(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 300 665 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
02.10.2013 Patentblatt 2013/40

(21) Anmeldenummer: **09734874.2**

(22) Anmeldetag: **21.04.2009**

(51) Int Cl.:
E01C 11/24 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2009/054749

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/130222 (29.10.2009 Gazette 2009/44)

(54) **FAHRBAHNBELAG UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DESSELBEN**

ROAD SURFACE AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF

REVÊTEMENT DE CHAUSSÉE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
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 SE SI SK TR

(30) Priorität: **21.04.2008 DE 102008019883**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.03.2011 Patentblatt 2011/13

(73) Patentinhaber:
- **Müller BBM GMBH**
  82152 Planegg bei München (DE)
- **Kropp, Wolfgang**
  41321 Göteborg (SE)
- **Finnveden, Svante**
  11425 Stockholm (SE)

(72) Erfinder: **BECKENBAUER, Thomas**
81247 München (DE)

(74) Vertreter: **Isarpatent**
Patent- und Rechtsanwälte
Postfach 44 01 51
80750 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 323 683
WO-A-2004/067847
DE-C- 3 575
DE-U1- 29 922 773
NL-C2- 1 024 254
US-A1- 2006 198 696

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 300 665 B1

Beschreibung

STAND DER TECHNIK

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Fahrbahndeckschichten für Straßen, im Folgenden als "Fahrbahnbeläge" bezeichnet, sowie Verfahren zum Herstellen derselben. Insbesondere beschäftigt sich die vorliegende Erfindung mit der geometrischen Gestalt von Oberflächen von Fahrbahnbelägen, im Folgenden als "Textur" bezeichnet.

[0002] Als Fahrbahndeckschicht bzw. Fahrbahnbelag wird die oberste Schicht eines Straßenoberbaus bezeichnet. Herkömmliche Fahrbahnbeläge bestehen im Allgemeinen aus einem abgestuften Mineralstoffgemisch, einem Bindemittel, Füller und stabilisierenden Zusätzen wie Polymere oder Gummi. Ein Mineralstoffgemisch enthält Gesteinskörner unterschiedlicher Größe, wobei die unterschiedlichen Kornfraktionen durch Festlegung einer Sieblinie unterschiedlich häufig und damit mit unterschiedlichen Gewichtsanteilen im Mineralstoffgemisch enthalten sind. Die größten Körner, die typischerweise im Mischgut vorkommen, haben Durchmesser von beispielsweise 8, 11, 16 oder 22 mm. Als Bindemittel kommt bei Fahrbahnbelägen aus Asphalt Bitumen, bei Fahrbahnbelägen aus Beton Zement zum Einsatz. Fahrbahnbeläge aus Asphalt werden in der Regel in einer Stärke von 4 cm ausgeführt.

[0003] An Fahrbahnbeläge werden verschiedene Anforderungen bezüglich ihrer Gebrauchseigenschaften gestellt. Dies sind insbesondere: Geringe Entstehung von Reifen- Fahrbahn- Geräuschen, Griffigkeit im trockenen sowie im nassen Zustand, geringer Rollwiderstand, Verschleißfestigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen große Unterschiede der Oberflächentemperatur, sowie Widerstandsfähigkeit gegen chemische Substanzen wie z.B. Öl, Benzin, usw. Diese Eigenschaften werden durch die Eigenschaften der eingesetzten Materialien, wie Mineralstoffe, Zement, Bitumen, künstliche Zusätze wie Gummi oder Polymere, und deren Zusammensetzung, durch die am Bau zur Verfügung stehende Einbautechnik und die aufgebrachte Sorgfalt des Personals sowie Witterungseinflüsse bestimmt.

[0004] Die Entstehung von Reifen- Fahrbahn- Geräuschen, Griffigkeit sowie Rollwiderstand hängen wesentlich von den Fahrbahneigenschaften ab. Dabei hat die Textur des Fahrbahnbelags, also die geometrische Feingestalt der Fahrbahnoberfläche, maßgeblichen Anteil. Die Textur des Fahrbahnbelags kann charakterisiert werden durch die Wellenlänge von Periodizitäten in seiner horizontalen Ausdehnung, die vertikale Amplitude solcher Periodizitäten, also die Rauheitstiefe, und den Gestaltfaktor, siehe zum Beispiel DE 3 575 C.

[0005] Die Textur der Fahrbahnoberfläche hängt stark von Art, Beschaffenheit und Zusammensetzung der verwendeten Baustoffe und des Herstellungsverfahrens ab. Die die Rauheit des Fahrbahnbelags bestimmenden Elemente haben unterschiedliche Formen, Größen und Abstände zueinander, die im wesentlichen von der Größe der Gesteinskörner, die im Mischgut verarbeitet sind, und von der Art und Weise, wie der Fahrbahnbelag eingebaut wird, bestimmt sind. Die Textur ist gekennzeichnet durch die Abstände und Tiefen der sich abwechselnden Erhebungen und Vertiefungen in der Fahrbahnoberfläche. Fig. 1 zeigt beispielhaft die Oberflächentexturen verschiedener Fahrbahnbeläge. Fig. 1A zeigt die Oberflächentextur von Splittmastixasphalt, Fig. 1B von Asphaltbeton, Fig. 1C von Waschbeton, und Fig. 1D von offenporigem Asphalt. In Fig. 1 zeigt die obere Reihe jeweils eine dreidimensionale Darstellung der Textur und die untere Reihe Fotografien der Oberflächen bekannter Fahrbahnbeläge.

[0006] Fahrbahntexturen weisen eine Vielzahl unterschiedlicher Rauheitswellenlängen und Rauheitstiefen auf. Ferner kann die Gestalt der Textur unterschiedlich ausfallen. Je nach Herstellungsverfahren, also je nachdem ob die Oberfläche zur Herstellung der Griffigkeit abgestreut oder ob sie gewalzt wird, entstehen plateauartige Oberflächen mit engmaschigen Vertiefungen oder Erhebungen, die sich mit dazwischen liegenden Vertiefungen abwechseln. Ein Maß für die Gestalt einer Fahrbahnoberflächentextur ist der so genannte Gestaltfaktor g, der anhand von gemessenen Rauhigkeitsprofilen bestimmt werden kann. Diese Merkmale der Fahrbahntextur haben einen erheblichen Einfluss auf die Entstehung des Reifen-Fahrbahn-Geräusches.

[0007] Die akustischen Eigenschaften eines Fahrbahnbelages reagieren also sehr empfindlich auf Unterschiede der Oberflächentextur. Werden Materialien, Materialzusammensetzung und Herstellungsprozesse nicht ausreichend kontrolliert und kann der nicht unerhebliche Materialfluss sowie der Einbauvorgang auf der Baustelle während der Herstellung des Fahrbahnbelages nicht gleichmäßig und ununterbrochen bewerkstelligt werden, so kommt es zu Inhomogenitäten und Unregelmäßigkeiten in der Oberflächenstruktur. Die aufgrund der gewählten Bauweise zu erwartende Rollgeräuschminderung kann somit, je nach den vorhandenen Bedingungen, häufig nicht erreicht werden.

[0008] Asphalt- und Betonfahrbahnbeläge unterscheiden sich in der Handhabbarkeit der akustischen Qualität deutlich. Zementgebundene Fahrbahnbeläge müssen aufgrund eines unvermeidbaren Mörtelfilms auf der Oberfläche unmittelbar nach der Verdichtung behandelt werden, um den glatten Mörtelfilm aufzubrechen und die Griffigkeit sicherzustellen. Diese Oberflächenbehandlung hat jedoch auch deutliche Konsequenzen für die akustischen Eigenschaften. Die Oberflächenbehandlung geschieht entweder durch mechanische Bearbeitung der Oberfläche typischerweise durch Abziehen mit groben, angenässten Säcken, z.B. aus Jutetuch, mit Kunstrasenmaterial oder Besen, oder durch Abbürsten des oberflächlichen Mörtelfilms und Freilegen der oberflächlichen Gesteinskörner nach Abbinden des Straßenbetons, wodurch eine Waschbetonoberfläche entsteht. Um eine hohe akustische Qualität zu gewährleisten, muss also im herkömmlichen Straßenbau ein hoher Aufwand bei Maschinen- und Einbautechnik getrieben werden.

[0009] Aufgrund des erheblichen Zeit- und Kostendrucks im Straßenbau besteht somit ein Bedarf für einen Fahrbahnbelag, mit welchem gute akustische Eigenschaften verlässlich erzielt werden können, und es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen solchen Fahrbahnbelag bereitzustellen. Durch andere Aspekte der Erfindung wird ein Fahrbahnbelag bereitgestellt, welcher auch anderweitig vorteilhafte Gebrauchseigenschaften aufweist, also Griffigkeit im trockenen sowie im nassen Zustand, Rollwiderstand, Verschleißfestigkeit und Widerstandsfähigkeit.

[0010] Die oben genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale vom Anspruch 1 gelöst,

[0011] Gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Fahrbahnbelages ist vorgesehen, dass dessen Oberseite etwa parallel zueinander verlaufende Rillen einer ersten Gruppe und etwa parallel zueinander verlaufende, die Rillen der ersten Gruppe schneidende Rillen einer zweiten Gruppe aufweist, wobei jeweils zwei benachbarte Rillen der ersten Gruppe und zwei benachbarte Rillen der zweiten Gruppe ein etwa parallelogrammförmiges Plateau festlegen, und die Seitenlängen benachbarter etwa parallelogrammförmiger Plateaus zumindest teilweise unterschiedlich dimensioniert sind.

[0012] Die der Erfindung zugrunde liegende Idee ist es, in der Fahrbahnoberfläche ein Rillenmuster vorzusehen, in dem der Rillenabstand zwischen einem Mindestabstand und einem Höchstabstand variiert wird. Die Rillenabstände sind somit im für die Geräuschentwicklung relevanten Wellenlängenbereich nicht periodisch, so dass eine Schwingungsanregung im entsprechenden Wellenlängenbereich weitgehend unterdrückt wird. Somit wird eine Geräuschminderung erzielt.

[0013] Die Abstände von ersten Rillen und die Abstände von zweiten Rillen können jeweils zwischen einem minimalen Rillenabstand und einem maximalen Rillenabstand verteilt sein. "Zwischen einem minimalen Rillenabstand und einem maximalen Rillenabstand verteilt" bedeutet hierbei, dass die Abstände zwischen den Rillen entlang dem Fahrbahnbelag mehrere, z.B. mindestens 5 oder mindestens 7, unterschiedliche Werte - einschließlich dem minimalen und dem maximalen Rillenabstand - annehmen, wobei jeder dieser Abstandswerte mit einer bestimmten Häufigkeit auftritt.

[0014] Die Abstände zwischen den ersten Rillen und die Abstände zwischen den zweiten Rillen können einer Zufallsverteilung unterliegen, also randomisiert sein. Somit kann die Nicht-Periodizität der Rillenabstände sichergestellt werden. Ferner können die Abstände zwischen den ersten Rillen und die Abstände zwischen den zweiten Rillen jeweils zwischen dem minimalen Rillenabstand und dem maximalen Rillenabstand gleichverteilt sein.

[0015] Der minimalen Rillenabstand kann beispielsweise mindestens 1 mm und der maximale Rillenabstand kann beispielsweise höchstens 5 mm betragen. Bei einem Schnittwinkel von 60° zwischen den ersten und den zweiten Rillen entspricht dies einer Diagonallänge der Diagonalen der parallelogrammförmigen Plateaus von mindestens 2 mm und höchstens 10 mm. Dieser Bereich ist besonders relevant für die Geräuschentwicklung, so dass eine Verteilung der Rillenabstände über diesen Bereich zu einer Geräuschminderung führt.

[0016] Die ersten Rillen und die zweiten Rillen können einen ersten Winkel α und einen zweiten Winkel β einschließen, für die gilt:

$$60° \leq \alpha \leq 180° \text{ und}$$
$$0° \leq \beta \leq 120°.$$

[0017] Die maximale Breite der Rillen an der Oberseite kann 1 mm bis 5 mm betragen. Ferner kann die maximale Tiefe der Rillen 2 mm bis 10 mm betragen. Somit kann ein besonders vorteilhaftes Geräuschverhalten erzielt werden.

[0018] Die parallelogrammförmigen Plateaus sind vorzugsweise höhengleich in einer Ebene angeordnet, allerdings kann die Oberfläche der Plateaus eine Mikrostruktur aufweisen mit einer zufällig verteilten Wellenlängenverteilung im Bereich zwischen 10 μm und 1000 μm und einer maximalen Texturtiefe bzw. Rauhigkeitstiefe von bis zu 300 μm.

[0019] Die die Plateaus begrenzenden Kanten der Rillen können abgerundet sein. Ferner könne die Rillen eine im Wesentlichen V-förmige Querschnittsform aufweisen.

[0020] Der Fahrbahnbelag kann beispielsweise aus mit Mineralstoff angereichertem Kunststoff gefertigt sein. Als Kunststoff ist beispielsweise Polyamid geeignet und als Mineralstoff ist beispielsweise Magnetit geeignet.

[0021] Der Fahrbahnbelag kann als plattenförmiges Fahrbahnbelagelement oder Bahnenware ausgebildet sein. Dies ermöglicht eine industrielle Vorfertigung des Fahrbahnbelages, die in definierter Umgebung mit definierten Prozessen auf Basis eines definierten Entwurfes des Fahrbahnbelages stattfindet. Durch die Vorfertigung wird die Reproduzierbarkeit und damit eine einheitliche Qualität des Fahrbahnbelages realisiert. Die Präfabrikation lässt ferner die Anwendung automatisierter Qualitätssicherungssysteme und eine Lieferung des Fahrbahnbelages mit den definierten Eigenschaften zu.

[0022] Das Fahrbahnbelagelement kann rautenförmig sein, wobei jeweils zwei Seitenkanten des Fahrbahnbelagelements parallel zu den ersten Rillen bzw. den zweiten Rillen verlaufen. Somit setzen im verlegten Zustand Fugen zwischen den Fahrbahnbelagelementen das Rillenmuster fort und beeinflussen das akustische Verhalten nicht. An den Seitenkanten des Fahrbahnbelagelements kann jeweils eine halbe Rille vorgesehen sein. Beim Aneinanderfügen der Fahrbahnbelagelemente entstehen somit an der Stelle der Fugen Rillen, welche somit das Rillenmuster entlang der Oberfläche fortsetzen, so dass eine akustische Beeinflussung durch Fugen vermieden werden kann.

[0023] Ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Fahrbahnbelagelements umfasst das Spritzgießen des Fahrbahnbelagelements mit einem Spritzgießwerkzeug, welches eine Formfläche mit parallel zueinander verlaufenden ersten Rippen und parallel zueinander verlaufenden, die ersten Rippen kreuzenden zweiten Rippen aufweist, wobei jeweils zwei benachbarte erste Rippen und zwei benachbarte zweite Rippen eine parallelogrammförmige Vertiefung festlegen, und die Seitenlängen der benachbarten parallelogrammförmigen Vertiefungen zumindest teilweise unterschiedlich dimensioniert sind.

[0024] Dieses Verfahren ermöglicht die industrielle Vorfertigung von Fahrbahnbelagelementen, was die oben beschriebenen Vorteile bringt.

[0025] Eine erfindungsgemäße Fahrbahn kann mit den folgenden Schritten hergestellt werden:

Herstellen mindestens eines Fahrbahnbelagelements mit dem oben beschriebenen Verfahren; und
Aufkleben des mindestens einen Fahrbahnbelagelements auf einen Fahrbahnuntergrund.

[0026] Somit kann ein Fahrbahnbelag in einfacher Weise aus den oben beschriebenen Fahrbahnbelagelementen gefertigt werden. Dabei ist es vorteilhaft, wenn eine Gruppe von Diagonalen der Plateaus im Wesentlichen in Fahrtrichtung der Fahrbahn ausgerichtet ist.

[0027] Ein weiteres Verfahren zum Herstellen des oben beschriebenen Fahrbahnbelags weist Folgende Schritte auf:

Aufbringen einer Formmasse auf einen Fahrbahnuntergrund; und
Prägen der aufgebrachten Formmasse mit einem Prägestempel, welcher eine Formfläche mit parallel zueinander verlaufenden ersten Rippen und parallel zueinander verlaufenden, die ersten Rippen kreuzenden zweiten Rippen aufweist, wobei jeweils zwei benachbarte erste Rippen und zwei benachbarte zweite Rippen eine parallelogrammförmige Vertiefung festlegen, und die Seitenlängen von benachbarten parallelogrammförmigen Vertiefungen zumindest teilweise unterschiedlich dimensioniert sind.

[0028] Somit kann ein erfindungsgemäßer Fahrbahnbelag ohne industrielle Vorfertigung vor Ort hergestellt werden.

[0029] Die Formmasse kann beispielsweise Beton oder ein mit einem Mineralstoff angereichter Kunststoff sein.

[0030] Ferner wird ein Spritzgießwerkzeug zum Herstellen eines Fahrbahnbelagelements, insbesondere eines Fahrbahnbelagelements wie oben beschrieben bereitgestellt, wobei das Spritzgießwerkzeug welches eine Formfläche mit parallel zueinander verlaufenden ersten Rippen und parallel zueinander verlaufenden, die ersten Rippen kreuzenden zweiten Rippen aufweist, und wobei jeweils zwei benachbarte erste Rippen und zwei benachbarte zweite Rippen eine parallelogrammförmige Vertiefung festlegen, und die Seitenlängen der benachbarten parallelogrammförmigen Vertiefungen zumindest teilweise unterschiedlich dimensioniert sind.

