

(19)



(11)

EP 3 626 476 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
25.03.2020 Patentblatt 2020/13

(51) Int Cl.:
B42D 25/328 (2014.01)

(21) Anmeldenummer: **19196918.7**

(22) Anmeldetag: **12.09.2019**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

• **Technische Universität Dresden**
01069 Dresden (DE)

(72) Erfinder:
• **Lasagni, Andrés Fabián**
01277 Dresden (DE)
• **Voisiat, Bogdan**
01067 Dresden (DE)

(30) Priorität: **24.09.2018 DE 102018216221**

(74) Vertreter: **Pfenning, Meinig & Partner mbB**
Patent- und Rechtsanwälte
An der Frauenkirche 20
01067 Dresden (DE)

(71) Anmelder:
• **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER STRUKTURIERTEN OBERFLÄCHE AUF EINEM GEGENSTAND**

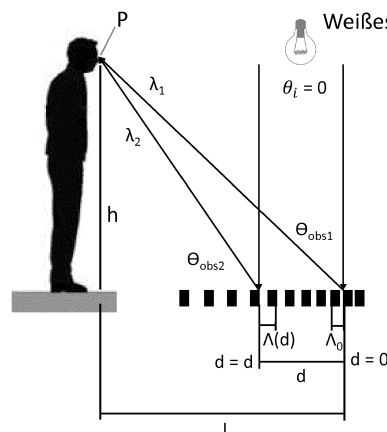
(57) Bei dem Verfahren wird die Gesamtfläche der strukturierten Oberfläche in Teilflächen (1, 2, 3, ..., n) eingeteilt und dort wird mit Laserstrahlung ausgebildeten Strukturelementen jeweils eine periodische Struktur mit einer Strukturperiode $\Lambda(d)$ ausgebildet, so dass von einer Beobachtungsposition (P) mehrere Teilflächen (1, 2, 3, ..., n), die in unterschiedlichen Abständen und Winkeln zur Beobachtungsposition (P) diskret zueinander angeordnet sind, jeweils eine Abbildung mit gleichem

Farbeindruck mit gleicher Wellenlänge λ bei einer Bestrahlung der strukturierten Oberfläche mit weißem Licht erfass- oder erkennbar ist. Die Strukturperiode $\Lambda(d)$ der einzelnen Teilflächen (1, 2, 3, ..., n) wird nach der Gleichung

$$\Lambda(d) = m\lambda / (\sin(\theta_i) - \sin(\theta_{\text{obs}}(d)))$$

bestimmt.

$$\theta_{\text{obs1}} = \arctan\left(\frac{L}{h}\right) \quad \Lambda(d) = \frac{m\lambda}{\sin(\theta_i) - \sin(\theta_{\text{obs2}}(d))} \quad \theta_{\text{obs2}}(d) = \arctan\left(\frac{L-d}{h}\right)$$



θ_i = Einfallswinkel des weißen Lichts
 $\lambda_1 = \Lambda_0 \sin(\theta_{\text{obs1}})$
 $\lambda_2 = \Lambda(d) \sin(\theta_{\text{obs2}}(d))$
 $\lambda_1 = \lambda_2$
 $\theta_{\text{obs1}} \neq \theta_{\text{obs2}}$

Gleiche Farbe

Fig. 1

EP 3 626 476 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer strukturierten Oberfläche auf einem Gegenstand. Dabei soll eine strukturierte Oberfläche so ausgebildet werden, dass definierte Farbeffekte infolge Brechungseffekten beim Bestrahlen der Oberfläche hervorgerufen werden können.

[0002] In der jüngeren Vergangenheit wurden neue Laserstrukturierungsverfahren in die Praxis eingeführt, mit denen Strukturen, die auch optisch wirken und visuell erfasst werden, mit hoher Produktivität und in kurzer Zeit auf ausreichend großen Flächenbereichen ausgebildet werden können.

[0003] Dies trifft zum einen auf das Verfahren der laserinduzierte periodische Mikrostrukturen (auf English Laser Induced Periodic Surface Structures), bei denen polarisierte Laserstrahlung zur Ausbildung von Strukturelementen eingesetzt wird (LIPSS) zu. Noch besser geeignet sind Verfahren der direkten Laserinterferenzstrukturierung (DLIP), da damit eine noch größere Produktivität und Vielfalt bei der Ausbildung von periodischen Strukturelementen erreicht werden kann.

[0004] Mit entsprechend an Oberflächen vorhandenen Strukturelementen können durch Brechungseffekte auftretender elektromagnetischer Strahlung je nach Einfallswinkel und dem Winkel in Bezug zu einer Beobachtungsposition unterschiedliche Farbeindrücke an einer entsprechend strukturierten Oberfläche hervorgerufen werden.

[0005] Insbesondere durch die jeweilige Beobachtungsposition und die Größe der beobachteten bzw. erfassten entsprechend strukturierten Flächengröße tritt dabei der Effekt auf, dass durch die unterschiedlichen Winkelverhältnisse keine größeren Flächenbereiche einen gleichen Farbeindruck mit gleicher Farbe mit bestimmter Wellenlänge hervorrufen. So wechselt die jeweilige Farbe entsprechend mit dem Betrachtungswinkel θ , beispielsweise von rot zu orange bis gelb, obwohl die Strukturelemente mit einer Periodenstruktur Λ für eine rote Wellenlänge ausgebildet worden sind.

[0006] In der Regel werden so auf einer Fläche immer mehrere Farben gebrochen und reflektiert, so dass ein Regenbogeneffekt zu verzeichnen ist. Die Farbe weiß kann mit den bekannten Strukturierungen gar nicht erreicht werden.

[0007] Für bestimmte Anwendungen, beispielsweise für Produktkennzeichnungen ist es aber gewünscht dass bestimmte größere entsprechend strukturierte Oberflächenbereiche ausgehend von einer Beobachtungsposition einen gleichen Farbeindruck hervorrufen und in Richtung Beobachtungsposition elektromagnetische Strahlung von diesem oder mehreren so strukturierten Oberflächenbereichen mit gleicher Wellenlänge oder in gleicher Farbe in Richtung Beobachtungsposition reflektiert werden sollen. Dies ist aber bisher nicht in ausreichendem Maß erreicht worden.

[0008] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, Möglich-

keiten anzugeben, mit denen größere Oberflächenbereiche einer mit periodisch angeordneten Strukturelementen versehenen Oberfläche eines Gegenstandes einen gleichen Farbeindruck in gleicher Farbe bei Betrachtung oder Abbildung von oder an einer Beobachtungsposition hervor zu rufen.

[0009] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einem Verfahren, das die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist, gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung können mit in untergeordneten Ansprüchen bezeichneten Merkmalen realisiert werden.

[0010] Bei dem Verfahren zur Herstellung einer strukturierten Oberfläche wird auf einem Gegenstand die Gesamfläche der strukturierten Oberfläche in Teilflächen eingeteilt.

[0011] In den einzelnen Teilflächen wird mittels Laserstrahlung ausgebildeten Strukturelementen jeweils eine periodische Struktur mit einer Strukturperiode $\Lambda(d)$ ausgebildet, so dass von einer Beobachtungsposition mehrere Teilflächen, die in unterschiedlichen Abständen und Winkeln zur Beobachtungsposition diskret zueinander angeordnet sind, jeweils eine Abbildung mit gleichem Farbeindruck mit gleicher Wellenlänge λ bei einer Bestrahlung der strukturierten Oberfläche mit weißem Licht erfasst oder erkannt werden.

[0012] Dabei wird die Strukturperiode $\Lambda(d)$ der einzelnen Teilflächen nach der Gleichung

$$\Lambda(d) = m\lambda / (\sin(\theta_i) - \sin(\theta_{\text{obsn}}(d)))$$

bestimmt.

[0013] Dabei ist θ_i der Einfallswinkel des weißen Lichts auf die strukturierte Oberfläche; λ_i die jeweilige vorgegebene Wellenlänge der jeweiligen Farbe des Farbeindrucks der jeweiligen Teilfläche, $\theta_{\text{obsn}}(d=0)$ der Winkel ausgehend von der Beobachtungsposition bis zur jeweiligen Teilfläche n , der sich nach der Gleichung

$$\theta_{\text{obsn}}(d=0) = \arctan(L/h)$$

berechnet.

