



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

Veröffentlichungsnummer:

0 137 924
A2

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: 84108567.3

Int. Cl.: **G 10 D 3/02**, G 10 K 13/00,
G 10 K 11/20

Anmeldetag: 19.07.84

Priorität: 19.07.83 DE 3326006

Anmelder: Ignatius, Georg, Höfe 58, D-7841 Malsburg (DE)

Veröffentlichungstag der Anmeldung: 24.04.85
Patentblatt 85/17

Erfinder: Ignatius, Georg, Höfe 58, D-7841 Malsburg (DE)

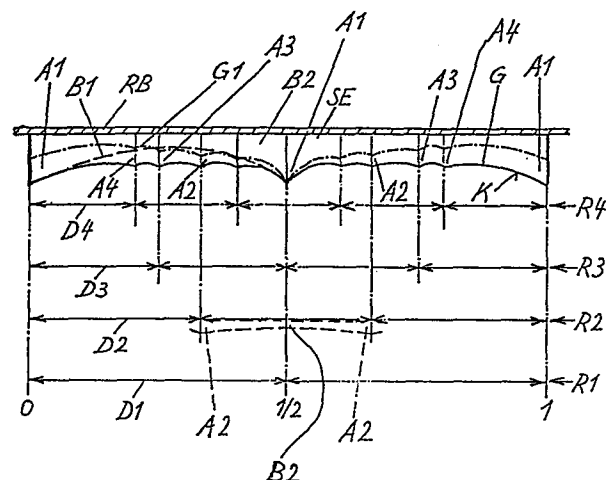
Benannte Vertragsstaaten: AT BE CH DE FR GB IT LI LU
NL SE

Vertreter: Fiedler, Otto Karl, Dipl.-Ing., Hemminger
Strasse 4, D-7015 Korntal-Münchingen 2 (DE)

Schwing- und/oder reflexionsfähiger Festkörper für Schalleinrichtungen.

Bei schwing- bzw. reflexionsfähigen Festkörpern, insbesondere Resonanzkörpern für Musikinstrumente und dergleichen, besteht das Problem, das Spektrum der Eigenfrequenzen im Sinne einer Betonung oder Abschwächung oder eines ausgeglichenen Verlaufes in bestimmten, vorgebbaren Frequenzbereichen einstellen zu können. Maßgebend für das Schwingungsverhalten des Festkörpers ist dabei die räumliche, d.h. ein- bis dreidimensionale Verteilung der Schwingungsparameter, vor allem der elastischen Verformungssteifigkeit und der Dichte oder Massenbelegung, bezogen z.B. auf die Schwingkörperoberfläche.

Zur Lösung des Problems wird vorgeschlagen, die räumliche Verteilung der Schwingungsparameter entsprechend einer Gliederung (G, G1) mit mehreren einander überlagernden Reihenfolgen (R, R1, R2 ...) von Bereichen erhöhter bzw. verminderter Verformungssteifigkeit, Schwingmasse, Schwingdämpfung, Oberflächenkrümmung bzw. -wölbung od. dgl. zu gestalten. Dabei sind diese Bereiche innerhalb einer Reihenfolge im wesentlichen äquidistant angeordnet. Alternativ dazu oder in Kombination damit kommt eine Gliederung mit Bereichen der vorgenannten Art in Betracht, deren Abstände zueinander im Verhältnis der Glieder einer harmonischen Reihe stehen.



EP 0 137 924 A2

BEZEICHNUNG GEÄNDERT
siehe Titelseite

Georg Ignatius, Malsburg

Schwing- und/oder reflexionsfähiger Festkörper für Geräte
und Einrichtungen zur Erzeugung, Abstrahlung, Verteilung
bzw. Weiterleitung von Schallschwingungen

Die Erfindung bezieht sich auf einen Festkörper der obengenannten Art mit den Merkmalen gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1. Dabei fallen unter diesen Gattungsbegriff insbesondere Bauelemente und Baugruppen von Musikinstrumenten, wie Schwing- oder Resonanzplatten bzw. -böden sowie Schwing- oder Resonanz-Hohlraumkörper, insbesondere Klangkästen, aber auch Versteifungsrippen, z.B. Bassbalken, Stützstäbe, insbesondere Stimmstöcke, Streichbögen, Saitenstege sowie Saitenhalter - letztere für Saiten- bzw. Streichinstrumente - aber auch elektromotorisch angeregte Klangabstrahlungs- und Klangerzeugungselemente wie Lautsprechermembranen. Diesen Elementen bzw. Baugruppen ist funktional gemeinsam, dass die Festkörperschwingung im allgemeinen in dünnwandigen, elastisch biegeverformbaren Bereichen ausgebildet werden, und zwar in Form von stehenden Wellen mit einer Schwingrichtung quer bzw. im Winkel zu einer Festkörperoberfläche, die vielfach als Schallabstrahlungs- oder -übertragungsfläche wirksam ist.

Eine wesentlich andersartige Klasse von Festkörpern zur Klangerzeugung und -abstrahlung, die ebenfalls zur Erfindungsgattung gehören, sind Hohlraumkörper, insbesondere rohrförmige, innerhalb deren sich stehende Luftschwingungen ausbilden, und zwar bei Rohrelementen der verschiedensten Art, wie sie für Blasinstrumente in Anwendung sind, mit longitudinaler Schwingrichtung im wesentlichen in Rohrlängsrichtung. Der Festkörper bestimmt dabei mit seiner Hohlraumgestaltung und seinen Hohlraumabmessungen das Klangspektrum, braucht jedoch selbst nicht unbedingt an der Schwingung teilzunehmen.

Eine weitere Klasse von Hohlraumkörpern innerhalb der Erfindungsgattung sind Klangverteilungsräume, wie Konzertsäle und dergl., die selbst ebenfalls im wesentlichen nicht an der Schwingung teilnehmen und in denen sich auch keine stehenden Wellen ausbilden, die aber durch ihre Hohlraumgestaltung und Hohlraumabmessungen sowie durch stoffliche Eigenschaften hinsichtlich Reflexions- und Absorptionsfähigkeit der Innenwandflächen das im Raum wahrnehmbare Klangbild bestimmen.

Mit Bezug auf die vorstehend erläuterte, umfassende Erfindungsgattung verfolgt die Erfindung die Aufgabe, eine gezielte Beeinflussung der spektralen Zusammensetzung, insbesondere der sich ausbildenden bzw. abgestrahlten bzw. im Raum verteilten Klänge und damit eine ästhetische Verbesserung des Klangbildes bzw. die Unterdrückung von verzerrenden Effekten zu ermöglichen. Die erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe bestimmt sich durch die Merkmale der je für sich unabhängig, besonders vorteilhaft aber in Kombination anwendbaren Ansprüche 1, 30 bzw. 32.

Wie Untersuchungen gezeigt haben, wird durch die angegebenen Überlagerungsgliederungen, deren Herstellung im wesentlichen nur die Erfüllung zusätzlicher Gestaltungs- und Bemessungskriterien, jedoch kaum zusätzlichen Bauaufwand erfordert, eine überraschende Verbesserung der allgemein erwünschten Klangeigenschaften, insbesondere des Klangvolumens und der Tragfähigkeit, bzw. eine störungsfreie und ausgeglichene Klangausbreitung erreicht.

Bei der oben erstgenannten Klasse von Klang-Festkörpern mit stehenden Transversalwellen, die an der Festkörperoberfläche in sich ausbreitende Longitudinalwellen im Luftraum umgesetzt werden, erfolgt die Klangbeeinflussung im wesentlichen durch die ungleichförmige räumliche, d.h. ein- bis dreidimensionale Verteilung der elastischen Verformungssteifheit bzw. durch eine komplementäre Massenverteilung gemäss der angegebenen Überlagerungsgliederung. Auf diese Weise wird die Ausbildung von Knoten bzw. Bäuchen im Sinne einer angestrebten Spektral- bzw. Obertonverteilung begünstigt. Bei der zweitgenannten Klasse wird insbesondere durch eine gezielte Verteilung von Eng- und Weitstellen über die Rohrlänge - grundsätzlich ohne eigene Festkörperschwingungen - unmittelbar die Ausbildung der stehenden Longitudinalwellen in der Luftfüllung des Hohlraumes mit ihren Knoten und Bäuchen im Sinne einer gewünschten Spektralverteilung beeinflusst. Für Hohlraumkörper der dritten Klasse spielen im wesentlichen weder Festkörperschwingungen noch stehende Wellen eine Rolle, vielmehr wird hier die Spektralverteilung der Reflexions- bzw. Absorptionsfähigkeit im Sinne einer störungsfreien Klangausbreitung beeinflusst. In allen Fällen wird eine gezielte

Spektralbeeinflussung mittels der erfindungsgemässen Gliederung erreicht.

Eine wesentliche Weiterentwicklung der Erfindung führte zu einer Bemessung der einander überlagerten, jeweils in sich äquidistanten Gliederungsreihenfolgen in der Weise, dass die Distanzen der Reihenfolgen, d.h. die gegenseitigen Abstände der Bereiche erhöhter bzw. verminderter Verformungssteifheit bzw. Schwingmassenbelegung innerhalb einer Reihenfolge, untereinander in einem ganzzahligen Verhältnis stehen und insbesondere bei einer grösseren Anzahl von überlagerten Reihenfolgen eine harmonische Reihe bilden. Dies führt vor allem zu einer bemerkenswerten Verbesserung der Klangreinheit bzw. einer Verminderung des Klirrfaktors.

Die Erfindung wird weiter unter Bezugnahme auf die in den Zeichnungen schematisch wiedergegebenen Ausführungsbeispiele erläutert. Hierin zeigt:

- Fig.1 eine Profilansicht eines mit Überlagerungsgliederung versehenen, rippenförmigen Schwingelementes,
- Fig.2 eine Vorderansicht eines Violinsteges als mit Kanten-Überlagerungsgliederung versehener Schwingkörper,
- Fig.3 eine perspektivische Teilschnittansicht eines mit Überlagerungsgliederung versehenen Resonanzbodens,
- Fig.4 eine Draufsicht einer Schwingkörperoberfläche mit schematisch angedeuteter Mehrfach-Überlagerungsgliederung,
- Fig.5 eine schematische Flächendraufsicht einer Schwingelementoberfläche mit rasterförmig verteilten Bereichen unter-

schiedlicher Massenbelegung,

- Fig.6 einen vereinfachten Querschnitt eines plattenförmigen Schwingelementes mit unterschiedlichen Zusatzelementen sowie mit Durchbrechungen zur Beeinflussung der Schwingmassenbelegung,
- Fig.7 eine Teil-Seitenansicht eines stabförmigen Schwingelementes mit Überlagerungsgliederung,
- Fig.8 den Querschnitt einer Versteifungsrippe mit flächenhafter, sich über den Rippenumfang erstreckender Überlagerungsgliederung,
- Fig.9 den Querschnitt einer Versteifungsrippe mit gemäss Überlagerungsgliederungen verteilten Einbettungen aus einem Material hoher Dichte,
- Fig.10 den Konturverlauf einer bogenförmigen Versteifungsrippe mit Bemessung der Querschnittshöhe über der Rippenlänge entsprechend einer Überlagerungsgliederung
- Fig.11 eine Anordnung von Versteifungsrippen, verteilt über eine Resonanzplatte, mit Querschnittshöhenverteilung über die Rippenzahl entsprechend einer Überlagerungsgliederung,
- Fig.12 eine flächenhafte Verteilung von Versteifungsrippen in zwei sich kreuzenden Scharen, teilweise mit Kurvenverlauf, auf dem Resonanzboden eines Saiteninstrumentes, mit Abstandsbemessung entsprechend zwei Überlagerungsgliederungen,
- Fig.13 eine Draufsicht einer Lautsprechermembran mit radialen und zirkularen, linienförmigen Versteifungs- oder Beschwerungselementen und Abstandsbemessung gemäss zugehörigen Überlagerungsgliederungen,