[0031] Weiterhin wird ein Stempel zum Herstellen eines Fahrbahnbelags, insbesondere eines Fahrbahnbelags wie oben beschrieben bereitgestellt, wobei der Stempel eine Formfläche mit parallel zueinander verlaufenden ersten Rippen und parallel zueinander verlaufenden, die ersten Rippen kreuzenden zweiten Rippen aufweist, und wobei jeweils zwei benachbarte erste Rippen und zwei benachbarte zweite Rippen eine parallelogrammförmige Vertiefung festlegen, und die Seitenlängen der benachbarten parallelogrammförmigen Vertiefungen zumindest teilweise unterschiedlich dimensioniert sind.

ZEICHNUNGEN

[0032] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den schematischen Figuren der Zeichnungen angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt dabei:

- Fig. 1 eine dreidimensionale Darstellung der Textur (obere Reihe) und Fotografien (untere Reihe) der Oberflächen von Splittmastixasphalt (Fig. 1A), Asphaltbeton (Fig. 1B), Waschbeton (Fig. 1C), und offenporigem Asphalt (Fig. 1D),
- Fig. 2 eine schematische Darstellung der Makrotextur des Fahrbahnbelagelements,
- Fig. 3 eine vergrößerte Darstellung eines Ausschnitts des Fahrbahnbelagelements, welche die randomisierte Anordnung der Rillen illustriert,
- Fig. 4 ein Diagramm, welches schematisch die Form der Rillen 1 und 2 gemäß einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel darstellt,
- Fig. 5 einen Graphen des Texturspektrums eines erfindungsgemäßen Fahrbahnbelags in Fahrtrichtung *F* in Form der effektiven Rauhigkeitstiefe *Rt* in Abhängigkeit von der Wellenlänge λ,
- Fig. 6 einen Graphen der so genannten Tragflächenkurve bzw. Abbot-Kurve des erfindungsgemäßen Fahrbahnbelags,
- Fig. 7a eine schematische Draufsicht auf einen Ausschnitt eines Fahrbahnbelagelements gemäß eines alternativen

Ausführungsbeispiels der ersten Ausführungsform,

Fig. 7b eine schematische Draufsicht auf einen Ausschnitt eines Fahrbahnbelagelements gemäß einer weiteren Abwandlung der ersten Ausführungsform,

Fig. 8 eine schematische, vergrößerte Querschnittsansicht durch eine Formfläche des Hohlraums eines Spritzgießwerkzeugs zum Herstellen eines erfindungsgemäßen Fahrbahnbelags,

Fig. 9 eine Fotographie eines Fahrbahnbelagelements gemäß einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel,

Fig. 10 eine Fotographie eines Fahrbahnbelagelements gemäß einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel,

Fig. 11 Graphen der Frequenzspektren der Vorbeifahrgeräusche für drei verschiedene Geschwindigkeiten, welche auf einer Fahrbahn mit einem Fahrbahnbelag aus den erfindungsgemäßen Fahrbahnbelagelementen gemessen wurden,

Fig. 12 Graphen der Frequenzspektren der Vorbeifahrgeräusche für drei verschiedene Geschwindigkeiten, welche auf einer Fahrbahn mit einem Fahrbahnbelag aus den erfindungsgemäßen Fahrbahnbelagelementen gemessen wurden im Vergleich mit vier verschiedenen herkömmlichen Fahrbahnbelägen.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0033] Wie bereits oben ausgeführt hat die Textur eines Fahrbahnbelags unmittelbare Auswirkungen auf seine akustischen Eigenschaften. So führen plateauartige Oberflächenstrukturen, die bei heiß gewalzten Fahrbahnbelägen wie Splittmastixasphalt oder Asphaltbeton entstehen, bei gleichem Größtkorndurchmesser des Mineralstoffgemischs im allgemeinen zu 3 dB bis 5 dB geringeren Rollgeräuschpegeln von Pkw als gebirgige Strukturen, wie sie durch Abstreuungen z.B. bei Gussasphaltbelägen entstehen. Ferner hat sich gezeigt, dass die Merkmale der Fahrbahntextur im Millimeter- und Mikrometerbereich besonders relevant für das Fahrbahngeräusch sind.

[0034] Welligkeiten der Fahrbahnoberfläche, die beispielsweise zwischen 3 mm bis 10 mm variieren führen bei gleicher Rauhigkeitstiefe zu einer Veränderung des Rollgeräuschpegels von Pkw von 5 dB. Bei einer Änderung der Rauhigkeitstiefe der Fahrbahnoberfläche von nur 0,5 mm, ergeben sich je nach Wellenlänge, bei der dies auftritt, ebenfalls Pegelunterschiede von bis zu 5 dB.

Erste Ausführungsform

[0035] Gemäß einer ersten Ausführungsform, wird ein Fahrbahnbelag in Form eines plattenförmigen Fahrbahnbelagelements bereitgestellt, das eine definierte Oberflächenstruktur bzw. Textur aufweist. Das plattenförmige Fahrbahnbelagelement ist rautenförmig ausgebildet, mit einer Kantenlänge von beispielsweise 35 cm und einer Höhe von beispielsweise 8 mm.

[0036] Die Oberseite des Fahrbahnbelagelements ist durch eine Makrotextur und eine Mikrotextur strukturiert. Fig. 2 illustriert schematisch die Makrotextur des Fahrbahnbelagelements. In der Oberseite des Fahrbahnbelagelements sind eine Vielzahl von ersten Rillen 1 und die ersten Rillen 1 kreuzende zweite Rillen 2 ausgebildet, von welchen die ersten Rillen 1 jeweils parallel zueinander verlaufen und die zweiten Rillen 2 ebenfalls parallel zueinander verlaufen. Jeweils zwei benachbarte erste Rillen 1 und zwei benachbarte zweite Rillen schließen ein viereckiges Plateau 3 ein. Über die Oberseite des Fahrbahnbelagelements sind somit eine Vielzahl solcher Plateaus 3 verteilt. Als Plateaus 3 sind hierbei viereckige, insbesondere parallelogrammförmige Flächen zu verstehen, die voneinander durch Rillen 1 und 2 getrennt sind und innerhalb einer Ebene nebeneinander bzw. zueinander benachbart im Fahrbahnbelag vorgesehen sind.

[0037] Jedes dieser Plateaus 3 ist durch den Abstand der Rillen 1 und 2 sowie durch den Schnittwinkel der Rillen 1, 2 gekennzeichnet. Die Rillen 1 und 2 schneiden einander mit dem Winkel α. Für die in Fig. 2 gezeigten Innenwinkel α, β, γ und δ des viereckigen Plateaus 3 gilt folglich $\alpha = \gamma$ und $\beta = \delta$. Jedes der Plateaus 3 hat also die Form eines Parallelogramms. Die Seitenlängen benachbarter Parallelogramme sind zumindest teilweise unterschiedlich groß. Für die genannten Winkel gelten ferner folgende Beziehungen:

$$60° \leq \alpha, \gamma \leq 180°$$
$$0 \leq \beta, \delta \leq 120°$$
$$\alpha+\delta= 180°$$
$$\beta+\gamma= 180°$$

[0038] Die Seitenlängen des Plateaus 3 sind abhängig von den Abständen *A* und *B* zwischen den Rillen 1, 2. Die mittlere Seitenlänge der zwischen den ersten Rillen 1 angeordneten Seiten des Plateaus 3 beträgt *a* und die mittlere Seitenlänge der zwischen den ersten Rillen 2 angeordneten Seiten des Plateaus 3 beträgt *b*.

[0039] Die Seitenlängen sind vorzugsweise über mehrere Rillen hinweg in den Bereichen $a \pm \Delta a$ und $b \pm \Delta b$ zufällig verteilt, d.h. randomisiert. Der maximale Abstand zwischen den ersten Rillen 1 beträgt vorzugsweise $a + \Delta a$ und der minimale Abstand zwischen den ersten Rillen 1 beträgt vorzugsweise $a - \Delta a$. Der maximale Abstand zwischen den

zweiten Rillen 2 beträgt $b + \Delta b$ und der minimale Abstand zwischen den zweiten Rillen 2 beträgt $b - \Delta b$. Die gestrichelten Linien in Fig. 2 stellen schematisch den maximal möglichen Versatz der Rillen 1 und 2, also die maximale bzw. minimale Ausdehnung eines Plateaus 3, dar. Durch diese Randomisierung der Rillen 1 und 2 werden periodische und somit tonale Rollgeräusche vermieden. Als Rillenabstand wird hier der orthogonale Abstand zwischen den jeweils tiefsten Punkten von zwei benachbarten Rillen verstanden. Durch die Randomisierung der Seitenlängen der benachbarten Plateaus 3 werden periodische tonale Rollgeräuschanteile beim Befahren des Fahrbahnbelags vermieden.

[0040] Die Rillen 1 und 2 weisen eine maximale Breite *C* zwischen 1 mm und 5 mm auf. Ferner beträgt die maximale Tiefe *Tmax* der Rillen 1 und 2 zwischen 2 mm und 5 mm. Somit wird die Griffigkeit im nassen Zustand der Fahrbahn gewährleistet.

[0041] Die Länge *D* der Diagonalen in Fahrtrichtung *F* variiert vorzugsweise in einem Bereich zwischen 2 und 10 mm. Hierbei bezeichnet "Diagonale *D*" den Abstand zwischen zwei gegenüberliegenden Eckpunkten des durch die Rillen 1, 2 eingeschlossenen Parallelogramms in Fahrtrichtung. Die Länge *D* der Diagonalen der Plateaus 3 muss nicht notwendigerweise über den gesamten Bereich von 2 bis 10 mm variieren. Der erfindungsgemäße Effekt kann auch erzielt werden, wenn sie lediglich über einen Teilbereich dieses Bereiches, also z.B. zwischen 4 mm und 7 mm oder zwischen 5 und 8 mm variiert.

[0042] In einer Ausgestaltung können die Abstände *A* zwischen den ersten Rillen 1 und die Abstände *B* zwischen den zweiten Rillen 2 jeweils über einen vorbestimmten Abstandsbereich gleichverteilt sein. Mit anderen Worten, die maximalen Rillenabstände *Amax* bzw. *Bmax,* die minimalen Rillenabstände *Amin* bzw. *Bmin* und die mittlere Rillenabstände, z.B. (*Amax* + *Amin)I2,* sind mit jeweils ungefähr derselben Häufigkeit über den Fahrbahnbelag verteilt. Die genauen Rillenabstände hängen dabei vom Schnittwinkel zwischen den ersten und zweiten Rillen ab. Falls die Länge der Diagonalen *D* in Fahrtrichtung *F* zwischen 2 und 10 mm variiert, dann beträgt *Amin* = 1 mm und *Amax*= 5 mm, bei einem Schnittwinkel von $\alpha = 60°$.

[0043] In einer anderen Ausgestaltung sind die Rillen 1 und 2 derart angeordnet, dass die senkrechte Abstandsvariation der Rillen Δa bzw. Δb maximal 20 % der Diagonalenlänge *D* beträgt. Der Rillenabstand hängt in diesem Fall jeweils von den benachbarten Rillenabständen ab. Gemäß dieser Ausgestaltung sind die Rillenabstände nicht gleichverteilt sondern unterliegen näherungsweise einer Normalverteilung.

[0044] Fig. 3 zeigt schematisch eine vergrößerte Darstellung eines Ausschnitts eines Fahrbahnbelagelements, welche die randomisierte Anordnung der Rillen sowie die Randomisierung der Größe benachbarter Plateaus 3 illustriert. Wie in Fig. 3 erkennbar, sind die Abstände zwischen den Rillen 1 und 2 im für die Geräuschentwicklung relevanten Bereich jeweils zufällig verteilt. Die Plateaus 3 sind parallelogrammförmig und liegen jeweils höhengleich in einer Ebene. Hierbei variieren die Längen der Diagonalen der Plateaus, die in Fahrtrichtung F ausgerichtet sind, etwa zwischen 3 und 6 mm und die Diagonalen in der Richtung quer zur Fahrtrichtung F etwa zwischen 5 und 7 mm.

[0045] Fig. 4 zeigt schematisch die Form der Rillen 1 und 2 gemäß diesem Ausführungsbeispiel. Wie in Fig. 4 erkennbar sind die Kanten der Plateaus nicht eckig sondern weisen eine gerundete Form auf, was zu einer niedrigen Schwingungsanregung und einem geringen Air-Pumping-Anteil eines über die Rillen rollenden Reifens führt. Zwischen benachbarten Plateaus 3 ist der Kantenverlauf abgerundet und im Wesentlichen V-förmig. Fig. 4 zeigt die Kantenform beispielhaft für eine Rille der Breite *C* von 1,5 mm und der maximalen Tiefe *Tmax* von 2 mm, wobei die Y-Achse die Tiefe der Rille bzw. die Höhe der Plateaus markiert, wobei am tiefsten Punkt der Rille T = 0 mm gilt, und die X-Achse den Ort angibt, wobei am tiefsten Punkt der Rille x = 1 mm gilt. Mathematisch beschrieben folgt die Kantenform folgendem Verlauf:

$$T(x) = T\max\left(1 - \left(\sin\left(2\pi \frac{1}{0{,}004}x\right)\right)^{10}\right) \qquad \text{(Gl. 1)}$$

[0046] In Gleichung 1 gibt T(x) die Texturtiefe in m an, Tmax bezeichnet die maximale Texturtiefe in m und x bezeichnet die Position in x-Richtung in m, wobei x parallel zur Rillenrichtung verläuft (vgl. Fig. 2). Mit dieser Kantenform wird eine minimale Schwingungsanregung und ein geringer Air-Pumping-Anteil im Reifen-Fahrbahn-Geräusch des Reifens erreicht.

[0047] Die Oberseite des Fahrbahnbelagelements ist zur Gewährleistung der Griffigkeit neben der oben beschriebenen Makrotextur vorzugsweise mit einer Mikrotextur versehen. Diese Mikrotextur weist eine zufällig verteilte Wellenlängenverteilung im Bereich zwischen 10 μm und 1000 μm bei einer maximalen Texturtiefe von bis zu 300 μm auf.

[0048] Fig. 5 zeigt das Texturspektrum in Fahrtrichtung *F* des Fahrbahnbelags in Form der effektiven Rauhigkeitstiefe *Rt* in Abhängigkeit von der Wellenlänge λ. Aus Fig. 5 ist erkennbar, dass die Wellenlängenanteile mit einer Wellenlänge größer 12,5 mm, welche stark zur Geräuschentwicklung im hörbaren Spektrum beitragen, sehr gering sind. Vielmehr liegt der überwiegende Anteil der Spektralanteile verteilt zwischen 1 mm und 10 mm. Fig. 5 zeigt also, dass der Fahrbahnbelag gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sehr leise ist. Fig. 6 ist eine Darstellung der so genannten

Tragflächenkurve oder Abbot-Kurve. Wie aus Fig. 6 erkennbar ist, beträgt der Gestaltfaktor *g* im vorliegenden Ausführungsbeispiel 82%.

[0049] Fig. 7a ist eine schematische Draufsicht auf einen Ausschnitt eines Fahrbahnbelagelements gemäß eines alternativen Ausführungsbeispiels der ersten Ausführungsform. Auch gemäß diesem Ausführungsbeispiel unterliegen die Abstände der Rillen einer vorgegebenen Verteilung, wobei sie jedoch nicht randomisiert über den Fahrbahnbelag angeordnet sind. Die Abstände der ersten Rillen 1 variieren zwischen einem Minimalabstand *Amin* und einem Maximalabstand *Amax.* Auch die Abstände der zweiten Rillen 2 variieren zwischen einem Minimalabstand *Bmin* und einem Maximalabstand *Bmax.* Die Abstände *amax* und *bmax* sind vorzugsweise wiederum so bemessen, dass die Diagonallänge *D* in Fahrtrichtung nicht mehr als 10 mm beträgt, da bei einer Diagonallänge *D* größer 10 mm der Effekt der Geräuschminderung nur unzureichend erzielt wird. Ferner ist die Diagonallänge *D* in Fahrtrichtung so bemessen, dass sie mindestens 2 mm beträgt, da eine Diagonallänge *D* kleiner 2 mm aufgrund des so genannten "Airpumping"-Effekts ebenfalls zu einem lauteren Rollgeräusch führt.

[0050] Der in Fig. 7a gezeigte Ausschnitt kann kachelartig über das gesamte Fahrbahnbelagelement bzw. die gesamte Fahrbahn wiederholt werden (vgl. auch Fig. 8). Ausgehend von parallelen Rillen mit maximalem Rillenabstand *Amax* bzw. *Bmax,* welcher beispielsweise ca. 7,0 mm beträgt, wird der Rillenabstand des Fahrbahnbelags schrittweise um einen bestimmten Betrag (z.B. ca. 0,7 mm) bis zu einem Mindestabstand *Amin* bzw. *Bmin* von ca. 1,4 mm verringert, und wächst danach wieder auf *Amax* bzw. *Bmax* an. Über die Richtung x bzw. y aufgetragen folgt der Rillenabstand also einer Sägezahnkurve, deren Spitzen durch *Amax, Bmax* bzw. *Amin, Bmin* gegeben sind.

