acht
35 Bilder. Die Abstände zwischen den Projektoren und dem Projektionsschirm bzw. dem Projektionsschirm und den Betrachtungspositionen sowie die Winkelgrößen entsprechend denen der Ausführung nach Fig. 35. Auch hier können die Betrachtungsposi-

tionen entweder vertikal oder schräg ausgerichtet sein, wie in den Fig.36 bzw. 37 dargestellt.

5 Allgemein ist anzumerken, daß eine leichte Vermischung der Ansichten für einen möglichst sanften Ansichtenübergang von Vorteil ist.

Wie bereits weiter oben angedeutet, sind Ausgestaltungen möglich, die wahlweise eine 2D- oder 3D-Projektion ermöglichen. Dabei kommen unterschiedliche Ausführungsvarianten in Betracht, die eine Umschaltung von der einen auf die andere Betriebsweise erlauben.

Ist beispielsweise ein Filterarray vorhanden, das sich vor einer Mattscheibe befindet, und bilden diese beiden Baugruppen eine Einheit, kann diese zwecks Umschaltung von einer 2D-Darstellung auf eine 3D-Darstellung einfach um 180° gedreht werden.

15 In einer anderen Variante wird zwecks Umschaltung die Position des Projektors verändert bzw. das vom Projektor abgestrahlte Licht über Reflektoren umgeleitet.

Sind zwei Filterarrays in der Anordnung vorhanden, können diese verschiebbar vor oder hinter der Mattscheibe angeordnet sein. Je nach gewünschter Betriebsweise werden dann die Filterarrays in den Abbildungsstrahlengang geschoben oder aus dem Abbildungsstrahlengang entfernt. Denkbar ist es auch, die Struktur der Filterelemente in den Arrays veränderbar zu gestalten, z.B. durch foto- oder elektrochrome Schichten o.ä.

25

Patentansprüche

- 5 1. Autostereoskopische Projektionsanordnung, umfassend:
- mindestens einen Projektor und
 - mindestens ein Filterarray, das eine Vielzahl von in Spalten und Zeilen angeordneten Filterelementen aufweist, wobei
 - mittels des Projektors/der Projektoren Teilinformationen von Ansichten einer
 - 10 Szene oder eines Gegenstandes auf einen Projektionsschirm projiziert, dort diese Teilinformationen auf Bildwiedergabeelementen wiedergegeben und nach Durchgang durch eines oder mehrere der Filterarrays für mindestens einen Betrachter sichtbar gemacht werden, und wobei
 - die Bildwiedergabeelemente mit zugeordneten Filterelementen bezüglich der
 - 15 Ausbreitungsrichtung der Teilinformationen derart korrespondieren, daß ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen von einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen von einer zweiten Auswahl aus den Ansichten optisch wahrnimmt, wodurch für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.
- 20
2. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach Anspruch 1, umfassend:
- mindestens zwei Projektoren,
 - einen Projektionsschirm,
 - mindestens zwei Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$), wobei mindestens ein Filterarray
 - 25 (F_1) zwischen dem Projektionsschirm und den Projektoren, d.h. in Betrachtungsrichtung hinter dem Projektionsschirm, und mindestens ein Filterarray (F_2) in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, wobei
 - alle Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$) in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenfilterelemente aufweisen, die für Licht verschiedener Wellenlängen (λ) oder
 - 30 verschiedener Wellenlängenbereiche ($\Delta\lambda$) transparent sind,
 - mittels der Projektoren Teilinformationen von n Ansichten (A_k mit $k=1..n$; $n \geq 2$) einer Szene oder eines Gegenstandes durch mindestens ein Filterarray (F_1) hindurch auf den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten A_k in einer durch die Anordnungsgeometrie bestimmten Kombination bzw. Mischung optisch sichtbar
 - 35 gemacht werden, und der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen (α_{ij}) in Spalten (i) und Zeilen (j) eingeteilt

ist, die je nach Ausprägung der Filterarrays ($F_1, F_2, \dots F_A, \dots$) und der Projektoren jeweils Licht bestimmter Wellenlängen (λ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement (α_y) Teilinformationen mindestens einer der Ansichten A_k wiedergibt,

- 5 – für das von dem Projektionsschirm zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das mindestens eine Filterarray (F_2), welches in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement (α_y) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays (F_2) oder ein Wellenlängenfilter des
- 10 Filterarrays (F_2) mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen (α_y) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements (α_y) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so
- 15 daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten (A_k) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

20

3. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jedes der Filterarrays ($F_1, F_2, \dots F_A, \dots$) Wellenlängenfilterelemente (β_{Apq}) in einem jeweils eigenen, filterarrayzugeordneten Raster aus Zeilen (q_A) und Spalten (p_A) enthält, die in Abhängigkeit von ihrer Transparenzwellenlänge/ihrem Transparenzwellenlängenbereich (λ_b) nach folgender Funktion auf dem Filterarray angeordnet sind
- 25

$$b = p_A - d_{Apq} \cdot q_A - n_{Am} \cdot \text{IntegerPart} \left[\frac{p_A - d_{Apq} \cdot q_A - 1}{n_{Am}} \right], \text{ mit}$$

- ($p_A=p$) dem Index eines Wellenlängenfilters (β_{Apq}) in einer Zeile des jeweiligen Arrays (F_A),
- 30 – ($q_A=q$) dem Index eines Wellenlängenfilter (β_{Apq}) in einer Spalte des jeweiligen Arrays (F_A),
- (b) einer ganzen Zahl, die für ein Wellenlängenfilter (β_{Apq}) des Filterarrays (F_A) an der Position (p_A, q_A) eine der vorgesehenen Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche (λ_b) festlegt und Werte zwischen 1 und b_{Amax} haben kann,

- 70 -

- n_{Am}) einem ganzzahligen Wert größer „Null“, der bevorzugt der Gesamtzahl (n) der von den Projektoren dargestellten Ansichten (A_k) entspricht,
 - (d_{Apq}) einer wählbaren Maskenkoeffizientenmatrix zur Variation der Anordnung der Wellenlängenfilter auf dem jeweiligen Array (F_A) und
 - 5 – *IntegerPart* einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.
4. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß
- 10 – mindestens zwei der Filterarrays durch horizontale und/oder vertikale lineare Skalierung ihrer Strukturen nicht vollständig zur Kongruenz zu bringen sind,
- die Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$) jeweils im Abstand (z_A) in Betrachtungsrichtung vor oder hinter dem Projektionsschirm angeordnet sind und (z_A) jeweils Werte in der Größenordnung $-60 \text{ mm} \leq (z_A) \leq 60 \text{ mm}$ annimmt, wobei ein negativer
- 15 Wert für (z_A) die Anordnung in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm und ein positiver Wert für (z_A) die Anordnung in Betrachtungsrichtung hinter dem Projektionsschirm jeweils im Abstand des Absolutbetrages von (z_A) bedeutet, und/oder
- mindestens ein Filterelement mindestens eines der Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$)
- 20 ausgebildet wird als eine Linse, bevorzugt als eine Zylinderlinse, oder als ein Prisma, wobei die Zylinderlinsen oder Prismen auch lediglich in Spalten oder Zeilen angeordnet sein können.
5. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß
- 25 – der Projektionsschirm transluzent ausgebildet ist, und/oder
- mindestens einer der Projektoren ein aus Teilinformationen mindestens zweier Ansichten (A_k) zusammengesetztes Kombinationsbild projiziert, wobei bevorzugt zwei Projektoren jeweils ein aus Teilinformationen mindestens zweier An-
- 30 sichten (A_k) zusammengesetztes Kombinationsbild projizieren und die Bildkombinationsstruktur der Ansichten (A_k) bei besagten zwei Projektoren unterschiedlich gewählt ist.
6. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach Anspruch 1, umfassend:
- 35 – mindestens zwei Projektoren,
- einen Projektionsschirm, der zur Frontprojektion geeignet ist,

- ein Filterarray, welches zwischen dem Projektionsschirm und den Projektoren angeordnet ist, wobei
 - das Filterarray in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenfilterelemente aufweist, die für Licht verschiedener Wellenlängen (λ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ($\Delta\lambda$) transparent sind und die das entsprechend nicht transmittierte Licht mindestens anteilig, bevorzugt jedoch hochgradig, absorbieren,
 - vermittelt der Projektoren Teilinformationen von n Ansichten (A_k mit $k=1..n$; $n \geq 2$) einer Szene oder eines Gegenstandes durch das Filterarray hindurch auf den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten (A_k) in einer durch die Anordnungsgeometrie bestimmten Kombination bzw. Mischung optisch sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen (α_{ij}) in Spalten (i) und Zeilen (j) eingeteilt ist, die je nach Ausprägung des Filterarrays und der Projektoren jeweils Licht bestimmter Wellenlängen (λ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement (α_{ij}) Teilinformationen mindestens einer der Ansichten A_k wiedergibt,
 - für das von dem Projektionsschirm projektionsseitig zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das Filterarray Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement (α_{ij}) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays oder ein Wellenlängenfilter des Filterarrays mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen (α_{ij}) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements (α_{ij}) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten (A_k) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.
7. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Filterarray Wellenlängenfilterelemente (β_{pq}) in einem Raster aus Zeilen (q) und Spalten (p) enthält, die in Abhängigkeit von ihrer Trans-

parenzwellenlänge/ihrem Transparenzwellenlängenbereich (λ_b) nach folgender Funktion auf dem Filterarray angeordnet sind

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

- (p) dem Index eines Wellenlängenfilters β_{pq} in einer Zeile des Arrays,
 - 5 – (q) dem Index eines Wellenlängenfilter β_{pq} in einer Spalte des Arrays,
 - (b) einer ganzen Zahl, die für ein Wellenlängenfilter (β_{pq}) des Filterarrays an der Position (p,q) eine der vorgesehenen Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche (λ_b) festlegt und Werte zwischen 1 und $b_{\max}$ haben kann,
 - (n_m) einem ganzzahligen Wert größer „Null“, der bevorzugt der Gesamtzahl (n) der von den Projektoren dargestellten Ansichten (A_k) entspricht,
 - 10 – (d_{pq}) einer wählbaren Maskenkoeffizientenmatrix zur Variation der Anordnung der Wellenlängenfilter auf dem Array und
 - *IntegerPart* einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.
- 15
8. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß
- das Filterarray projektorensseitig im Abstand (z) vor dem Projektionsschirm angeordnet ist und (z) jeweils Werte in der Größenordnung $0 \text{ mm} \leq z \leq 60 \text{ mm}$
 - 20 annimmt und/oder
 - mindestens ein Teil der Filterelemente des Filterarrays derart ausgebildet ist, daß besagte Filterelemente nur Licht ausgewählter Einfallsrichtungen transmittieren.
- 25
9. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach Anspruch 1, umfassend:
- einen Projektor,
 - einen Projektionsschirm, der zur Frontprojektion geeignet ist,
 - ein Filterarray, welches zwischen dem Projektionsschirm und dem Projektor angeordnet ist, wobei
 - 30 – das Filterarray in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenfilterelemente aufweist, die für Licht verschiedener Wellenlängen (λ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ($\Delta\lambda$) transparent sind und die das entsprechend nicht transmittierte Licht mindestens anteilig, bevorzugt jedoch hochgradig, absorbieren,

- mittels des Projektors Teilinformationen von (n) Ansichten (A_k mit $k=1..n$; $n \geq 2$) einer Szene oder eines Gegenstandes durch das Filterarray hindurch auf den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten (A_k) in einer durch die Anordnungsgeometrie bestimmten Kombination bzw. Mischung optisch sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen (α_{ij}) in Spalten (i) und Zeilen (j) eingeteilt ist, die je nach Ausprägung des Filterarrays und des Projektors jeweils Licht bestimmter Wellenlängen (λ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement (α_{ij}) Teilinformationen mindestens einer der Ansichten (A_k) wiedergibt,
 - für das von dem Projektionsschirm projektionsseitig zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das Filterarray Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement (α_{ij}) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays oder ein Wellenlängenfilter des Filterarrays mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen (α_{ij}) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements (α_{ij}) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten (A_k) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.
10. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach Anspruch 1, umfassend:
- einen Projektor,
 - einen transluzenten Projektionsschirm,
 - mindestens zwei Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$), wobei mindestens ein Filterarray (F_1) zwischen dem Projektionsschirm und dem Projektor, d.h. in Betrachtungsrichtung hinter dem Projektionsschirm, und mindestens ein Filterarray (F_2) in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, wobei
 - alle Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$) in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenfilterelemente aufweisen, die für Licht verschiedener Wellenlängen (λ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ($\Delta\lambda$) transparent sind,

- mittels des Projektors Teilinformationen von n Ansichten (A_k mit $k=1..n$; $n \geq 2$) einer Szene oder eines Gegenstandes durch mindestens ein Filterarray (F_1) hindurch auf den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten (A_k) in einer durch die Anordnungsgeometrie bestimmten Kombination bzw. Mischung optisch sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen (α_{ij}) in Spalten (i) und Zeilen (j) eingeteilt ist, die je nach Ausprägung der Filterarrays ($F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$) und des Projektors jeweils Licht bestimmter Wellenlängen (λ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement (α_{ij}) Teilinformationen mindestens einer der Ansichten (A_k) wiedergibt,
 - für das von dem Projektionsschirm zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das mindestens eine Filterarray (F_2), welches in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement (α_{ij}) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays (F_2) oder ein Wellenlängenfilter des Filterarrays (F_2) mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen (α_{ij}) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements (α_{ij}) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten (A_k) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.
11. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß
- der Projektor zeitlich aufeinanderfolgend Licht verschiedener Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereiche abstrahlt und die Teilinformationen jeder der n Ansichten in paarweise unterschiedlichen Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereichen abgestrahlt werden, wobei bevorzugt
 - Teilinformationen von $n=3$ Ansichten (A_k mit $k=1..n$) zur Darstellung gelangen, der Projektor ein DMD/DLP-Projektor ist und die Ansicht A_1 ($k=1$) ausschließlich in rot, die Ansicht A_2 ($k=2$) ausschließlich in grün sowie die Ansicht A_3 ($k=3$) ausschließlich in blau dargestellt wird.

12. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach Anspruch 1, umfassend:

- einen transluzenten Projektionsschirm,
- einen Projektor, der in Betrachtungsrichtung hinter dem Projektionsschirm angeordnet ist,
- mindestens ein Filterarray, welches in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, wobei
- das Filterarray in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenfilterelemente aufweist, die für Licht verschiedener Wellenlängen (λ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ($\Delta\lambda$) transparent sind,
- mittels des Projektors Teilinformationen von (n) Ansichten (A_k mit $k=1..n$; $n \geq 2$) einer Szene oder eines Gegenstandes in einer definierten Kombination der Teilinformationen direkt auf den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten (A_k) optisch sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen (α_{ij}) in Spalten (i) und Zeilen (j) eingeteilt ist, die je nach Ausprägung des Projektors jeweils Licht bestimmter Wellenlängen (λ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement (α_{ij}) Teilinformationen mindestens einer der Ansichten (A_k) wiedergibt,
- für das von dem Projektionsschirm zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das mindestens eine Filterarray Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement (α_{ij}) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays oder ein Wellenlängenfilter des Filterarrays mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen (α_{ij}) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements (α_{ij}) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten (A_k) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

13. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die projizierten Teilinformationen der

Ansichten (A_k) unter Verwendung einer Bildvorentzerrungsfunktion projiziert werden.