[0014] Dabei ist wiederum L der Abstand der jeweiligen Teilfläche in horizontaler Richtung zur Beobachtungsposition und h der Abstand der jeweiligen Teilfläche in vertikaler Richtung zur Beobachtungsposition.

[0015] Die Beobachtungsposition wird dabei entweder von den Augen einer Person oder von dem Ort einer Kamera in Bezug zu den Teilflächen bestimmt. Die Richtungen horizontal und vertikal können auch in anderen Achsen liegen, wenn die jeweilige erfindungsgemäß strukturierte Oberfläche nicht parallel zur Horizontalen ausgerichtet ist.

[0016] Wird durch eine Bewegung, bevorzugt eine sukzessive Bewegung die Beobachtungsposition in Bezug zur strukturierten Fläche verändert, so ändert sich

auch der erfassbare oder wahrnehmbare Farbeindruck. So kann beispielsweise ein vorher mit entsprechend strukturierten Teilflächen gebildeter Oberflächenbereich von gelb nach orange und von orange nach rot wechseln.

[0017] Ein Gegenstand kann beispielsweise ein Produkt sein, das mit der erfindungsgemäß hergestellten strukturierten Oberfläche gekennzeichnet oder auch beispielsweise zu Werbezwecken genutzt werden kann.

[0018] Die jeweilige Strukturperiode $\Lambda(d)$ von Teilflächen wird durch die Abstände von nebeneinander angeordneten Strukturelementen vorgegeben. Die Strukturperiode $\Lambda(d)$ sollte in jeder Teilfläche konstant gehalten sein. Kleine Variationen der Strukturperiode $\Lambda(d)$ innerhalb einer Teilfläche können jedoch toleriert werden. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn die Winkeldifferenz ausgehend von der Beobachtungsposition bis zu den vorderen und hinteren Abständen der jeweiligen Teilfläche berücksichtigt worden ist.

[0019] Für die Herstellung eines strukturierten Oberflächenbereichs bei dem mehrere Teilflächen, die in unterschiedlichen Abständen zur Beobachtungsposition in horizontaler Richtung angeordnet sind und einen Farbeindruck mit gleicher Farbe mit gleicher Wellenlänge λ hervorrufen sollen, soll der Winkel $\theta_{\text{obs}2}$ ausgehend von der Beobachtungsposition bis zur am weitesten entfernten Teilfläche so berücksichtigt werden, dass

$$\theta_{\text{obs}2}(d) = \arctan((L - d)/h)$$

ist und dabei ist d der Abstand zwischen der zur Beobachtungsposition am weitesten und der am nächsten in horizontaler Richtung angeordneten Teilfläche.

[0020] Die Teilflächen sollten mit einem Durchmesser oder einer Länge der Flächendiagonale im Bereich 0,0003 mm bis 1,0000 mm strukturiert werden.

[0021] Die Teilflächen sollten mit Strukturelementen, die infolge eines Werkstoffabtrags, eines Umschmelzprozesses oder einer Modifizierung des Werkstoffs des Gegenstands oder einer an der Oberfläche ausgebildeten Beschichtung, die lokal definiert angeordnet sind, ausgebildet werden. Dabei kann bei einem Umschmelzprozess eine Volumenveränderung im mit Laserstrahlung bestrahlten Bereich erreicht werden. Durch Umschmelzen oder auch eine Modifizierung des Werkstoffs im mit Laserstrahlung bestrahlten Oberflächenbereich kann aber auch bei den so erhaltenen Strukturelementen eine Veränderung des optischen Brechungsindex, der Transparenz und/oder der Reflektivität erreicht werden.

[0022] Es besteht auch die Möglichkeit, die Größe der Teilflächen mit größerem Abstand zur Beobachtungsposition zu vergrößern und/oder die Strukturperiode $\Lambda(d)$ mit kleinerem Abstand zur Beobachtungsposition zu verkleinern.

[0023] Vorteilhaft können Teilflächen, die einen roten, grünen und blauen Farbeindruck hervorrufen unmittelbar nebeneinander ausgebildet werden, so dass ein so aus-

gebildeter Oberflächenbereich bei Bestrahlung mit weißem Licht einen von den Farben rot, grün und blau abweichenden homogenen, insbesondere einen weißen Farbeindruck in diesem Oberflächenbereich hervorruft. Dabei sollten die Teilflächen, die die unterschiedlichen Farbeindrücke grün, blau und rot hervorrufen, in regelmäßiger Anordnung nebeneinander ausgebildet werden.

[0024] Es kann auch ein Einfluss auf einen erreichbaren Farbeindruck oder die Intensität des Farbeindrucks, dadurch erreicht werden, dass Teilflächen, die zwar eine konstante Strukturperiode $\Lambda(d)$ aufweisen, sich aber in der Höhe bzw. Tiefe mit der Strukturelemente in entsprechenden Teilflächen ausgebildet worden sind, unterscheiden.

[0025] Teilflächen können sich teilweise überlappend ausgebildet werden. Dabei sollten innerhalb von Teilflächen, die in einem zumindest nahezu gleichen Abstand zur Beobachtungsposition angeordnet sind, gleiche Strukturierungen ausgebildet werden. Eine überlappende Ausbildung bietet sich bei kleinem Abstand bis zur jeweiligen Beobachtungsposition an.

[0026] Bei größerem Abstand können auch Abstände zwischen nebeneinander angeordneten Teilflächen gewählt werden.

[0027] Mittels Laserstrukturierung können zum Beispiel linienförmige, punktförmige, kreuzförmige oder säulenförmige Strukturelemente ausgebildet werden. Nichtlinienförmig ausgebildete Strukturelemente sollten aber bevorzugt in einer Reihenanordnung ausgebildet werden.

[0028] Es können an einer auf einem Gegenstand ausgebildeten strukturierten Oberfläche Teilflächen mit unterschiedlicher Größe und/oder Strukturelemente mit unterschiedlicher Ausrichtung der jeweiligen Strukturelemente ausgebildet werden.

[0029] Es sollten Strukturelemente in den Teilflächen ausgebildet werden, die möglichst homogen sind, was beispielsweise die Tiefe oder Höhe und die Ausdehnung in mindestens eine Achsrichtung betrifft.

[0030] Wie bereits eingangs angedeutet, eignen sich Laserstrukturierungsverfahren, wie das LIPSS und insbesondere das DLIP auch mit seinen Ausführungsformen.

[0031] Bei den DLIP-Verfahren kann die jeweilige Strukturperiode $\Lambda(d)$ durch geeignete Wahl der Einfallswinkel, der miteinander interferierenden Laserteilstrahlen beeinflusst werden. So ergibt sich bei zwei Teilstrahlen die Strukturperiode Λ gemäß der Gleichung

$$\Lambda = \lambda / 2 \sin(\theta).$$

[0032] Dabei ist λ die Wellenlänge der Laserstrahlung und θ der halbe Winkel zwischen den einfallenden Teilstrahlen. So können Strukturen ausgebildet werden, die so klein sind, wie die Hälfte der Laserstrahlwellenlänge,

die zur Ausbildung von Strukturelementen eingesetzt wird.

[0033] Technische Lösungen, wie sie in DE 10 2016 215 160 A1 oder DE 10 2013 004 869 B4 beschrieben sind, sind besonders geeignet. Auf ihren Offenbarungsgehalt soll hier vollinhaltlich Bezug genommen werden.

[0034] Nachfolgend soll die Erfindung beispielhaft erläutert werden.

[0035] Dabei zeigen:

Figur 1 die Abhängigkeit der erforderlichen Strukturperiode $\Lambda(d)$ von Teilflächen von der jeweiligen Beobachtungsposition in schematischer Form;

Figur 2 die Abhängigkeit der erforderlichen Strukturperiode $\Lambda(d)$ von Teilflächen vom jeweiligen Abstand zur jeweiligen Beobachtungsposition in schematischer Form;

Figur 3 bis 8 mögliche Beispiele für Strukturierungen von Teilflächen;

Figur 9 mit mehreren nebeneinander angeordneten Teilflächen, die auf unterschiedliche Farbeindrücke strukturiert sind, erreichbare Farbeffekte und

Figur 10 erreichbare Farbeffekte bei einer herkömmlichen und einer erfindungsgemäß hergestellten Strukturierung.