- Fig.14 einen Blasinstrumententubus im Längsschnitt mit ungleichförmiger Querschnittsbemessung über die Tubuslänge entsprechend einer Überlagerungsgliederung,
- Fig.15 die harmonische Verteilung der sich im Tubus ergebenden, longitudinalen Stehwellen entsprechend der Überlagerungsgliederung
und
- Fig.16 eine schematische Darstellung einer Höhen-Breiten-Querschnittsgestaltung eines Konzertsaaes mit Innenwandprofilierung entsprechend einer Überlagerungsgliederung,
- Fig.17 eine Draufsicht einer Violin-Resonanzdecke mit Breiten-gliederung durch einen erfindungsgemässen Bassbalken,
- Fig.18 eine schematische Flächen-Innenansicht eines zylindrischen Resonanzkörpers mit Breitengliederung durch an der Innenseite der Deckplatte angesetzte Versteifungsrippen,
- Fig.19 einen Teil-Axialschnitt eines Resonanzkörpers nach Fig.18,
- Fig.20 eine abgewandelte Ausführung eines zylindrischen Resonanzkörpers mit Breitengliederung durch Versteifungsrippen in einer Flächenansicht der Zylinder-Deckplatte,
- Fig.21 eine zylindrische Resonanzplatte mit radialer Gliederung durch konzentrische Rippen oder Rinnen,
- Fig.22 eine abgewandelte Ausführung der Plattengliederung nach Fig.21,

Fig.23 das Schema einer Gliederung einer rechteckigen Resonanzplatte mittels einer Schar von abschnittsweise geradlinig verlaufenden Rippen oder Rinnen,

Fig.24 das Gliederungsprofil einer Versteifungsrippe an einer Resonanzplatte,

Fig.25 eine abgewandelte Profilausführung einer Rippengliederung,

Fig.26 eine schematische Flächendraufsicht einer Violindecke oder eines Violinbodens mit der Umfangsform angepasster Gliederung durch umlaufend gestaltete Rippen bzw. Rinnen,

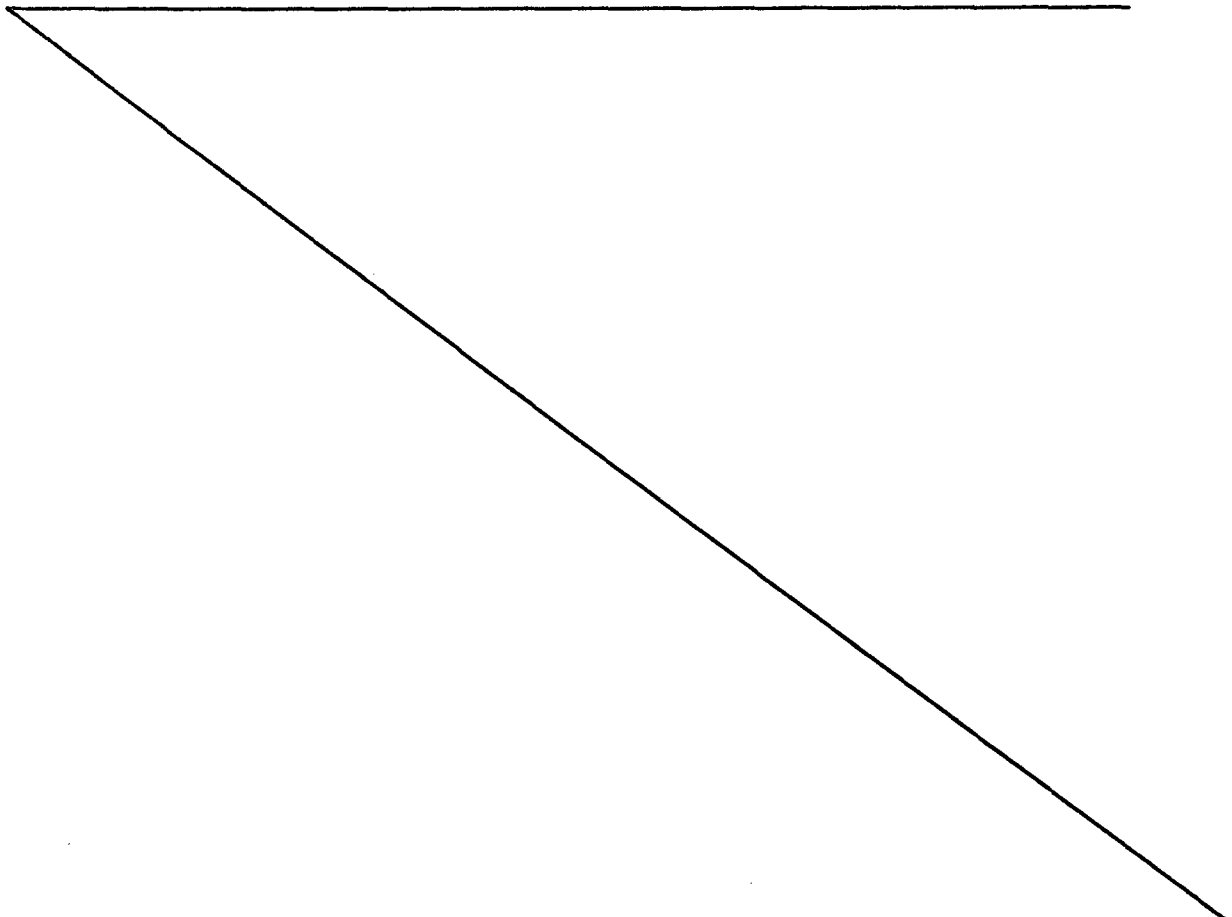
Fig.27 eine schematische Flächenansicht eines Violin-Resonanzelementes wie in Fig.26 mit Höhengliederung durch im wesentlichen quer zur Bespannungsrichtung verlaufende Rippen bzw. Rinnen,

Fig.28 eine schematische Flächenansicht eines Violin-Resonanzelementes wie in Fig.27, jedoch mit Breitengliederung durch der Seitenkontur angepasste Längsrippen bzw. Längsrinnen
und

Fig.29 eine Kombination der Längs- und Breitengliederung nach Fig.27 und 28.

In Fig.1 ist eine mit einem Resonanzboden RB schubfest verbundene Versteifungsrippe in Form eines langgestreckten Schwingelementes SE angedeutet. Z.B. in Form eines Bassbalkens an sich üblicher Art kann ein solches Element breite Anwendung finden. Neben einer statischen Tragfunktion zur Verstärkung des Resonanzbodens gegen den Saiten-Spanndruck hat dieses Element als Bestandteil des gesamten Schwingkörpers wesentlichen Einfluss auf das Resonanzspektrum und das Einschwingverhalten, d.h. auf Klangfarbe und Anspielbarkeit des Saiteninstrumentes.

Während allgemein eine gleichförmig geschwungene, zu den Balkenenden hin verjüngte Längsprofilform für solche Versteifungsrippen üblich ist, und nach den eingangs erwähnten Weiterentwicklungen mit beträchtlichen Effekten eine im wesentlichen gleichförmige Gliederung durch äquidistante Profilhöhenverminderungen über die Balkenlänge angewendet wird, ist im vorliegenden Fall



eine über die Balkenlänge ungleichförmig verteilte Gliederung G des Längsprofils vorgesehen, die aus einer hinsichtlich der Profilhöhe additiven Überlagerung von vier äquidistanten Reihenfolgen R1 bis R4 besteht. Jede dieser Reihenfolgen umfasst Bereiche A1 bzw. A2 bzw. A3 bzw. A4 erhöhter Biege-Verformungssteifheit sowie mit letzteren alternierend angeordnete Bereiche B1 bzw. B2 usw. verminderter Biege-Verformungssteifheit. In den versteiften Bereichen liegt wegen des grösseren Balkenquerschnitts auch eine grössere Schwingmassenbelegung vor, sofern nicht durch zusätzliche Massnahmen - etwa eine Verminderung der Profilbreite oder eine Verminderung der Querschnittsfläche im mittleren Bereich der Querschnittshöhe, z.B. in Form von Aussparungen oder Durchbrechungen - eine Kompensation oder sogar Überkompensation dieser Massenvergrösserung vorgenommen wird.

Das Schwingungsbild eines Resonanzkörpers besteht im allgemeinen aus einer vielfältigen Überlagerung von stehenden Wellen unterschiedlicher Wellenlänge und Amplitude. In den Knotenbereichen herrscht dabei eine geringe bzw. verschwindende, in den Bauchbereichen eine maximale, elastische Biegeverformung. In den Bereichen erhöhter bzw. verminderter Biegesteifheit wird infolgedessen die Ausbildung von Schwingungsknoten bzw. Schwingungsbäuchen begünstigt. Während nun eine einfache, äquidistante Verteilung von Bereichen erhöhter und verminderter Steifheit die Ausbildung einer stehenden Welle nur konzentriert im Bereich einer Resonanzfrequenz begünstigt, womit allerdings bereits gewisse, erstrebte Betonungen innerhalb des Resonanzspektrums

erreichbar sind, ermöglicht die Überlagerung verschiedener äquidistanter Reihenfolgen von Bereichen erhöhter und verminderter Steifheit eine Hervorhebung eines entsprechenden Frequenzbandes. Dies bedeutet die Möglichkeit einer in ihrer Ausgeglichenheit und Vielfalt bedeutend verbesserten Gestaltung des Klangbildes.

Durch Wahl der Distanzwerte D_1 , D_2 usw. (siehe Fig.1) der einander überlagerten Reihenfolgen und ihres gegenseitigen Verhältnisses lassen sich die Bereiche des Resonanzspektrums, in denen die Betonungen erscheinen, weitgehend gezielt und reproduzierbar einstellen. Im Interesse eines ausgeglichenen Spektralverlaufes und einer gezielten Einstellung kontinuierlicher Übergänge können die Steifheitsdifferenzen innerhalb der einzelnen Reihenfolgen unterschiedlich bemessen werden, vorteilhaft in der Weise, dass diese Differenzen von Reihenfolge zu Reihenfolge gleichsinnig zum Distanzwert abgestuft sind. Eine solche Ausführung ist in Fig.1 durch die in ausgezogener Linie wiedergegebene Profilkontur angedeutet. Die Teilkonturen der Folgen R_1 und R_2 sind dazu strichliert angedeutet. Andererseits kann die Steifheitsdifferenz im Interesse besonders weicher Übergänge auch innerhalb jeweils einer Reihenfolge variiert werden, etwa in der Weise, dass sie von einem Mittelpunkt des Schwingelementes oder eines Schwingelementabschnitts ausgehend nach beiden Seiten hin abnimmt. Es ergibt sich dann beispielsweise eine Gliederung G_1 , wie sie in Fig.1 strichpunktiert angedeutet ist.

Für die allgemein angestrebte Klangreinheit wesentlich ist eine Bemessung der Distanzen D_1 , D_2 , entsprechend ganzzahligen Verhältnissen. Diese Bedingung wird zweckmässig auch bei einer geringen Anzahl von überlagerten Reihenfolgen eingehalten. Für umfangreichere Überlagerungen empfiehlt sich eine Bemessung der Distanzen D_1 , D_2 , D_3 , gemäss einer harmonischen Reihe, also entsprechend einer Längenunterteilung eines Schwingenelementabschnitts im Verhältnis $1/2$, $1/3$, $1/4$ usw.. Damit haben sich insbesondere bei Saiteninstrumenten hervorragende Effekte hinsichtlich Klangfülle und Klangreinheit ergeben.

Fig.2 zeigt die Anwendung der angegebenen Gliederung auf ein plattenförmiges Schwingelement, nämlich einen saitentragenden Steg eines Streichinstrumentes, wobei sich eine Gliederung G_1 der in Fig.1 dargestellten Art längs einer Kante K des Steges erstreckt. Weitere, verkürzte Gliederungen G_2 sind an Seitenkantenabschnitten KS des Steges ST angebracht, der als mehrgliedriger Schwingkörper mit den Schwingelementen SE_1 an der Kante K sowie SE_2 an den Seitenkanten KS wirksam ist. Für diesen Anwendungsfall ist auf eine praktisch festgestellte, überaus hohe Klangwirksamkeit schon durch vergleichsweise schwach ausgeprägte Gliederungen hinzuweisen. Dies dürfte neben einer merklichen Teilnahme an der unmittelbaren Schallabstrahlung auf die frequenzselektive Koppelwirkung des Steges zwischen den klangerzeugenden Saiten und dem Resonanz-Hohlkörper des Instrumentenkörpus zurückzuführen sein.