- 5 14. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
- die Ausrichtung und Struktur des/der Filterarrays zwischen den Projektoren und dem Projektionsschirm derart gewählt ist, daß jedes Bildwiedergabeelement auf dem Projektionsschirm mit Licht mindestens eines der Projektoren beaufschlagt werden kann,
 - 10 – der Projektionsschirm gekrümmt ist, wodurch für das Licht der verschiedenen Projektoren im wesentlichen jeweils gleiche Lichteinfallswinkel erzielt werden, und/oder
 - für jeden Projektor eine separate Projektionsposition und Projektionsrichtung im Bezug auf den Projektionsschirm vorgegeben ist, wobei die jeweilige Projektionsrichtung und der jeweilige Projektionsabstand von Projektor zu Projektor bevorzugt unterschiedlich ist.
- 15 15. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
- 20 – die Helligkeit mindestens eines Projektors innerhalb festgelegter Grenzen variabel verstellbar ist und
 - bevorzugt Dia-Projektoren, DLP/DMD-Projektoren, CRT-Projektoren oder Flüssigkristall-Projektoren eingesetzt werden.
- 25 16. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf das Filterarray, welches dem Betrachter am nächsten befindlich ist, eine Antireflexionsbeschichtung aufgebracht ist.
- 30 17. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
- die Filterarrays ($F_1, F_2, \dots F_A, \dots$) als belichtete Folie, als gedrucktes Bild oder als optisches Gitter ausgebildet sind,
 - mindestens eines der Filterarrays ($F_1, F_2, \dots F_A, \dots$) auf ein Substrat, bevorzugt auf ein Glassubstrat, laminiert ist, und/oder
 - 35 – mindestens eines der Filterarrays ($F_1, F_2, \dots F_A, \dots$) innerhalb einer Sandwich-Struktur bestehend aus mehreren Substraten angeordnet ist, wobei die Sub-

strate jeweils bestimmte optische Eigenschaften, wie vorgegebene Brechungsindizes, aufweisen.

- 5 18. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
- der Projektionsschirm als sehr dünne Scheibe, bevorzugt mit einer Dicke kleiner einem Millimeter, ausgebildet ist, wodurch eine ausgezeichnete Schärfe der Bildelemente auf dem Projektionsschirm erzielt wird, und/oder
 - der Projektionsschirm lichtkonzentrierend wirkt, d.h. über einen positiven „gain“ verfügt.
- 10
19. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich auf Teilen mindestens eines Filterarrays eine spiegelnde Oberfläche befindet und diese spiegelnde Oberfläche
- 15 jeweils auf der zu den Projektoren zeigenden Seite des/der Filterarrays und vorzugsweise nur auf den nicht-transparenten Filterelementen angeordnet ist, so daß ein Teil des projizierten Lichtes in die Projektoren zurückgeworfen wird.
20. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
- 20
- mindestens ein Teil der Filterelemente mindestens eines der Filterarrays als Polarisationsfilter ausgebildet ist und mindestens einer der Projektoren polarisiertes Licht ausstrahlt, wobei bevorzugt
 - der mindestens eine polarisiertes Licht aussendende Projektor das Licht in
- 25 zeitlich alternierender Polarisation, bevorzugt abwechselnd horizontal linear und vertikal linear polarisiert, abstrahlt.
21. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Teil der Filterelemente
- 30 mindestens eines der Filterarrays als photochrome oder elektrochrome optische Bauelemente ausgebildet sind.
22. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
- 35
- mindestens einer der Projektoren mit einem Farbfilter verblendet ist, wodurch das von besagtem Projektor abgestrahlte Licht lediglich Wellenlängenfilter der

- entsprechenden Transparenzwellenlänge bzw. des entsprechenden Transparenzwellenlängenbereichs durchdringen kann,
- die Projektoren in mindestens zwei im wesentlichen horizontalen Reihen angeordnet sind,
 - 5 – weiterhin Mittel zur automatischen Ausrichtung der Projektoren, beispielsweise elektro-mechanische Stellglieder, vorgesehen sind, und/oder
 - der Lichtweg des von mindestens einem Projektor abgestrahlten Lichtes durch die Verwendung von mindestens einem Spiegel gefaltet wird, wobei bevorzugt der gefaltete Strahlengang einen bezüglich der Lichthauptausbreitungsrichtung nicht-senkrechten Lichteinfall auf dem Projektionsschirm verursacht und
 - 10 – der Projektionsschirm als holographische Scheibe ausgebildet ist, die insbesondere nicht-senkrecht einfallendes Licht konzentrierend transmittiert.
23. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
- 15 – mindestens ein Teil der Filterelemente als Neutralfilter zur wellenlängenunabhängigen Abschwächung der Lichtintensität ausgebildet sind, und/oder
 - die Filterelemente beliebige, vorzugsweise vieleckige, besonders bevorzugt rechteckige Umrißformen aufweisen.
- 20
24. Autostereoskopische Projektionsanordnung, umfassend:
- mindestens einen Projektor zur rückseitigen Projektion von Bildteilinformationen aus mindestens zwei Ansichten einer Szene/eines Gegenstandes auf einen holographischen Schirm, wobei
 - 25 – der holographische Schirm eine Vielzahl von holographischen optischen Elementen (HOE) aufweist, die in einem Raster aus Spalten und/oder Zeilen angeordnet sind, und
 - das von dem Projektor einfallende Licht mittels eines optischen Abbildungssystems so auf den holographischen Schirm gerichtet ist, daß durch die Vielzahl
 - 30 – von HOE eine Vielzahl von Ausbreitungsrichtungen vorgegeben wird, wodurch ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten optisch wahrnimmt, so daß von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck
 - 35 – entsteht.
25. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach Anspruch 24, umfassend:

- mindestens einen Projektor zur rückseitigen Projektion von Bildteilinformationen aus mindestens zwei Ansichten A_k ($k=1..n$, $n \geq 2$) einer Szene/eines Gegenstandes auf einen holographischen Schirm, wobei
 - der holographische Schirm eine Vielzahl von holographischen optischen Elementen (HOE) aufweist, die in einem Raster aus Spalten und/oder Zeilen angeordnet sind,
 - jedes HOE das von dem mindestens einen Projektor einfallende Licht vermöge mindestens einer der folgenden optischen Abbildungen bzw. Abbildungskombinationen abbildet:
 - a) Abbildung mittels einer Linse, bevorzugt einer vertikal oder schräg zur Vertikalen stehenden Zylinderlinse,
 - b) Diffus transparent bzw. transluzent abbildend mit nachfolgender Abbildung mittels einer Linse, bevorzugt einer vertikal oder schräg zur Vertikalen stehenden Zylinderlinse,
 - c) Abbildung mittels eines Prismas,
 - d) Diffus transparent bzw. transluzent abbildend mit nachfolgender Abbildung mittels eines Prismas,
 - e) Abbildung durch einen vieleckigen Polarisationsfilter und/oder Graustufenfilter und/oder Wellenlängenfilter, wobei ein Wellenlängenfilter Licht einer vorgegebenen Wellenlänge bzw. eines oder mehrerer vorgegebenen Wellenlängenbereiche transmittiert,
 - f) Abbildung nach e) sowie diffus transparent bzw. transluzent abbildend,
 - g) Abbildung nach f) und nachfolgend nach e),
 - h) Abbildung mittels einer Planplatte,
 - i) Abbildung aufgrund von Beugung,
- so daß für das von dem holographischen Schirm frontseitig zum Betrachter hin abgebildete Licht durch die abbildenden Wirkungen der Vielzahl von HOE eine Vielzahl von Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein HOE eine oder mehrere Lichtausbreitungsrichtungen für das auftreffende Licht, welches Bildteilinformationen mindestens einer der projizierten Ansichten entspricht, vorgibt, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten (A_k) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

26. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß
- acht Projektoren, von denen jeder eine Ansicht der Szene/des Gegenstandes wiedergibt, auf einem Kreisbogen angeordnet sind, wobei ihre Abbildungsstrahlengänge rückseitig auf den holographischen Schirm gerichtet sind und die optischen Achsen ihrer Abbildungsstrahlengänge Winkel $\alpha \approx 8,6^\circ$ einschließen,
 - die Abstände der HOE zueinander auf dem holographischen Schirm etwa 0,1mm in beiden Koordinatenrichtungen betragen, und
 - die Ausbreitungsrichtungen des vom holographischen Schirm ausgehenden, die Teilinformationen der Ansichten führenden Lichts jeweils Winkel $\beta \approx 0,83^\circ$ einschließen, wobei
 - die Vielzahl der Betrachtungspositionen in einem Abstand von etwa 4,5m vom holographischen Schirm entstehen.
27. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß
- vier Projektoren, von denen jeder zwei Ansichten der Szene/des Gegenstandes wiedergibt, auf einem Kreisbogen anordnet sind, wobei ihre Abbildungsstrahlengänge rückseitig auf den holographischen Schirm gerichtet sind und die optischen Achsen ihrer Abbildungsstrahlengänge Winkel $\alpha \approx 17,2^\circ$ einschließen,
 - die Abstände der HOE auf dem holographischen Schirm etwa 0,1mm in beiden Koordinatenrichtungen betragen, und
 - die Ausbreitungsrichtung des vom holographischen Schirm ausgehenden, die Teilinformationen der Ansichten führenden Lichts jeweils Winkel Winkel $\beta \approx 17,2^\circ$ einschließen, wobei
 - die Vielzahl der Betrachtungspositionen in einem Abstand vom etwa 4,5m vom holographischen Schirm entstehen.
28. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach Anspruch 24 umfassend:
- mindestens einen Projektor zur frontseitigen Projektion von Bildteilinformationen aus mindestens zwei Ansichten A_k ($k=1..n$, $n \geq 2$) einer Szene/eines Gegenstandes auf einen holographischen Schirm, wobei
 - der holographische Schirm eine Vielzahl von holographischen optischen Elementen (HOE) aufweist, die in einem Raster aus Spalten und/oder Zeilen angeordnet sind,

- jedes HOE das von dem mindestens einen Projektor einfallende Licht vermöge mindestens einer der folgenden optischen Abbildungen bzw. Abbildungskombinationen abbildet:
 - a) Abbildung mittels eines konkaven oder konvexen Hohlspiegels, bevorzugt eines vertikal oder schräg zur Vertikalen stehenden Zylinderhohlspiegels,
 - b) Diffus reflektierend mit nachfolgender Abbildung eines konkaven oder konvexen Hohlspiegels, bevorzugt eines vertikal oder schräg zur Vertikalen stehenden Zylinderhohlspiegels,
 - c) Abbildung mittels eines Doppel- oder- Triplettspiegels,
 - d) Diffus reflektierend mit nachfolgender Abbildung mittels eines Doppel- oder- Triplettspiegels,
 - e) Abbildung durch einen vieleckigen Polarisationsfilter und/oder Graustufenfilter und/oder Wellenlängenfilter, wobei ein Wellenlängenfilter Licht einer vorgegebenen Wellenlänge bzw. eines oder mehrerer vorgegebenen Wellenlängenbereiche transmittiert,
 - f) Abbildung nach e) sowie diffus reflektierend und nachfolgend nach e),
 - g) Diffus reflektierend und nachfolgende Abbildung mittels einer Planplatte,
 - h) Diffus reflektierend und nachfolgende Abbildung mittels eines Prismas,
 - i) Abbildung aufgrund von Beugung,

so daß für das von dem holographischen Schirm frontseitig zum Betrachter hin abgebildete Licht durch die abbildenden Wirkungen der Vielzahl von HOE eine Vielzahl von Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein HOE eine oder mehrere Lichtausbreitungsrichtungen für das auftreffende Licht, welches Bildteilinformationen mindestens einer der mindestens zwei insgesamt projizierten Ansichten entspricht, vorgibt, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten (A_k) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.
- 29. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der Ansprüche 24 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß
 - jeweils alle HOE die gleiche der optischen Abbildungen bzw. Abbildungskombinationen a)-i) ausführen, oder

- mindestens zwei der HOE paarweise verschiedene optische Abbildungen bzw. Abbildungskombinationen a)-i) ausführen, oder
 - mindestens ein HOE mindestens zwei der optischen Abbildungen bzw. Abbildungskombinationen a)-i) ausführt.
- 5
30. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der Ansprüche 24 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß
- mindestens zwei der HOE auf dem holographischen Schirm in ihren äußeren Abmessungen und/oder in ihrer äußeren Form voneinander abweichen, oder
- 10 – mindestens zwei der HOE auf dem holographischen Schirm bezüglich Ihrer Flächenschwerpunkte einen Versatz bezüglich Ihrer Relativposition zueinander aufweisen, der einem nicht ganzzahligen Vielfachen der Breite und/oder Höhe eines der in Rede stehenden HOE entspricht.
- 15 31. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der Ansprüche 24 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der HOE Licht unterschiedlicher Wellenlängenbereiche in jeweils paarweise disjunkte Richtungen abbildet.
- 20 32. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der Ansprüche 24 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß
- das Raster, in welchem die HOE auf dem holographischen Schirm angeordnet sind, ein orthogonales Raster ist, oder
 - das Raster, in welchem die HOE auf dem holographischen Schirm angeordnet
- 25 sind, ein nicht orthogonales Raster ist, vorzugsweise ein solches, in welchem die Zeilenrichtung die Spaltenrichtung unter einem Winkel ungleich 90 Grad schneidet.
- 30 33. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der Ansprüche 24 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein HOE für Licht aus mindestens einer Einfallsrichtung gleichzeitig mindestens zwei Lichtausbreitungsrichtungen vorgibt.
- 35 34. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der Ansprüche 24 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß
- sie mindestens zwei Projektoren enthält, wobei jeder Projektor entweder Bildteilinformationen lediglich einer Ansicht einer Szene/eines Gegenstandes oder

- gleichzeitig Bildteilinformationen mindestens zweier Ansichten einer Szene/eines Gegenstandes projiziert,
- mindestens ein Projektor Bildteilinformationen mindestens einer Ansicht der darzustellenden Szenerie/des darzustellenden Gegenstandes nur zu bestimmten Zeitpunkten, vorzugsweise in einer vorzugebenden Frequenz zwischen 10Hz und 60 Hz, projiziert, und/oder
 - das Licht mindestens eines Projektors derart abgebildet wird, daß es frontseitig aus einem Raumwinkel, der mindestens $0,3\pi$ sr beträgt, wahrgenommen werden kann, so daß das Licht besagten Projektors betrachterseitig als im wesentlichen zweidimensionales Bild wahrgenommen wird, wobei
 - bevorzugt jeder eingesetzte Projektor entweder mindestens einen DMD-Chip, eine LCD-Komponente, eine Röhre oder einen Laser beinhaltet.
35. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der Ansprüche 24 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß im Betrachtungsraum mindestens eine Betrachtungsposition für ein Betrachterauge existiert, in welche von dem holographischen Schirm im wesentlichen kein von den Projektoren projiziertes Licht abgebildet wird.
36. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in den Strahlengang zwischen dem Projektor/den Projektoren und dem Projektionsschirm eine Farbmaske gestellt ist, welche unterschiedliche Farbanteile, bevorzugt der Farben rot, grün und blau, auf jeweils zu einem Pixel des Projektionsschirms gehörende Subpixel richtet, wodurch auf den Subpixeln neben den reinen Farben rot, grün und blau auch gemischte Farben dargestellt werden, somit eine höhere Anzahl von Farben pro Subpixel darstellbar ist und das Auflösungsvermögen des Projektionsschirms dadurch erhöht wird.
37. Autostereoskopische Projektionsanordnung nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite l_{new} der je Pixel darstellbaren Farben sich ergibt aus

$$l_{new} = l \frac{n}{2n-1}$$

mit l der Größe eines Subpixels und n der Anzahl der Subpixel je Pixel, oder sich die Anzahl p_{new} der je Pixel darstellbaren Ansichten erhöht nach der Funktion

$$p_{new} = p \frac{2n-1}{n}$$

5 mit n der Anzahl der Subpixel je Pixel und p der Anzahl der verschiedenen darzustellenden Ansichten der Szene/des Gegenstandes, bevorzugt mit $n=3$ und $p=8$.

10 38. Verfahren zur Herstellung eines holographischen Schirmes zur Verwendung in einer Anordnung nach einem der Ansprüche 24 bis 37, umfassend die folgenden Verfahrensschritte:

- 15 a) Fertigen einer optischen Anordnung, die eine Vielzahl der optischen Komponenten enthält, die jeweils die in den Ansprüchen 25 und 28 genannten optischen Abbildungen bzw. Abbildungskombinationen bzw. Kombinationen gewährleisten,
- b) Positionieren eines (noch nicht entwickelten) holographischen Schirmes in der Nähe besagter optischer Anordnung,
- 20 c) Belichten des holographischen Schirmes mittels einer oder mehrerer kohärenter Lichtquellen, wobei bevorzugt ein Referenzstrahl direkt von der Lichtquelle auf den holographischen Schirm und ein Objektstrahl von der Lichtquelle durch besagte optische Anordnung hindurch auf den holographischen Schirm gelangt, dieser Schritt c) bevorzugt mehrfach wiederholt wird, besonders bevorzugt in einer Weise, daß bei jeder Ausführung des Schrittes c) die Lichtquelle an eine andere Relativposition zur besagten optischen Anordnung gebracht wird, und wobei optional bei jeder Ausführung des Schrittes c) eine andere optische Anordnung zum Einsatz kommt,
- 25 d) Entwickeln des holographischen Schirmes.