[0051] Im dargestellten Beispiel ist eine vorgegebene Anzahl verschiedener Rillenabstände gegeben, nämlich neun, mit den Werten 1,4 mm, 2,1 mm ... 6,3 mm, 7 mm. Über diesen Abstandsbereich sind die Rillenabstände im Wesentlichen gleichverteilt, d.h. nahezu jeder dieser Rillenabstände tritt mit ungefähr derselben Häufigkeit auf. Streng genommen liegt eine Gleichverteilung der Rillenabstände in x-Richtung und in y-Richtung im Bereich 1,4 mm bis 6,3 mm vor, da die Maximalabstände von 7 mm in dem in Fig. 7a dargestelltem kachelartigen Bereich nur einmal, alle anderen Abstände dagegen zweimal auftreten.

[0052] Zur Erreichung einer Geräuschminderung können zwischen 4 bis 20, insbesondere 7 bis 15, verschiedene Rillenabstände vorgesehen sein und in der in Fig. 7a dargestellten Art angeordnet sein. Bei weniger als 4 verschiedenen Rillenabständen treten leicht Periodizitäten auf, welche zu einem tonalen Rollgeräusch führen.

[0053] Zur Erreichung einer Geräuschminderung können die unterschiedlichen Rillenabstände über den Abstandsbereich *Amin* bis *Amax* bzw. *Bmin* bis *Bmax* im Wesentlichen gleichverteilt sein, allerdings ist eine solche Gleichverteilung nicht zwingend. Wichtig ist lediglich, dass nicht ein Typ von Rillenabständen oder Diagonallängen bzw. nicht ein Typ von parallelogrammförmigen Plateaus so häufig auftritt, dass es zu einer dominierenden Anregung bei der diesem Rillenabstand bzw. diese Diagonallänge entsprechenden Frequenz kommt.

[0054] Fig. 7b zeigt eine abgewandelte Ausführungsform eines Fahrbahnbelagelementes bzw. Fahrbahnbelagsegmentes, bei welchem die Rillen 1 der ersten Gruppe und die Rillen 2 der zweiten Gruppe etwa parallel zueinander liegen, d. h. dass der Winkel γ und α = 180° gewählt ist, infolge dessen die erste Gruppe und zweite Gruppe der Rillen 1, 2 parallel oder zumindest etwa parallel zueinander liegen und die Abstände der zueinander benachbarten Rillen zumindest teilweise randomisiert sind.

[0055] Aus der Teildarstellung nach Fig. 7b geht hervor, dass die Rillen 1, 2 parallel oder zumindest weitgehend parallel zueinander verlaufen, wobei die Abstände zwischen den Rillen 1, 2 und den in Fig. 7b nicht weiter bezeichneten weiteren Rillen unterschiedlich groß sind und vorzugsweise benachbarte Flächenabschnitte, die in Fig. 7b mit 3a, 3b, 3c bezeichnet sind, zueinander unterschiedliche Flächengrößen haben.

[0056] Grundsätzlich ist zu beachten, dass unter "Flächenabschnitten" Plateaus zu verstehen sind, die voneinander durch die Rillen 1, 2 getrennt sind.

[0057] Grundsätzlich können gemäß vorliegender Erfindung die Flächenabschnitte 3 bzw. Plateaus die Form unterschiedlich großer Parallelogramme aufweisen, ebenso wie die Form von mehreckigen Flächenabschnitten, wobei alle Plateaus durch die Rillen 1, 2 definiert sind und vorzugsweise benachbarte Plateaus unterschiedliche Größe aufweisen.

[0058] Bevorzugterweise schneiden sich die Rillen 1 der ersten Gruppe die Rillen 2 der zweiten Gruppe, wie dies vorstehend unter Bezugnahme auf Fig. 7a dargestellt ist, wobei die Zahl der Gruppen nicht auf zwei Gruppen beschränkt ist, insbesondere wenn die Plateaus durch mehreckige Flächengebilde definiert sind.

[0059] Im Folgenden wird ein Verfahren zur Herstellung des oben beschriebenen Fahrbahnbelagelements beschrieben. Das Fahrbahnbelagelement kann vorteilhaft durch Spritzgießtechnik hergestellt werden. Hierzu wird zunächst eine Spritzgießmaschine bereitgestellt, welche eine Spritzeinheit und ein Spritzgießwerkzeug mit einem Hohlraum aufweist. In der Spritzeinheit wird eine Formmasse aus mit Mineralstoff angereichertem Kunststoff plastifiziert, indem die granulatförmige Formmasse über die Schmelztemperatur des Kunststoffs erhitzt wird. Hierbei kann beispielsweise ein Granulat aus Polyamid, welchem als Mineralstoff z.B. Magnetit beigemischt wird, verwendet werden.

[0060] Sodann wird die geschmolzene Formmasse in den Hohlraum des Spritzgießwerkzeugs eingespritzt. Die Oberfläche des Hohlraums bestimmt die Form und Oberflächenstruktur des fertigen Fahrbahnbelagelements. Dem entsprechend ist eine Formfläche des Hohlraums an einer Seite mit einer Struktur aus einander kreuzenden Rippen versehen,

welche einem Negativ der oben beschriebenen Makro- und Mikrostruktur des Fahrbahnbelagelements entspricht. Das Spritzgießwerkzeug ermöglicht dabei eine hohe Abbildungsgenauigkeit im gesamten Wellenlängenbereich der Mikro- und Makrotextur.

[0061] Fig. 8 ist eine schematische, vergrößerte Querschnittsansicht durch eine Formfläche 80 des Hohlraums des Spritzgießwerkzeugs. Wie in Fig. 8 dargestellt weist die Formfläche 80 jeweils parallel zueinander verlaufende erste Rippen 81 und diese kreuzende zweite Rippen 82 auf. Jeweils zwei erste Rippen und zwei zweite Rippen schließen eine in Draufsicht parallelogrammförmige Vertiefung 83 ein. Auch die Abstände zwischen den ersten Rippen 81 und die Abstände zwischen den zweiten Rippen 82 unterliegen einer der oben beschriebenen Verteilungen, so dass mit dem Spritzgießwerkzeug das oben beschriebene Fahrbahnbelagelement hergestellt werden kann. Gegenüber der Formfläche 80 ist eine Formfläche 84 angeordnet, welche in Fig. 8 strichliert angedeutet ist, wobei der Abstand zwischen den Formflächen 80 und 84 nicht maßstabsgetreu wiedergegeben ist. Diese Formfläche 84, mit welcher die Unterseite des Fahrbahnbelagelement geformt wird, ist vorzugsweise mit derselben Struktur wie die Oberseite versehen, also mit einander kreuzenden ersten und zweiten Rippen. Gegenüber den Rillen 1,2 und Plateaus 3 auf der Oberseite sind also entsprechende Rillen und Plateaus auf der Unterseite angeordnet. Somit kann verhindert werden, dass beim Erkalten des Fahrbahnbelagelements nach dem Spritzgießvorgang Verspannungen auftreten, durch welche sich das Fertigteil verzieht und biegt bzw. wellig wird.

[0062] Nach dem Einspritzen der plastifizierten Formmasse in den Hohlraum des Spritzgießwerkzeugs breitet sich die Formmasse im Hohlraum aus und füllt diesen unter hohem Druck komplett aus. Nach dem Abkühlen der Formmasse wird das fertige Fahrbahnbelagelement aus dem Spritzgießwerkzeug entnommen.

[0063] Fig. 9 ist ein Foto eines beispielhaften derart gefertigten Fahrbahnbelagelements, in welchem deutlich die Makrostruktur der Oberseite des Fahrbahnbelagelements erkennbar ist. Fig. 10 ist ein Foto des Fahrbahnbelagelements in Fig. 9, und zeigt neben der Makrostruktur deutlich die Mikrostruktur der Oberseite des Fahrbahnbelagelements.

[0064] Das oben beschriebene Verfahren zur Herstellung des oben beschriebenen Fahrbahnbelagelements hat den Vorteil, dass es die industrielle Präfabrikation von Fahrbahnelementen ermöglicht. Somit können die Fahrbahnbelagelemente unter klar definierbaren Rahmenbedingungen, wie z.B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Mikro- und Makrostruktur durch Spritzgießwerkzeug vorgegeben usw., gefertigt werden und unterliegen nicht den Witterungsbedingungen oder anderen Einflüssen, welche bei einer Fertigung des Fahrbahnbelags vor Ort die Oberflächenbeschaffenheit beeinflussen können. Mit anderen Worten, die Eigenschaften der gefertigten Fahrbahnelemente sind definiert und reproduzierbar.

[0065] Um eine Fahrbahn zu fertigen, werden eine Vielzahl von wie oben beschrieben gefertigten Fahrbahnbelagelementen auf einen entsprechend präparierten Untergrund angeordnet. Um bereits bestehende Asphaltdecken durch den erfindungsgemäßen Fahrbahnbelag zu ersetzen wird hierzu die oberste Asphaltschicht durch Fräsen entfernt, wobei in der Oberfläche des Untergrundes eine Längsrillenstruktur entsteht und grobe Unebenheiten beseitigt werden.

[0066] Es ist aber auch möglich, die Fahrbahnbelagelemente auf Beton, auf eine bestehende Asphaltoberfläche oder eine Vielzahl von anderen Untergründen aufzubringen.

[0067] Die Befestigung der Fahrbahnbelagelemente kann durch einfaches Aufkleben erfolgen. Hierzu können beispielsweise polyurethanbasierte Klebstoffe verwendet werden, welche auf die Unterseite der Fahrbahnbelagelemente und/oder den Untergrund aufgetragen werden, wonach die Fahrbahnbelagelemente auf den Untergrund gepresst werden. Hierbei werden die Fahrbahnbelagelemente derart ausgerichtet, dass die in Fig. 2 und 3 durch den Pfeil F dargestellte Richtung mit der Fahrtrichtung übereinstimmt. Nach Aushärten des Klebemittels ist der geräuscharme Fahrbahnbelag somit fertig gestellt.

[0068] Die modulartige Beschaffenheit der Fahrbahnbelagelemente bietet verschiedene Vorteile. So kann das Aufbringen der Fahrbahnbelagelemente zum Gestalten der Fahrbahn jederzeit unterbrochen und wieder aufgenommen werden, wohingegen ein Unterbrechen des Fahrbahnaufbringens bei herkömmlichen Fahrbahnbelägen wesentlich aufwändiger ist.

[0069] Da die Fahrbahnbelagelemente beispielsweise aus Kunststoff bestehen können, besteht ferner ein größerer Freiheitsgrad in Bezug auf Farbgebung und Beeinflussung der Reflektivität. So kann die Farbe der Fahrbahnbelagelemente durch Beifügung entsprechender Farbstoffe bzw. Pigmente in das Rohmaterial für die Formmasse beliebig gestaltet werden. Ferner kann die Reflektivität der Fahrbahnbelagelemente durch Beifügung von Mikrosphären aus Glas in die Formmasse Kunststoff beeinflusst werden. Somit kann der Fahrbahnbelag optimal an die Umgebungsbedingungen angepasst werden.

[0070] Ein weiterer Vorteil der oben beschriebenen Fahrbahnbelagelemente ist, dass sie eine Reduzierung der Dicke des Fahrbahnbelags von mehreren Zentimetern auf einige Millimeter ermöglichen.

[0071] Fig. 11 zeigt Graphen der Frequenzspektren der Vorbeifahrgeräusche für drei verschiedene Geschwindigkeiten, welche auf einer Fahrbahn mit einem Fahrbahnbelag aus den erfindungsgemäßen Fahrbahnbelagelementen gemessen wurden. Die Vorbeifahrgeräusche wurden in 7,5 m Abstand zur Mitte der Fahrbahn und 1,2 m Höhe über der Fahrbahnoberkante aufgenommen. Für die . Fahrversuche wurde das Test-Fahrzeug (Volkswagen Passat) mit Reifen der Größe 195/65 R 15 ausgestattet. Das Fahrzeug wurde jeweils ohne Antrieb, d.h. mit ausgeschaltetem Motor und ausgekuppeltem Getriebe über den Fahrbahnbelag bewegt. Die Fahrversuche wurden bei den Nominalgeschwindigkeiten

50 km/h, 80 km/h, und 120 km/h durchgeführt. Fig. 11A zeigt das gemessene Terzspektrum für 50 km/h, Fig. 11B für 80 km/h und Fig. 11C für 120 km/h.

[0072] Die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit wurde mit einer Radarpistole ermittelt und registriert. Für die Fahrversuche wurden vier Reifensätze mit verschiedenen repräsentativen Reifentypen verwendet, nämlich Michelin Energy, Continental Premium Contact, Vredestein Snowtrac 2 und AVON ZV1. Die Messfahrten wurden für jede Reifen-Geschwindigkeits-Kombination mindestens viermal wiederholt. Für jede Messfahrt wurde der maximale Vorbeifahrtpegel und das Terzspektrum zum Zeitpunkt des maximalen Vorbeifahrtpegels ermittelt. Die in Fig. 11 dargestellten Terzspektren geben das Ergebnis der Regressionsanalyse der Messdaten für die Nominalgeschwindigkeiten 50 km/h, 80 km/h und 120 km/h als Mittelwerte über alle vier Reifen wieder. Am linken Rand der Diagramme ist jeweils der A-bewertete Maximalpegel eingetragen.

[0073] Zum Vergleich sind in Fig. 12 die Terzspektren der maximalen A-bewerteten Vorbeifahrtpegel als Mittelwerte für ein Kollektiv von repräsentativen Reifen der Größe 195/65 R15 für fünf verschiedene herkömmliche Fahrbahnbeläge, nämlich Novachip, Splittmastixasphalt 0/8, Splittmastixasphalt 0/11, Gussasphalt mit Abstreuung 5/8 und Gussasphalt mit Abstreuung 2/3 dargestellt. Hierbei zeigt wiederum Fig. 12A die gemessenen Terzspektren für 50 km/h, Fig. 12B für 80 km/h und Fig. 12C für 120 km/h.

[0074] Unter den Fahrbahnbelägen ist auch der hier als Referenzbelag zugrunde gelegte Splittmastixasphalt der Korngrößenverteilung 0 - 8 mm (SMA 0/8). Auf diesem Splittmastixasphalt 0/8 wurden im Mittel folgende Vorbeifahrtpegel erreicht:

50 km/h:	68,9 dB(A)
80 km/h:	74,9 dB(A)
120 km/h:	80,1 dB(A)

[0075] Die mit dem Ausführungsbeispiel des hier beschriebenen Fahrbahnbelages erzielten Vorbeifahrtpegel weisen damit gegenüber dem Referenzbelag im Mittel folgende Pegeldifferenzen (gerundet) auf:

50 km/h:	-2,7 dB(A)
80 km/h:	-1,3 dB(A)
120 km/h:	-0,1 dB(A)

[0076] Somit stellt das oben beschriebene Ausführungsbeispiel einen industriell definiert reproduzierbaren Fahrbahnbelag bereit, der einen geringeren Vorbeifahrtpegel als ein herkömmlicher SMA0/8-Belag hervorruft.

[0077] Mit dem hier beschriebenen Fahrbahnbelag ist es möglich, bestehende Fahrbahnbeläge zu überbauen, um sie akustisch zu sanieren bzw. zu verbessern. Ferner ist es möglich, Bauweisen, die keine günstigen akustischen Eigenschaften aufweisen, wie z.B. Fahrbahnbeläge aus Beton, mit einer geräuschmindernden Verschleißschicht zu versehen. Somit können die günstigen funktionalen Eigenschaften von Fahrbahnbelägen aus Beton, wie z.B. hohe Tragfähigkeit und Langlebigkeit, mit einem akustisch wirksamen Fahrbahnbelag kombiniert werden.

Zweite Ausführungsform

[0078] Gemäß der ersten Ausführungsform wird der Fahrbahnbelag in Form von Fahrbahnbelagelementen auf die Fahrbahndecke aufgebracht. Es ist jedoch auch möglich, den Fahrbahnbelag vor Ort zu strukturieren. Dies wird anhand einer zweiten Ausführungsform erläutert.

[0079] Hierzu wird zunächst eine auf einen Untergrund aufzubringende Formmasse vorbereitet und plastifiziert. Diese Formmasse kann aus demselben Material wie für das oben erläuterte erste Ausführungsbeispiel bestehen. Die plastifizierte bzw. erhitzte Formmasse wird mit einer Spritzmaschine auf einen entsprechend präparierten Untergrund gespritzt. Wie im ersten Ausführungsbeispiel kann eine bestehende Asphaltdecke durch den erfindungsgemäßen Fahrbahnbelag ersetzt werden; es ist aber auch möglich, die Formmasse auf Beton, auf eine bestehende Asphaltoberfläche oder einen anderen Untergrund aufzubringen.

[0080] Dazu wird die Formmasse aus Kunststoff und Mineralstoffen in einen Extruder gegeben, durch eine Hochdruckbreitspritzdüse aus dem Extruder herausgespritzt, und auf eine Höhe von ca. 8 mm bis 12 mm gleichmäßig über der Fahrbahnfläche verteilt. Während der Kunststoff noch nicht vollständig ausgehärtet und somit noch formbar ist, werden die Makro- und die Mikrostruktur mit einem oder mehreren Stempeln in die Oberseite des Kunststoffs geprägt.

[0081] Ähnlich der Formfläche des oben beschriebenen Spritzwerkzeugs ist auch die Formfläche des Stempels mit einer Struktur aus einander kreuzenden Rippen versehen, welche einem Negativ der oben beschriebenen Makro- und Mikrostruktur des Fahrbahnbelags entspricht. Somit ermöglicht der Stempel eine hohe Abbildungsgenauigkeit im ge-

samten Wellenlängenbereich der Mikro- und Makrotextur. Genauer gesagt weist auch der Stempel parallel zueinander verlaufende erste Rippen und parallel zueinander verlaufende, die ersten Rippen schneidende zweite Rippen auf, wobei jeweils zwei benachbarte erste Rippen und zwei benachbarte zweite Rippen eine in Draufsicht parallelogrammförmige Vertiefung einschließen. Die Rippen sind derart ausgebildet, dass durch senkrechtes Aufdrücken des Stempels auf die Formmasse ein Fahrbahnbelag mit der oben beschriebenen Makro- bzw. Mikrostruktur erzielt wird.