Fig.3 zeigt ein plattenförmiges Schwingelement SE2 mit Überlagerungsgliederung G3 an beiden Oberflächenseiten. Diese Gliederungen entsprechen in ihrem Querschnittsprofil der bereits erläuterten Kanten-Überlagerungsgliederung G gemäss Fig.1. Die Bereiche erhöhter bzw. verminderter Biegesteifheit bilden hier eine Schar von nebeneinanderliegenden, langgestreckten Kämmen bzw. Mulden, die quer zu ihrer Längsrichtung Überlagerungsreihenfolgen der erläuterten Art bilden. Solche Ausführungen kommen mit überaus hoher Gesamtwirkung für Resonanzböden verschiedenster Art in Betracht, insbesondere für Resonanzböden oder -platten in mechanisierten Zupfinstrumenten und für Wandelemente von Resonanzkörpern für Saiten-, vor allem für Streichinstrumente.

Fig.4 stellt in schematischer Weise die Möglichkeit einer weiter verfeinerten Oberflächen-Überlagerungsgliederung dar, nämlich in Form zweier sich auf einer Oberflächenseite eines plattenförmigen Schwingelementes SE3 kreuzenden Scharen von kammförmigen Bereichen A1, A2, A3 erhöhter Biegesteifheit, die zwei Überlagerungsgliederungen G3 und G4 nach Art von Fig.3 bilden. Zwischen den kammförmigen Bereichen ergeben sich muldenförmige Oberflächenbereiche verminderter Biegesteifheit, die der Übersichtlichkeit halber nicht näher beziffert sind. Gliederungen dieser Art erlauben eine gezielte Beeinflussung der zweidimensionalen, stehenden Wellengebilde und kommen mit grosser Wirksamkeit insbesondere für ausgedehntere Resonanzgebilde in Betracht.

Wenn bei dünnwandigen Plattenresonatoren Stellen mit besonders geringer verbleibender Querschnittsdicke vermieden werden sollen, so empfiehlt sich die kreuzende Anordnung je einer Kamm-Muldengliederung auf beiden Oberflächenseiten der Platte.

Entsprechende Gliederungseffekte können grundsätzlich auch mit Hilfe einer ungleichförmigen Massenverteilung erzielt werden, und zwar insbesondere bei Plattenresonatoren. Unter Annahme einer gleichförmigen Verteilung der Verformungssteifheit kehren sich dabei die bevorzugten Lagen von Wellenknoten und Wellenbäuchen um, d.h. im Bereich erhöhter Schwingmasse ergeben sich bevorzugt Wellenbäuche, im Bereich verminderter Schwingmasse Wellenknoten.

Selbstverständlich müssen die Rand- bzw. Einspannbedingungen des Schwingelementabschnitts mit einer solchen Ausbildung vereinbar sein, was aber auch für die Steifheitsgliederungen in sinngemässer Weise gilt. Unter Beachtung dieser Verhältnisse sind mit Vorteil auch kombinierte Steifheits- und Massengliederungen anwendbar. Im übrigen treten - wie bereits angedeutet - ungleichförmige Massenverteilungen im allgemeinen auch bei einer ungleichförmigen Steifheitsverteilung auf. Bei der allgemein anzuwendenden Steifheitsvariation durch entsprechende Bemessung der Querschnittshöhe eines Biegeschwingers tritt jedoch die Wirkung der Massenerhöhung im Bereich erhöhter Querschnittshöhe relativ zurück, weil die Steifheit infolge des Zusammenhanges mit dem Querschnitts-Flächenträgheitsmoment mit einer höheren Potenz der Querschnittshöhe wirksam wird. Die Massenzunahme kann dann vielfach vernachlässigt werden, stört

aber jedenfalls im allgemeinen nicht.

Andererseits lassen sich Massengliederungen ohne wesentliche Beeinflussung der Steifheit auch herstellungstechnisch günstig mit Hilfe von innerhalb der schwingenden Oberfläche allseitig umgrenzten, also fleckförmigen Erhöhungen bzw. Vertiefungen erzielen. Dazu können letztere insbesondere auch in Form von Durchbrechungen geringerer Flächenausdehnung innerhalb eines plattenförmigen Schwingelementes ausgeführt werden, während für die Bereiche erhöhter Schwingmassenbelegung vorteilhaft die Anbringung von Zusatzmassen in Betracht kommt. Auf diese Weise lassen sich insbesondere auch Steifheits- und Massengliederungen in einer Anordnung mit gegenseitig verstärkender Wirkung vereinigen.

Fig.5 zeigt eine sich über die Oberfläche eines plattenförmigen Schwingelementes SE4 erstreckende, rasterförmige Massengliederung G5 mit z.B. kreisförmigen Bereichen AA1, AA2, erhöhter Schwingmasse und ebensolchen Bereichen BB1, BB2, vermindelter Schwingmasse. Diese Rasterverteilung entspricht in ihrem Grundaufbau einer zweidimensionalen Gliederung längs sich kreuzender Linien­scha­ren gemäß Fig.4.

Fig.6 zeigt hierzu im Querschnitt die Ausbildung der Bereiche BB1, BB2, in Form von Löchern innerhalb des dünnwandigen Plattenelementes und die Ausbildung der Bereiche erhöhter Masse

in Form von Zusatzmassenelementen ZM1, ZM2, ZM3, Letztere können z.B. als knopfartige Elemente einfacher Form aufgeklebt werden. Besonders vorteilhaft in der Herstellung ist aber die an den Elementen ZM2 und ZM3 angedeutete Möglichkeit der Aufbringung in Form von dünnen Schichten aus Material hoher Dichte, wofür Schwermetalle und entsprechende Legierungen, insbesondere auch Edelmetalle, in Betracht kommen. Diese Elemente lassen sich bequem in Form von Folienabschnitten herstellen und aufkleben, aber auch in Form von metallgefüllten Formmassen oder Lacken aufbringen. Letztere bietet den besonderen Vorteil herstellungstechnischer Einfachheit.

Als Beispiel einer weiteren Hauptanwendungsmöglichkeit von Überlagerungsgliederungen zeigt Fig.7 ein stabförmiges Schwingelement SE5 in Form eines Stimmstockes innerhalb eines Resonanz-Hohlkörpers eines Saiteninstrumentes. Die Gliederung G6 umgreift mit ihren kamm- bzw. rinnenförmigen Bereichen erhöhter bzw. verminderter Biegesteifheit A1, A2, A3 bzw. B1, B2, B3 den Umfang des stabförmigen Schwingelementes. Auch mit solcherart gegliederten Koppellementen lassen sich erfahrungsgemäss bemerkenswerte Klangverbesserungen erzielen. Die benachbarten, plattenförmigen Schwingelemente SE4 des Hohlkörpers werden vorteilhaft ebenfalls mit Überlagerungsgliederungen der vorbeschriebenen Art versehen, wobei durch gegenseitige Abstimmung der Gliederungsbemessung hervorragende Gesamtergebnisse erzielbar sind.

Die Querschnittsgestaltung einer Versteifungsrippe nach Fig.8 beruht auf der Erkenntnis, dass auch in relativ kompakten Gebilden klangrelevante Transversalschwingungen im Festkörper auftreten, im vorliegenden Fall u.a.

Biegeschwingungen in verschiedenen Richtungen parallel zur Querschnittsfläche. Stehende Wellen mit Längsrichtung quer zur Rippenlängsrichtung werden dabei durch die gemäss Überlagerungsgliederungen G8a, b, c verteilten Bereiche erhöhter bzw. verminderter Biegesteifheit in ihrer Ausbildung entsprechend einer harmonischen Reihe begünstigt. Entsprechende Wirkungen lassen sich mit in den schwingenden Festkörper eingebetteten Bereichen bzw. Elementen ED höherer Dichte gemäss der Rippenausführung nach Fig.9 erzielen, die in Form von zwei sich rechtwinklig durchdringenden Überlagerungsgliederungen G9a und G9b angeordnet sind.

Fig.10 zeigt nochmals eine Versteifungsrippe mit Kanten- bzw. Querschnittshöhengliederung, jedoch mit zu den Enden hin im Mittel abnehmender Querschnittshöhe sowie mit bogenförmiger Gesamtausbildung zur Anpassung an einen gewölbten Resonanzboden RB, wie er für Saiteninstrumente üblich ist. Zusätzlich zu der Kanten- bzw. Querschnittshöhengliederung G10a sind an den Flanken der Rippe Überlagerungsgliederungen G10b mit in Richtung der Rippenhöhe verlaufenden, wellen- bzw. gratartigen Vertiefungen VT bzw. Erhöhungen EH vorgesehen, also z.B. bezüglich der Gliederungen G8a, b in Fig.8 mit rechtwinklig versetzter Längserstreckung der Gliederung, d.h. in Rippenlängsrichtung. Die Wirkung entspricht daher der Kantengliederung G10a, deren Längserstreckung ebenfalls mit der Rippenlängsrichtung übereinstimmt.

Fig.11 zeigt eine Überlagerungsgliederung an einer ebenen Resonanzplatte, wie an sich z.B. für Klavier und Flügel üblich, mit rippenförmigen Aufsatz-Versteifungselementen AV. Hier erstreckt sich die Gliederung allein in Richtung quer zu den Rippen, während in Rippenlängsrichtung homogene Verhältnisse vorliegen. Der Übersichtlichkeit halber sind die einzelnen Rippen nur mit den Ordnungszahlen 1 bis 8 der entsprechenden Harmonischen bezeichnet, die dem Nenner des Distanz-Teilungsverhältnisses der betreffenden Überlagerungsreihenfolge entsprechen. Die Rippenhöhe und damit die Versteifungswirkung nimmt mit der Ordnungszahl ab, was erfahrungsgemäss zu einem in der Ausgeglichenheit des Klangbildes befriedigenden Verlauf der harmonischen Amplituden beiträgt. Im übrigen begünstigt eine solche, im wesentlichen eindimensionale Gliederung (nur in Rippenquerrichtung) die Ausbildung von Stehwellen nur in einer Richtung der Platte.

Im Gegensatz dazu zeigt Fig.12 eine Resonanzboden-Draufsicht mit zwei sich im wesentlichen quer durchdringenden Überlagerungsgliederungen G12a und G12b, die also insgesamt eine zweidimensionale Gliederung ergeben. Die Gliederungselemente können als Versteifungselemente bzw. komplementäre, streifenförmige Bereiche verminderter Biegesteifheit, aber auch als Bereiche erhöhter bzw. verminderter Massenbelegung ausgebildet sein. Schmale Rippen oder Stege haben in Verbindung mit vergleichsweise breiten Zwischenräumen eine geringe Versteifungswirkung, so dass die im allgemeinen mit der Querschnittserhöhung verbundene Massenvergrösserung überwiegt. Im einzelnen ist die Bemessung also allgemein

so einzurichten, dass sich die gewünschte Wirkung ergibt. Ausgehend von einem homogenen Biegeschwinger begünstigen örtlich konzentrierte Versteifungen eine Knotenbildung, entsprechende Massenkonzentrationen dagegen die Bildung von Schwingungsbäuchen. Da ohne besondere Vorkehrungen, z.B. bei örtlicher Vergrößerung der Querschnittshöhe, Biegesteifheit und Massenbelegung im allgemeinen gemeinsam beeinflusst werden, ist auf entsprechende Differenzierung zu achten, etwa durch Materialaussparungen im Bereich der neutralen Biegezone (Versteifung ohne Massenvergrößerung) bzw. durch Auftrennen von Bereichen vergrößerter Querschnittshöhe mittels Kerben quer zur Biege- bzw. Wellenlängsrichtung (Massenkonzentration ohne Versteifung).

Bei der Ausführung nach Fig.12 sind die Distanzen zwischen den langgestreckten Bereichen von in Bezug auf die Zwischenräume erhöhter Biegesteifheit (in ihrer Längsrichtung), z.B. Versteifungsrippen, in Längsrichtung dieser Bereiche über die Ausdehnung der Gliederungsschar G12b veränderlich ausgebildet, und zwar entsprechend einem der Randkontur des plattenförmigen Schwingkörpers angepassten Verlauf. Dadurch ergibt sich erfahrungsgemäss eine besonders hohe und über die Gesamtfläche gleichmässig verteilte Ausnutzung des Schwingkörpers für die harmonische Gestaltung der Spektralverteilung. Auch hier können die Änderungsamplituden der Schwingungsparameter (Steifheit oder Massenbelegung) von Überlagerungsreihenfolge zu Überlagerungsreihenfolge oder auch - ähnlich wie nach Fig.10 - innerhalb je einer solchen Reihenfolge veränderlich ausgebildet werden, vorzugsweise von der Mitte zu den Enden hin abnehmend.