30 39. Verfahren zur Herstellung eines holographischen Schirmes zur Verwendung in einer Anordnung nach einem der Ansprüche 24 bis 37, umfassend die folgenden Verfahrensschritte:

- a) Auswahl einer Vielzahl von optischen Komponenten, die jeweils die in den Ansprüchen 25 und 28 genannten optischen Abbildungen bzw. Ab-

- bildungskombinationen bzw. Kombinationen gewährleisten, sowie Anordnung der Komponenten in einem Raster aus Zeilen und/oder Spalten,
- b) Berechnen der entsprechenden holographischen Interferenzmuster für die Abbildungen bzw. -kombinationen,
- 5 c) Belichten des holographischen Schirmes mittels einer oder mehrerer kohärenten Lichtquellen, wobei das berechnete holographische Interferenzmuster auf den holographischen Schirm geschrieben wird,
- d) Entwickeln des holographischen Schirmes.
- 10 40. Verfahren zur Herstellung holographischer Schirme zur Verwendung in einer Anordnung nach einem der Ansprüche 24 bis 37, umfassend die folgenden Verfahrensschritte:
- Herstellen mindestens zweier holographischer Schirme nach einem der oder beiden in den Ansprüchen 38 oder 39 angegebenen Verfahren,
- 15 – Aneinandersetzen der so hergestellten holographischen Schirme zu einem gesamten holographischen Schirm.

1/36

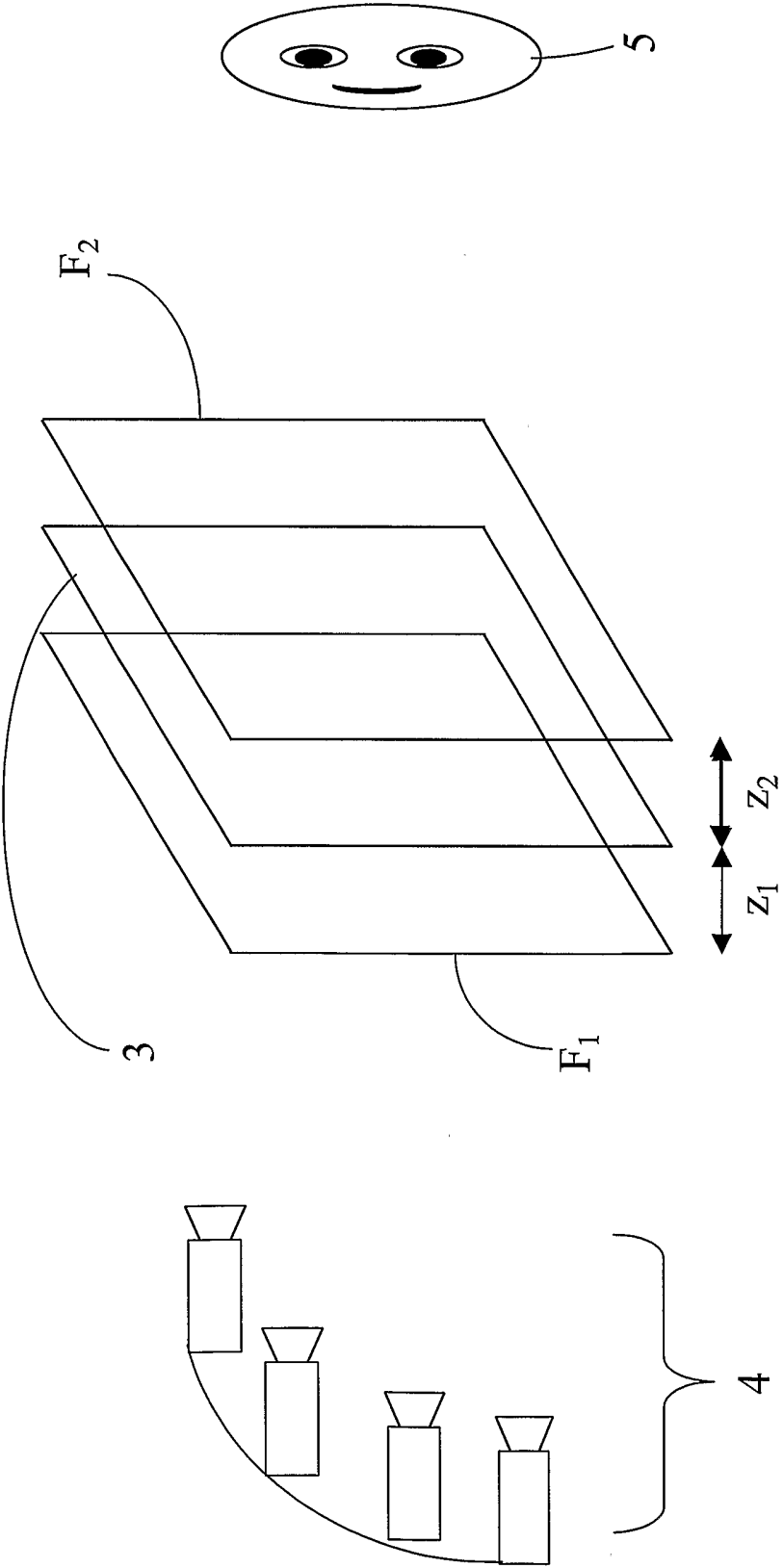


Fig.1

2/36

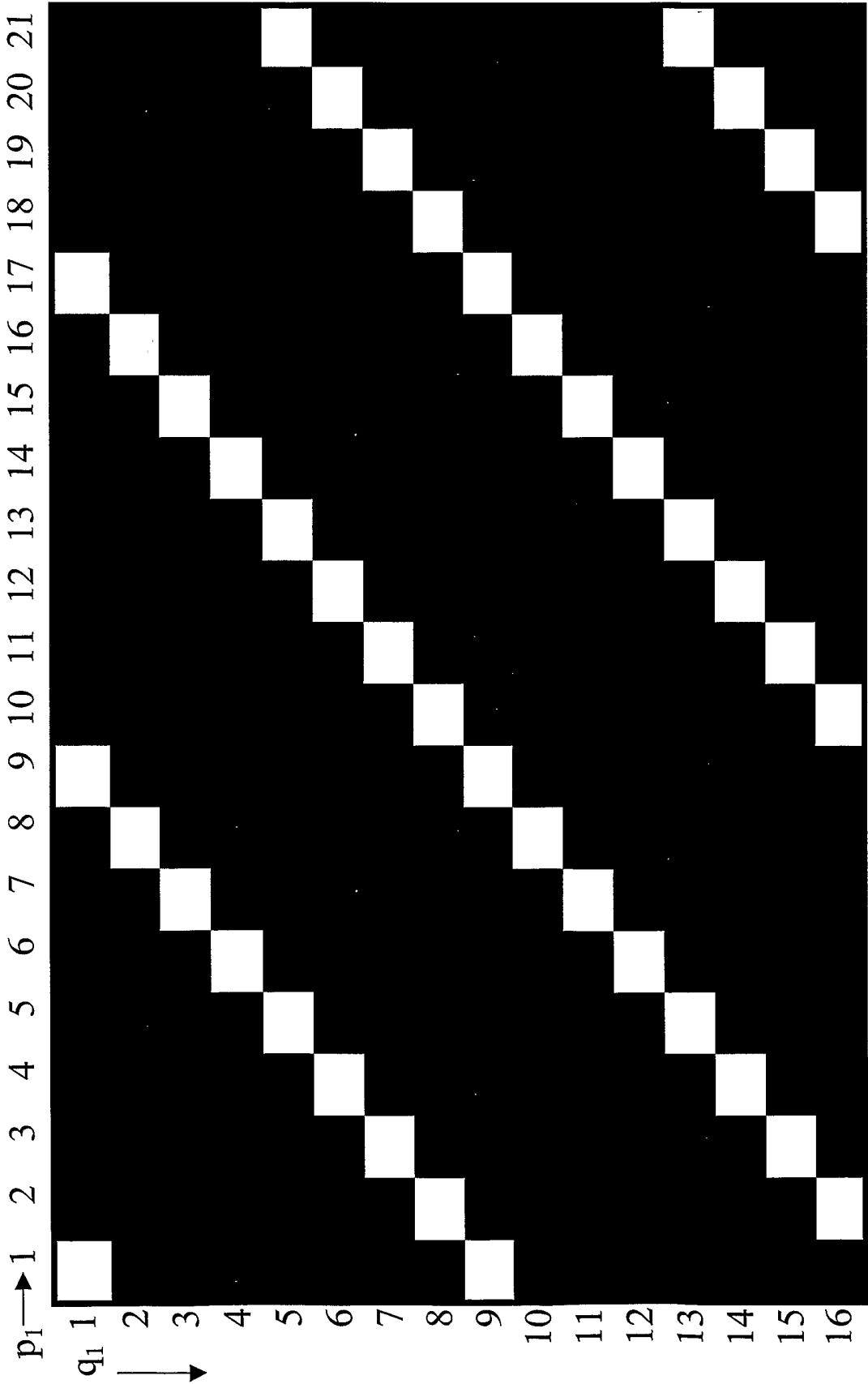


Fig.2

3/36

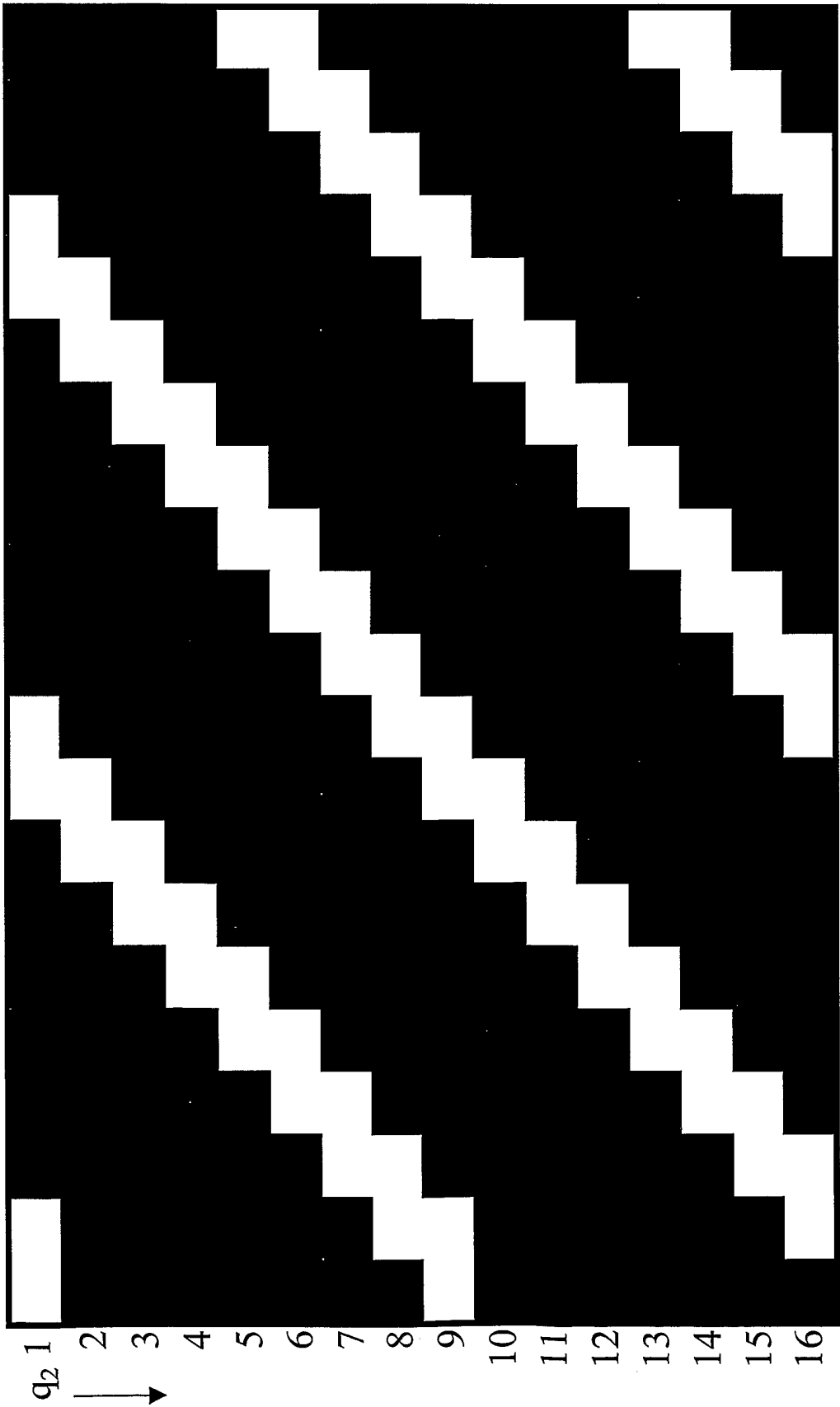


Fig.3

		i → 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21																				
j ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1
	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
	9	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
	10	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
	11	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
	12	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1
	13	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
	14	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
	15	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
	16	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5