[0082] Zum Prägen der Oberflächenstruktur können mehrere Stempel hintereinander vorgesehen werden, wobei der jeweils in Aufbringrichtung hintere Stempel nach dem Prägevorgang vor den in Aufbringrichtung vorderen Stempel gesetzt wird. Somit kann der Prägevorgang beschleunigt werden, da stets mindestens ein Abschnitt der Fahrbahn geprägt wird.

[0083] Das direkte Aufbringen der Formmasse auf die Fahrbahn und Prägen der Oberflächenstruktur vor Ort hat im Vergleich zur ersten Ausführungsform den Vorteil, dass die industrielle Vorfertigung der Fahrbahnbelagelemente entfällt, was die für die Fahrbahnfertigung notwendige Logistik vereinfacht. So müssen keine Fahrbahnbelagelemente in ausreichender Menge und Qualität vorgefertigt, zum Einsatzort transportiert und dort vorgehalten werden. Ferner ist es auch möglich, den Kunststoff durch Beifügung entsprechender Zusatzstoffe vor Ort genau auf die örtlichen Gegebenheiten und Anforderungen abzustimmen.

[0084] Obwohl die obigen Ausführungsformen vorstehend anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen beschrieben wurden, sind sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Art und Weise modifizierbar. Insbesondere sind verschiedene Merkmale der oben beschriebenen Ausgestaltungen miteinander kombinierbar.

[0085] So ist es beispielsweise möglich, die Fahrbahnbelagelemente gemäß der ersten Ausführungsform großflächig, mit Dimensionen von mehreren Metern Länge, zu gestalten und aufzurollen. Derartige Fahrbahnbelagrollen können dann, nach Aufbringen eines geeigneten Klebemittels auf den Untergrund, einfach ausgerollt werden, was den Verlegvorgang extrem vereinfacht.

[0086] Ferner ist es im Herstellungsverfahren gemäß der zweiten Ausführungsform auch möglich, anstelle eines Stempels die Oberflächenstruktur mit einer Walze in den Fahrbahnbelag zu prägen.

[0087] Weiterhin ist es möglich, im Herstellungsverfahren gemäß der zweiten Ausführungsform anstelle von Kunststoff bzw. eines Kunststoff-MineralstoffGemischs, die Oberflächenstruktur direkt in Beton zu prägen. Hierzu wird zunächst Beton als Formmasse auf den Fahrbahnuntergrund aufgebracht, der Beton in der oben beschriebenen Weise mit Stempeln oder dergleichen geprägt und somit mit der oben beschriebenen Makrostruktur versehen. Dies hat den Vorteil, dass die Geräuscheigenschaften einer Fahrbahnfläche aus Beton auf einfache Weise wesentlich verbessert werden können.

[0088] Damit ist das Material für den Fahrbahnbelag nicht auf mit Mineralstoffen angereicherten Kunststoff beschränkt, sondern es ist ebenso möglich, Metall oder auch bituminös, zement- oder kunstharzgebundene Mineralstoffe zu verwenden.

Patentansprüche

1. Fahrbahnbelag, mit an seiner Oberfläche durch in die Oberfläche eingeprägte Rillen (1, 2) festgelegte Flächenabschnitte (3)
   wobei die Rillen (1, 2) eine erste Gruppe von Rillen (1), die etwa parallel zueinander verlaufen, sowie mindestens eine zweite Gruppe von Rillen (2), die jeweils etwa parallel zueinander verlaufen und die erste Gruppe von Rillen (2) kreuzen, umfassen, so dass jeweils zwei benachbarte Rillen der ersten und der zweiten Gruppe (1, 2) jeweils einen etwa parallelogrammförmigen Flächenabschnitt (3) festlegen,
   dadurch gekennzeichnet, dass sowohl innerhalb der ersten Gruppe von Rillen (1) als auch innerhalb der zweiten Gruppe von Rillen (2) jeweils verschiedene Rillenabstände vorgesehen sind, so dass das bei Überfahren des Fahrbahnbelages entstehende Reifen-Fahrbahn-Geräusch reduziert wird.

2. Fahrbahnbelag nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flächenabschnitte (3) in Fahrtrichtung eine Länge von höchstens 10 mm aufweisen.

3. Fahrbahnbelag nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abstände (A, B) der Rillen (1) der ersten Gruppe und die Abstände der Rillen (2) der zweiten Gruppe jeweils zwischen einem minimalen Rillenabstand (Amin, Bmin) und einem maximalen Rillenabstand (Amax, Bmax) verteilt sind.

4. Fahrbahnbelag nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abstände (A) zwischen den Rillen (1) der ersten Gruppe und die Abstände (B) zwischen den Rillen (2) der zweiten Gruppe einer Zufallsverteilung unterliegen.

5. Fahrbahnbelag nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abstände (A) zwischen den Rillen (1) der ersten Gruppe und die Abstände (B) zwischen den Rillen (2) der zweiten Gruppe jeweils zwischen dem minimalen Rillenabstand (Amin, Bmin) und dem maximalen Rillenabstand (Amax, Bmax) gleich verteilt sind.

6. Fahrbahnbelag nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der minimale Rillenabstand (Amin, Bmin) mindestens 1 mm und der maximale Rillenabstand (Amax, Bmax) mindestens 5 mm beträgt.

7. Fahrbahnbelag nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rillen (1) der ersten Gruppe und die Rillen (2) der zweiten Gruppe einen ersten Winkel α und einen zweiten Winkel β einschließen, für die gilt:

$$60° \leq \alpha \leq 180° \text{ und}$$
$$0° \leq \beta \leq 120°.$$

8. Fahrbahnbelag nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die maximale Breite (C) der Rillen (1, 2) an der Oberseite 1 mm bis 5 mm beträgt.

9. Fahrbahnbelag nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die maximale Tiefe (Tmax) der Rillen (1, 2) 2 mm bis 10 mm beträgt.

10. Fahrbahnbelag nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die parallelogrammförmigen Flächenabschnitte (3) höhengleich in einer Ebene angeordnet sind.

11. Fahrbahnbelag nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Seitenlängen der parallelogrammförmigen Flächenabschnitte (3) jeweils unterschiedlich zu den Seitenlängen der benachbarten parallelogrammförmigen Flächenabschnitte (3) dimensioniert sind.

12. Fahrbahnbelag nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Längen der Diagonalen (D) der parallelogrammförmigen Flächenabschnitte (3) mindestens 2 mm und höchstens 10 mm betragen.

13. Fahrbahnbelag nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die die Flächenabschnitte (3) begrenzenden Kanten der Rillen (1, 2) abgerundet sind.

14. Fahrbahnbelag nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rillen (1, 2) eine im Wesentlichen V-förmige Querschnittsform aufweisen.

15. Fahrbahnbelag nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberfläche der Flächenabschnitte (3) eine Mikrostruktur aufweist mit einer zufällig verteilten Wellenlängenverteilung im Bereich zwischen 10 μm und 1000 μm und einer maximalen Texturtiefe von bis zu 300 μm.

16. Fahrbahnbelag nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fahrbahnbelag als plattenförmiges Fahrbahnbelagelement ausgebildet ist.

17. Fahrbahnbelag nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fahrbahnbelagelement rautenförmig ist, und dass jeweils zwei Seitenkanten des Fahrbahnbelagelements parallel zu den ersten Rillen (1) bzw. den zweiten Rillen (2) verlaufen.

18. Fahrbahnbelag nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fahrbahnbelag aus mit Mineralstoff angereichertem Kunststoff gefertigt ist.

19. Fahrbahnbelag nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kunststoff Polyester oder Polyamid ist.

20. Fahrbahnbelag nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fahrbahnbelag aus Metall gefertigt ist.

21. Verfahren zum Herstellen eines Fahrbahnbelagelements, insbesondere eines Fahrbahnbelagelements nach einem der Ansprüche 1 bis 19, mit:

Spritzgießen des Fahrbahnbelagelements mit einem Spritzgießwerkzeug, welches eine Formfläche (80) mit einer ersten Gruppe von parallel zueinander verlaufenden ersten Rippen (81) und einer zweiten Gruppe von parallel zueinander verlaufenden, die ersten Rippen kreuzenden zweiten Rippen (82) aufweist, wobei jeweils zwei benachbarte erste Rippen (81) und zwei benachbarte zweite Rippen (82) eine parallelogrammförmige Vertiefung (83) festlegen,
dadurch gekennzeichnet, dass sowohl innerhalb der ersten Gruppe von Rippen (81) als auch innerhalb der zweiten Gruppe von Rippen (82) jeweils verschiedene Rippenabstände vorgesehen sind, so dass das bei Überfahren des hergestellten Fahrbahnbelagelements entstehende Reifen-Fahrbahn-Geräusch reduziert wird.

22. Verfahren zum Herstellen einer Fahrbahn, mit Folgenden Schritten:

Herstellen mindestens eines Fahrbahnbelagelements mit dem Verfahren nach Anspruch 21; und
Aufkleben von Fahrbahnbelagelementen auf einen Fahrbahnuntergrund in aufeinanderfolgender Reihenfolge oder nebeneinander.

23. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Gruppe von Diagonalen (D) der Flächenabschnitte (3) im Wesentlichen in Fahrtrichtung (F) der Fahrbahn ausgerichtet ist.

24. Verfahren zum Herstellen eines Fahrbahnbelags, insbesondere eines Fahrbahabelags nach einem der Ansprüche 1 bis 19, mit folgenden Schritten:

Aufbringen einer Formmasse auf einen Fahrbahnuntergrund;
Prägen der aufgebrachten Formmasse mit einem Prägestempel, welcher eine Formfläche (80) mit einer ersten Gruppe von parallel zueinander verlaufenden ersten Rippen (81) und einer zweiten Gruppe von parallel zueinander verlaufenden, die ersten Rippen kreuzenden zweiten Rippen (82) aufweist, wobei jeweils zwei benachbarte erste Rippen (81) und zwei benachbarte zweite Rippen (82) eine parallelogrammförmige Vertiefung (83) festlegen;
dadurch gekennzeichnet, dass sowohl innerhalb der ersten Gruppe von Rippen (1) als auch innerhalb der zweiten Gruppe von Rippen (2) jeweils verschiedene Rippenabstände vorgesehen sind, so dass das bei Überfahren des hergestellten Fahrbahnbelags entstehende Reifen-Fahrbahn-Geräusch reduziert wird.

25. Verfahren nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Formmasse ein mit einem Mineralstoff angereicherter Kunststoff ist.

26. Verfahren nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Formmasse Beton ist.

27. Spritzgießwerkzeug zum Herstellen eines Fahrbahnbelagelements, insbesondere eines Fahrbahnbelagelements nach einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei das Spritzgießwerkzeug eine Formfläche (80) mit einer ersten Gruppe von parallel zueinander verlaufenden ersten Rippen (81) und einer zweiten Gruppe von parallel zueinander verlaufenden, die ersten Rippen kreuzenden zweiten Rippen (82) aufweist, und wobei jeweils zwei benachbarte erste Rippen (81) und zwei benachbarte zweite Rippen (82) eine parallelogrammförmige Vertiefung (83) festlegen,
dadurch gekennzeichnet, dass sowohl innerhalb der ersten Gruppe von Rippen (81) als auch innerhalb der zweiten Gruppe von Rippen (82) jeweils verschiedene Rippenabstände vorgesehen sind, so dass das bei Überfahren des hergestellten Fahrbahnbelags entstehende Reifen-Fahrbahn-Geräusch reduziert wird.

28. Stempel zum Herstellen eines Fahrbahnbelags, insbesondere eines Fahrbahnbelagelements nach einem der Ansprüche 1 bis 20, wobei der Stempel eine Formfläche (80) mit einer ersten Gruppe von parallel zueinander verlaufenden ersten Rippen (81) und einer zweiten Gruppe von parallel zueinander verlaufenden, die ersten Rippen kreuzenden zweiten Rippen (82) aufweist, und wobei jeweils zwei benachbarte erste Rippen (81) und zwei benachbarte zweite Rippen (82) eine parallelogrammförmige Vertiefung (83) festlegen,
dadurch gekennzeichnet, dass sowohl innerhalb der ersten Gruppe von Rippen (81) als auch innerhalb der zweiten Gruppe von Rippen (82) jeweils verschiedene Rippenabstände vorgesehen sind, so dass das bei Überfahren des hergestellten Fahrbahnbelags entstehende Reifen-Fahrbahn-Geräusch reduziert wird.

Claims

1. Road surface having surface portions (3) which are formed on its upper surface by grooves (1, 2) impressed into

the upper surface,
wherein the grooves (1, 2) include a first group of grooves (1) which extend approximately in parallel with each other and at least one second group of grooves (2) which each extend approximately in parallel with each other and cross the first group of grooves (2), which means that in each case two neighbouring grooves of the first and second group (1, 2) form a respective surface portion (3) which is approximately parallelogram-shaped,
characterised in that both within the first group of grooves (1) and also within the second group of grooves (2) respectively different groove spacings are provided, which means that tyre-road noise arising during travel over the road surface is reduced.

2. Road surface as claimed in claim 1, **characterised in that** the surface portions (3) in the travel direction have a length of at most 10mm.

3. Road surface as claimed in claim 1, **characterised in that** the spacings (A, B) of the grooves (1) of the first group and the spacings of the grooves (2) of the second group are each distributed between a minimum groove spacing (Amin, Bmin) and a maximum groove spacing (Amax, Bmax).

4. Road surface as claimed in any one of claims 1 to 3, **characterised in that** the spacings (A) between the grooves (1) of the first group and the spacings (B) between the grooves (2) of the second group are randomly distributed.

5. Road surface as claimed in any one of the preceding claims, **characterised in that** the spacings (A) between the grooves (1) of the first group and the spacings (B) between the grooves (2) of the second group are each uniformly distributed between the minimum groove spacing (Amin, Bmin) and the maximum groove spacing (Amax, Bmax).

6. Road surface as claimed in claim 5, **characterised in that** the minimum groove spacing (Amin, Bmin) is at least 1mm and the maximum groove spacing (Amax, Bmax) is at least 5mm.

7. Road surface as claimed in any one of the preceding claims, **characterised in that** the grooves (1) of the first group and the grooves (2) of the second group form a first angle α and a second angle β for which

$60° \leq \alpha \leq 180°$ and
$0° \leq \beta \leq 120°$ applies.

8. Road surface as claimed in any one of the preceding claims, **characterised in that** the maximum width (C) of the grooves (1, 2) on the upper side is 1mm to 5mm.

9. Road surface as claimed in any one of the preceding claims, **characterised in that** the maximum depth (Tmax) of the grooves (1, 2) is 2mm to 10mm.

10. Road surface as claimed in any one of the preceding claims, **characterised in that** the parallelogram-shaped surface portions (3) are disposed at the same height in a plane.

11. Road surface as claimed in any one of the preceding claims, **characterised in that** the side lengths of the parallelogram-shaped surface portions (3) are each dimensioned differently to the side lengths of the neighbouring parallelogram-shaped surface portions (3).

12. Road surface as claimed in any one of the preceding claims, **characterised in that** the lengths of the diagonals (D) of the parallelogram-shaped surface portions (3) are at least 2mm and at most 10mm.

13. Road surface as claimed in any one of the preceding claims, **characterised in that** the edges of the grooves (1, 2) defining the surface portions (3) are rounded.

14. Road surface as claimed in any one of the preceding claims, **characterised in that** the grooves (1, 2) have an essentially V-shaped cross-sectional form.

15. Road surface as claimed in any one of the preceding claims, **characterised in that** the upper surface of the surface portions (3) has a micro structure with a randomly distributed wavelength distribution in the range between 10μm and 1000μm and a maximum texture depth of up to 300μm.

16. Road surface as claimed in any one of the preceding claims, **characterised in that** the road surface is formed as a plate-like road surface element.

17. Road surface as claimed in claim 16, **characterised in that** the road surface element is rhombic and that in each case two side edges of the road surface element extend in parallel with the first grooves (1) or the second grooves (2).

18. Road surface as claimed in any one of the preceding claims, **characterised in that** the road surface is produced from mineral-enriched synthetic material.

19. Road surface as claimed in claim 18, **characterised in that** the synthetic material is polyester or polyamide.

20. Road surface as claimed in any one of the preceding claims, **characterised in that** the road surface is produced from metal.

21. Method for producing a road surface element, in particular a road surface element as claimed in any one of claims 1 to 19, including;

- injection moulding the road surface element with an injection moulding tool which has a mould surface (80) with a first group of first ribs (81) extending in parallel with each other and a second group of second ribs (82) extending in parallel with each other and crossing the first ribs, wherein in each case two neighbouring first ribs (81) and two neighbouring second ribs (82) produce a parallelogram-shaped depression (83),

characterised in that both within the first group of ribs (81) and also within the second group of ribs (82) in each case different rib spacings are provided, which means that tyre-road noise arising during travel over the produced road surface element is reduced.

22. Method for producing a road, comprising the following steps:

- producing at least one road surface element using the method as claimed in claim 21; and
- adhering road surface elements onto a road substrate in a successive sequence or next to each other.