Fig.13 zeigt als weiteres Beispiel eine kreisförmige Lautsprechermembran mit zwei orthogonalen Massenkonzentrations-Überlagerungsgliederungen G13a und G13b, z.B. in Form von streifenförmigen Massenauflagen oder -einlagerungen am bzw. im Membranwerkstoff, etwa in Form von Lack mit Metallgranulatbeschwerung. Bei einem Membranschwingkörper sind solche Massenkonzentrationen im allgemeinen einfacher herstellbar als Versteifungskonzentrationen.

Der in Fig.14 im Längsschnitt gezeigte Blasinstrumententubus ist mit einer in Rohrlängsrichtung verlaufenden Überlagerungsgliederung G14a in Form von zur Rohrachse rotationssymmetrischen Engstellen ES und Weitstellen WS versehen. Primäres Schwingmedium ist hier im Gegensatz zu den Festkörperschwingern unmittelbar die Luftsäule im Tubus, wobei die Schallabstrahlung an sich auch ohne Teilnahme des Tubus bzw. Festkörpers an der Schwingung durch Ausbreitung von fortschreitenden Schallwellen von der Tubusmündung aus in den Raum erfolgen kann. Im Hinblick auf den Charakter der Primärschwingungen als longitudinale Stehwellen, d.h. mit axialer Luftströmung, können die Engstellen die Ausbildung von Bereichen erhöhter örtlicher Strömungsgeschwindigkeit, also von Schwingungsbäuchen der Schallschnelle, begünstigen. Entsprechend Umgekehrtes gilt für die Begünstigung von Knotenstellen der Schallschnelle im Bereich von Weitstellen des Tubusquerschnitts. Auch hier ermöglicht die Reihenfolge von Eng- und Weitstellen gemäss einer vorzugsweise harmonischen Überlagerungsgliederung eine gezielte Spektralbeeinflussung und damit eine Verbesserung des Klangbildes.

Zusätzlich kann auch der Tubus, d.h. der Festkörper, durch eigene Schwingungen entsprechend den in seinem Innenraum herrschenden Schwingungszuständen, die für ihn als Anregung wirken, an der Klangbeeinflussung und vor allem an der Klangabstrahlung teilnehmen. Hierzu ist im Beispiel auch die Tubusaussenfläche mit einer zur Innenfläche kongruenten Überlagerungsgliederung G14b versehen.

Im übrigen können die Engstellen bei scharfkantiger Ausbildung nach Art von Lochblenden auch merklich dämpfend wirken, was zu besonderen Effekten hinsichtlich der Abdämpfung von bestimmten Spektralbereichen bzw. Harmonischen ausgenutzt werden kann. Im Beispiel sind solche scharfkantigen Engstellen angedeutet. Wenn eine örtliche Dämpfung nicht erwünscht ist, sollte eine Profilverrundung bzw. düsenartige Gestaltung der Engstellen bevorzugt werden.

Allgemein ist zu beachten, dass die Festkörperwandungen als Begrenzungen der schwingenden Luftsäule unter entsprechend periodisch schwankendem Innendruck stehen und daher zu Transversalschwingungen (im Gegensatz zu den Longitudinalschwingungen der Luftsäule) angeregt werden. Hier ergeben sich also wieder ähnliche Verhältnisse wie bei einem dünnwandigen Resonanzkörper, der seine Transversalschwingungen bzw. Stehwellen in Form von quer zur Festkörperoberfläche gerichteten, sich ausbreitenden Luftwellen an die Umgebungsluft überträgt. Da die Knoten der Schallschnelle einerseits und des Schalldruckes gegeneinander versetzt sind (bei einfachen Verhältnissen sind Knoten- und Bauchlagen vertauscht) kann es vorteilhaft sein, Innen- und Aussengliederung bezüglich Massenanhäufungen bzw. Versteifungsstellen entsprechend gegeneinander zu versetzen.

Fig.16 zeigt den Querschnitt eines Klangverteilungsraumes mit bogenförmig-konvexer Überlagerungsgliederung G16 an Boden und Decke. Die Gliederungen erstrecken sich parallel zum Raumquerschnitt von der Mittel-Vertikalebene nach beiden Seiten. Eine entsprechende Gliederung kommt auch in Raumlängsrichtung (mit Bezug auf die nicht gezeigte Schalleinstrahlungsseite) in Betracht, ebenso eine entsprechende zweidimensionale Überlagerung bzw. Durchdringung der Gliederungen in beiden Richtungen.

Die hier erzielbaren Effekte beruhen selbstverständlich nicht auf der Bildung von Stehwellen im Raum, ebensowenig wesentlich auf Festkörperschwingungen mit Wellenlängen im Bereich der hier grossen Abmessungen bzw. Gliederungsdistanzen. Es handelt sich vielmehr um gezielte Beeinflussungen des Raumklangbildes mittels betonter Reflexions- bzw. Absorptionsbereiche, wobei die Profilierung in den konvexen Bereichen eine insgesamt durch Überlagerungen ausgeglichene Klangerfüllung des Raumes ermöglicht.

Abschliessend ist zu betonen, dass nicht nur die räumlich harmonisch verteilte Begünstigung von Stehwellenknoten, sondern gegebenenfalls eine analoge Dämpfungsverteilung zur gezielten Klangverbesserung eingesetzt werden kann. Die für eine konzentrierte Anordnung von Versteifungen bzw. Massen oder Eng- und Weitstellen angegebenen Verteilungsmerkmale sind demzufolge sinngemäss auch für Dämpfungsbereiche bzw. Dämpfungselemente anwendbar. Eine bevorzugte Dämpfungswirkung lässt sich dabei unter Ausnutzung bekannter Materialeigenschaften verwirklichen.

Die in Fig.17 gezeigte Violindecke ist durch einen der Randkontur angepasst verlaufenden Bassbalken 11 über die Höhererstreckung des Deckenkörpers 10 hinweg im Verhältnis $1/3$ zu $2/3$ der jeweiligen Breitenausdehnung B unterteilt. Dadurch ergibt sich eine in manchen Fällen für einen bestimmten Klangcharakter erwünschte Betonung der Klangfülle im mittleren Bereich des Spektrums.

Die kreisförmige Deckplatte 2 des zylindrischen Resonanzkörpers nach Fig.18 und 19 ist hinsichtlich ihrer quer zu einer vorgegebenen Vorzugsrichtung X-X gemessenen Breite durch Rippen oder Rinnen 21 bis 25 in den harmonischen Verhältnissen $1/2R$ bis $1/6R$ unterteilt, und zwar in der Weise, dass die Gliederungsabstände von der Mitte zum Rand der Deckplatte hin abnehmen. Durch eine solche Gliederung nach einer harmonischen Reihe lässt sich in einem breiteren Spektralbereich eine ausgeglichene Klangfülle erzielen. Dabei tendiert die Zusammendrängung der linearen bzw. langgestreckten Gliederungselemente im Falle der Ausbildung als steifheitsvermindernde Rinnen zu einer Kompensation der an sich zum Rande hin wegen der dortigen Verankerung an der Zarge Z zunehmenden Steifheit der Resonanzplatte, während eine Ausbildung der Gliederungselemente als versteifende Rippen tendenziell die umgekehrte Wirkung hat. Entsprechend komplementäre Effekte ergeben sich für Gliederungselemente, die durch Aussparung bzw. Auftrag in Richtung einer Verminderung bzw. Erhöhung der auf die Fläche bezogenen Massenbelegung der Resonanzplatte wirksam sind. Hierbei ist

hinsichtlich der jeweils angewendeten Breite und Höhe bzw. Tiefe sowie der Profilform der Rippen bzw. Rinnen die gleichzeitige Wirkung hinsichtlich Steifheit und Massenbelegung, d.h. hinsichtlich zweier gegensinniger Wirkungskomponenten, zu berücksichtigen, um eine gegenseitige Aufhebung beider Wirkungen zu vermeiden. Dabei versteht es sich ferner, dass die Massenbelegung als skalare Grösse keine gerichtete Wirkung hinsichtlich der verschiedenen Richtungen innerhalb der Resonanzfläche hat, während die Biegesteifheit grundsätzlich eine gerichtete Grösse ist. So hat die Rippe im allgemeinen eine wesentliche Erhöhung der Biegesteifheit nur in ihrer Längsrichtung, nicht dagegen quer zu dieser zur Folge. In diesem Zusammenhang versteht es sich auch, dass lineare Gliederungselemente gegebenenfalls in Form von Aneinanderreihungen von Auftragungen bzw. Aussparungen gebildet werden können, womit die Wirkung auf die Biegesteifheit in Längsrichtung gezielt vermindert oder aufgehoben werden kann.

Fig.20 zeigt im Sinne der vorstehenden Erläuterungen eine Breitengliederung eines plattenförmigen Resonanzkörpers 3 entsprechend den harmonischen Verhältnisswerten $1/1R$ bis $1/6R$ in der Querachse Y-Y durch Rippen oder Rinnen 30 bis 36 mit Zusammendrängung im Bereich der Längsachse X-X.

Entsprechende Beispiele für eine radiale Gliederung einer kreisförmigen Resonanzplatte 4 bzw. 5 mit zum Rande bzw. zur Mitte hin zusammengedrängten Rinnen oder Rippen 42 bis 46 bzw. 52 bis 56 sind in den Figuren 21 und 22 angedeutet. Hierbei

versteht es sich, dass auch eine Kombination oder Überlagerung zweier oder mehrerer solcher Gliederungen gegebenenfalls mit besonderen Klangwirkungen angewendet werden kann.

Ferner zeigt Fig.23 ein Anwendungsbeispiel einer harmonischen Flächengliederung durch abschnittsweise geradlinige Rippen oder Rinnen 62a bis 64a und 62b bis 64b beiderseits eines längs einer gegebenen Vorzugsrichtung X-X verlaufenden Gliederungselementes 60 für eine rechteckförmige Resonanzplatte 6. Derartige Strukturen kommen z.B. für Resonanzplatten im Klavier oder Flügel und dergl. in Betracht. Die Vorzugsrichtung kann dabei insbesondere durch die Faserrichtung einer aus Holz bestehenden Platte bzw. durch die Haupt-Bespannungsrichtung gegeben sein. Die Übertragung dieser Gliederungsstruktur auf abweichende, aber grundsätzlich ähnliche Platten- oder Rahmenformen nach Art eines Trapezes oder dergl. bietet keine besonderen Schwierigkeiten für den Fachmann. Es versteht sich, dass der hier eckig gezeigte Verlauf der Gliederungselemente in der Praxis verrundet ausgeführt werden kann. Auch kann die Vorzugsrichtung über die Ausdehnung der Platte variieren, was entsprechende Anpassungen der harmonischen Abstände zur Folge hat.

In den Figuren 24 und 25 sind Anwendungsbeispiele für eine harmonische Abstandsgliederung im Profil einer Versteifungsrippe 7 bzw. 8 an einem Resonanzkörper RB dargestellt, und zwar mit Zusammendrängung an den Enden bzw. in der Mitte der Rippenlänge. Für die jeweilige Klangwirkungsbeeinflussung gilt hier das vorstehend Erläuterte grundsätzlich ebenfalls.

Fig.26 zeigt eine harmonische Gliederung einer Violin-Resonanzplatte mit umlaufenden Rippen oder Rinnen RR1. Diese unterteilen die jeweils zwischen den Innenrändern der Zarge Z gemessene Länge der Normalen n zu einer jeden Randkonturtangente t in den harmonischen Verhältnissen $1/5$, $1/10$ und $1/20$. Gegebenenfalls können die Abstände zwischen diesen Gliederungselementen unter Vervollständigung der harmonischen Reihe aufgefüllt werden, wie dies im Bereich L angedeutet ist. Ferner kommt - wie hier nicht mehr besonders dargestellt ist - grundsätzlich auch eine Zusammendrängung der Gliederungselemente zur Mitte hin in Betracht (siehe oben). Das Beispiel zeigt die Anwendung für unregelmässig geformte Plattenkonturen, wobei sich eine besonders flächenfüllende und hinsichtlich der Klangfülle hochwirksame Gliederung ergibt.