[0036] Mit Figur 1 soll verdeutlicht werden, welchen Einfluss eine Beobachtungsposition P auf die jeweilige erforderliche Strukturperiode $\Lambda(d)$ von Teilflächen hat, wenn von mehreren oder allen Teilflächen von einer Beobachtungsposition P gleichzeitig ein gleicher Farbeindruck mit möglichst einer gleichen Wellenlänge λ erfasst bzw. erkannt werden soll.

[0037] Es wird deutlich, dass der Abstand L in horizontaler Richtung und die Höhe h in vertikaler, also der Richtung senkrecht zum Abstand L einen erheblichen Einfluss haben. Dies trifft auch auf den Einfallswinkel θ_i des weißen Lichts zu, der bei diesem Beispiel bei 0° gewählt wurde.

[0038] Auch durch eine Drehung oder die Einnahme einer anderen Winkelstellung in Bezug zur Beobachtungsposition kann man den von der Beobachtungsposition erfassbaren Farbeindruck bzgl. der erkennbaren Farbe(n) verändern.

[0039] Unter Berücksichtigung der in Figur 1 gezeigten Gleichungen kann die Strukturperiode $\Lambda(d)$ für jede einzelne Teilfläche berechnet und dann bei der Laserstrukturierung der jeweiligen Teilflächen berücksichtigt werden, wenn mit mehreren Teilflächen ein jeweils gleicher Farbeindruck von einer Beobachtungsposition P erreicht werden soll.

[0040] Dabei kann man auch das jeweilige Blick- oder Erfassungsfeld, das von einer Person, wie gezeigt, oder einer Kamera erfasst werden kann, berücksichtigen.

Dies ist mit den Winkeln $\theta_{\text{obs}1}$ und $\theta_{\text{obs}2}$ angedeutet.

[0041] Die Veränderung der Strukturperiode $\Lambda(d)$ in Abhängigkeit des Abstandes d von Teilflächen 1, 2, 3, ..., n ist in der linken Darstellung von Figur 2 eindimensional und in der rechten Darstellung zweidimensional verdeutlicht.

[0042] Man kann erkennen, dass sich die Strukturperiode $\Lambda(d)$ mit größer werdendem Abstand d von der Beobachtungsposition vergrößert. Die einzelnen Strukturelemente weisen also dann mit größer werdendem Abstand kleinere Abstände zueinander auf.

[0043] In der rechten Darstellung von Figur 2 kann man erkennen, wie sich Strukturperioden $\Lambda(d)$ verändern sollten, wenn die Beobachtungsposition nicht mittig vor der strukturierten Gesamtfläche, die mit den Teilflächen 1, 2, 3, gebildet worden ist, angeordnet ist. Durch eine Veränderung der jeweiligen Beobachtungsposition P kann sich der Farbeindruck von Teilflächen verändern.

[0044] Der rechten Darstellung von Figur 2 kann man auch die Möglichkeit sich verändernder Strukturperioden $\Lambda(d)$ an Teilflächen 1, 2, 3, ..., n die in vertikaler und senkrechter Richtung in Bezug zur jeweiligen Beobachtungsposition P, also in zwei senkrecht zueinander ausgerichteten Achsrichtungen entsprechend strukturiert werden können.

[0045] Aus dieser Darstellung geht auch hervor, dass man an einer auf einem Gegenstand ausgebildeten strukturierten Oberfläche auch Teilflächen 1, 2, 3, ... Mit unterschiedlicher Größe ausbilden kann.

[0046] Die Abhängigkeit der jeweiligen Strukturperiode $\Lambda(d)$ vom Abstand d der Teilflächen 1, 2 und 3 zu der jeweiligen Beobachtungsposition P kann man auch in Figur 3 erkennen. Dabei sind die Teilflächen 1, 2 und 3 jeweils mit linienförmigen Strukturelementen versehen worden, deren Abstand zueinander in den einzelnen Teilflächen 1, 2 und 3 die Strukturperiode $\Lambda(d)$ bestimmt. Hier sind die Teilflächen 1, 2 und 3 kreisförmig ausgebildet und unmittelbar nebeneinander angeordnet ausgebildet worden.

[0047] Die in Figur 4 gezeigten Teilflächen 1, 2 und 3 weisen Abstände zueinander auf.

[0048] Bei der Figur 5 wurden Teilflächen 1, 2 und 3 sich teilweise überlappend ausgebildet. Dabei überlappen sich Teilflächen 1, 2 und 3 die jeweils die gleiche Strukturperiode $\Lambda(d)$ aufweisen.

[0049] In Figur 6 ist gezeigt, dass auch Teilflächen 1, 2 und 3 ausgebildet werden können, die versetzt zueinander angeordnet sind.

[0050] Die Figur 7 zeigt die Möglichkeit, dass Teilflächen 1, 2 und 3 versetzt zueinander und sich teilweise überlappend ausgebildet werden können.

[0051] Bei den in den Figuren 3 bis 7 gezeigten Oberflächenbereichen der strukturierten Oberfläche konnte mit den entsprechenden Anordnungen von Teilflächen 1, 2 und 3 unter Einhaltung der jeweiligen Strukturperioden $\Lambda(d)$ in Abhängigkeit vom Abstand zur Beobachtungsposition erreicht werden, dass man von dort bei Bestrahlung der strukturierten Oberfläche jeweils den glei-

chen Farbeindruck erkennen bzw. erfassen kann.

[0052] In Figur 8 sind sechs Beispiele für mögliche Ausbildungen von Strukturelementen an Teilflächen gezeigt. Dabei weisen die drei in der oberen Reihe gezeigten Teilflächen linienförmige Strukturelemente mit unterschiedlicher Winkelausrichtung auf.

[0053] In der linken unteren Darstellung sind in einer Teilfläche linienförmige Strukturelemente mit unterschiedlicher Ausrichtung, bei diesem Beispiel senkrechter Ausrichtung zueinander ausgebildet worden. Die beiden daneben in der unteren Reihe gezeigten Beispiele von Teilflächen weisen unterschiedliche punktförmige Strukturelemente, deren Abstände zueinander die jeweilige Strukturperiode $\Lambda(d)$ bestimmen.

[0054] Mit Figur 9 soll verdeutlicht werden, wie man Oberflächenbereiche einer erfindungsgemäß strukturierten Oberfläche mit Teilflächen, die in Abhängigkeit der jeweiligen Beobachtungsposition mit Strukturperioden $\Lambda(d)$ für rotes, grünes und blaues Licht strukturiert worden und entsprechend zueinander angeordnet sind, erhalten kann, die jeweils gleiche homogene Farbeindrücke hervorrufen. Bei dem gezeigten Beispiel sind dies die Farben rot, gelb, grün, blau, Cyan, Magenta und weiß.