23. Method as claimed in claim 21 or 22, **characterised in that** one group of diagonals (D) of the surface portions (3) is oriented essentially in the travel direction (F) of the road.

24. Method for producing a road surface, in particular a road surface as claimed in any one of claims 1 to 19, comprising the following steps:

- applying a casting compound to a road substrate;
- embossing the applied casting compound with an embossing die which has a moulding surface (80) with a first group of first ribs (81) extending in parallel with each other and a second group of second ribs (82) extending in parallel with each other and crossing the first ribs, wherein in each case two neighbouring first ribs (81) and two neighbouring second ribs (82) produce a parallelogram-shaped depression (83),

characterised in that both within the first group of ribs (1) and also within the second group of ribs (2) in each case different rib spacings are provided, which means that tyre-road noise arising during travel over the produced road surface is reduced.

25. Method as claimed in claim 24, **characterised in that** the casting compound is a mineral-enriched synthetic material.

26. Method as claimed in claim 24, **characterised in that** the casting compound is concrete.

27. Injection moulding tool for producing a road surface element, in particular a road surface element as claimed in any one of claims 1 to 19,
wherein the injection moulding tool has a moulding surface (80) with a first group of first ribs (81) extending in parallel with each other and a second group of second ribs (82) extending in parallel with each other and crossing the first ribs, and wherein in each case two neighbouring first ribs (81) and two neighbouring second ribs (82) produce a parallelogram- shaped depression (83),
characterised in that both within the first group of ribs (81) and also within the second group of ribs (82) in each

case different rib spacings are provided, which means that tyre- road noise arising during travel over the produced road surface is reduced.

28. Die for producing a road surface, in particular a road surface element as claimed in any one of claims 1 to 20, wherein the die has a moulding surface (80) with a first group of first ribs (81) extending in parallel with each other and a second group of second ribs (82) extending in parallel with each other and crossing the first ribs, and wherein in each case two neighbouring first ribs (81) and two neighbouring second ribs (82) produce a parallelogram- shaped depression (83),
characterised in that both within the first group of ribs (81) and also within the second group of ribs (82) in each case different rib spacings are provided, which means that tyre- road noise arising during travel over the produced road surface is reduced.

Revendications

1. Revêtement de chaussée, comprenant des tronçons superficiels (3) définis sur sa surface par le biais de nervures (1, 2) façonnées dans la surface,
les nervures (1, 2) comprenant un premier groupe de nervures (1) s'étendant sensiblement parallèlement les unes par rapport aux autres, et au moins un second groupe de nervures (2) s'étendant respectivement sensiblement les unes par rapport aux autres et croisant le premier groupe de nervures (2), de telle sorte que deux nervures adjacentes du premier et du second groupe (1, 2) définissent respectivement un tronçon superficiel (3) sensiblement en forme de parallélogramme,
caractérisé en ce que, aussi bien dans le premier groupe de nervures (1) que dans le second groupe de nervures (2), des distances différentes entre les nervures sont respectivement prévues de manière à réduire le bruit pneumatique/chaussée généré lors du roulement sur le revêtement de chaussée.

2. Revêtement de chaussée selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les tronçons superficiels (3) présentent une longueur maximale de 10 mm dans le sens de déplacement.

3. Revêtement de chaussée selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les distances (A, B) des nervures (1) du premier groupe et les distances des nervures (2) du second groupe sont respectivement distribuées entre une distance de nervure minimale (Amin, Bmin) et une distance de nervure maximale (Amax, Bmax).

4. Revêtement de chaussée selon une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les distances (A) entre les nervures (1) du premier groupe et les distances (B) entre les nervures (2) du second groupe sont soumises à une distribution aléatoire.

5. Revêtement de chaussée selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les distances (A) entre les nervures (1) du premier groupe et les distances (B) entre les nervures (2) du second groupe sont respectivement distribuées de manière égale entre la distance de nervure minimale (Amin, Bmin) et la distance de nervure maximale (Amax, Bmax).

6. Revêtement de chaussée selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la distance de nervure minimale (Amin, Bmin) est au moins de 1 mm et la distance de nervure maximale (Amax, Bmax) au moins de 5 mm.

7. Revêtement de chaussée selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les nervures (1) du premier groupe et les nervures (2) du second groupe forment un premier angle α et un second angle β, pour lesquels :

$60° \leq \alpha \leq 180°$ et
$0° \leq \beta \leq 120°$.

8. Revêtement de chaussée selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la largeur maximale (C) des nervures (1, 2) est de 1 mm à 5 mm sur la face supérieure.

9. Revêtement de chaussée selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la profondeur maximale (Tmax) des nervures (1, 2) est de 2 mm à 10 mm.

10. Revêtement de chaussée selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les tronçons superficiels

(3) en forme de parallélogrammes sont disposés dans un plan de même hauteur.

11. Revêtement de chaussée selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les longueurs des côtés des tronçons superficiels (3) en forme de parallélogrammes ont respectivement des dimensions différentes par rapport aux longueurs des côtés des tronçons superficiels (3) adjacents en forme de parallélogrammes.

12. Revêtement de chaussée selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les longueurs des diagonales (D) des tronçons superficiels (3) en forme de parallélogrammes sont au minimum de 2 mm et au maximum de 10 mm.

13. Revêtement de chaussée selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les bords des nervures (1, 2) délimitant les tronçons superficiels (3) sont arrondis.

14. Revêtement de chaussée selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les nervures (1, 2) présentent sensiblement une forme en V en coupe transversale.

15. Revêtement de chaussée selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la surface des tronçons superficiels (3) présente une microstructure avec une distribution de longueur d'ondes distribuée de manière aléatoire dans la plage comprise entre 10 μm et 1 000 μm et une profondeur de texture maximale jusqu'à 300 μm.

16. Revêtement de chaussée selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le revêtement de chaussée est réalisé sous la forme d'un élément de revêtement de chaussée en forme de plaque.

17. Revêtement de chaussée selon la revendication 16, **caractérisé en ce que** l'élément de revêtement de chaussée a la forme d'un losange et **en ce que** deux bords latéraux de l'élément de revêtement de chaussée s'étendent chacun parallèlement aux premières nervures (1) respectivement aux secondes nervures (2).

18. Revêtement de chaussée selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le revêtement de chaussée est fabriqué en matière plastique enrichie en substance minérale.

19. Revêtement de chaussée selon la revendication 18, **caractérisé en ce que** la matière plastique est du polyester ou du polyamide.

20. Revêtement de chaussée selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le revêtement de chaussée est fabriqué en métal.

21. Procédé de fabrication d'un élément de revêtement de chaussée, en particulier d'un élément de revêtement de chaussée selon une des revendications 1 à 19, consistant à :

- mouler par injection l'élément de revêtement de chaussée avec un outil de moulage par injection qui présente une surface de moulage (80) comprenant un premier groupe de premières nervures (81) s'étendant parallèlement les unes par rapport aux autres et un second groupe de secondes nervures (82) s'étendant parallèlement les unes par rapport aux autres et croisant les premières nervures, deux premières nervures adjacentes (81) et deux secondes nervures adjacentes (82) définissant respectivement un creux (83) en forme de parallélogramme,

caractérisé en ce que, aussi bien dans le premier groupe de nervures (81) que dans le second groupe de nervures (82), des distances différentes entre les nervures sont respectivement prévues de manière à réduire le bruit pneumatique/chaussée généré lors du roulement sur l'élément de revêtement de chaussée fabriqué.

22. Procédé de fabrication d'une chaussée comprenant les étapes suivantes :

- fabriquer au moins un élément de revêtement de chaussée au moyen du procédé selon la revendication 21 ; et
- coller des éléments de revêtement de chaussée sur un support de chaussée selon une séquence consécutive ou les uns à côté des autres.

23. Procédé selon la revendication 21 ou 22, **caractérisé en ce qu'**un groupe de diagonales (D) des tronçons superficiels (3) est orienté sensiblement dans le sens de déplacement (F) de la chaussée.

24. Procédé de fabrication d'un revêtement de chaussée, en particulier d'un revêtement de chaussée selon une des revendications 1 à 19, comprenant les étapes suivantes :

- appliquer une matière moulable sur un support de chaussée,
- façonner la matière moulable appliquée à l'aide d'un poinçon de façonnage qui présente une surface de moulage (80) comprenant un premier groupe de premières nervures (81) s'étendant parallèlement les unes par rapport aux autres et un second groupe de secondes nervures (82) s'étendant parallèlement les unes par rapport aux autres et croisant les premières nervures, deux premières nervures adjacentes (81) et deux secondes nervures adjacentes (82) définissant respectivement un creux (83) en forme de parallélogramme,

caractérisé en ce que, aussi bien dans le premier groupe de nervures (1) que dans le second groupe de nervures (2), des distances différentes entre les nervures sont respectivement prévues de manière à réduire le bruit pneumatique/chaussée généré lors du roulement sur le revêtement de chaussée fabriqué.

25. Procédé selon la revendication 24, **caractérisé en ce que** la matière moulable est une matière plastique enrichie en substance minérale.

26. Procédé selon la revendication 24, **caractérisé en ce que** la matière moulable est du béton.

27. Outil de moulage par injection pour fabriquer un élément de revêtement de chaussée, en particulier un élément de revêtement de chaussée selon une des revendications 1 à 19, l'outil de moulage par injection présentant une surface de moulage (80) comprenant un premier groupe de premières nervures (81) s'étendant parallèlement les unes par rapport aux autres et un second groupe de secondes nervures (82) s'étendant parallèlement les unes par rapport aux autres et croisant les premières nervures, et deux premières nervures adjacentes (81) et deux secondes nervures adjacentes (82) définissant respectivement un creux (83) en forme de parallélogramme,
caractérisé en ce que, aussi bien dans le premier groupe de nervures (81) que dans le second groupe de nervures (82), des distances différentes entre les nervures sont respectivement prévues de manière à réduire le bruit pneumatique/chaussée généré lors du roulement sur le revêtement de chaussée fabriqué.

28. Poinçon pour fabriquer un revêtement de chaussée, en particulier un élément de revêtement de chaussée selon une des revendications 1 à 20, le poinçon présentant une surface de moulage (80) comprenant un premier groupe de premières nervures (81) s'étendant parallèlement les unes par rapport aux autres et un second groupe de secondes nervures (82) s'étendant parallèlement les unes par rapport aux autres et croisant les premières nervures, et deux premières nervures adjacentes (81) et deux secondes nervures adjacentes (82) définissant respectivement un creux (83) en forme de parallélogramme,
caractérisé en ce que, aussi bien dans le premier groupe de nervures (81) que dans le second groupe de nervures (82), des distances différentes entre les nervures sont respectivement prévues de manière à réduire le bruit pneumatique/chaussée généré lors du roulement sur le revêtement de chaussée fabriqué.