Fig.4

5/36

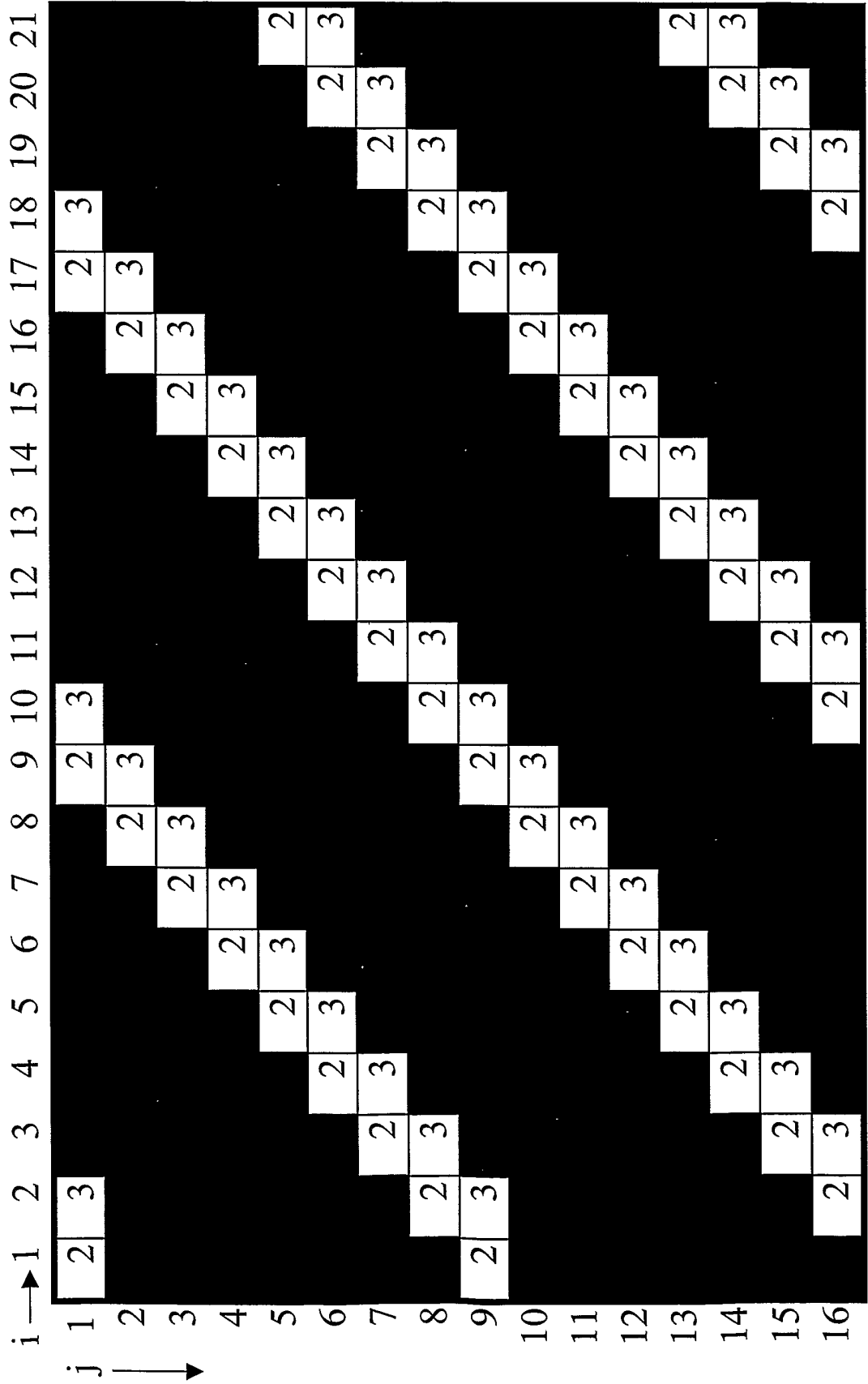


Fig.5

6/36

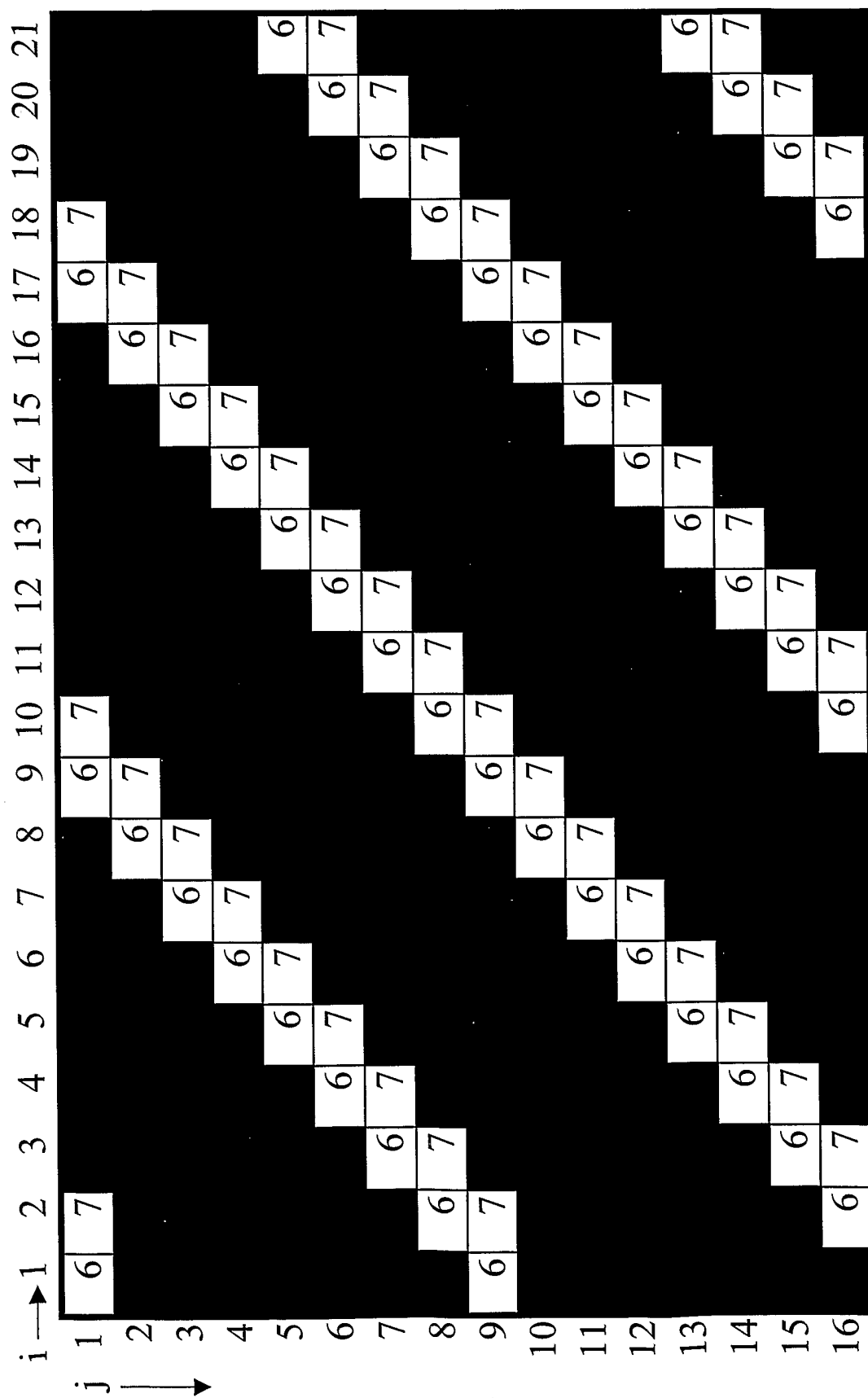


Fig. 6

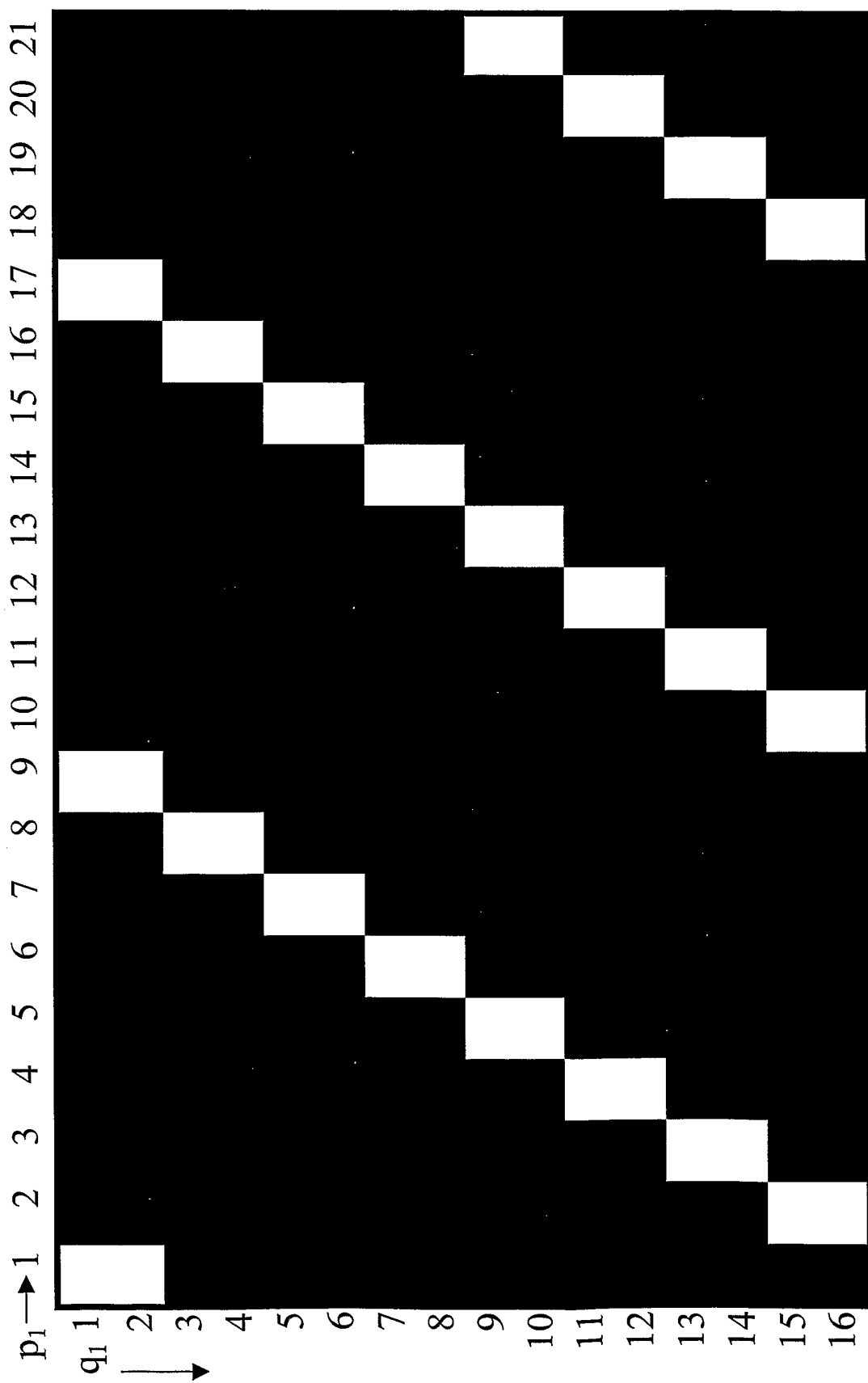


Fig. 7

8/36

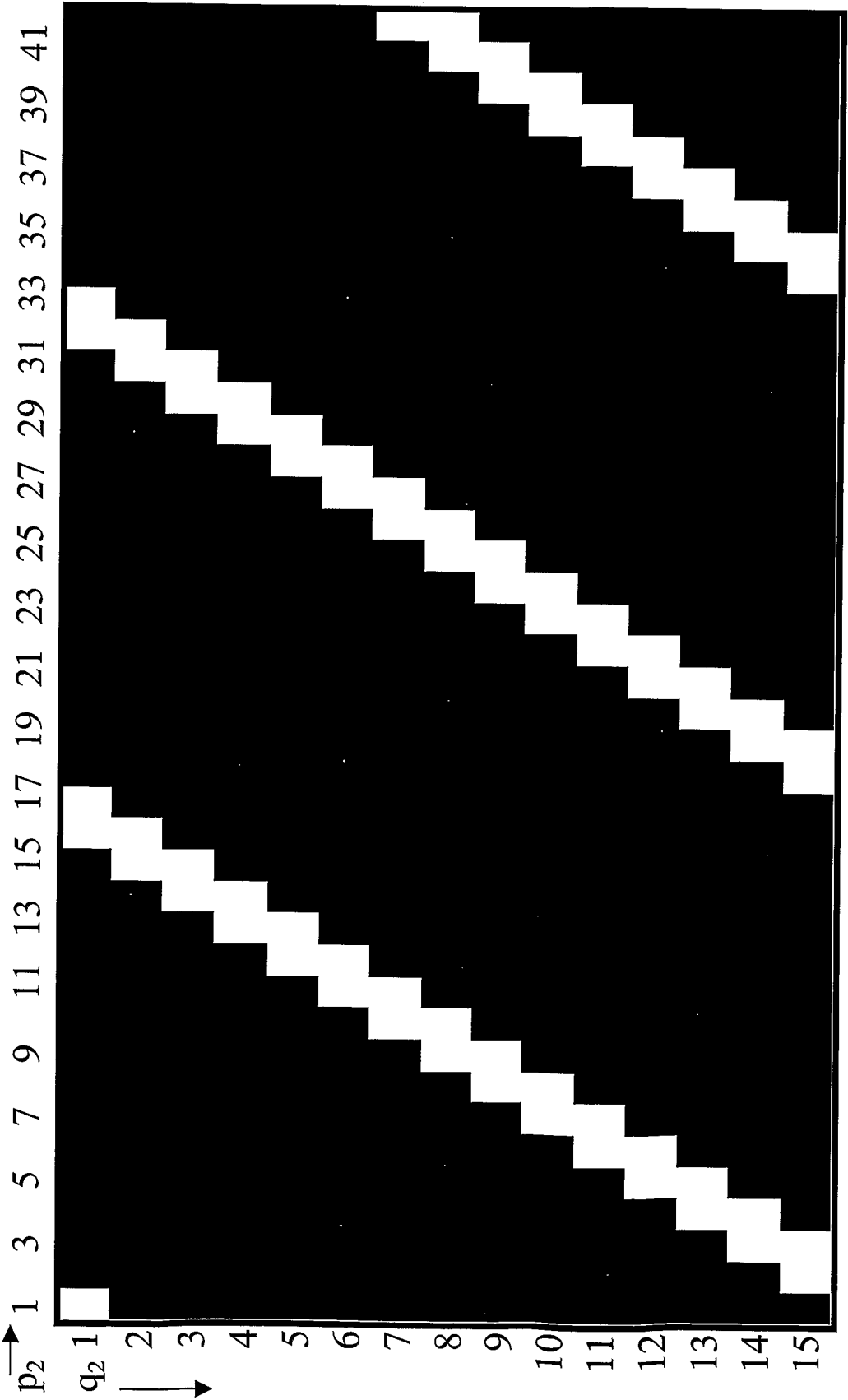


Fig.8

		i→1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21																				
j ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
	3	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
	4	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
	5	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
	6	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1
	7	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1
	8	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
	9	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
	10	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
	11	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
	12	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
	13	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
	14	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
	15	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
	16	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6