[0055] Figur 10 zeigt einen Vergleich einer herkömmlich strukturierten Oberfläche, bei der regenbogenförmige Farbeindrücke auftreten in der linken Darstellung. Die rechte Darstellung zeigt, wie man durch Anpassungen von Strukturperioden $\Lambda(d)$ in Teilflächen unter Berücksichtigung der jeweiligen Beobachtungsposition gleiche Farbeindrücke erhalten kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer strukturierten Oberfläche auf einem Gegenstand, bei dem die Gesamtoberfläche der strukturierten Oberfläche in Teilflächen (1, 2, 3, ..., n) eingeteilt und in den einzelnen Teilflächen (1, 2, 3, ..., n) mit Laserstrahlung ausgebildeten Strukturelementen jeweils eine periodische Struktur mit einer Strukturperiode $\Lambda(d)$ ausgebildet wird, so dass von einer Beobachtungsposition (P) mehrere Teilflächen (1, 2, 3, ..., n), die in unterschiedlichen Abständen und Winkeln zur Beobachtungsposition (P) diskret zueinander angeordnet sind, jeweils eine Abbildung mit gleichem Farbeindruck mit gleicher Wellenlänge λ bei einer Bestrahlung der strukturierten Oberfläche mit weißem Licht erfassbar oder erkennbar ist und dabei die Strukturperiode $\Lambda(d)$ der einzelnen Teilflächen (1, 2, 3, ..., n) nach der Gleichung

$$\Lambda(d) = m\lambda / (\sin(\theta_i) - \sin(\theta_{\text{obs}}(d)))$$

bestimmt wird, wobei

θ_i der Einfallswinkel des weißen Lichts auf die strukturierte Oberfläche; λ_i die jeweilige vorgegebene Wellenlänge der jeweiligen Farbe des Farbeindrucks der jeweiligen Teilfläche (1, 2, 3, ..., n), $\theta_{\text{obsn}}(d=0)$ der Winkel ausgehend von der Beobachtungsposition (P) bis zur jeweiligen Teilfläche (n), der sich nach der Gleichung

$$\theta_{\text{obsn}}(d=0) = \arctan(L/h)$$

berechnet ist,

wobei L der Abstand der jeweiligen Teilfläche (1, 2, 3, ..., oder n) in horizontaler Richtung zur Beobachtungsposition (P) und h der Abstand der jeweiligen Teilfläche (1, 2, 3, ..., oder n) in vertikaler Richtung zur Beobachtungsposition (P) ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Herstellung eines strukturierten Oberflächenbereichs bei dem mehrere Teilflächen (1, 2, 3, ..., n), die in unterschiedlichen Abständen zur Beobachtungsposition (P) in horizontaler Richtung angeordnet sind und einen Farbeindruck mit gleicher Farbe mit gleicher Wellenlänge λ hervorrufen sollen, der Winkel θ_{obs1} ausgehend von der Beobachtungsposition (P) bis zur am weitesten entfernten Teilfläche so berücksichtigt wird, dass $\theta_{\text{obs2}}(d) = \arctan((L - d)/h)$ ist und dabei d der Abstand zwischen der zur Beobachtungsposition (P) am weitesten und der am nächsten in horizontaler Richtung angeordneten Teilfläche (1, 2, 3, ..., n) ist.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Teilflächen (1, 2, 3, ..., n) mit einem Durchmesser oder einer Länge der Flächendiagonale im Bereich 0,0003 mm bis 1,0000 mm strukturiert werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Teilflächen (1, 2, 3, ..., n) mit Strukturelementen, die infolge eines Werkstoffabtrags, eines Umschmelzprozesses oder einer Modifizierung des Werkstoffs des Gegenstands oder einer an der Oberfläche ausgebildeten Beschichtung, die lokal definiert angeordnet sind, ausgebildet werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Größe der Teilflächen (1, 2, 3, ..., n) mit größerem Abstand zur Beobachtungsposition (P) vergrößert und/oder die Strukturperiode $\Lambda(d)$ mit kleinerem Abstand zur Beobachtungsposition verkleinert wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

che, **dadurch gekennzeichnet, dass** Teilflächen (1, 2, 3, ..., n), die einen roten, grünen und blauen Farbeindruck hervorrufen unmittelbar nebeneinander ausgebildet werden, so dass ein so ausgebildeter Oberflächenbereich bei Bestrahlung mit weißem Licht einen von den Farben rot, grün und blau abweichenden homogenen, insbesondere einen weißen Farbeindruck in diesem Oberflächenbereich hervorruft.

5

10

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Teilflächen (1, 2, 3, ..., n) sich teilweise überlappend ausgebildet werden.

15

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** linienförmige, punktförmige, kreuzförmige oder säulenförmige Strukturelemente ausgebildet werden.

20

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an einer auf einem Gegenstand ausgebildeten strukturierten Oberfläche Teilflächen (1, 2, 3, ..., n) mit unterschiedlicher Größe und/oder Strukturelemente mit unterschiedlicher Ausrichtung der jeweiligen Strukturelemente ausgebildet werden.