Fig. 1B

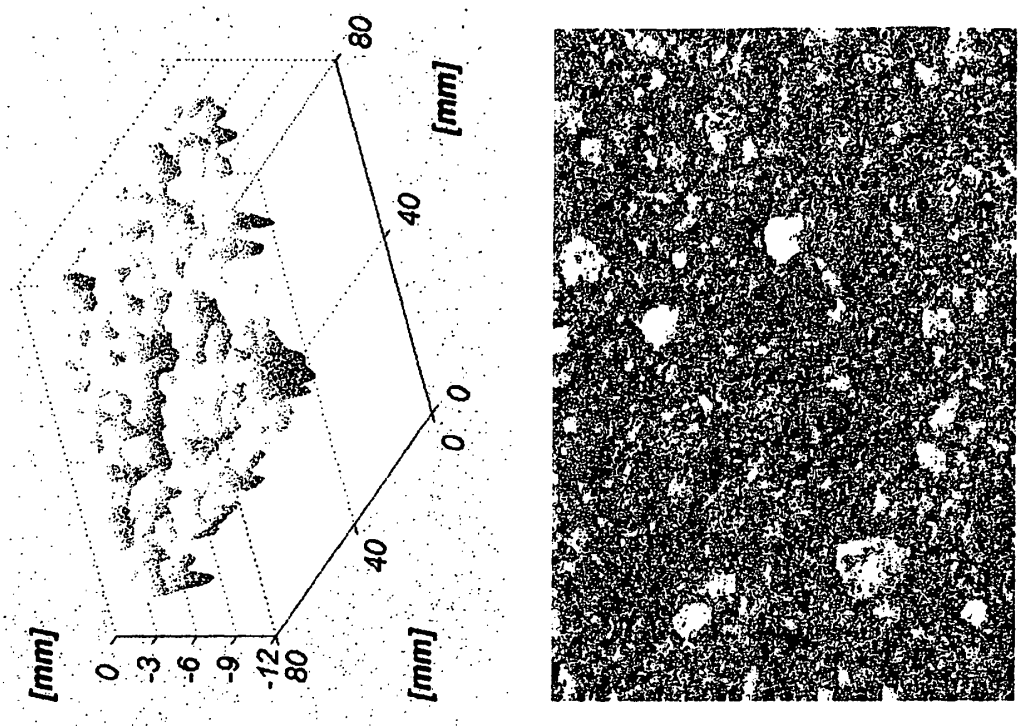


Fig. 1A

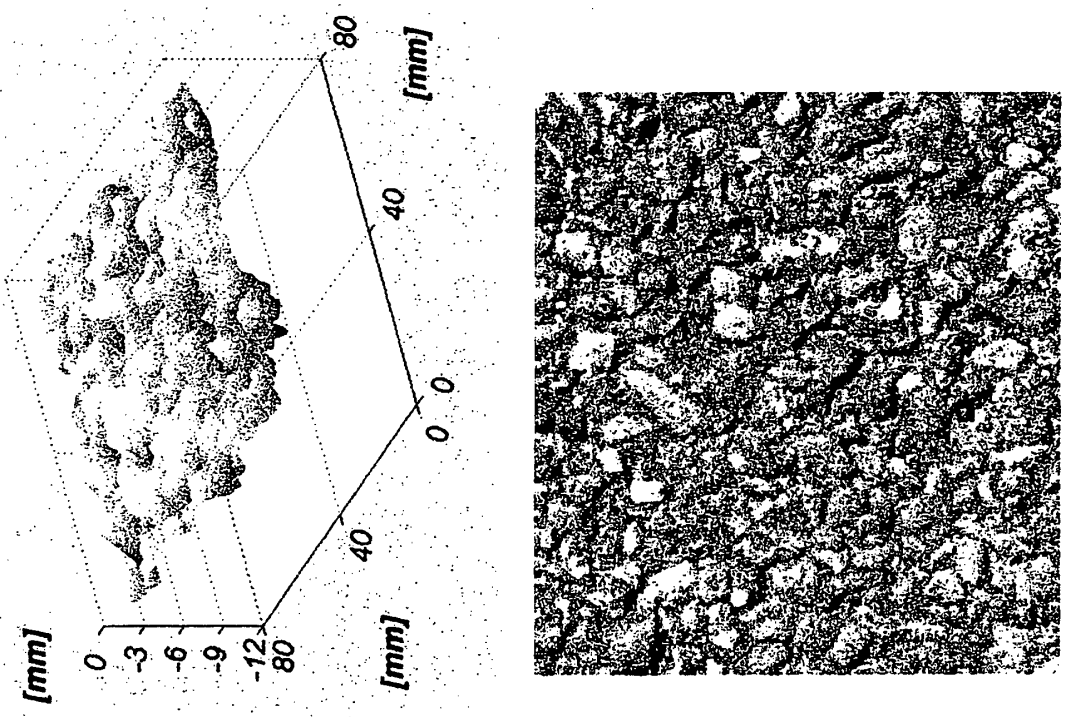


Fig. 1D

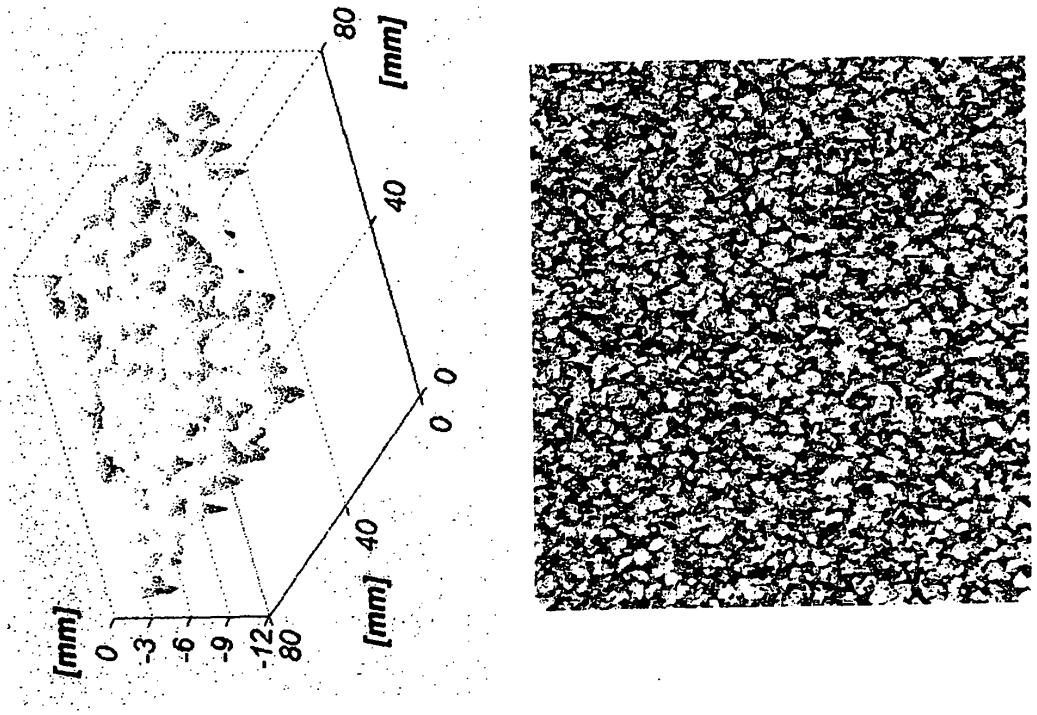
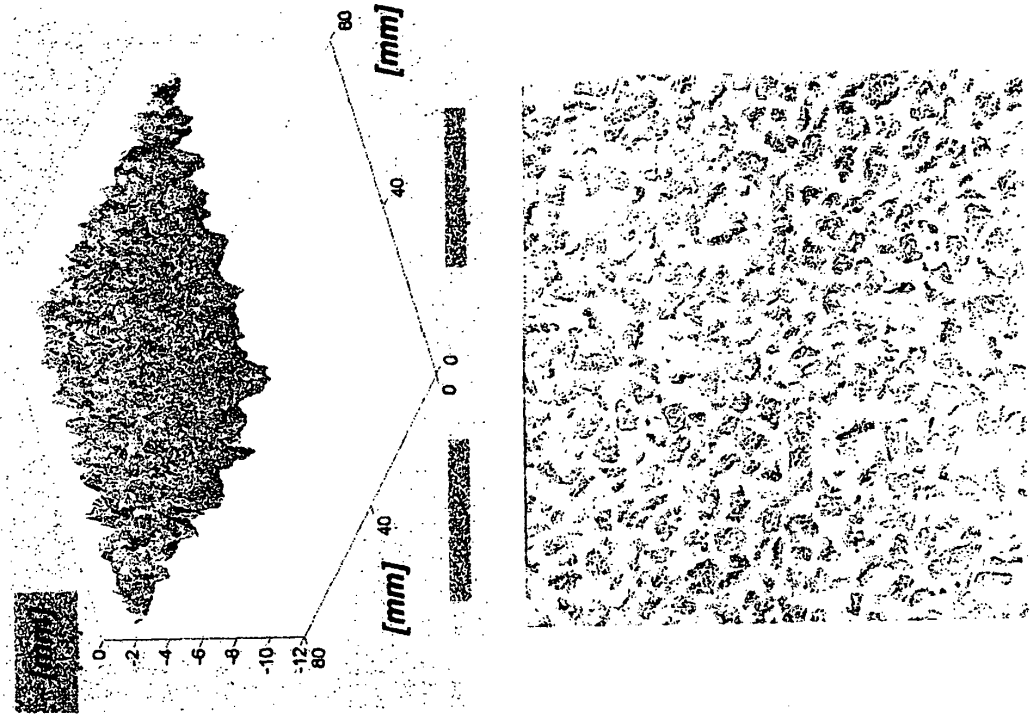


Fig. 1C



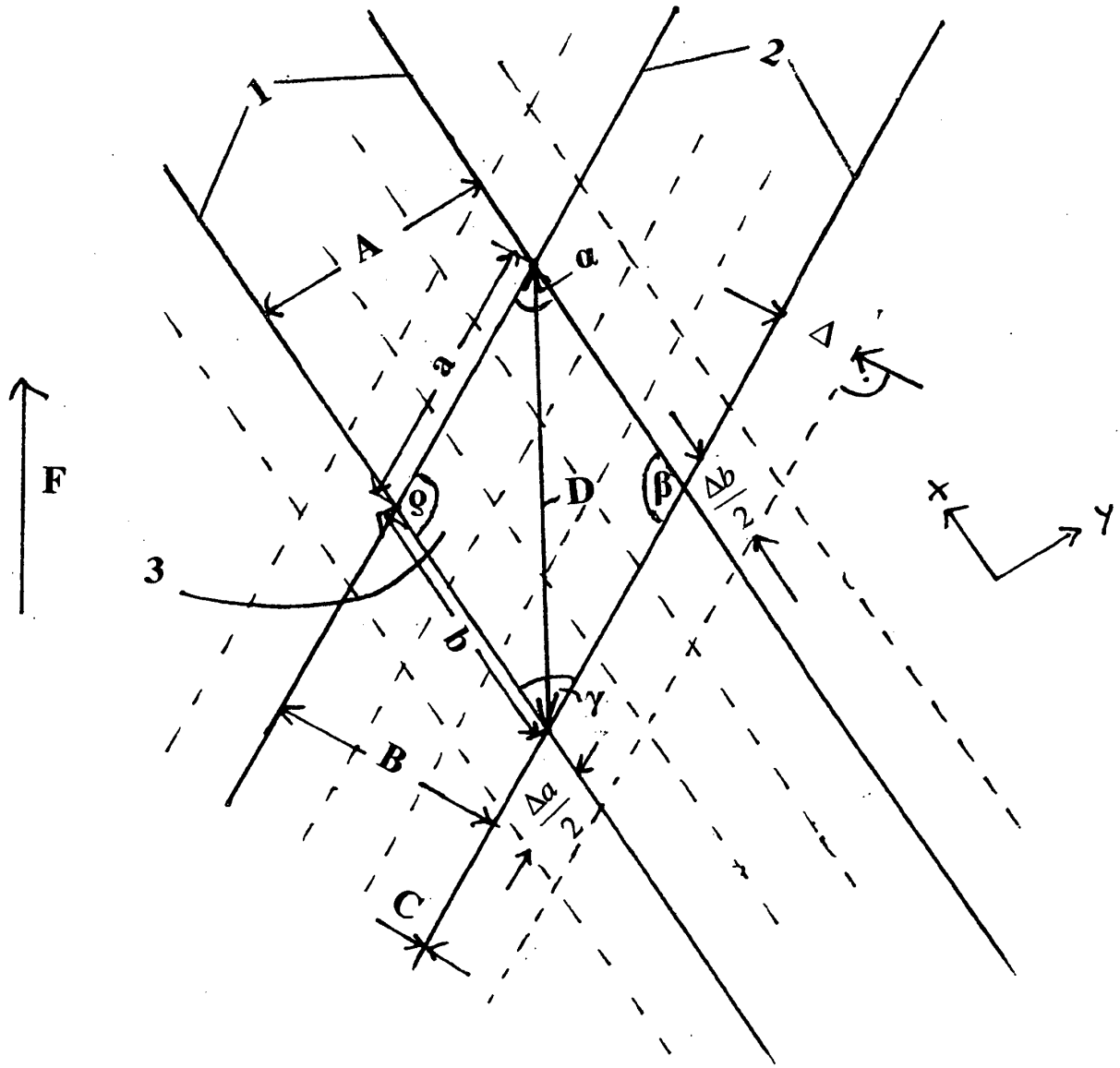


Fig. 2

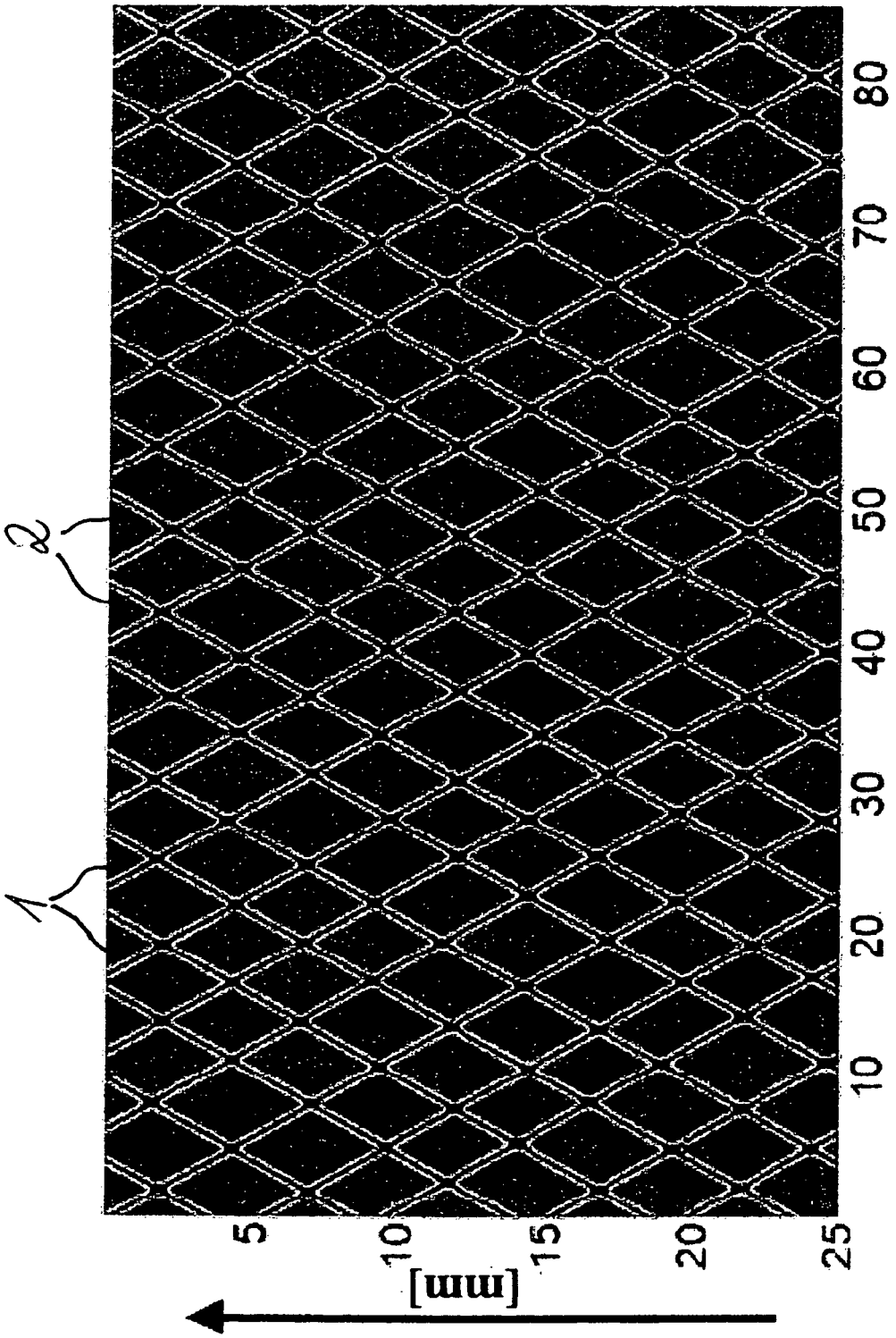


Fig. 3

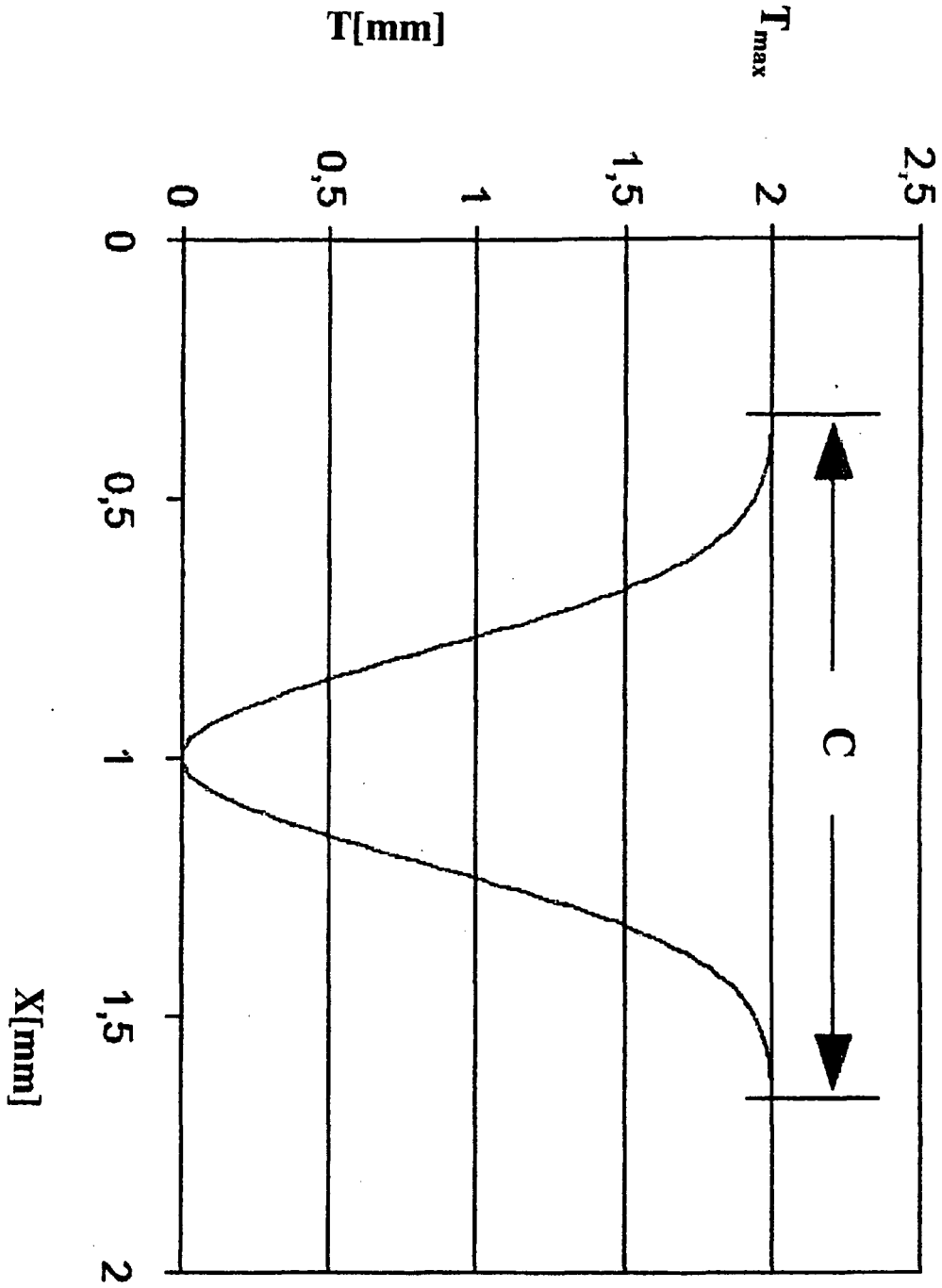


Fig. 4

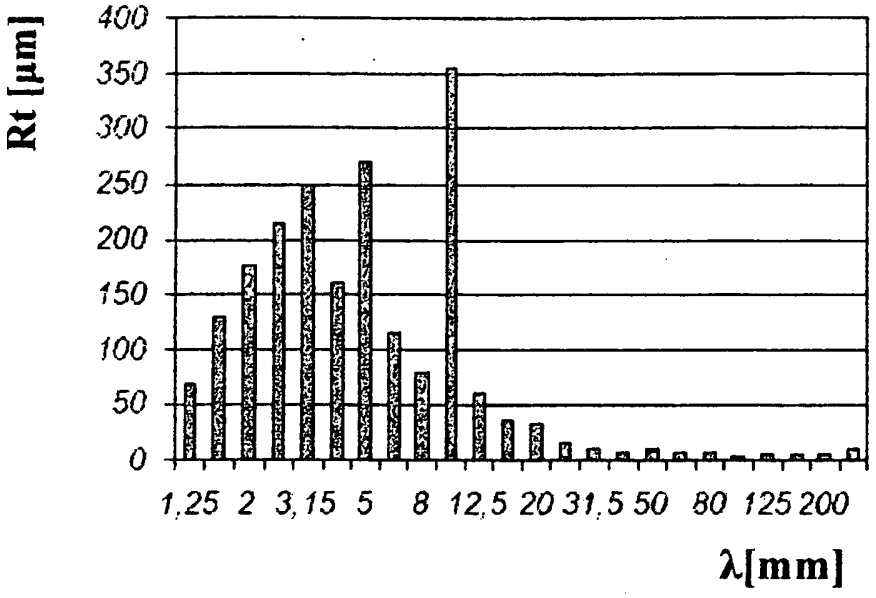

Rt [µm]
400
350
300
250
200
150
100
50
0
1,25 2 3,15 5 8 12,5 20 31,5 50 80 125 200
λ[mm]

Fig. 5

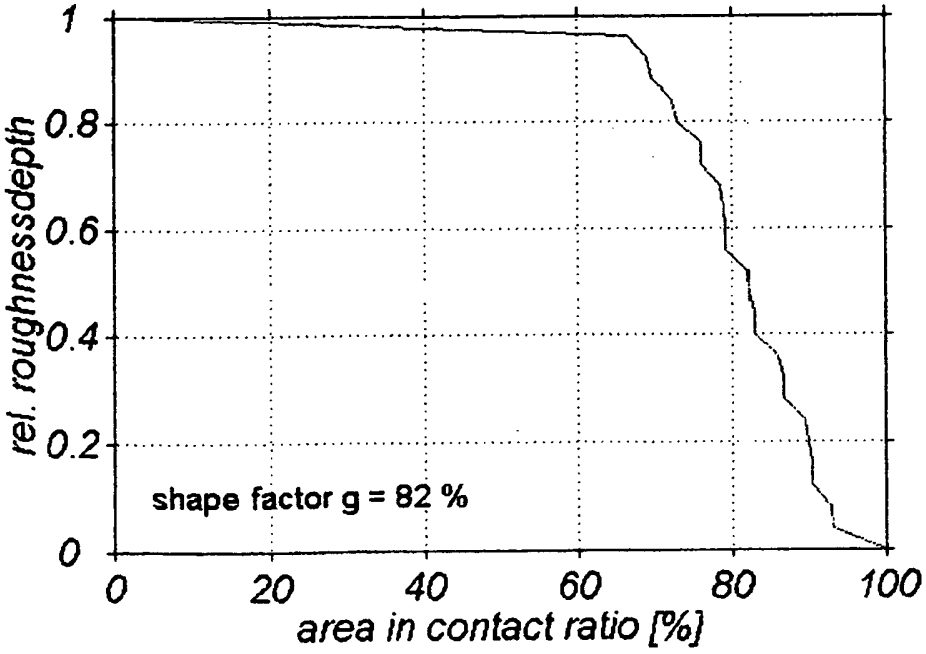

rel. roughnessdepth
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
shape factor g = 82 %
0 20 40 60 80 100
area in contact ratio [%]