Fig.9

10/36

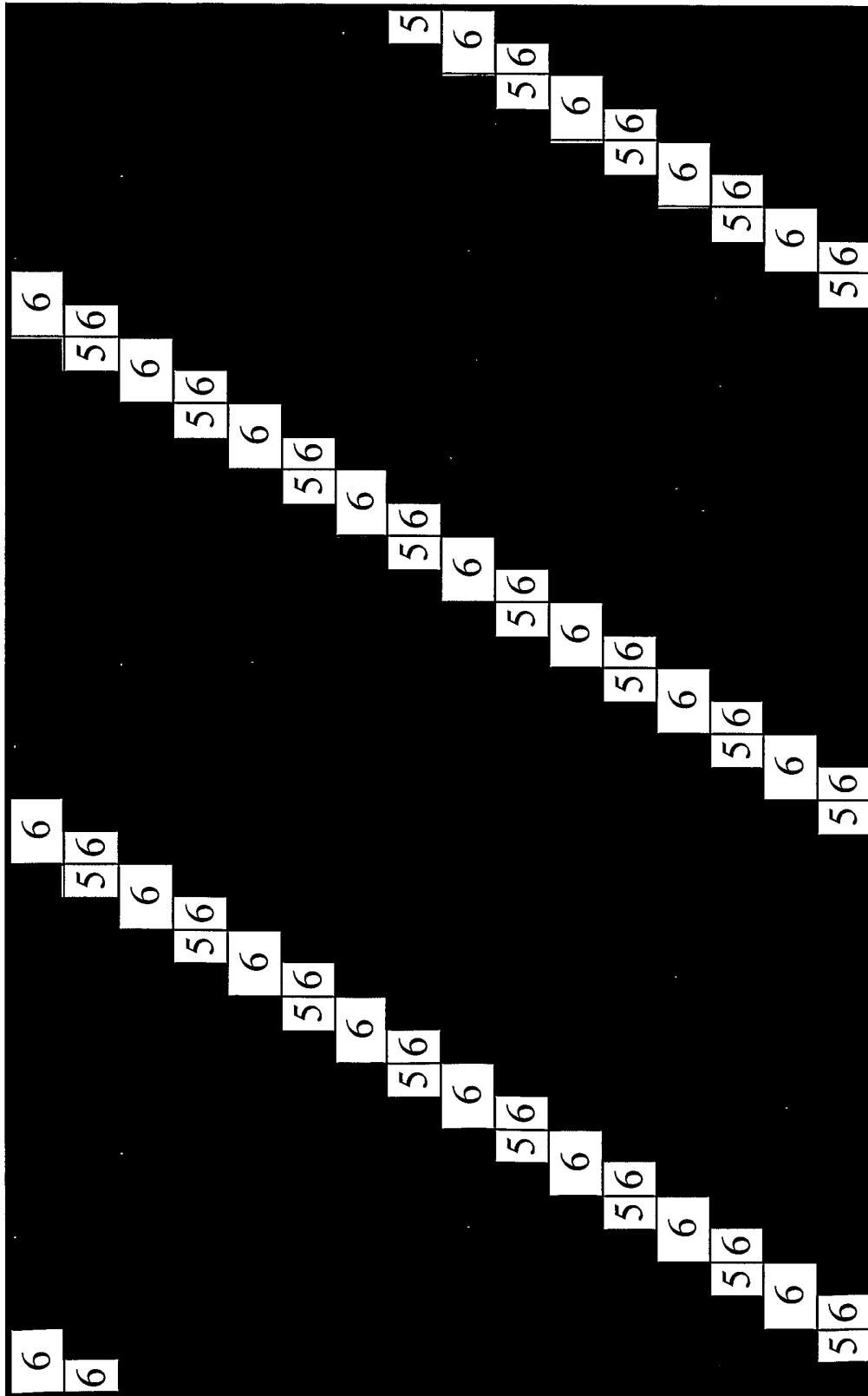


Fig. 10

11/36

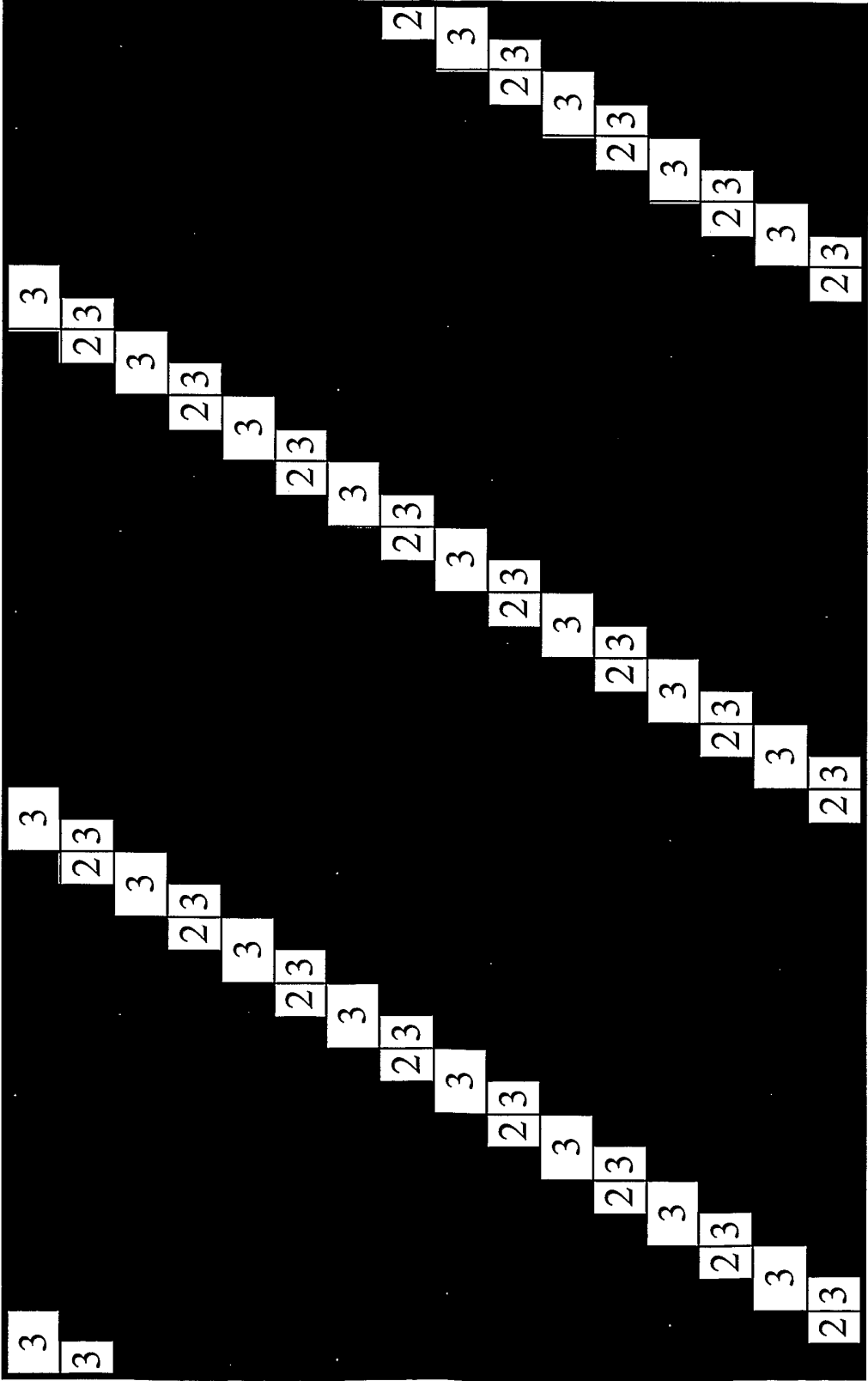


Fig.11

12/36

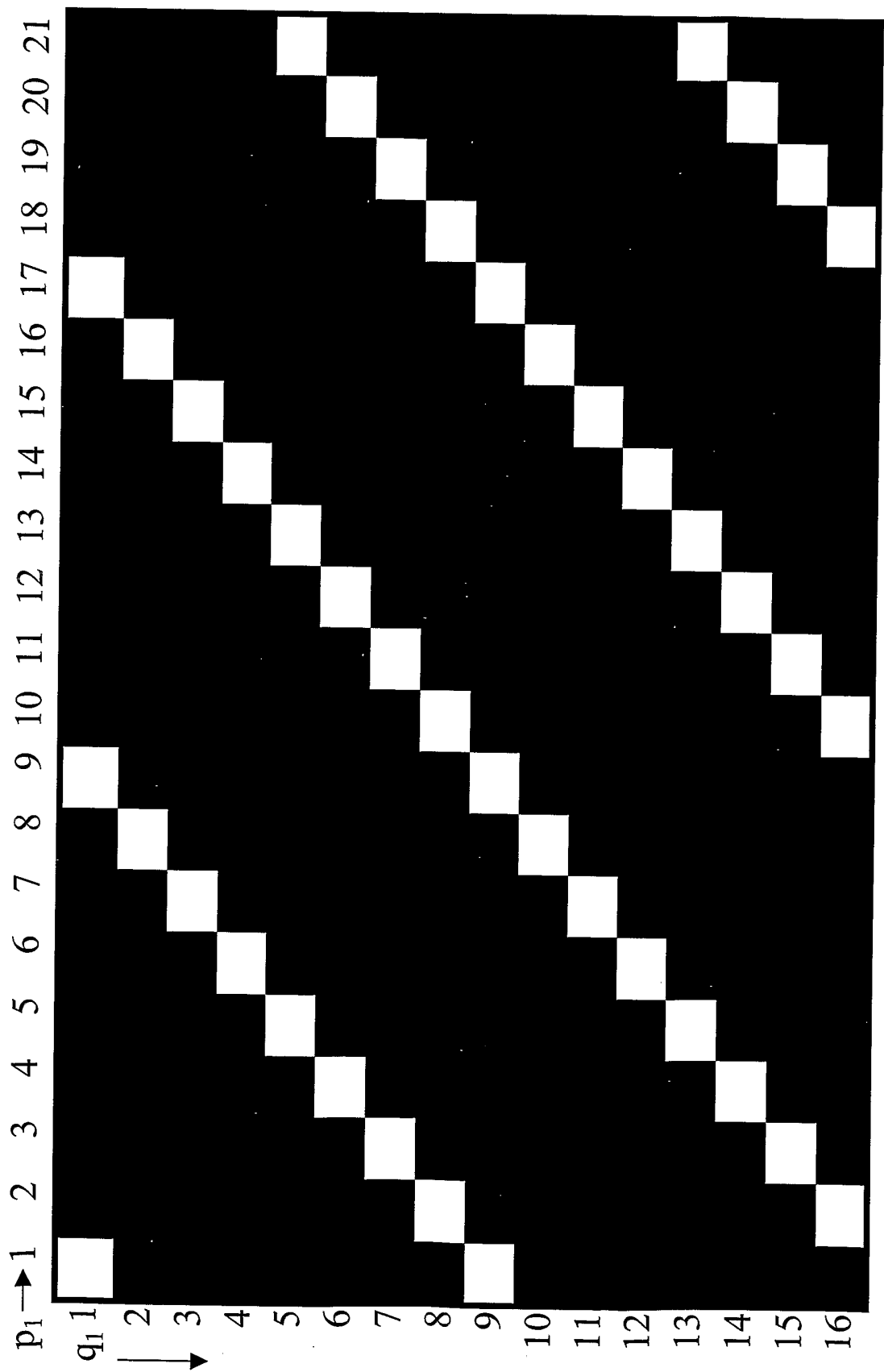


Fig.12

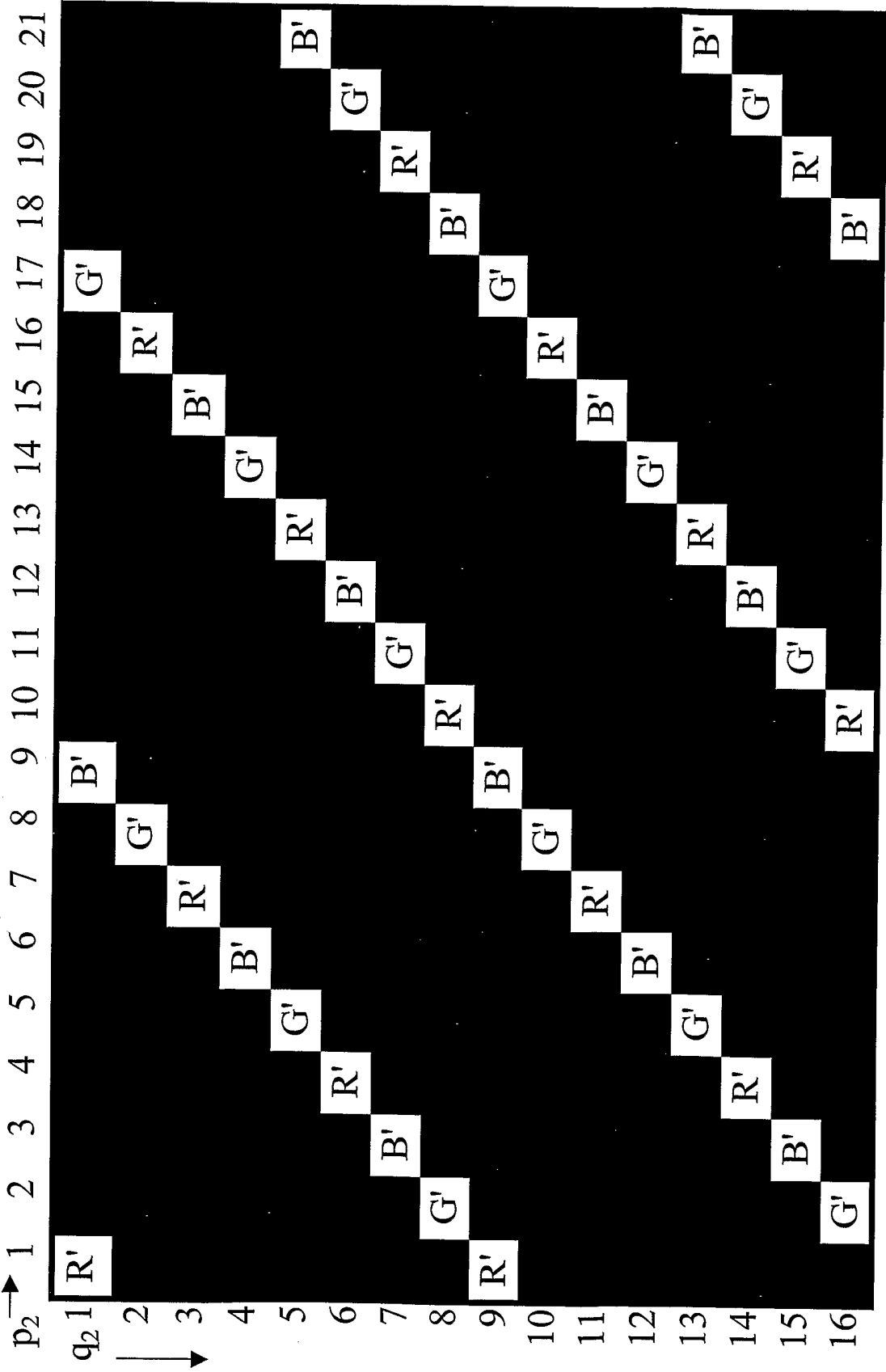


Fig.14

15/36

		R G B R G																				
--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fig.15