Die Figuren 26 bis 29 zeigen die Anwendung des Prinzips der harmonischen Längs- und Quergliederung sowie der Überlagerung beider Gliederungsformen mit Rippen oder Rinnen RR2 und RR3 in den Längs- bzw. Querabständen $1/2.l$ bis $1/5.l$ usw. bzw. $1/2.b$ bis $1/5.b$ usw. für einen Violin-Plattenresonanzkörper. Diese Ausführungen ermöglichen ebenfalls intensiv flächendeckende Gliederungen, jedoch im Gegensatz zu der Ausführung nach Fig.26 mit gezielt differenzierbarer Wirkung für die sich in Längs- und Querrichtung erstreckenden, stehenden Resonanzwellen im schwingenden Plattenkörper.

Wesentlich für die zuletzt erläuterten Ausführungen ist die Gliederung durch einfache harmonische Reihen.

Georg Ignatius, Malsburg

A n s p r ü c h e

1. Schwing- und/oder reflexionsfähiger Festkörper für Geräte und Einrichtungen zur Erzeugung, Abstrahlung, Verteilung bzw. Weiterleitung von Schallschwingungen, der wenigstens abschnittsweise eine Gliederung der räumlichen Verteilung seiner Schwingungsparameter aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die räumliche Gliederung (G, G1, G2,) der Schwingungsparameter wenigstens zwei einander überlagerte, jeweils in sich im wesentlichen äquidistante Reihenfolgen (R, R1, R2,) von Bereichen erhöhter bzw. verminderter Verformungssteifheit, Schwingmasse, Schwingdämpfung, Oberflächenkrümmung bzw. -wölbung und/oder Reflexions- bzw. Absorptionsfähigkeit aufweist.
2. Festkörper nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Distanzen (D1, D2, D3,) wenigstens eines Teils der äquidistanten Gliederungsreihenfolgen in einem wenigstens annähernd ganzzahligen Verhältnis zueinander stehen, vorzugsweise entsprechend den Werten einer geometrischen Reihe.

3. Festkörper nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Änderungsamplituden (AE) der Schwingungsparameter von Überlagerungsreihenfolge zu Überlagerungsreihenfolge und/oder innerhalb jeweils einer Überlagerungsreihenfolge wenigstens abschnittsweise zu- oder abnehmen.
4. Festkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Überlagerungsgliederung (G3, G4) durch wenigstens eine Schar von langgestreckten, nebeneinanderliegenden Bereichen mit in Bezug auf unterschiedlichen Werten mindestens eines Schwingungsparameters gebildet ist und dass diese Bereiche mit ihren gegenseitigen Distanzen mindestens zwei jeweils in sich äquidistante Überlagerungsreihenfolgen (R1, R2, R3) bilden.
5. Festkörper nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch mindestens zwei sich kreuzende Scharen von langgestreckten Bereichen mit in Bezug auf Ihre Umgebung unterschiedlichen Werten mindestens eines Schwingungsparameters.
6. Festkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Überlagerungsgliederung (G5) durch im wesentlichen allseitig in wenigstens einer Ebene umgrenzte Bereiche mit in Bezug auf Ihre Umgebung unterschiedlichen Werten mindestens eines Schwingungsparameters gebildet ist.

7. Festkörper nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Bereiche unterschiedlicher Schwingungsparameter in wenigstens einer Fläche reihenförmig oder rasterförmig verteilt angeordnet sind.
8. Festkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine sich längs einer vorspringenden Kante (K) erstreckende Überlagerungsgliederung (G2) vorgesehen ist.
9. Festkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine sich längs einer Körperoberfläche erstreckende, insbesondere flächenhafte Überlagerungsgliederung (G3) vorgesehen ist.
10. Festkörper nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Hohlraum vorgesehen ist, dessen Innenwandfläche wenigstens eine Überlagerungsgliederung (G14, G16) aufweist.
11. Festkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Überlagerungsgliederung durch Erhebungen, insbesondere rippen- oder wellenförmige bzw. kuppenförmige Erhebungen, innerhalb einer Festkörperoberfläche gebildet ist.

12. Festkörper nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhebungen der Überlagerungsgliederung wenigstens teilweise durch Aufsatzelemente im Bereich einer Festkörperoberfläche gebildet sind.
13. Festkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Überlagerungsgliederung durch Einbettungselemente innerhalb des Festkörper-Grundmaterials gebildet ist.
14. Festkörper nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufsatz- bzw. Einbettungselemente aus vom Grundmaterial des Festkörpers unterschiedlichem Material, insbesondere solchem höherer Dichte, vorzugsweise Schwermetall, bestehen.
15. Festkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine, vorzugsweise flächenhafte Überlagerungsgliederung durch mindestens eine Oberflächenschicht bzw. mindestens einen Schichtabschnitt, insbesondere in Form einer Granulat-, Lack- und/oder Folienbeschichtung, vorzugsweise mit Metallgehalt, gebildet ist.
16. Festkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Überlagerungsgliederung durch Einsenkungen, insbesondere Kerben, Kalotten bzw. Durchbrechungen, gebildet ist.

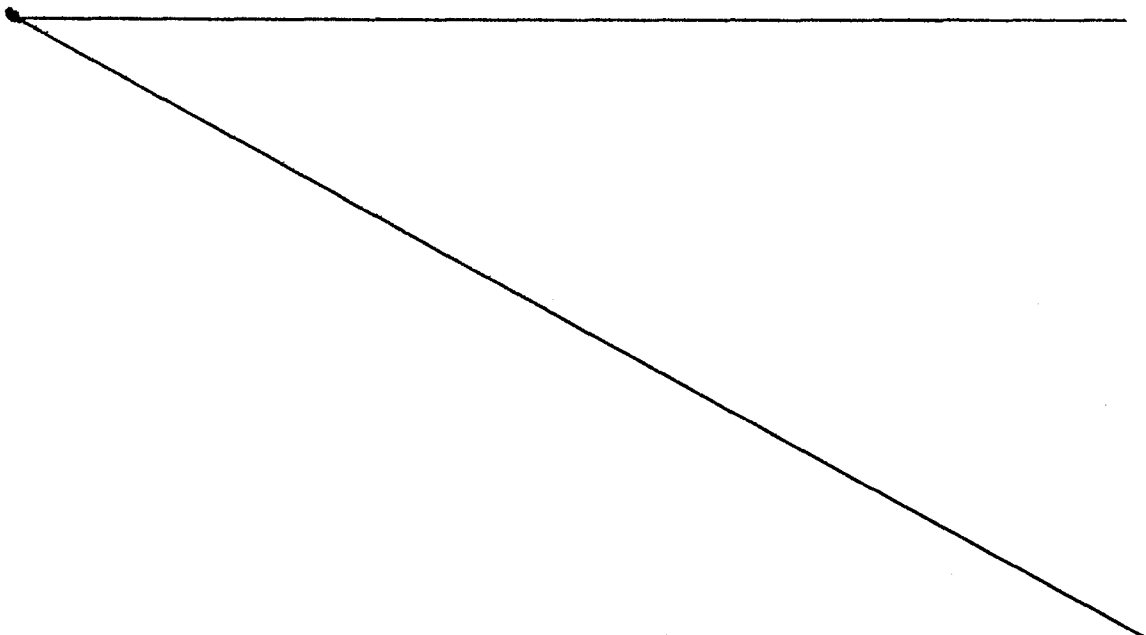
17. Festkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine wenigstens teilweise rippen-, steg-, stab-, platten- bzw. membranartige Ausbildung mit mindestens einer sich längs der Festkörperoberfläche erstreckenden Überlagerungsgliederung.
18. Festkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine wenigstens teilweise rippen-, steg-, stab- bzw. plattenartige Ausbildung mit mindestens einer sich längs einer Festkörperkante erstreckenden, insbesondere das Kantenprofil umgreifenden Überlagerungsgliederung.
19. Festkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine wenigstens teilweise hohlkörperartige Ausbildung mit mindestens einer sich längs einer Innenwandfläche des Hohlkörpers erstreckenden Überlagerungsgliederung.
20. Festkörper nach Anspruch 19, gekennzeichnet durch eine wenigstens teilweise rohrförmige Ausbildung mit innen-seitiger, sich insbesondere in Rohrlängsrichtung erstreckender Überlagerungsgliederung.
21. Festkörper nach Anspruch 17 oder 18, gekennzeichnet durch eine Ausbildung als Schwing- oder Resonanzplatte bzw. -schale eines Musikinstrumentes, insbesondere eines Saiteninstrumentes.

22. Festkörper nach Anspruch 17 oder 18, gekennzeichnet durch eine Ausbildung als Versteifungsrippe, Stützstab, insbesondere Stimmstock, Streichbogen, Saitensteg oder Saitenhalter für ein Saiten- bzw. Streichinstrument mit wenigstens einer Oberflächen- und/oder Kanten-Überlagerungsgliederung.
23. Festkörper nach Anspruch 19, gekennzeichnet durch eine Ausbildung als Resonanz-Hohlkörper für ein Saiten-, insbesondere Streichinstrument.
24. Festkörper nach Anspruch 20, gekennzeichnet durch eine Ausbildung als Tubus eines Blasinstruments, insbesondere mit mindestens einer sich in Längsrichtung des Tubus erstreckenden Überlagerungsgliederung.
25. Festkörper nach Anspruch 17, gekennzeichnet durch eine Ausbildung als Lautsprechermembran.
26. Festkörper nach Anspruch 19, gekennzeichnet durch eine Ausbildung als Klangverteilungsraum, insbesondere Konzertsaal, mit mindestens einer Innenflächen-Überlagerungsgliederung, vorzugsweise mit überlagerten Reihenfolgen von konvex gekrümmten oder gewölbten Oberflächenelementen.

27. Festkörper nach Anspruch 3 oder nach diesem und mindestens einem der übrigen vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Änderungsamplituden (AE) mindestens eines Schwingungsparameters, insbesondere der Biegesteifheit oder Querschnittshöhe von Versteifungsrippen, vom mittleren Bereich der Überlagerungsgliederungen zu deren Endbereichen hin abnehmend ausgebildet sind.
28. Festkörper nach Anspruch 4 oder nach diesem und mindestens einem der übrigen vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Distanzen zwischen den langgestreckten, nebeneinanderliegenden Bereichen von in Bezug auf ihre Umgebung unterschiedlichen Schwingungsparameterwerten in Längsrichtung dieser Bereiche über die Schar veränderlich ausgebildet sind (Fig.12).
29. Festkörper nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die langgestreckten Bereiche von in Bezug auf ihre Umgebung unterschiedlichen Schwingungsparameterwerten in ihrem Längsverlauf der benachbarten Randkontur eines Oberflächenabschnitts des schwingfähigen Festkörpers angepasst ausgebildet ist (Fig.12).

30. Schwing- und/oder reflexionsfähiger Festkörper für Geräte und Einrichtungen zur Erzeugung, Abstrahlung, Verteilung bzw. Weiterleitung von Schallschwingungen, der wenigstens abschnittsweise eine Gliederung der räumlichen Verteilung seiner Schwingungsparameter aufweist, insbesondere nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Gliederung durch eine langgestreckte Anordnung von im Vergleich zu ihrer Umgebung unterschiedlicher Verformungssteifheit und/oder Massenbelegung gebildet ist, welche die quer zu einer vorgegebenen Vorzugsrichtung (X-X) gemessene Breitenausdehnung (Y-Y, B, R) des Festkörpers in einem wenigstens annähernd konstanten Verhältnis unterteilt.