25

30

35

40

45

50

55

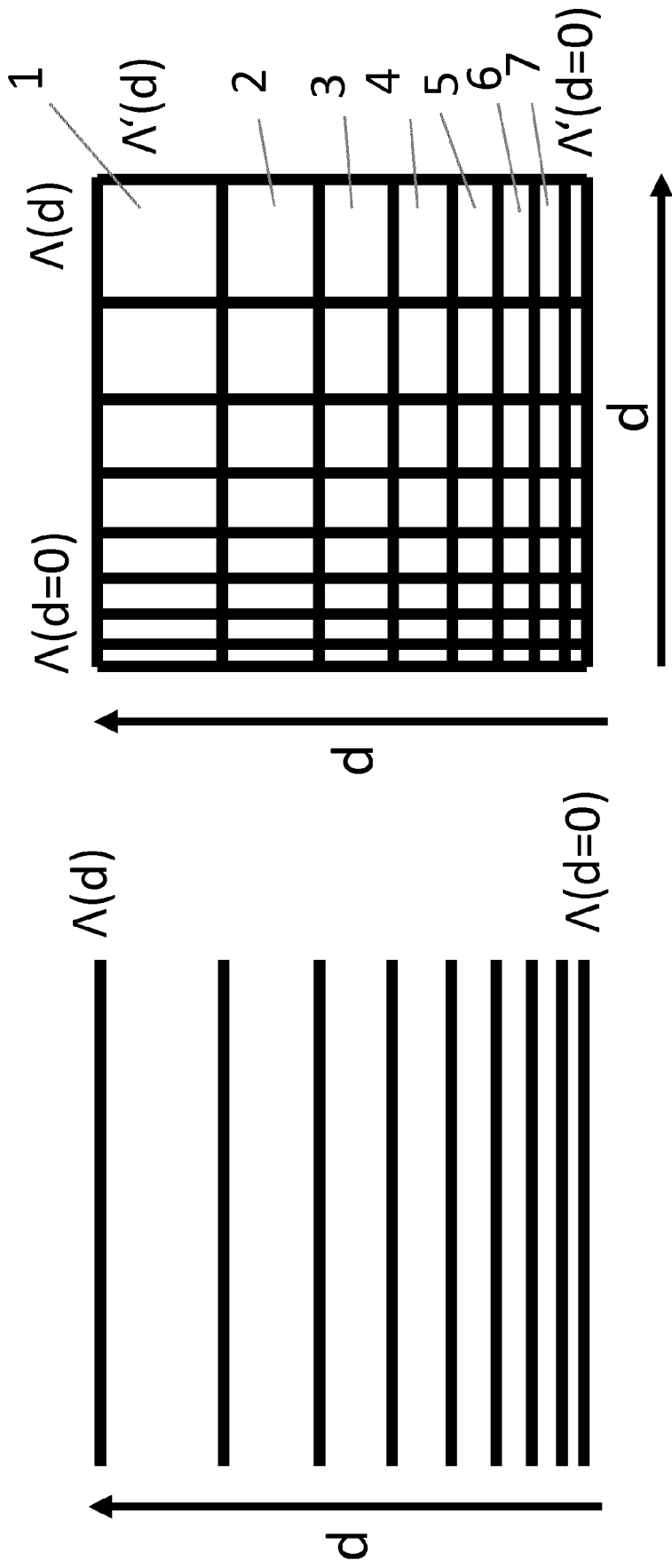


Fig. 2

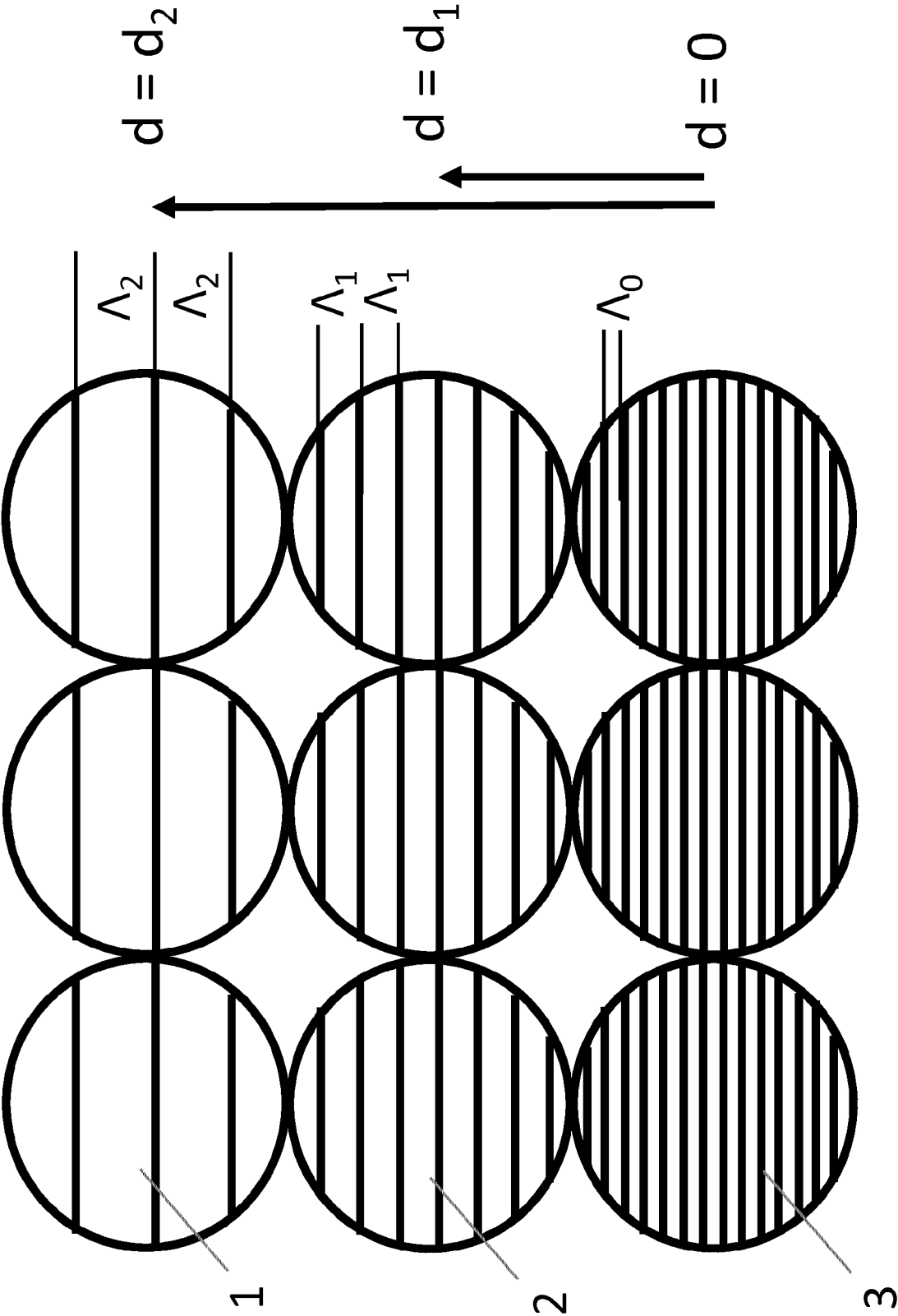
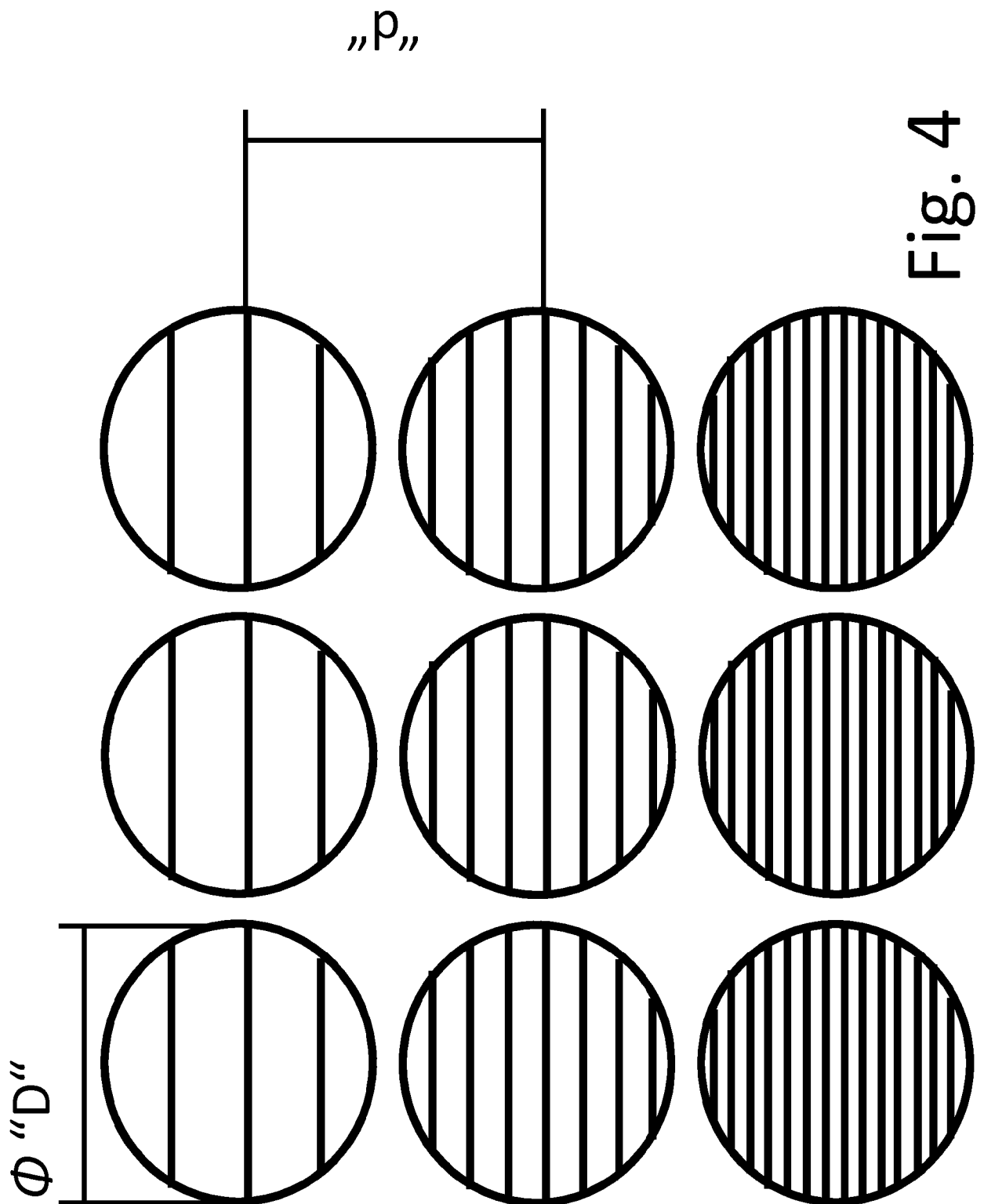