16/36

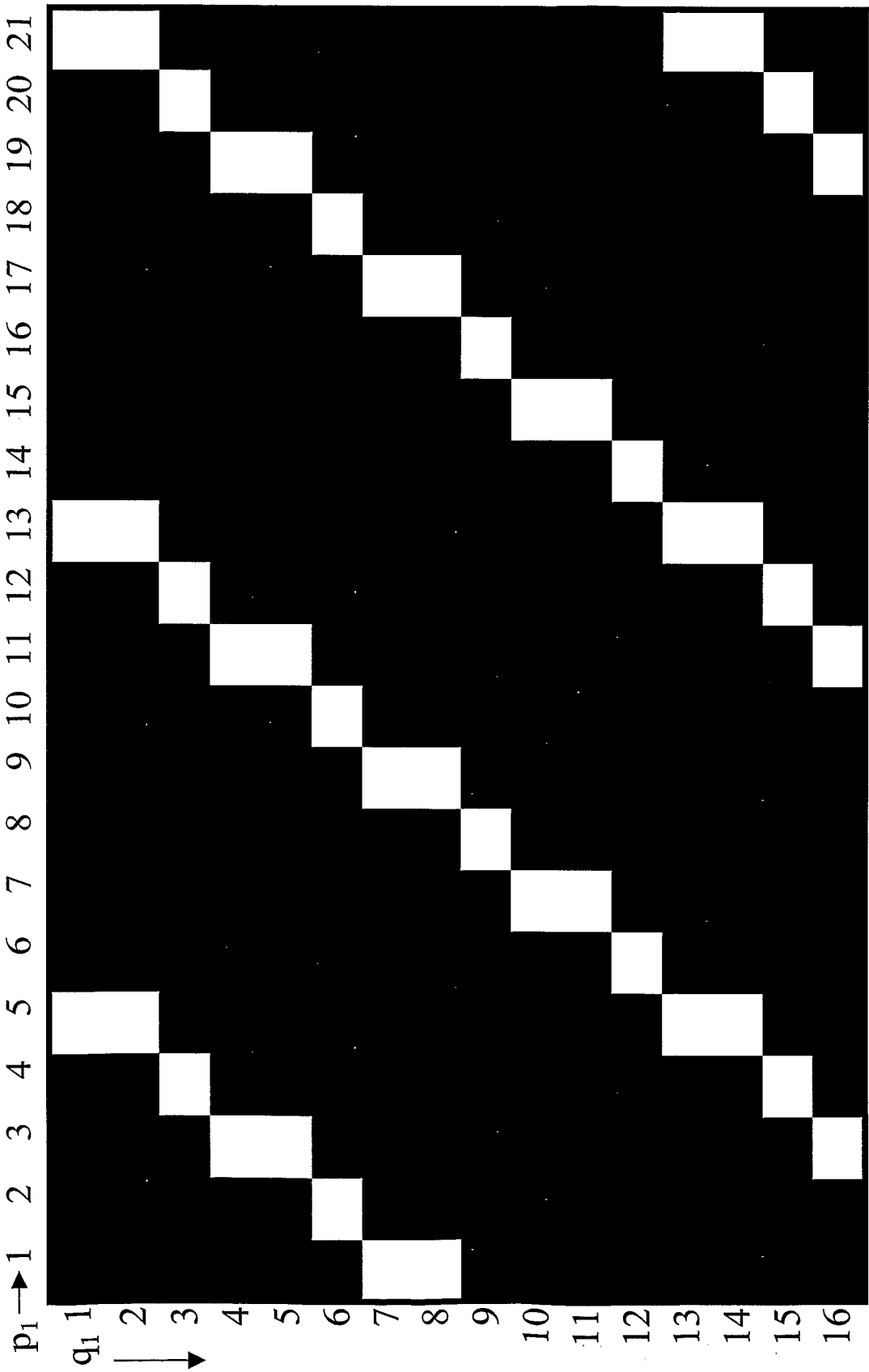


Fig.16

17/36

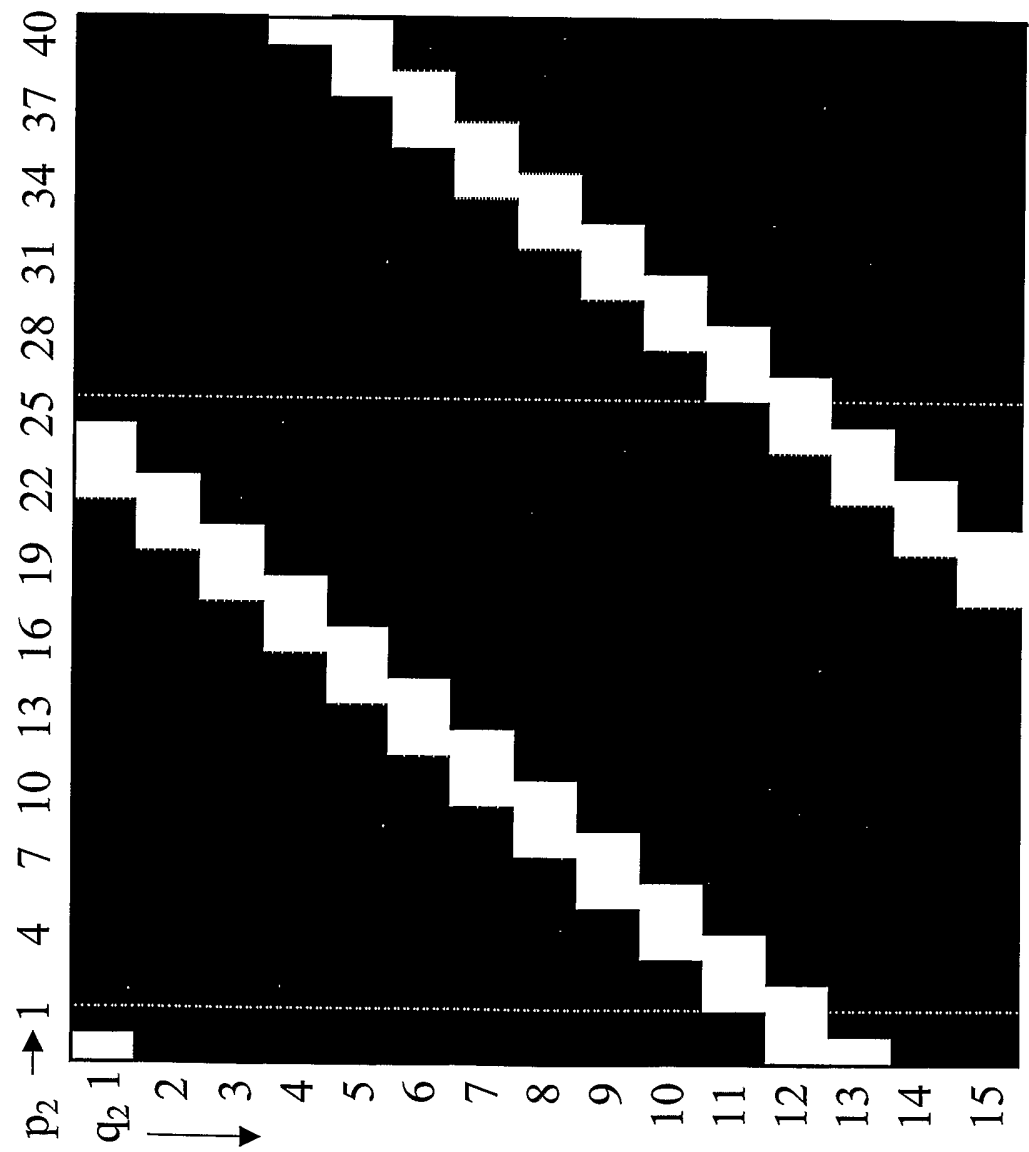


Fig.17

18/36

		i → 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21																				
j ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
	4	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
	5	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1
	6	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
	7	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
	8	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
	9	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
	10	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
	11	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
	12	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
	13	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
	14	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
	15	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
	16	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8

Fig.18

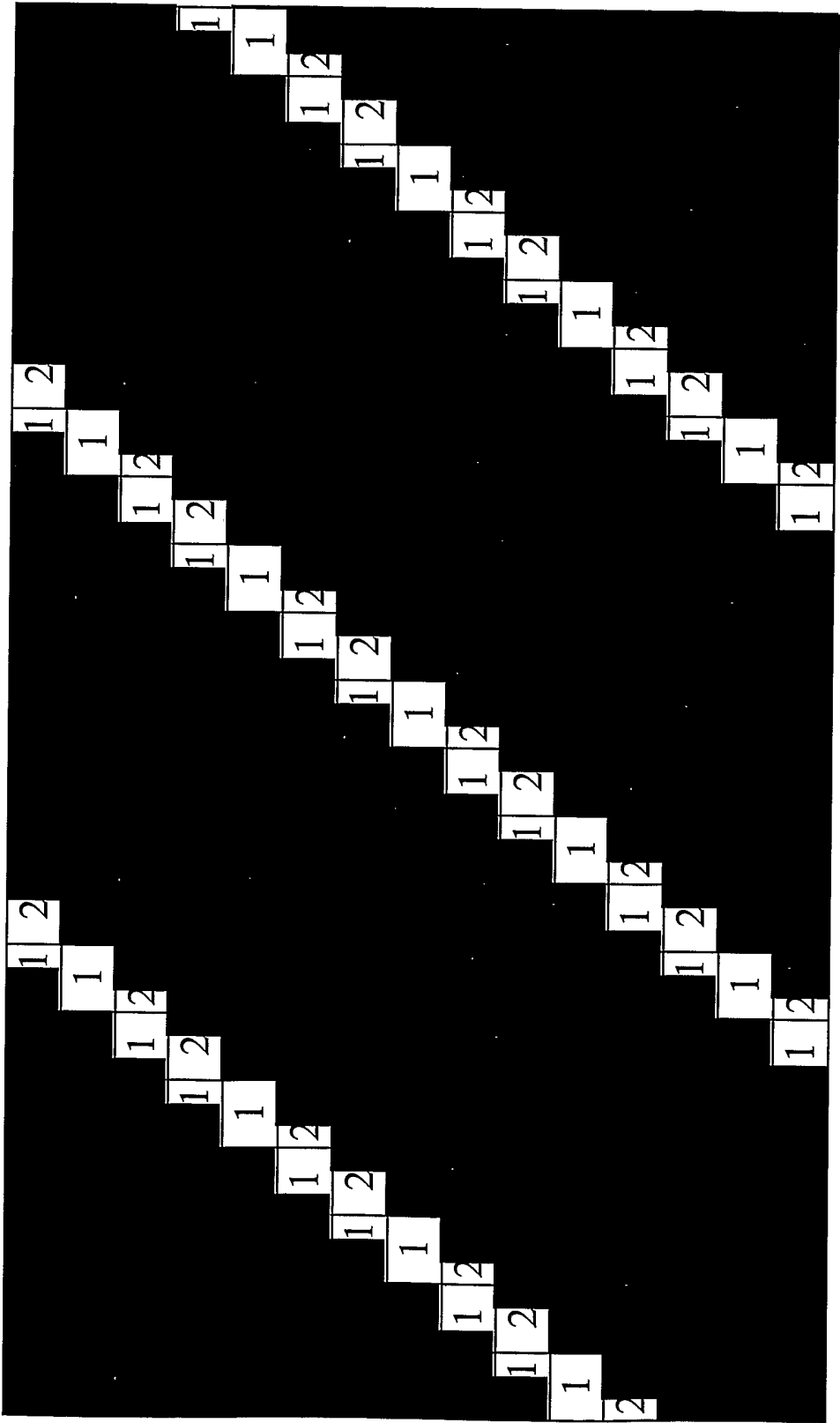


Fig.19

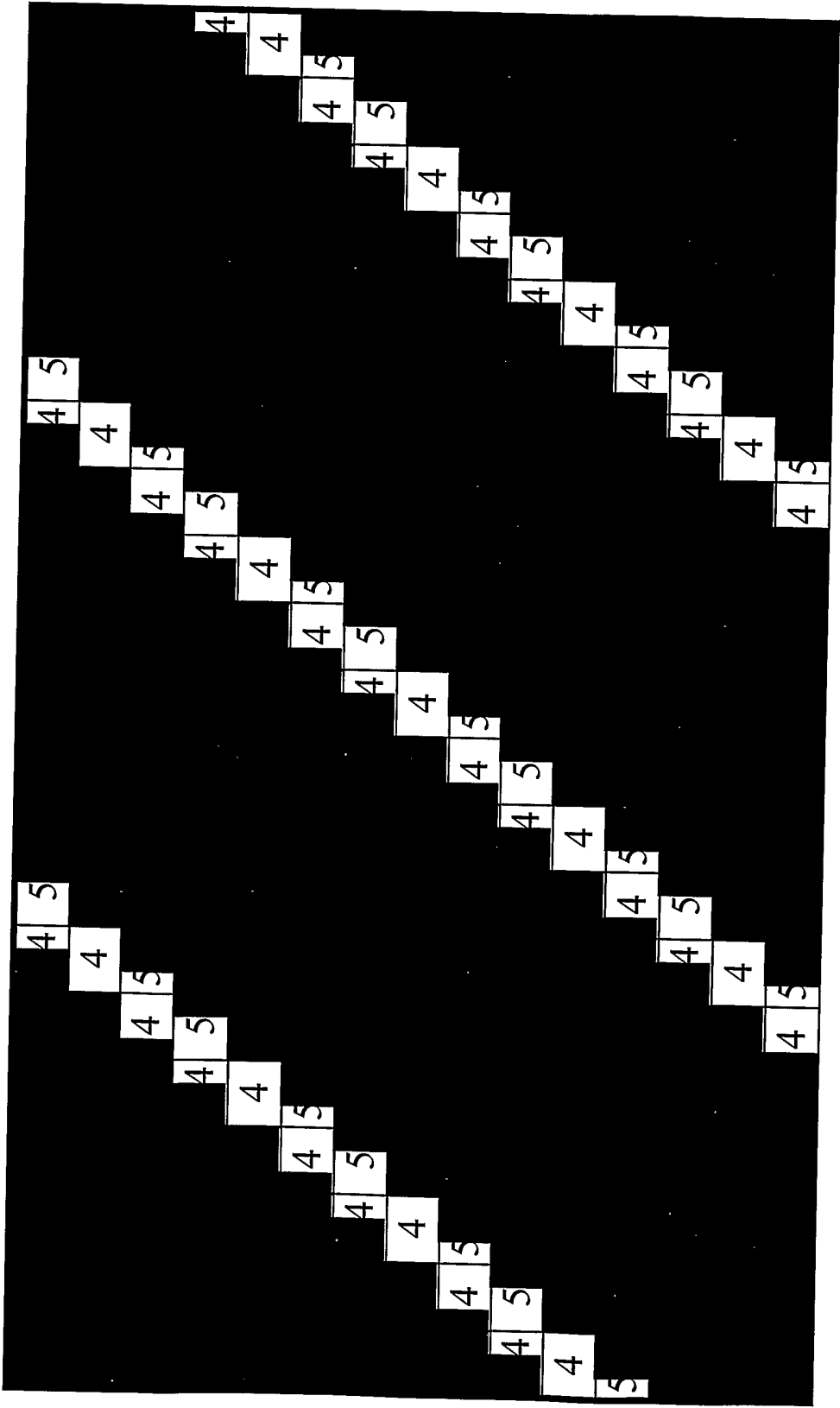


Fig.20

21/36

$p_1 \rightarrow$ 1 2 3 4 5 6 7 8 9

$q_1 \downarrow$ 1 2 3 4 5 6 7 8 9

R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'
B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'
R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'
B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'
R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'
B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'