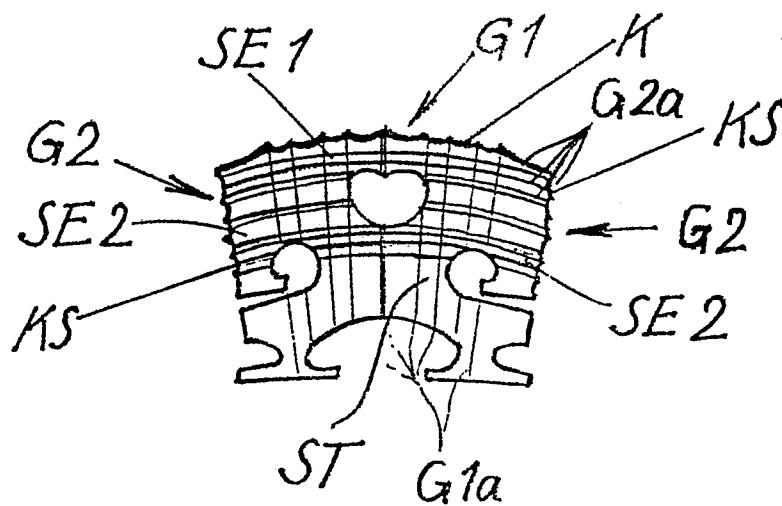
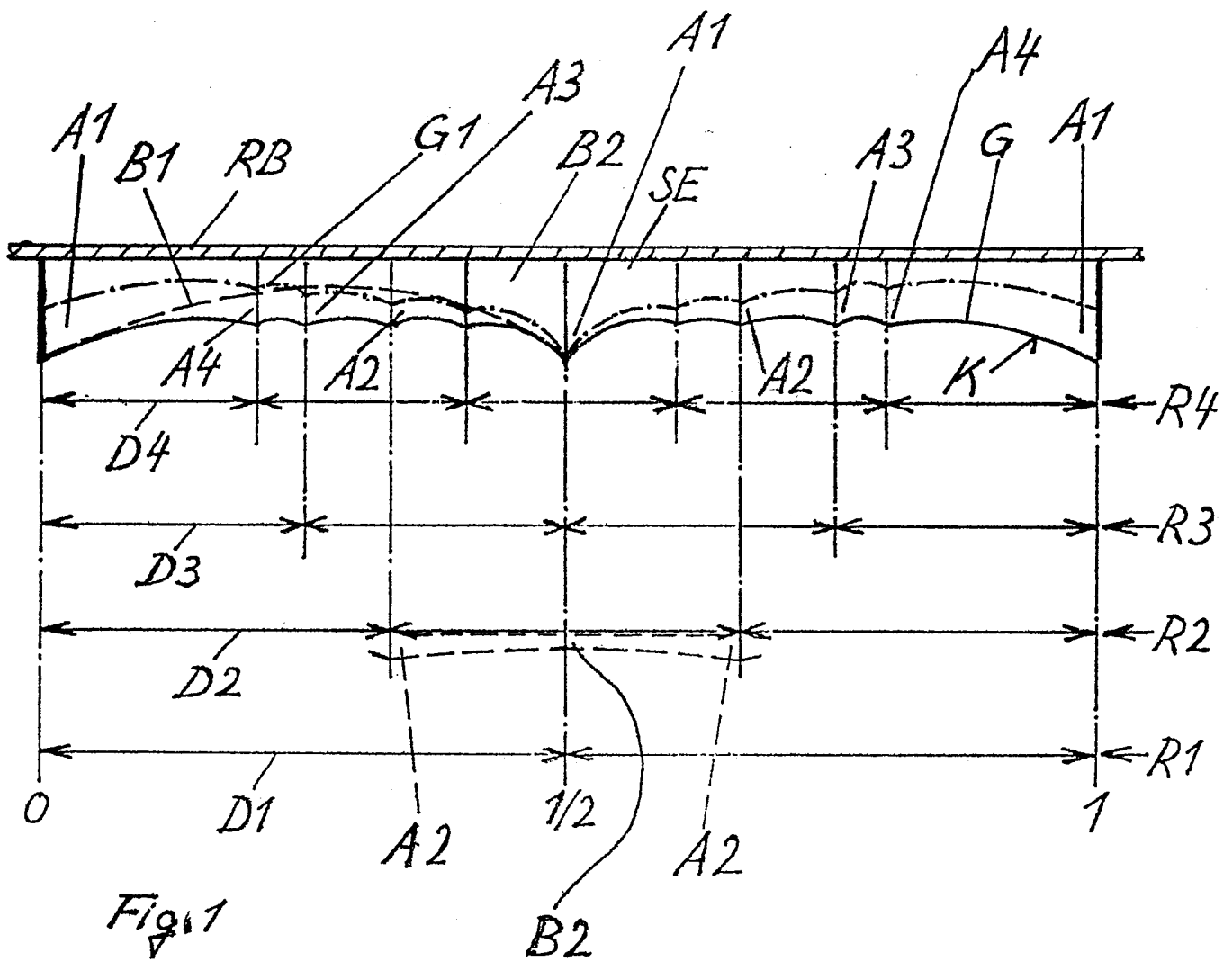
31. Festkörper nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite des Festkörpers durch die langgestreckte Anordnung in einem wenigstens annähernd ganzzahligen oder ganzzahlig gebrochenen Verhältnis unterteilt.

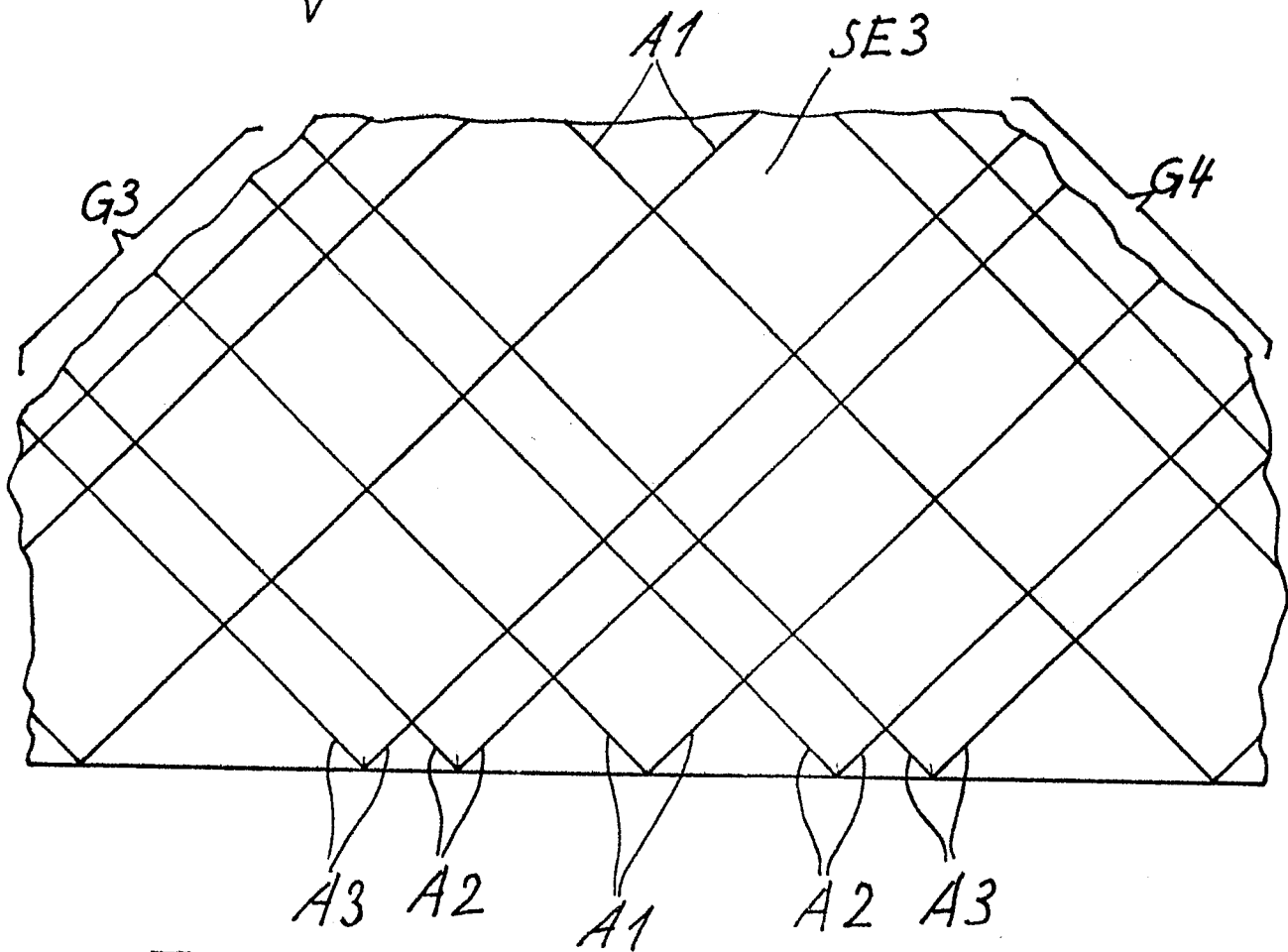
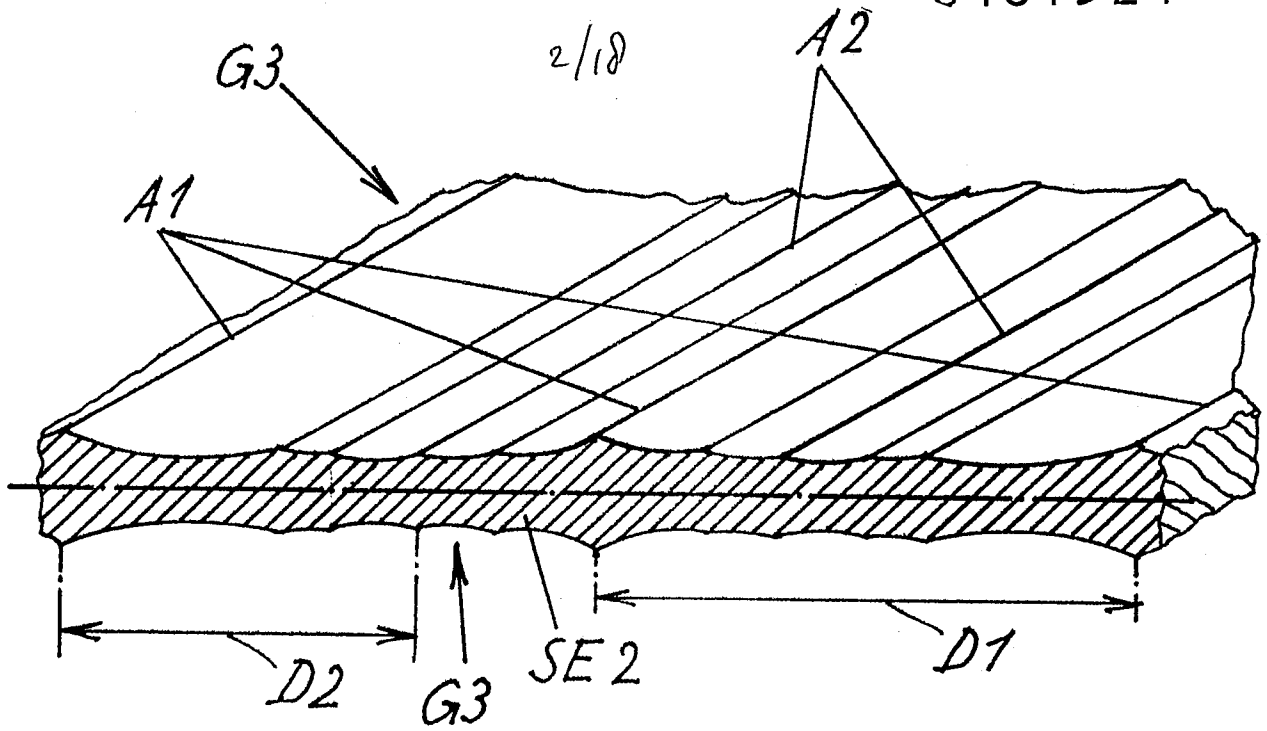


32. Schwing- und/oder reflexionsfähiger Festkörper für Geräte und Einrichtungen zur Erzeugung, Abstrahlung, Verteilung bzw. Weiterleitung von Schallschwingungen, der wenigstens abschnittsweise eine Gliederung der räumlichen Verteilung seiner Schwingungsparameter aufweist, insbesondere nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb des Festkörpers wenigstens zwei Bereiche von im Vergleich zu ihrer Umgebung unterschiedlicher Verformungssteifheit und/oder Massenbelegung gebildet sind, deren gegenseitige Abstände wenigstens annähernd im Verhältnis von vorzugsweise benachbarten Gliedern einer geometrischen Reihe stehen.
33. Festkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bereiche von im Vergleich zu ihrer Umgebung unterschiedlicher Verformungssteifheit bzw. Massenbelegung als langgestreckte, wenigstens abschnittsweise rippen- oder rinnenförmige Formelemente ausgebildet sind.
34. Festkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bereiche von im Vergleich zu ihrer Umgebung unterschiedlicher Verformungssteifheit bzw. Massenbelegung als sich wenigstens teilweise linienförmig erstreckende Anordnungen von im wesentlichen voneinander abgegrenzten Formelementen ausgebildet sind.

35. Festkörper nach einem der Ansprüche 32 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer der Bereiche von im Vergleich zu seiner Umgebung unterschiedlicher Verformungssteifheit bzw. Massenbelegung durch einen Randkonturbereich des Festkörpers gebildet ist.