Fig. 6

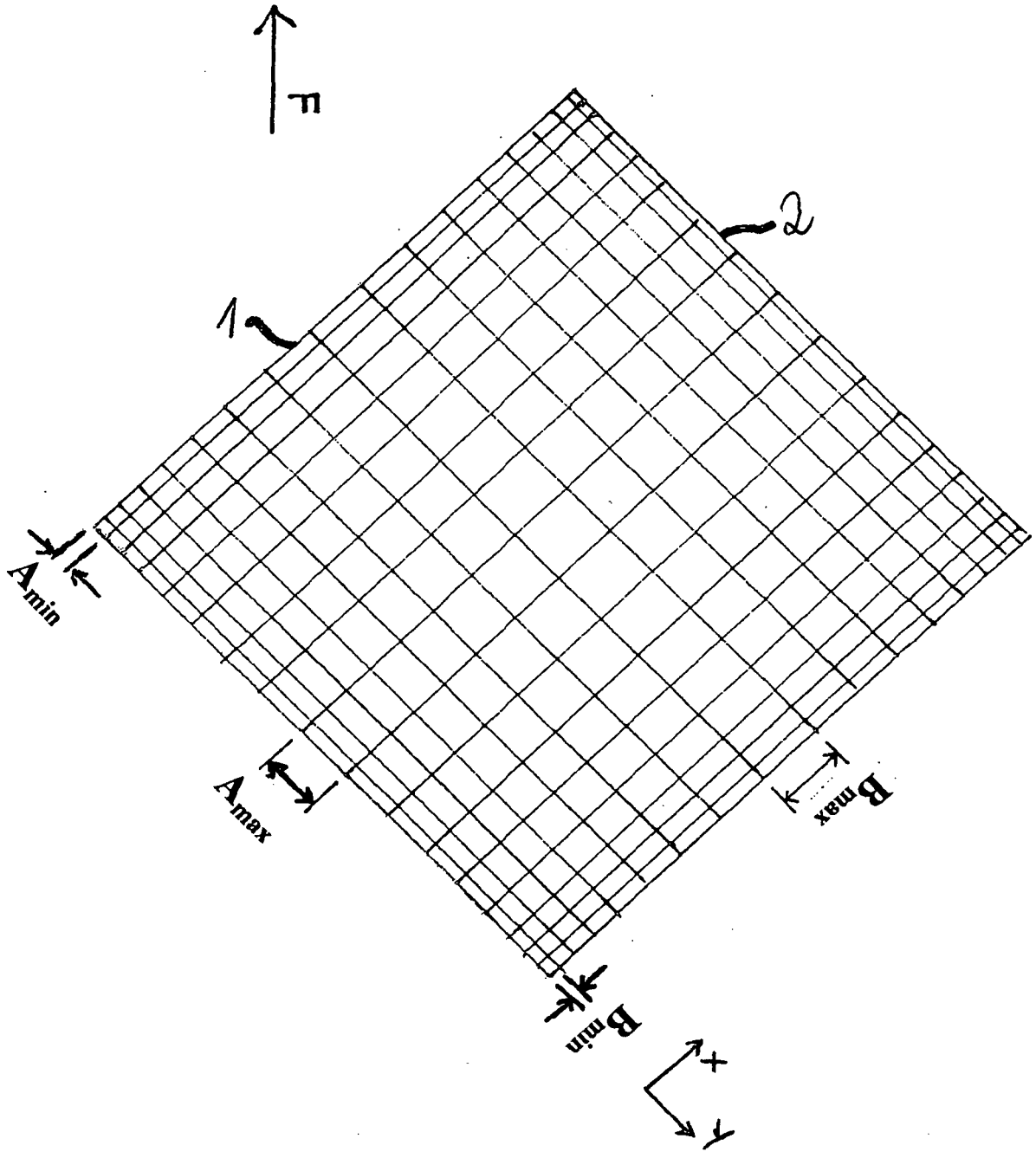


Fig. 7a

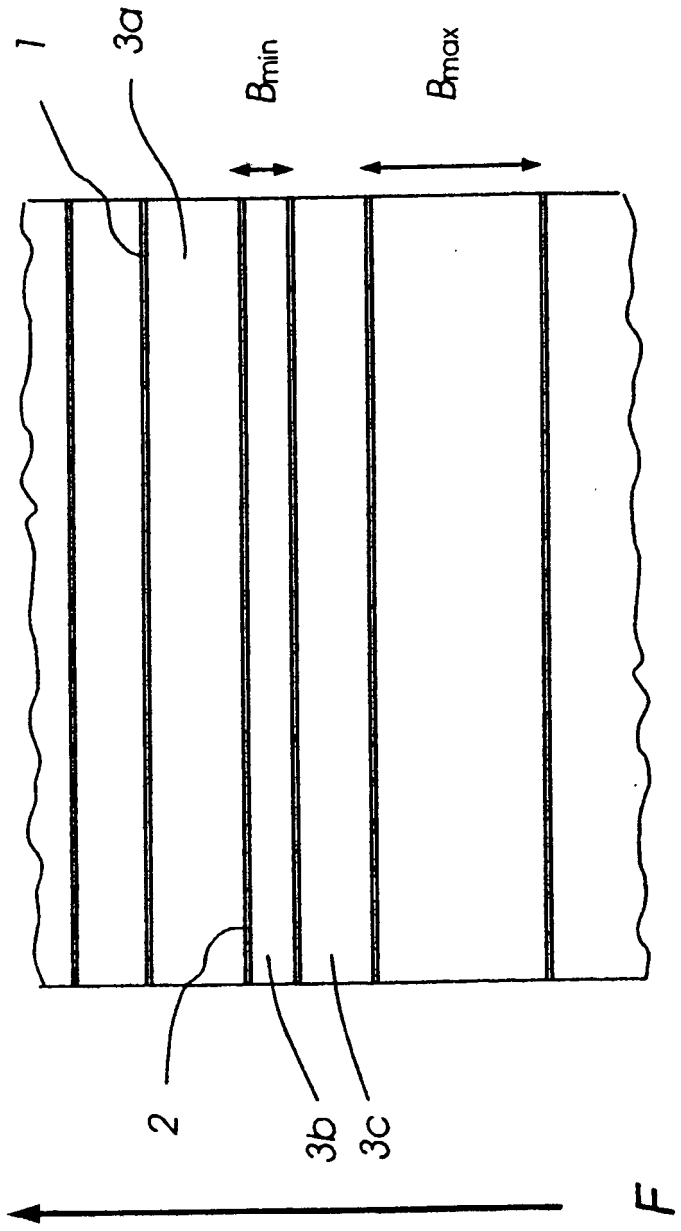


Fig. 7b

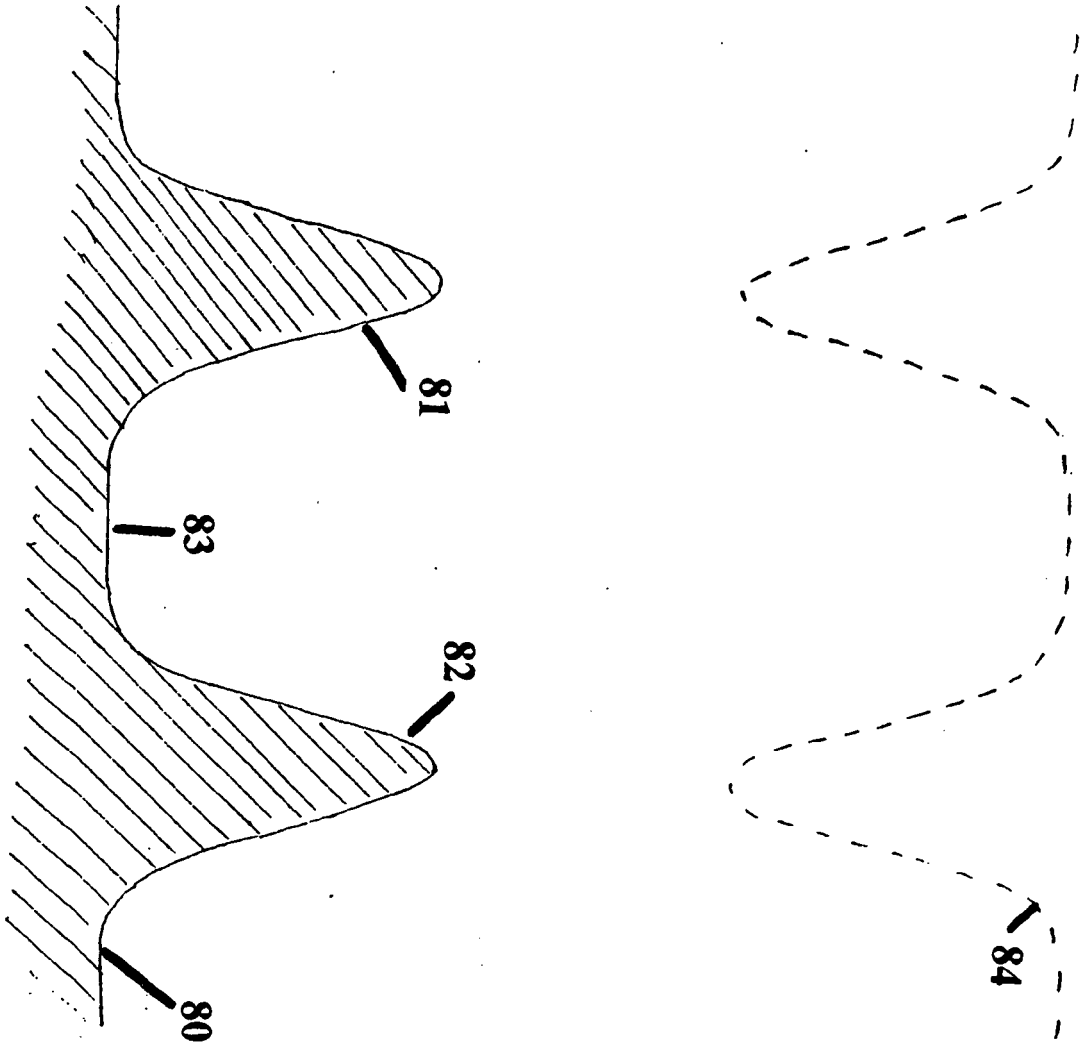


Fig. 8

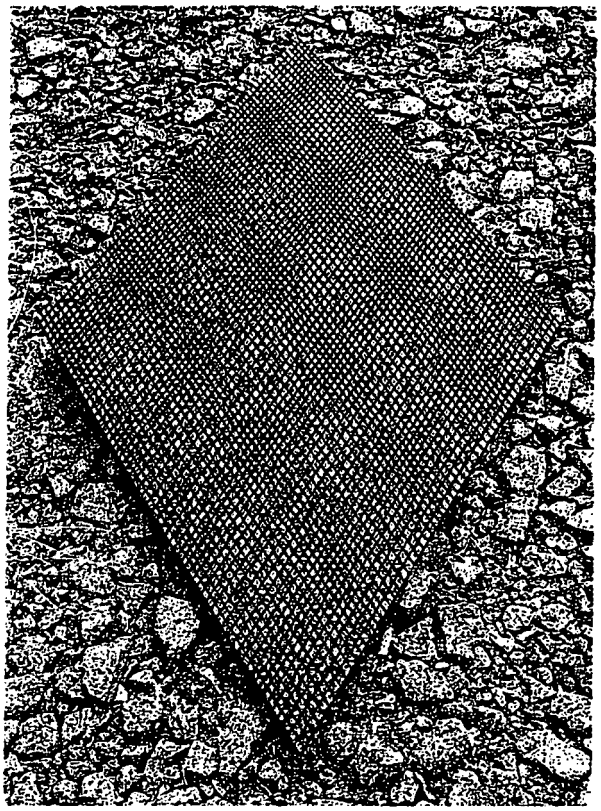


Fig. 9

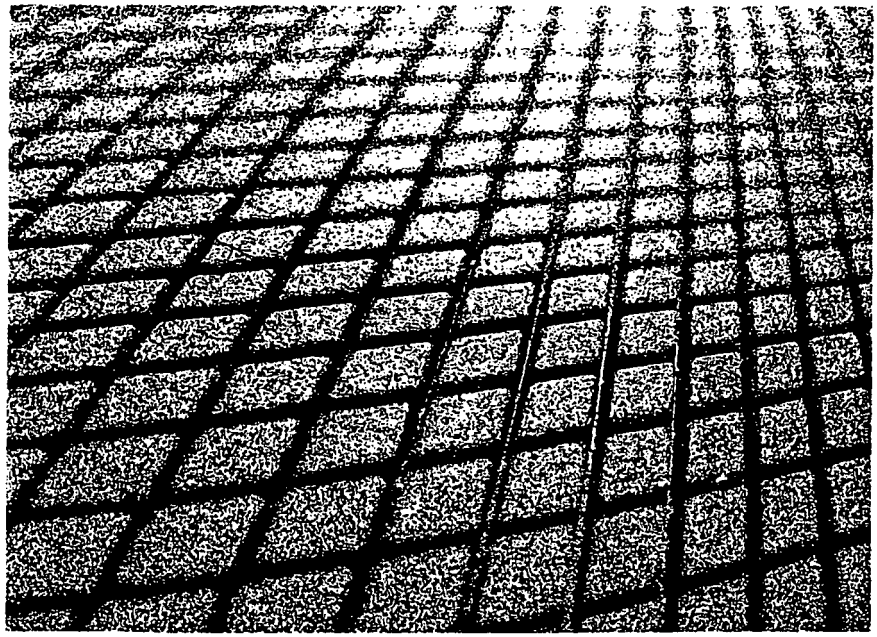


Fig. 10

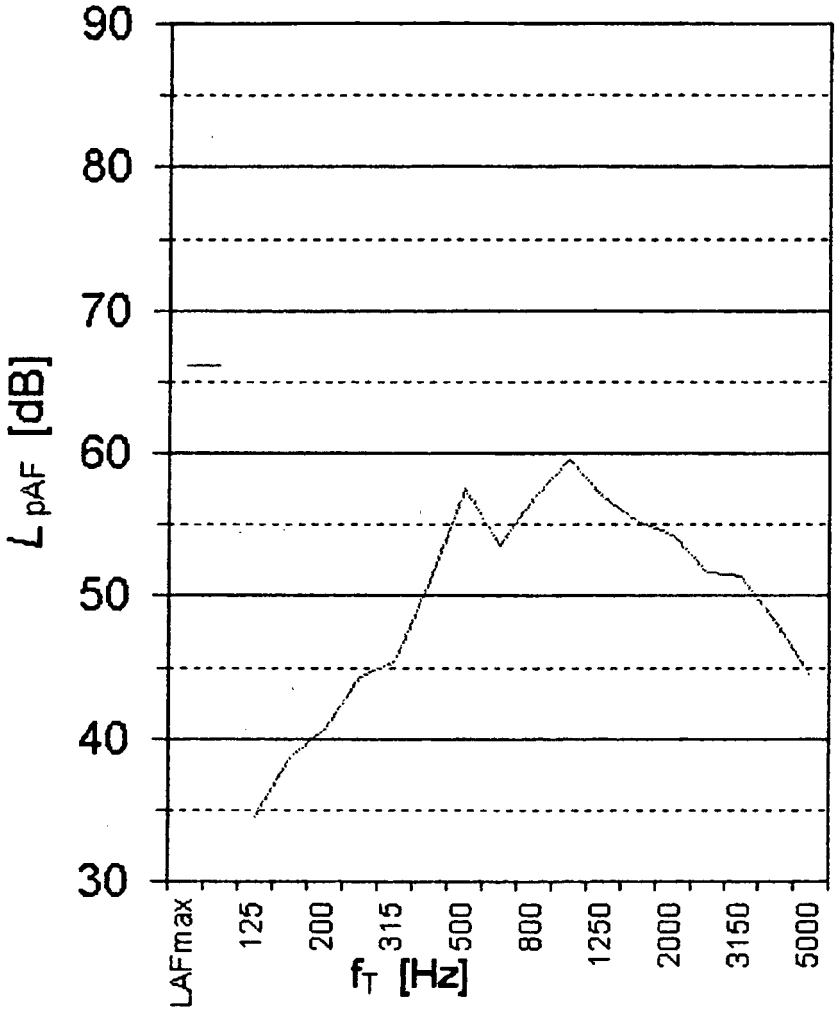

90
80
70
60
50
40
30
L_{pAF} [dB]
LAFmax
125
200
315
500
800
1250
2000
3150
5000
f_T [Hz]