Fig.21

$p_2 \rightarrow$ 1 2 3 4 5 6 7 8 9

$q_2 \downarrow$ 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Fig.22

23/36

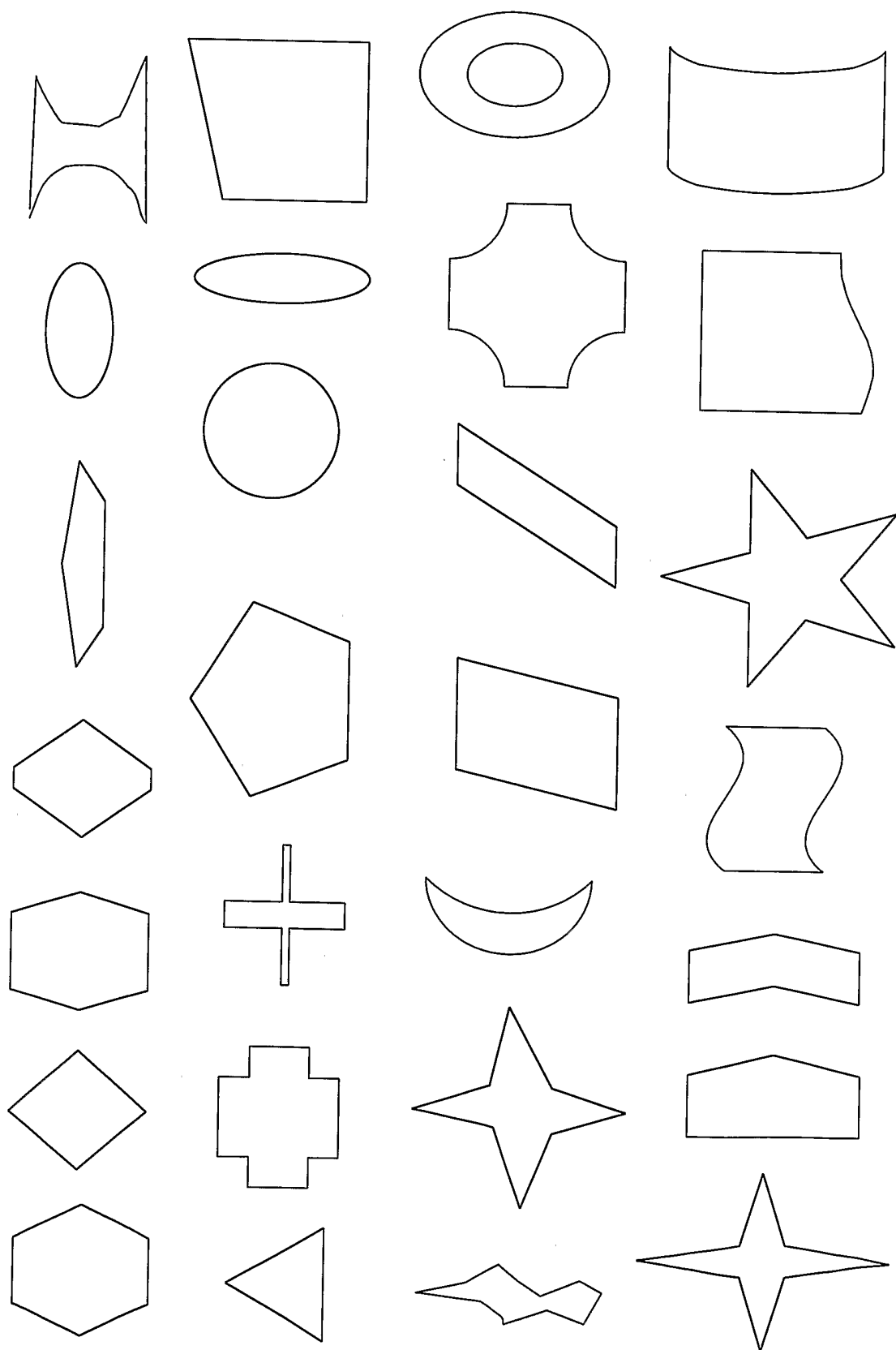


Fig. 24

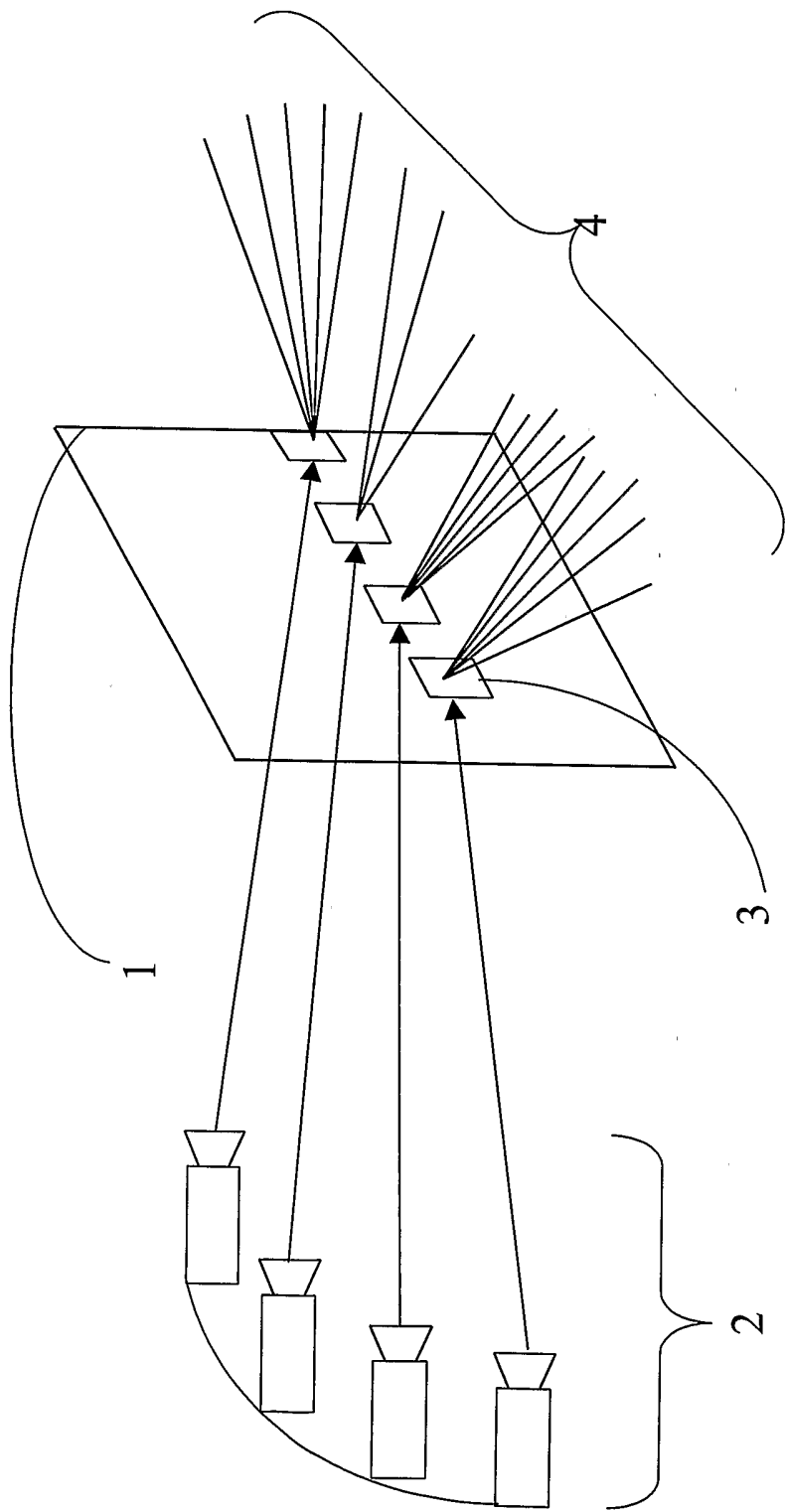


Fig.25

25/36

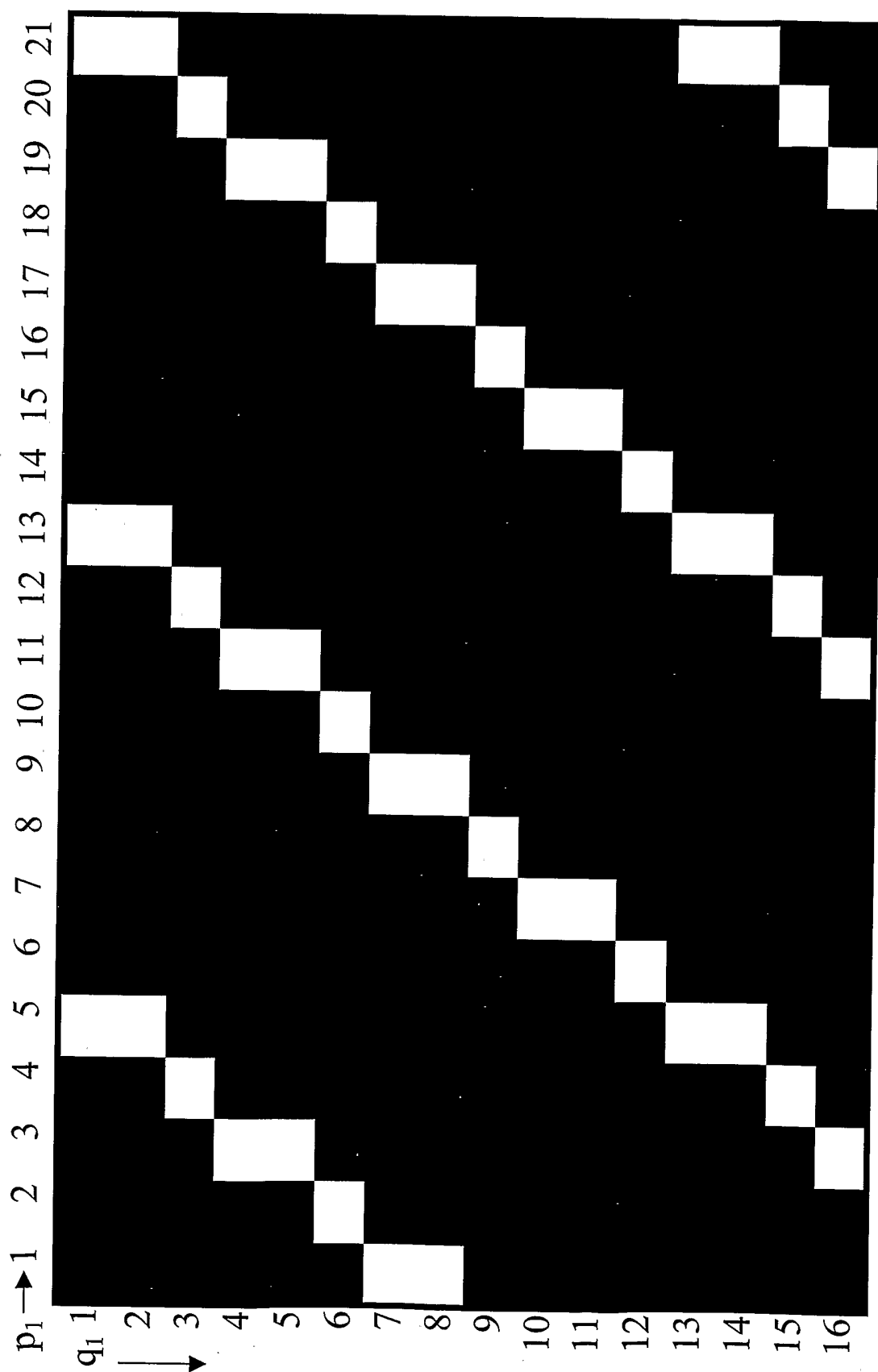


Fig.26

		i → 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21																				
j ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
	4	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
	5	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1
	6	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
	7	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
	8	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
	9	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
	10	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
	11	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
	12	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
	13	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
	14	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
	15	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
	16	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8