1/18





3/18

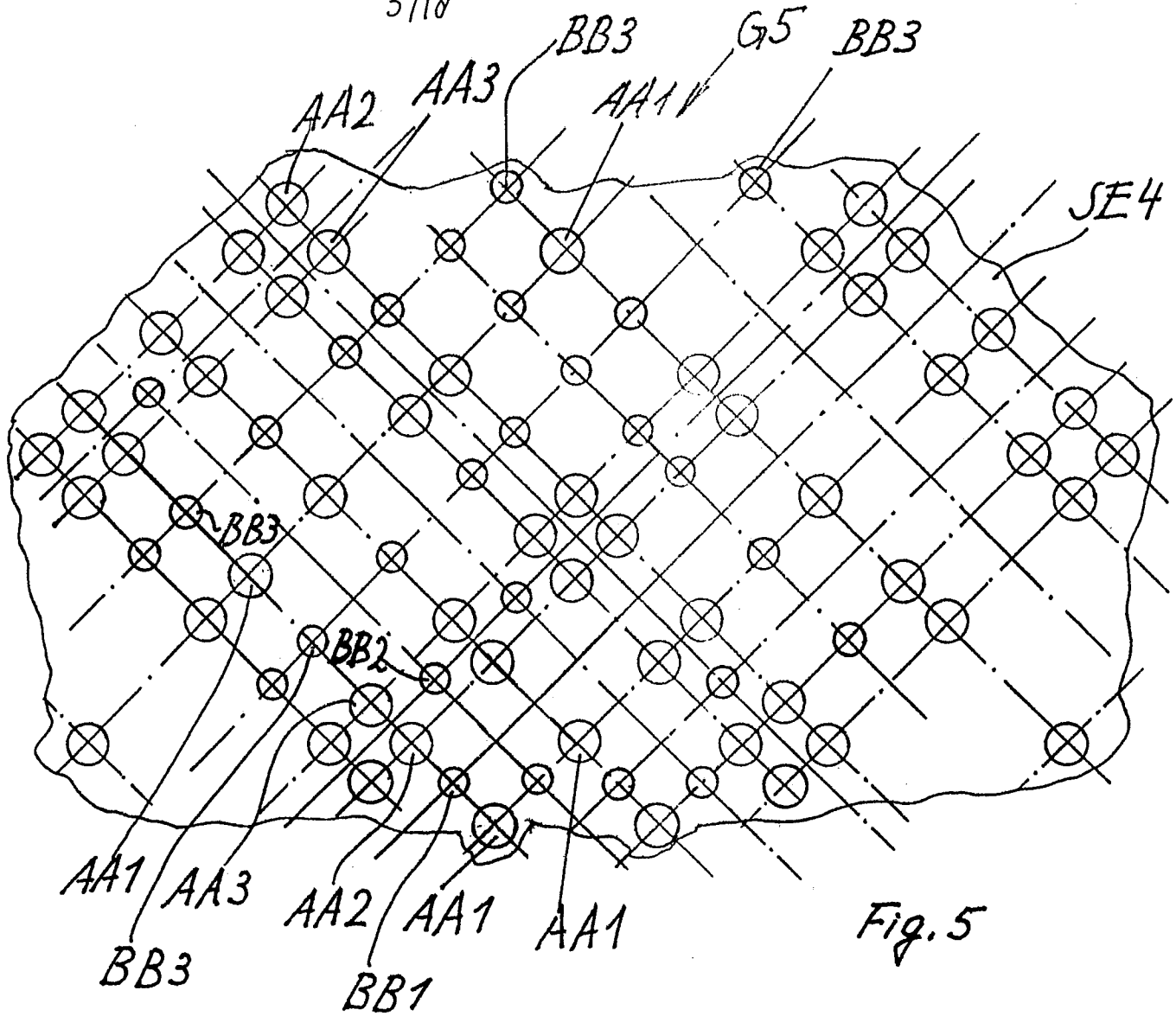


Fig. 5

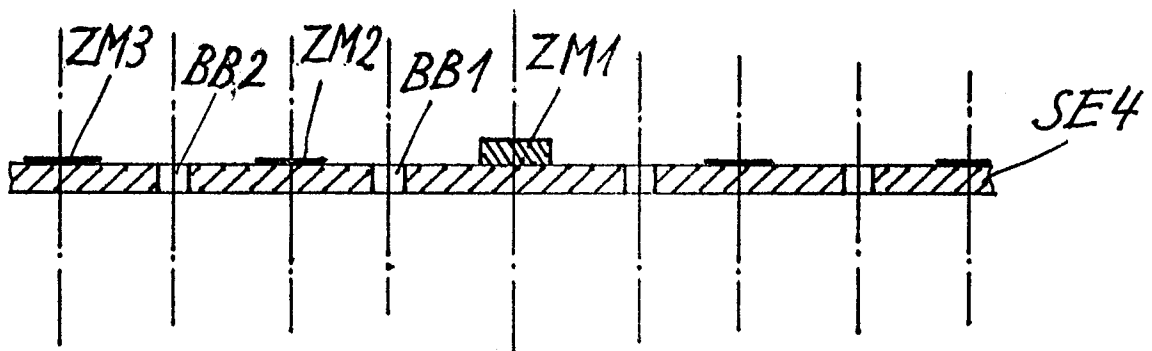
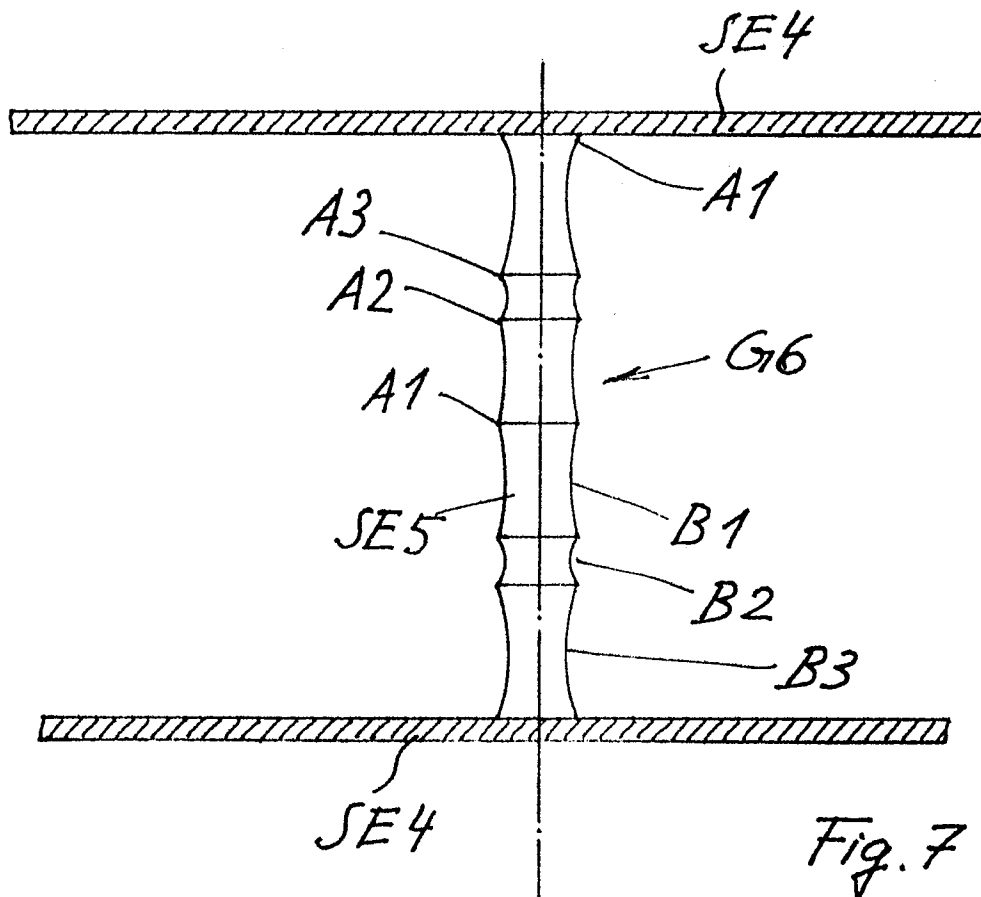
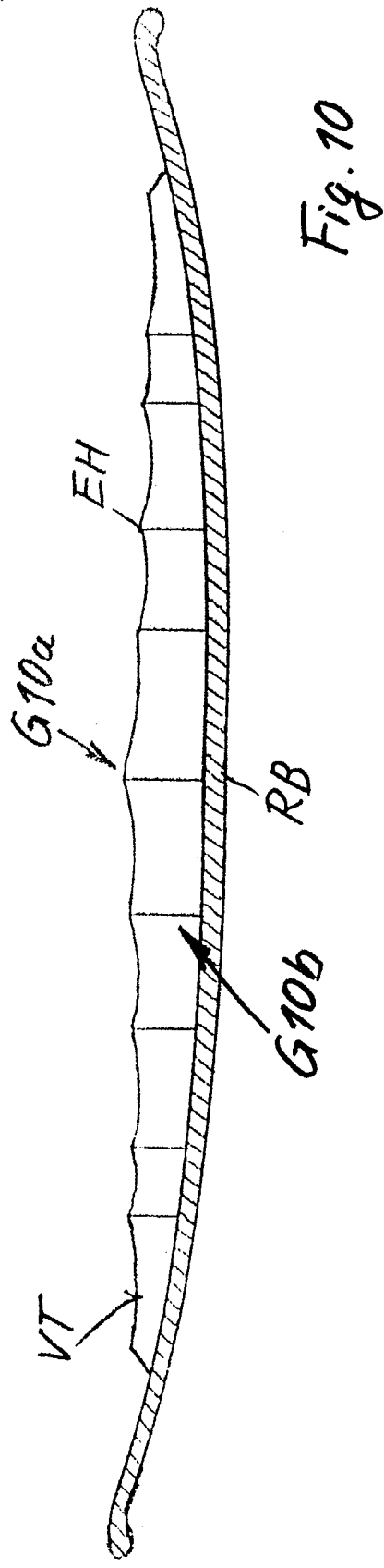
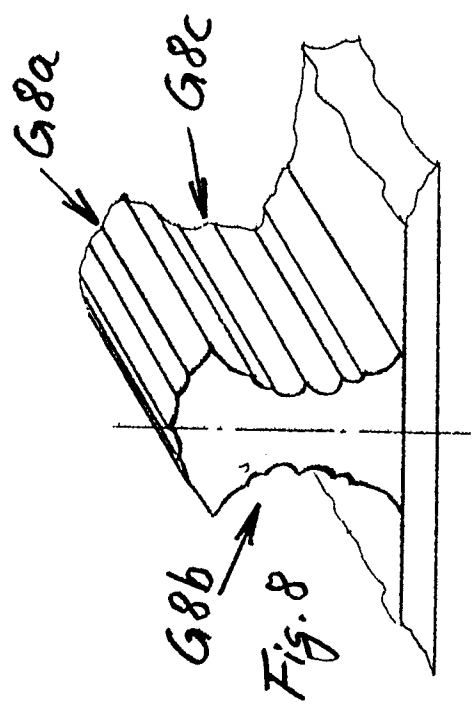
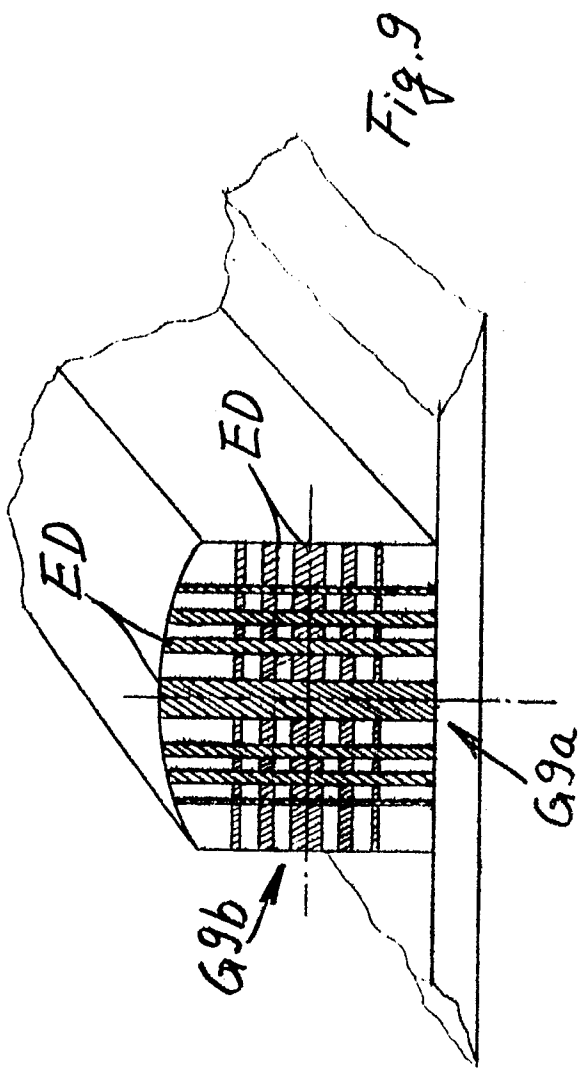
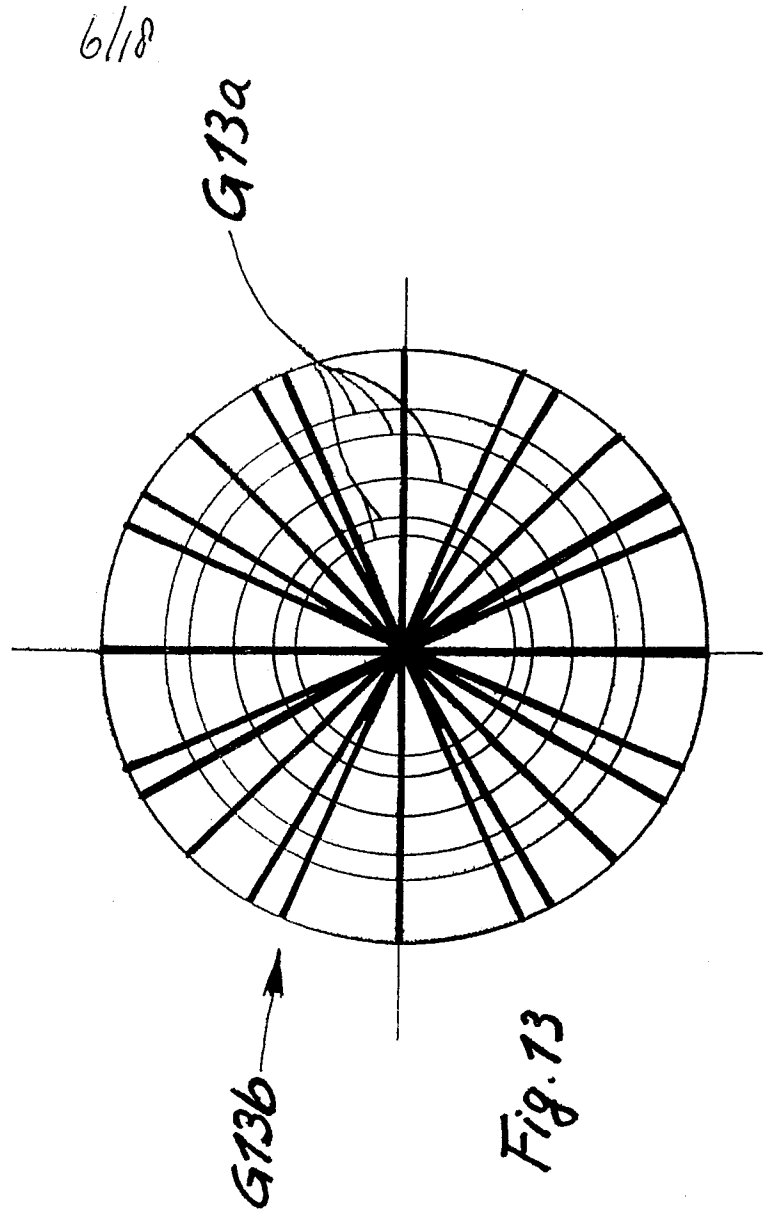
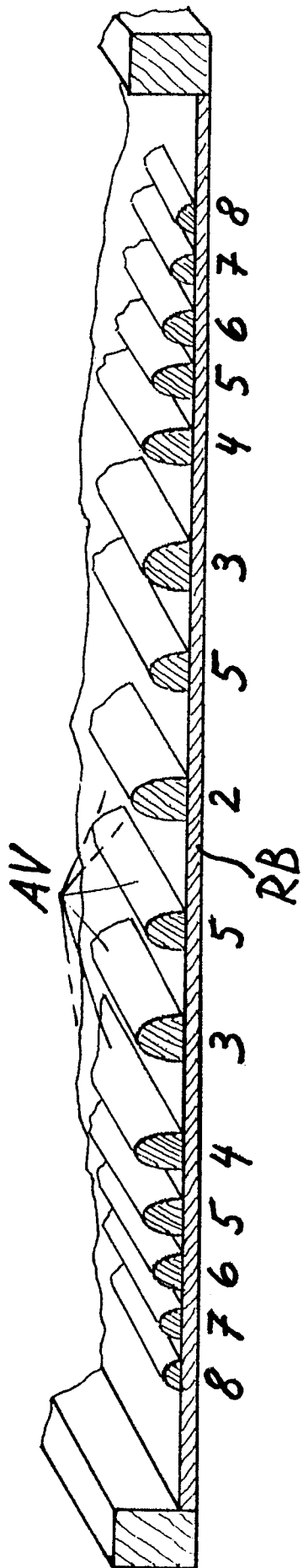