Fig. 3



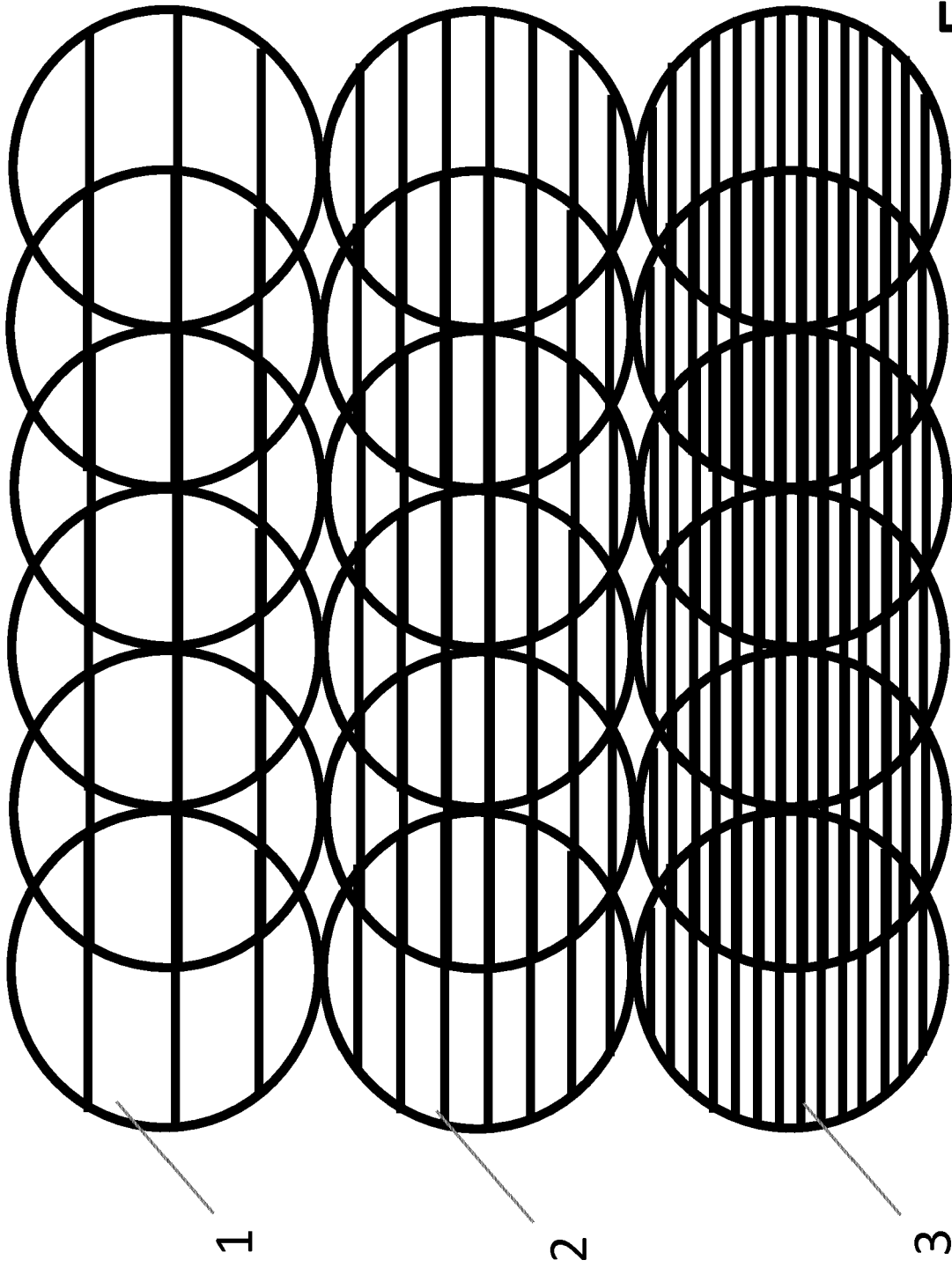


Fig. 5

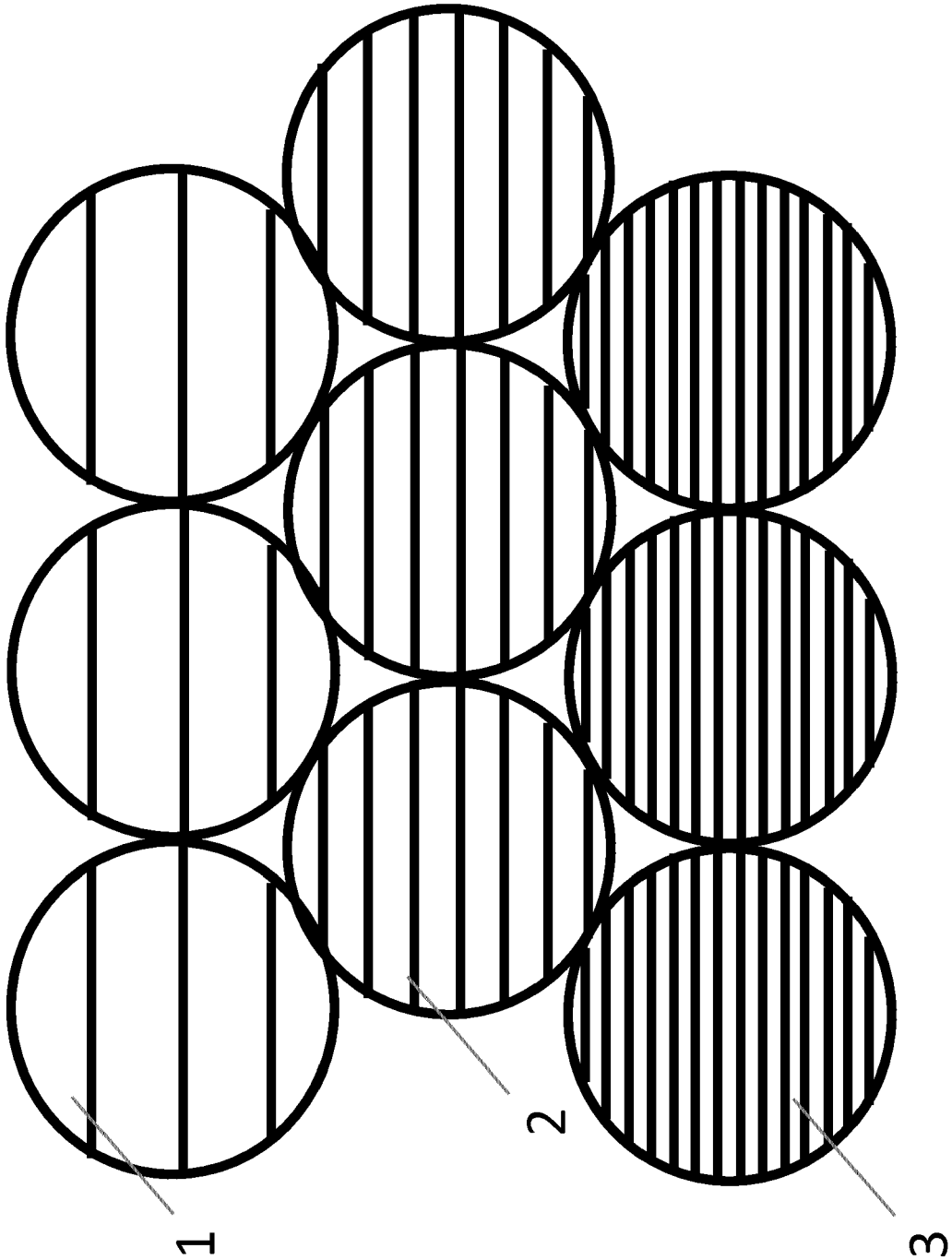


Fig. 6

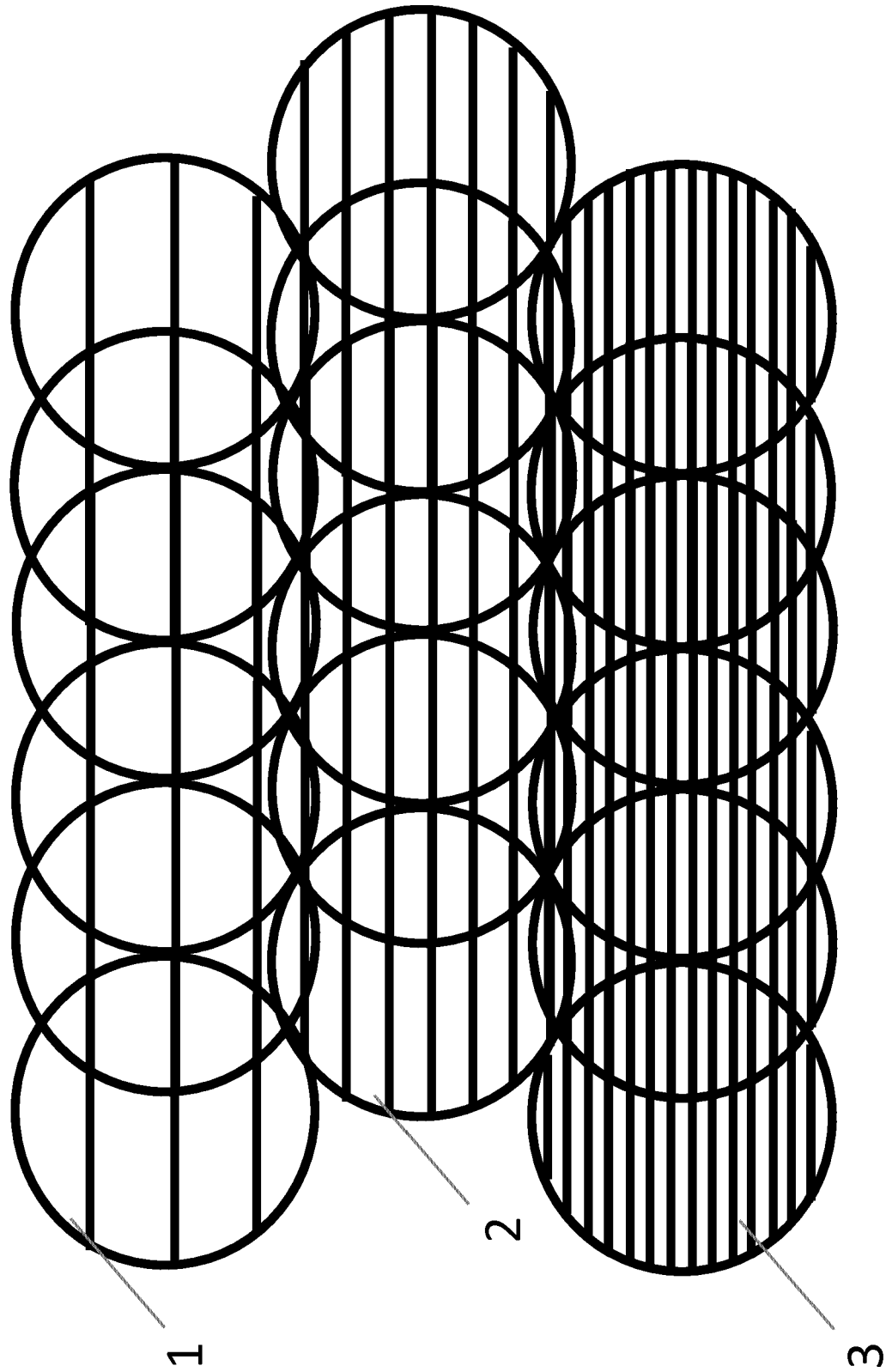


Fig. 7

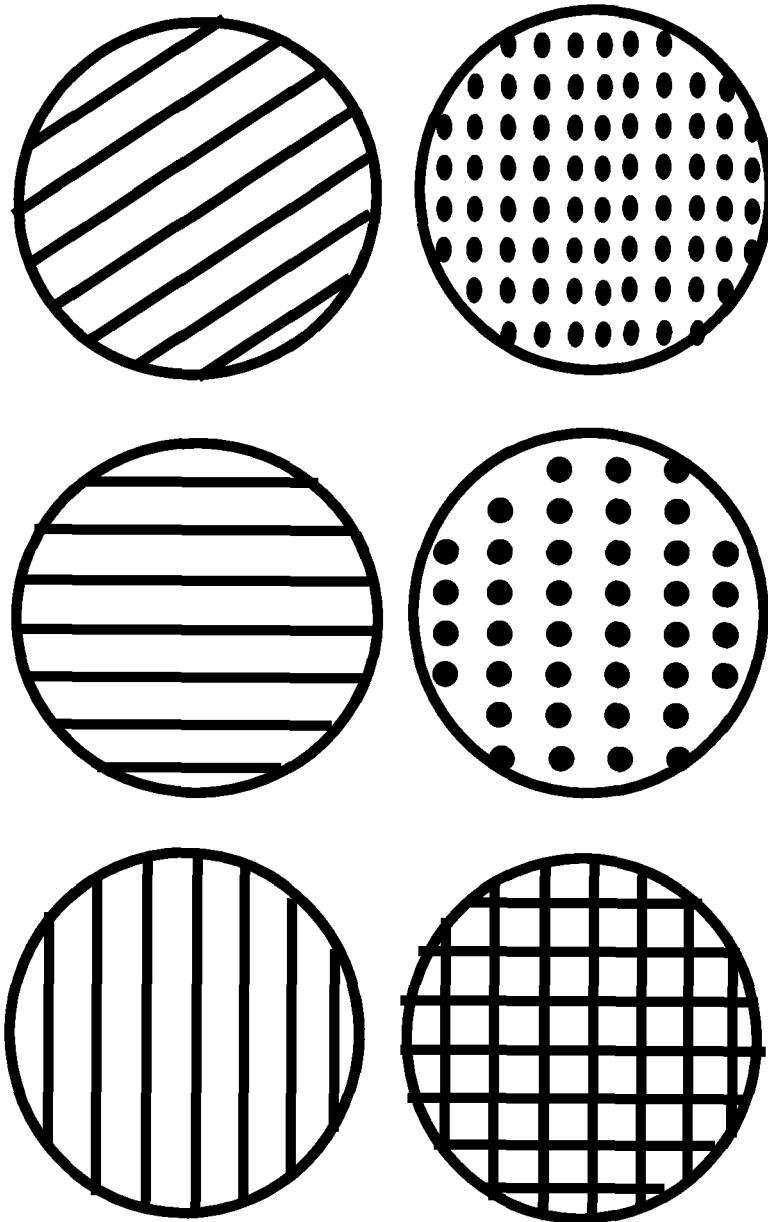


Fig. 8

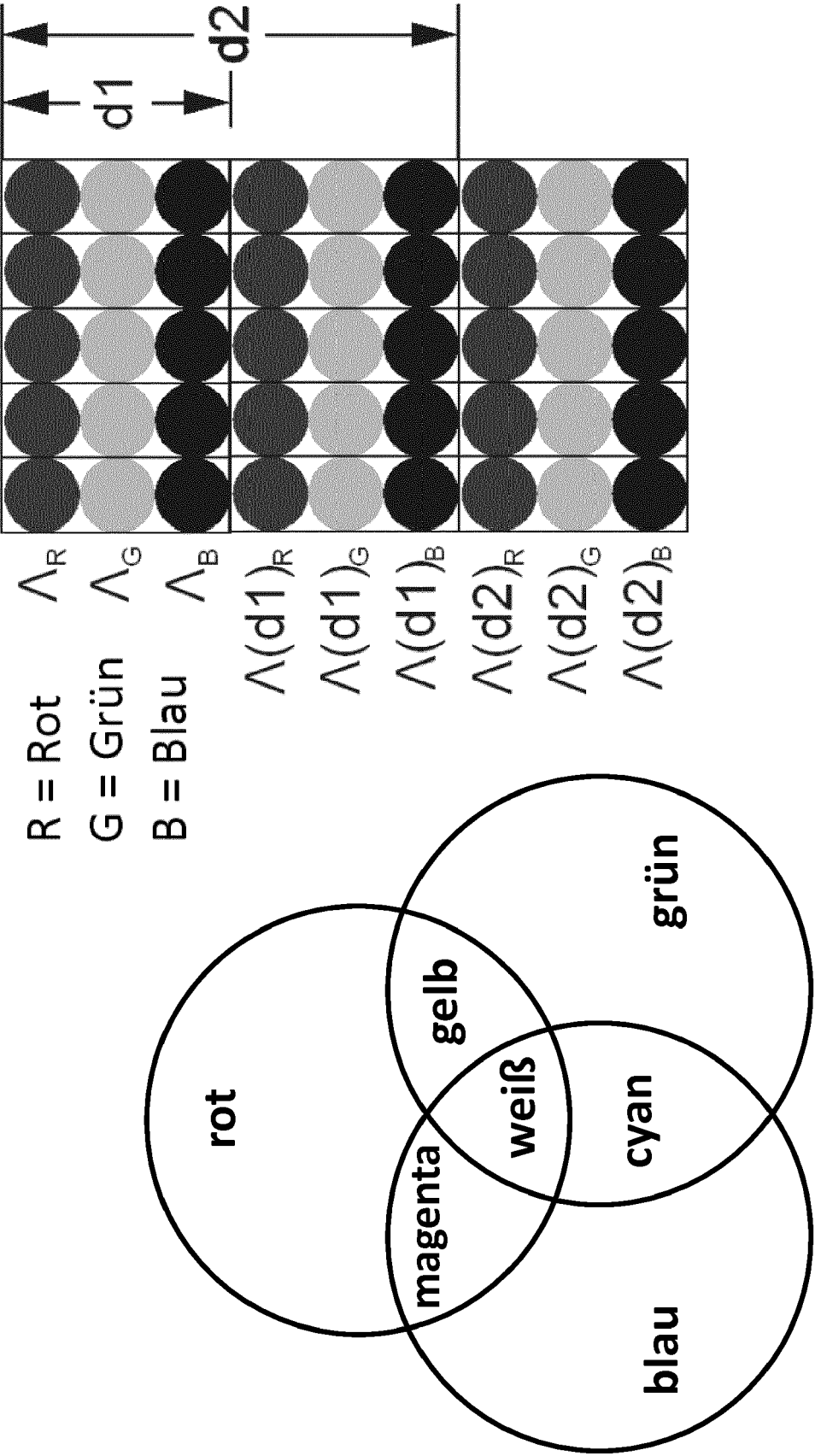
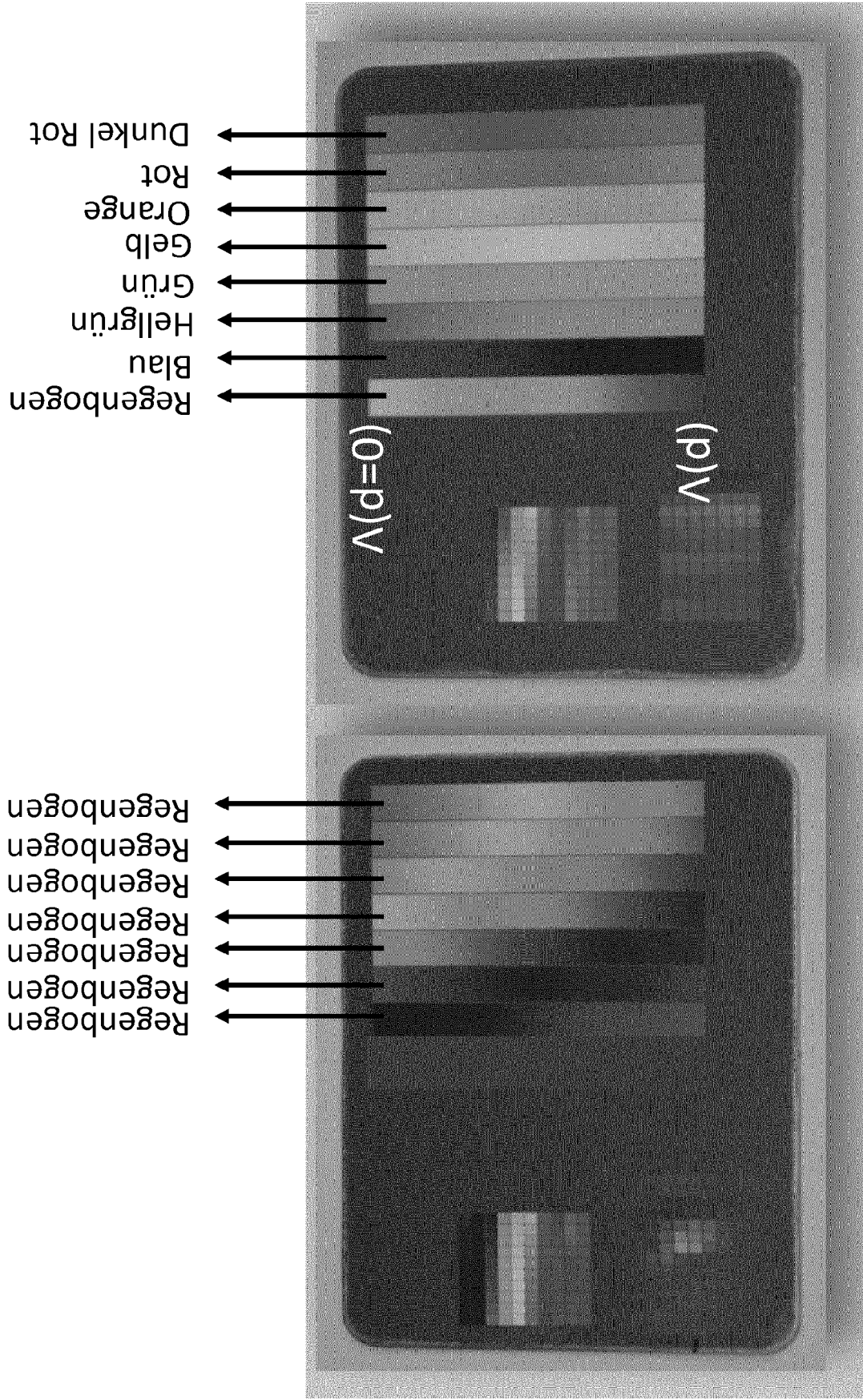


Fig. 9



$$\Lambda(d) = \frac{m\lambda}{\sin(\theta_i) - \sin(\theta_{\text{obs}2}(d))}$$

$$\Lambda = \Lambda_0$$

Fig. 10



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 19 6918

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 2017/358249 A1 (LASAGNI ANDRES FABIAN [DE] ET AL) 14. Dezember 2017 (2017-12-14) * Absätze [0041] - [0051]; Ansprüche; Abbildungen *	1-9	INV. B42D25/328
A	WO 02/091041 A1 (COMMW SCIENT IND RES ORG [AU]; LEE ROBERT ARTHUR [AU]) 14. November 2002 (2002-11-14) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1-9	