Fig.27

27/36

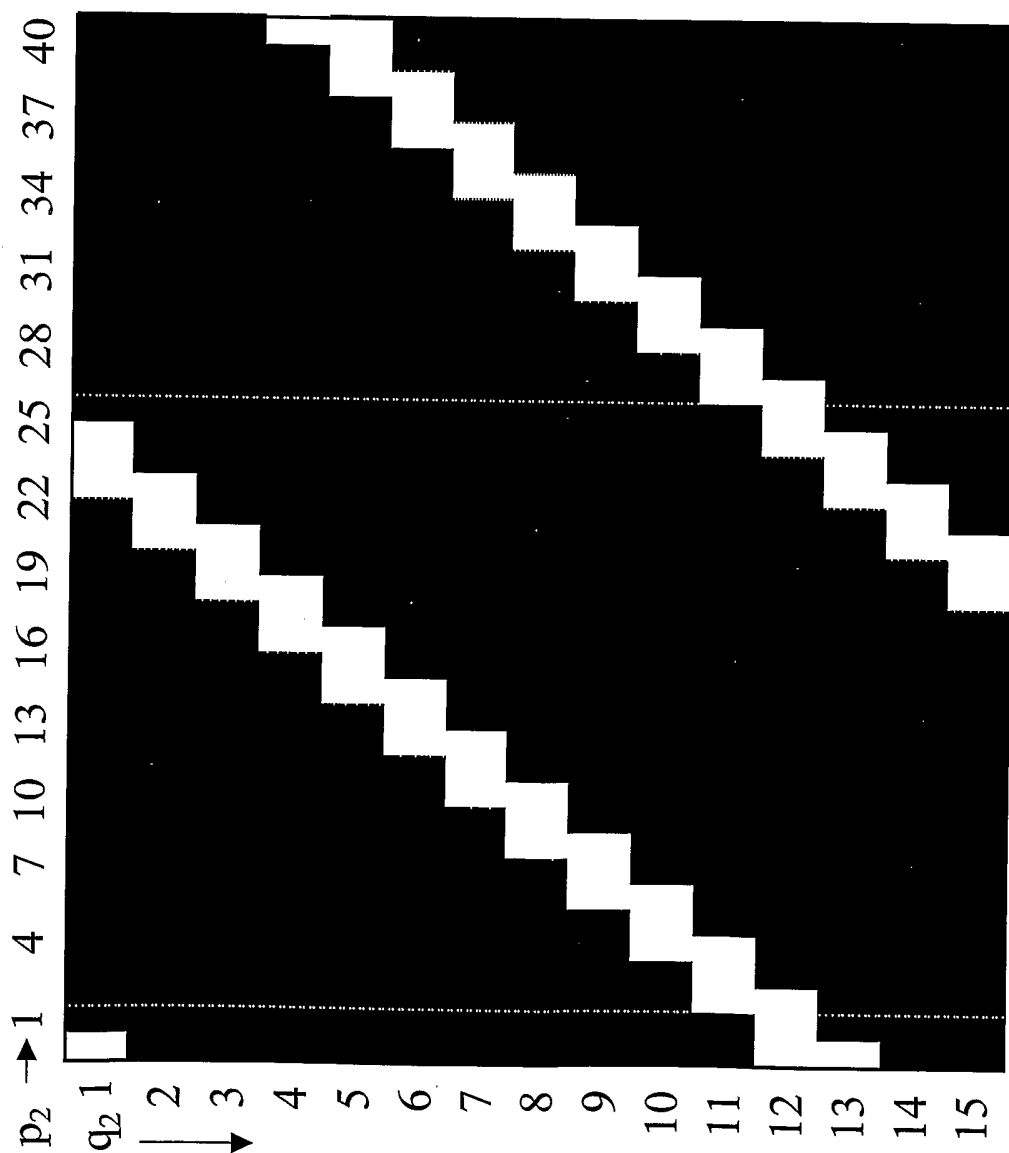


Fig.28

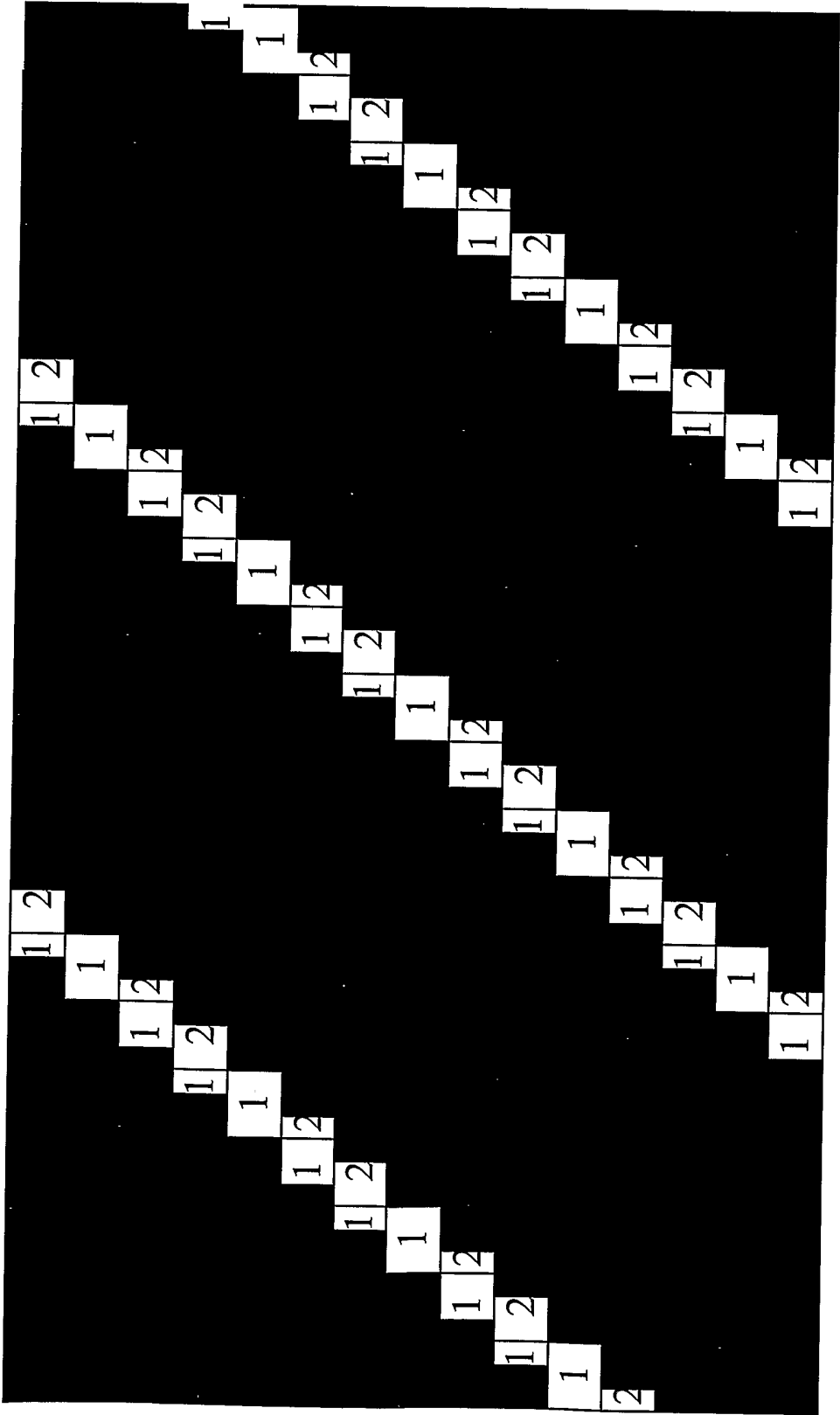


Fig.29

29/36

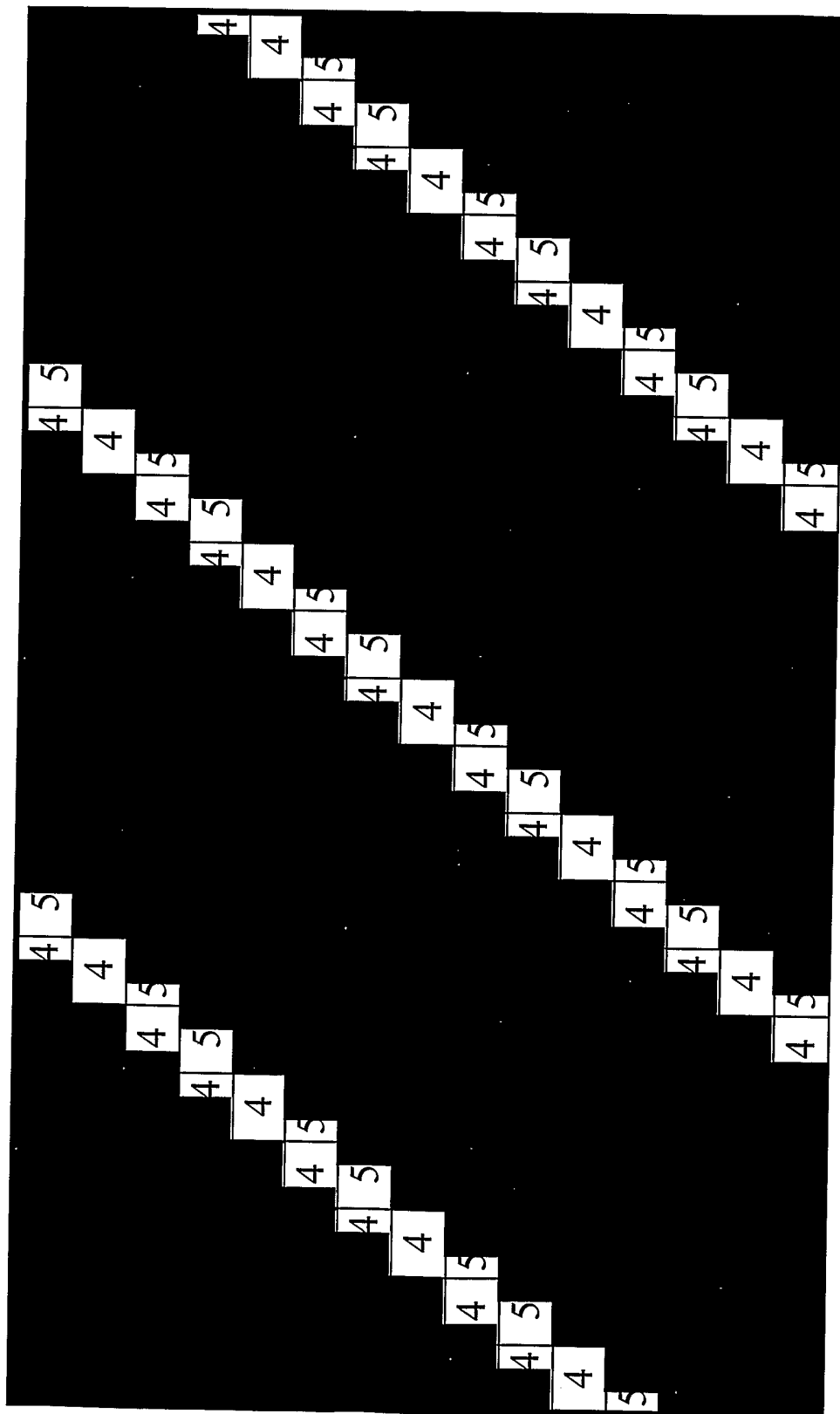


Fig.30

30/36

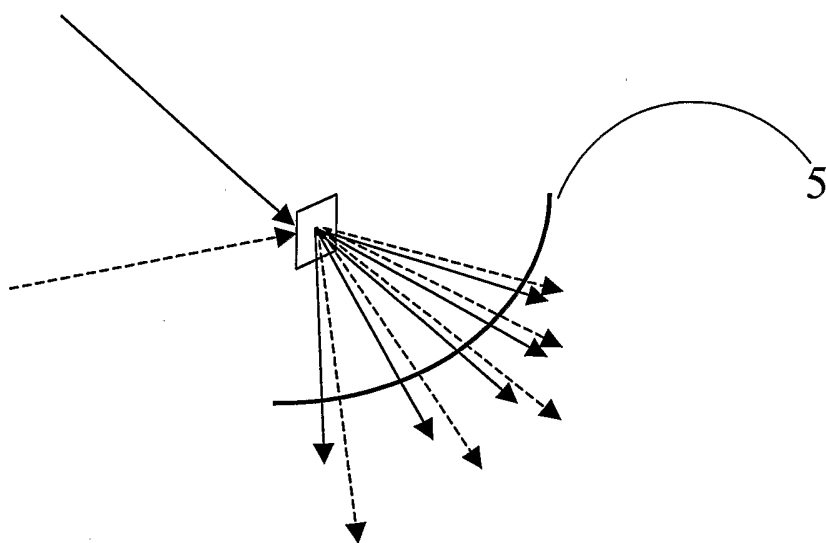


Fig.31

31/36

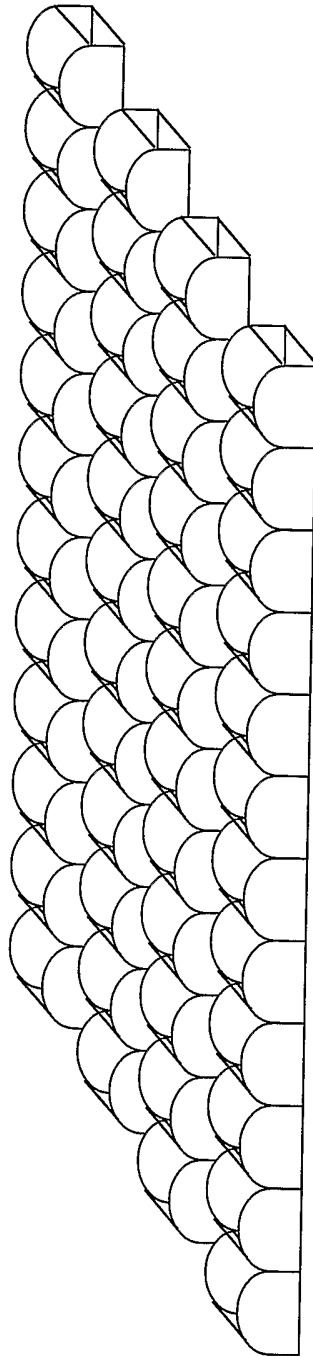


Fig.32

		i → 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21																				
j ↓	1	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
	2	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
	5	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
	6	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	7	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
	8	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
	9	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	10	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
	11	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
	12	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	13	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
	14	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
	15	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	16	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1

Fig.33

33/36

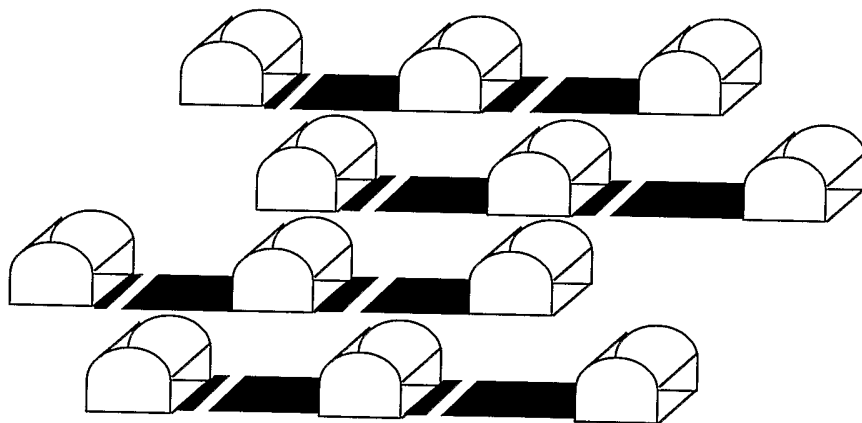


Fig.34

34/36

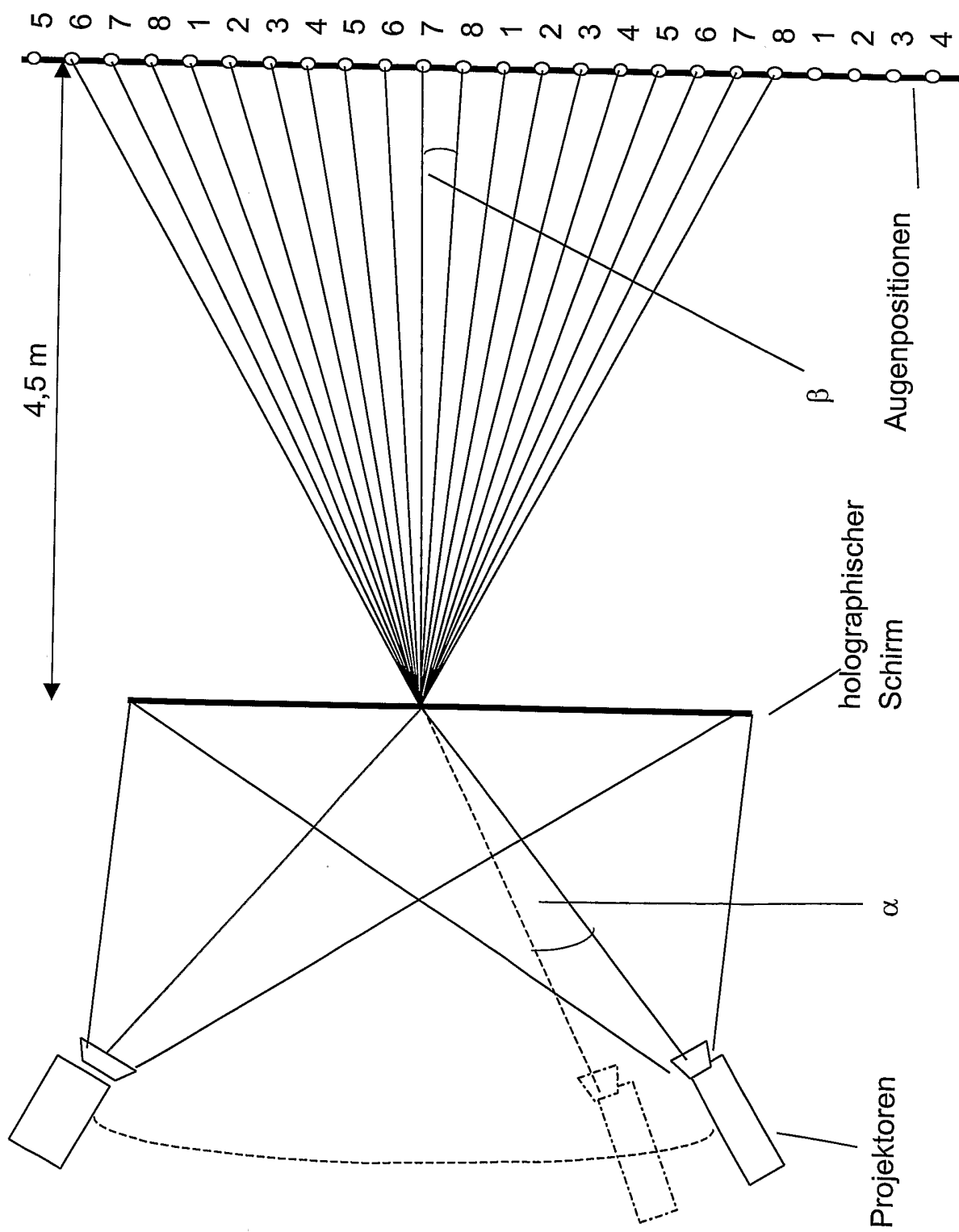
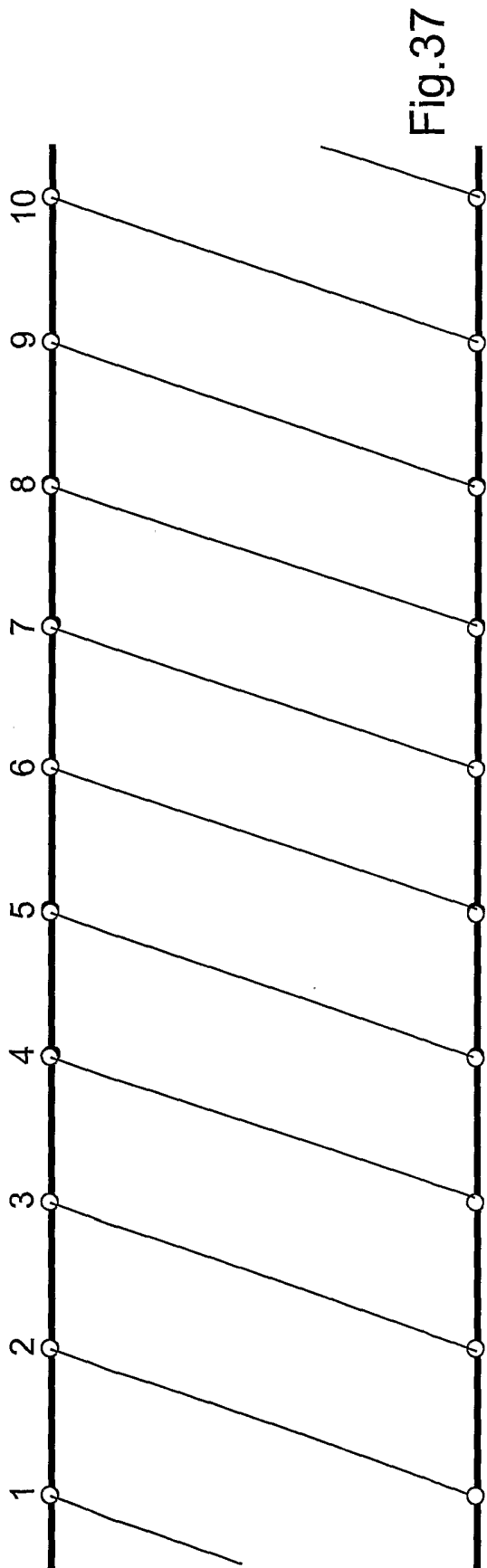
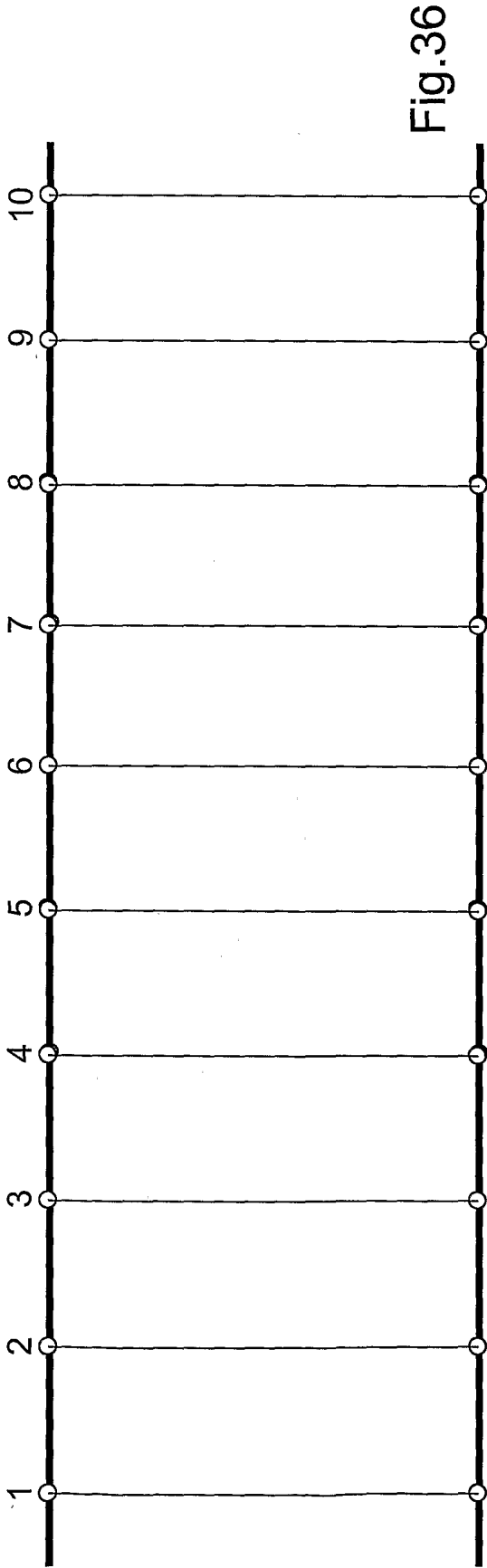


Fig.35



36/36

Fig.38