Fig. 11A

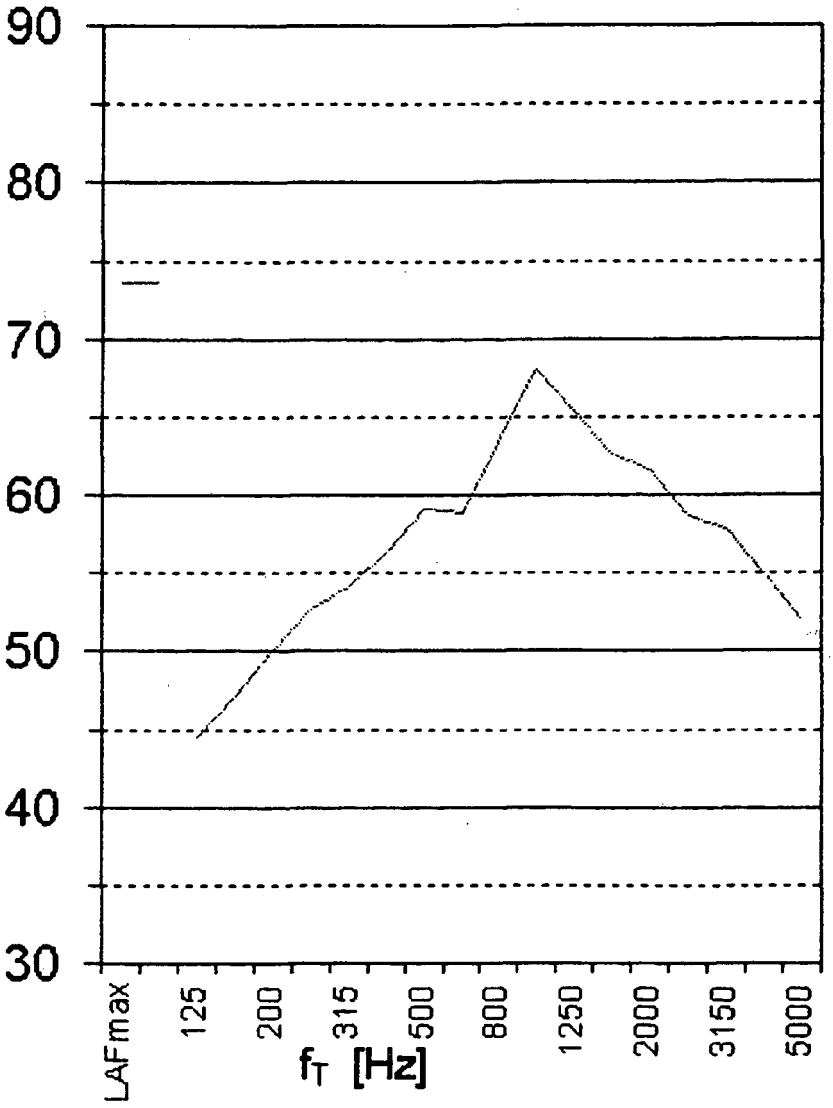

90
80
70
60
50
40
30
LAFmax
125
200
315
500
800
1250
2000
3150
5000
fT [Hz]

Fig. 11B

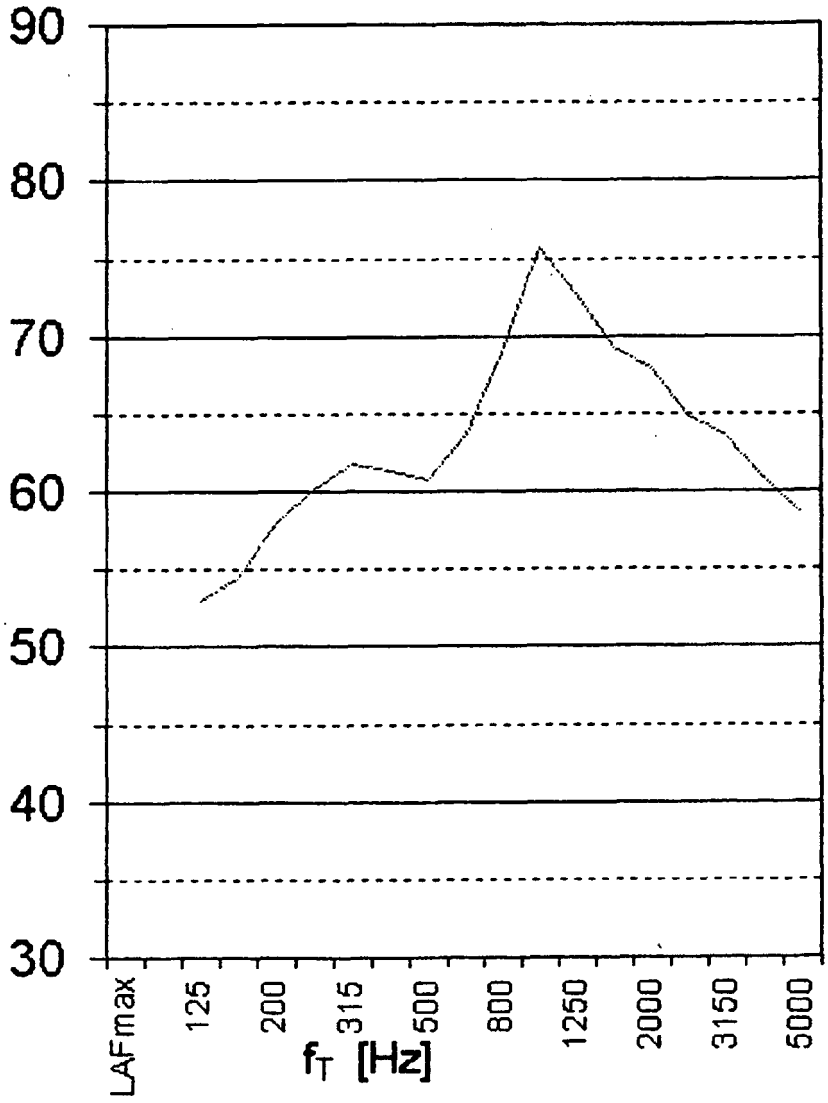

90
80
70
60
50
40
30
LAFmax
125
200
315
500
800
1250
2000
3150
5000
f_T [Hz]

Fig. 11C

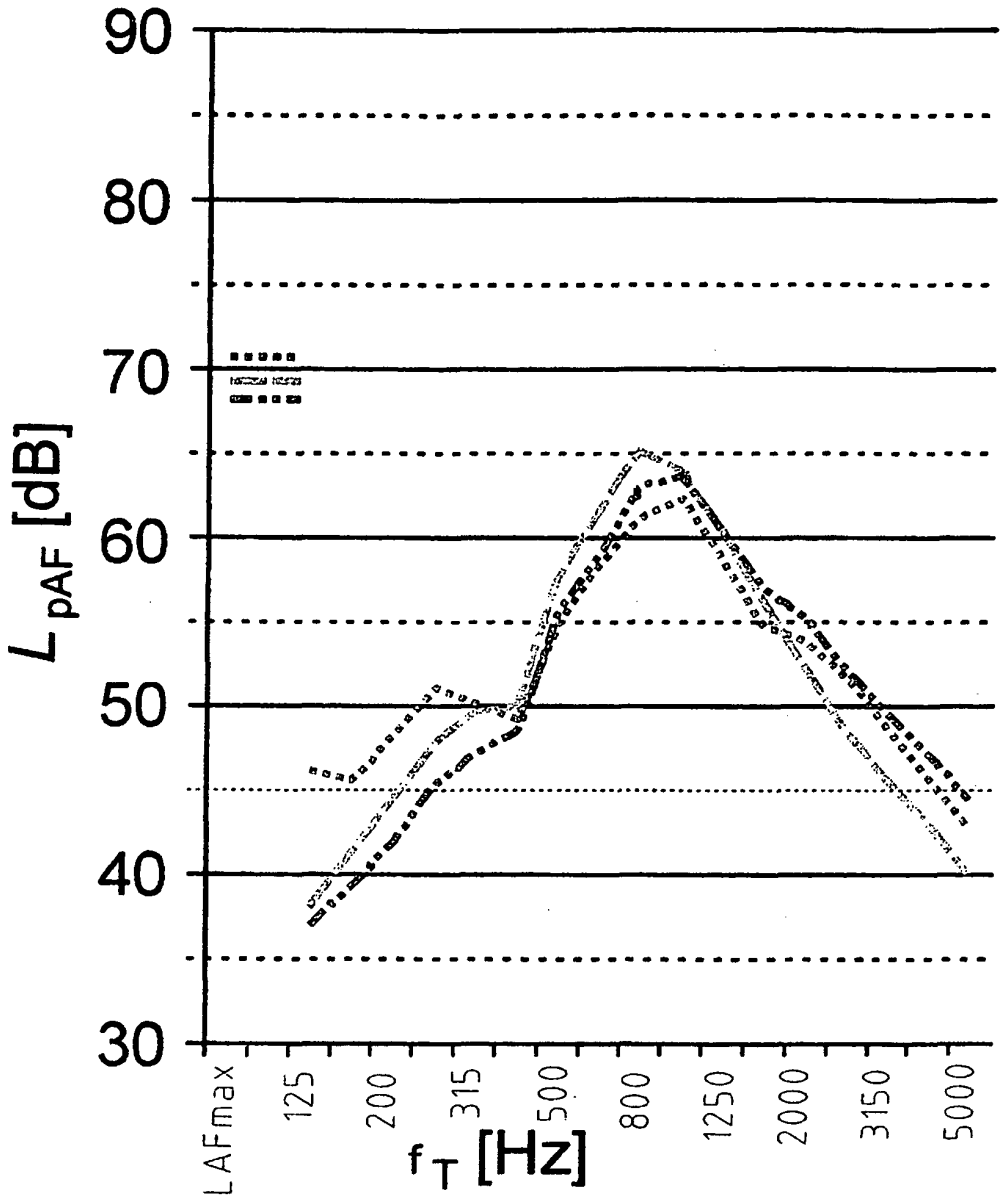


Fig. 12A

Gussasphalt mit Abstreuung 2/3

SMA 0/11

SMA 0/8 abgestumpft

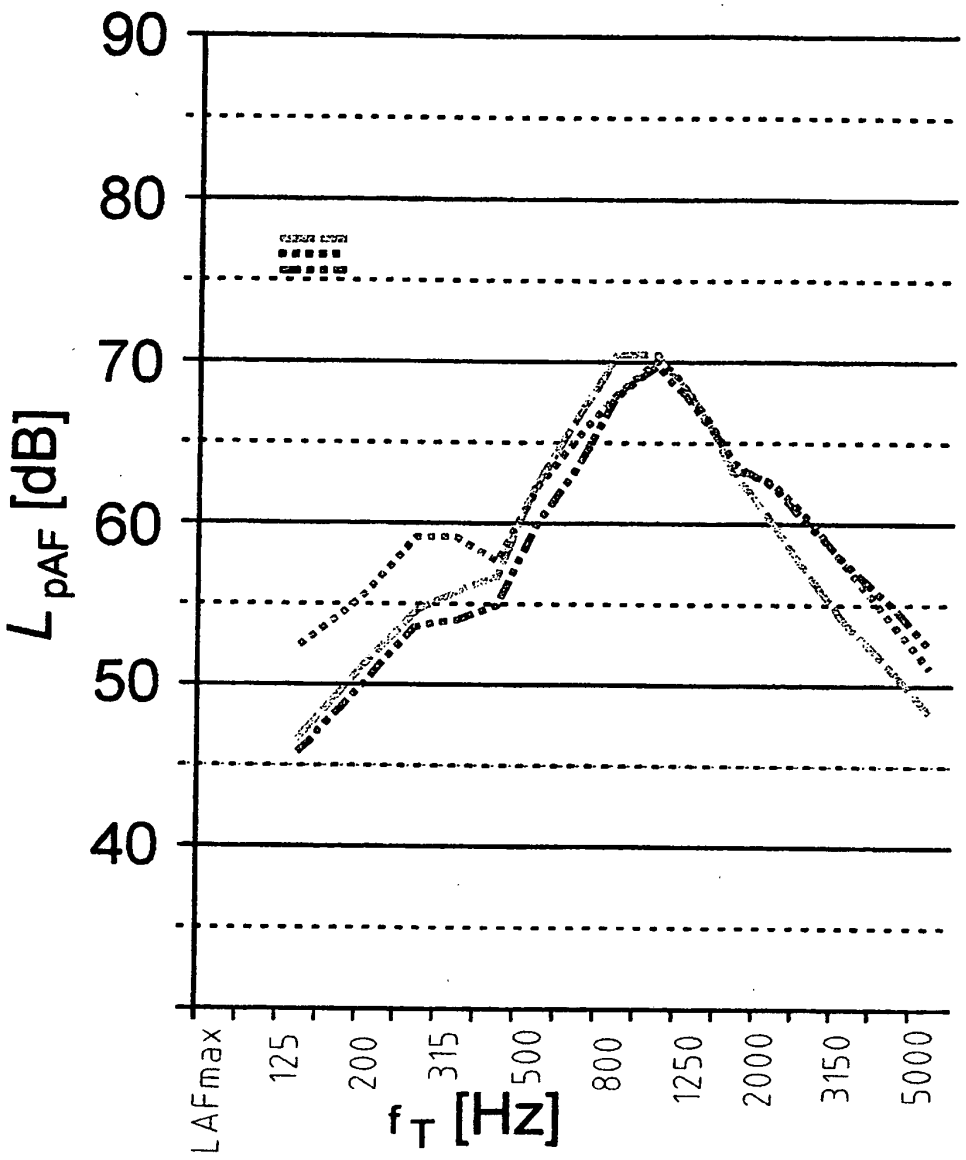


Fig. 12B

Gussasphalt mit Abstreuung 2/3

SMA 0/11

SMA 0/8 abgestumpft

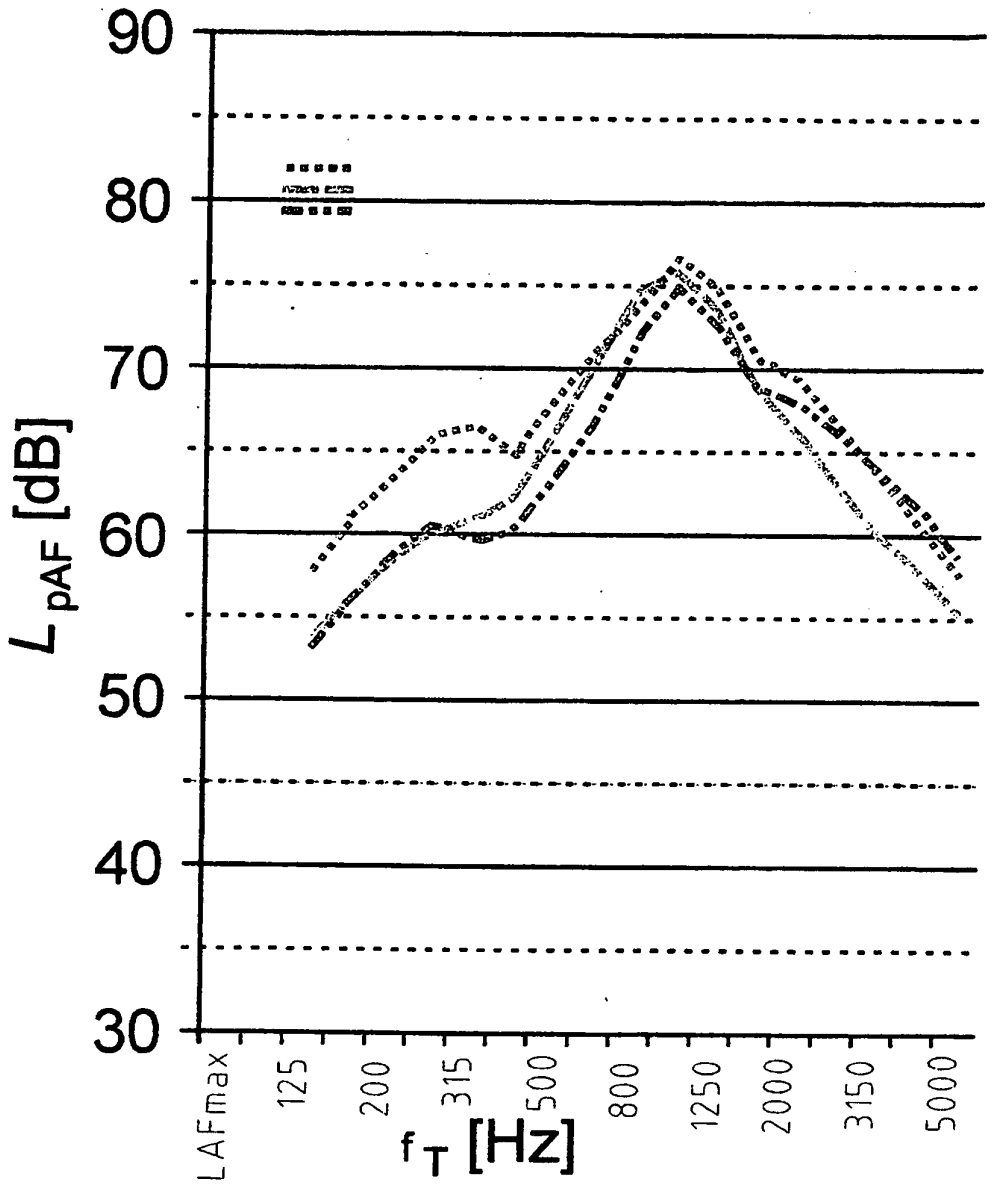


Fig. 12C

Gussasphalt mit Abstreuung 2/3

SMA 0/11

SMA 0/8 abgestumpft