A	DE 10 2016 104300 A1 (LEONHARD KURZ STIFTUNG & CO KG [DE]; OVD KINEGRAM AG [CH]) 14. September 2017 (2017-09-14) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1-9	
A	CH 659 433 A5 (LANDIS & GYR AG) 30. Januar 1987 (1987-01-30) * Seite 3, Zeile 23 - Seite 5, Zeile 48; Abbildungen *	1-9	
A	AU 2002 252 818 B2 (SECURENCY INTERNATIONAL PTY LTD [AU]) 25. Oktober 2007 (2007-10-25) * Zusammenfassung; Ansprüche *	1-9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B42D G02B
A	DE 10 2016 214407 A1 (TESA SCRIBOS GMBH [DE]) 8. Februar 2018 (2018-02-08) * Zusammenfassung *	1	
A	US 5 991 078 A (YOSHITAKE SHOKO [JP] ET AL) 23. November 1999 (1999-11-23) * Zusammenfassung *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 5. Februar 2020	Prüfer Zacchini, Daniela
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 19 19 6918

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

05-02-2020

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	US 2017358249 A1	14-12-2017	DE 102016215160 A1	14-12-2017
			US 2017358249 A1	14-12-2017
15	WO 02091041 A1	14-11-2002	AT 492826 T	15-01-2011
			EP 1417517 A1	12-05-2004
			US 2005052745 A1	10-03-2005
			WO 02091041 A1	14-11-2002
20	DE 102016104300 A1	14-09-2017	KEINE	
	CH 659433 A5	30-01-1987	AT 17685 T	15-02-1986
			AU 561688 B2	14-05-1987
			CH 659433 A5	30-01-1987
25			DE 3362018 D1	13-03-1986
			EP 0105099 A1	11-04-1984
			US 4568141 A	04-02-1986
30	AU 2002252818 B2	25-10-2007	-----	-----
	DE 102016214407 A1	08-02-2018	CN 109562636 A	02-04-2019
			DE 102016214407 A1	08-02-2018
			EP 3493996 A1	12-06-2019
			WO 2018024488 A1	08-02-2018
35	US 5991078 A	23-11-1999	KEINE	
40			-----	-----
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102016215160 A1 **[0033]**
- DE 102013004869 B4 **[0033]**