Fig. 6

4/18

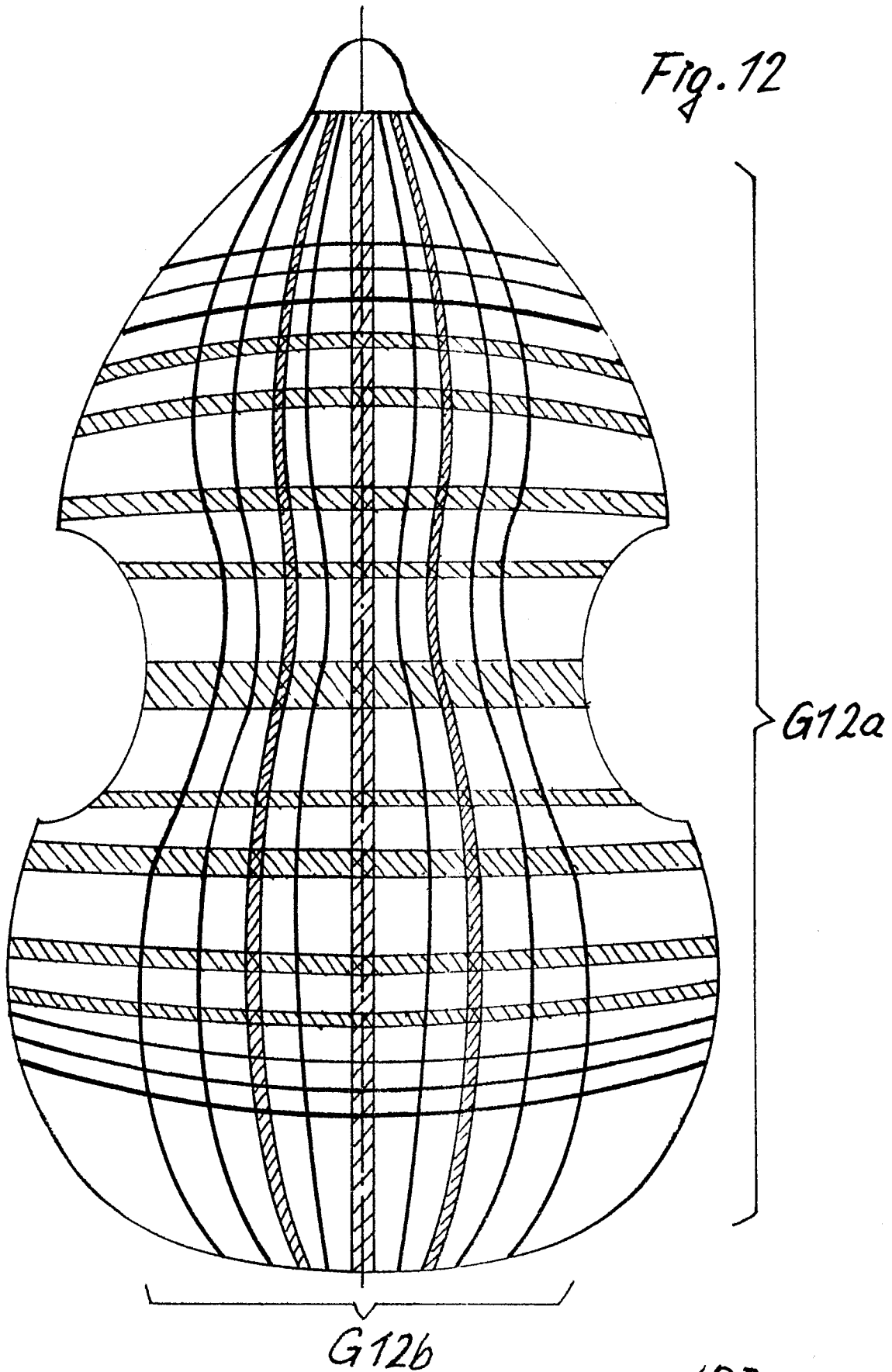




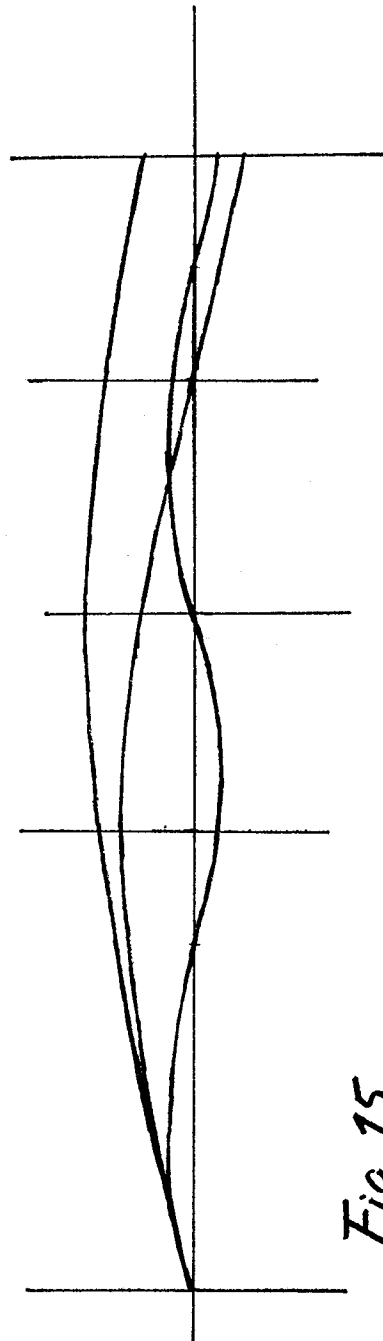
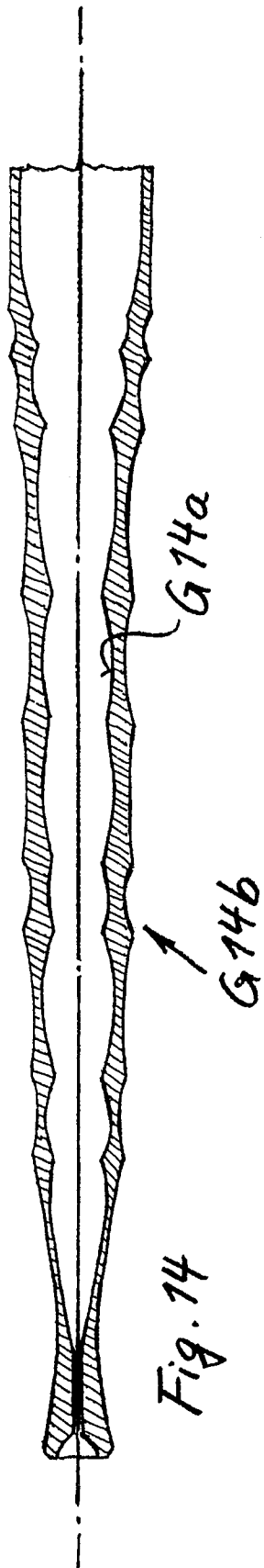


7/18

Fig. 12



8/18



9/18

0137924

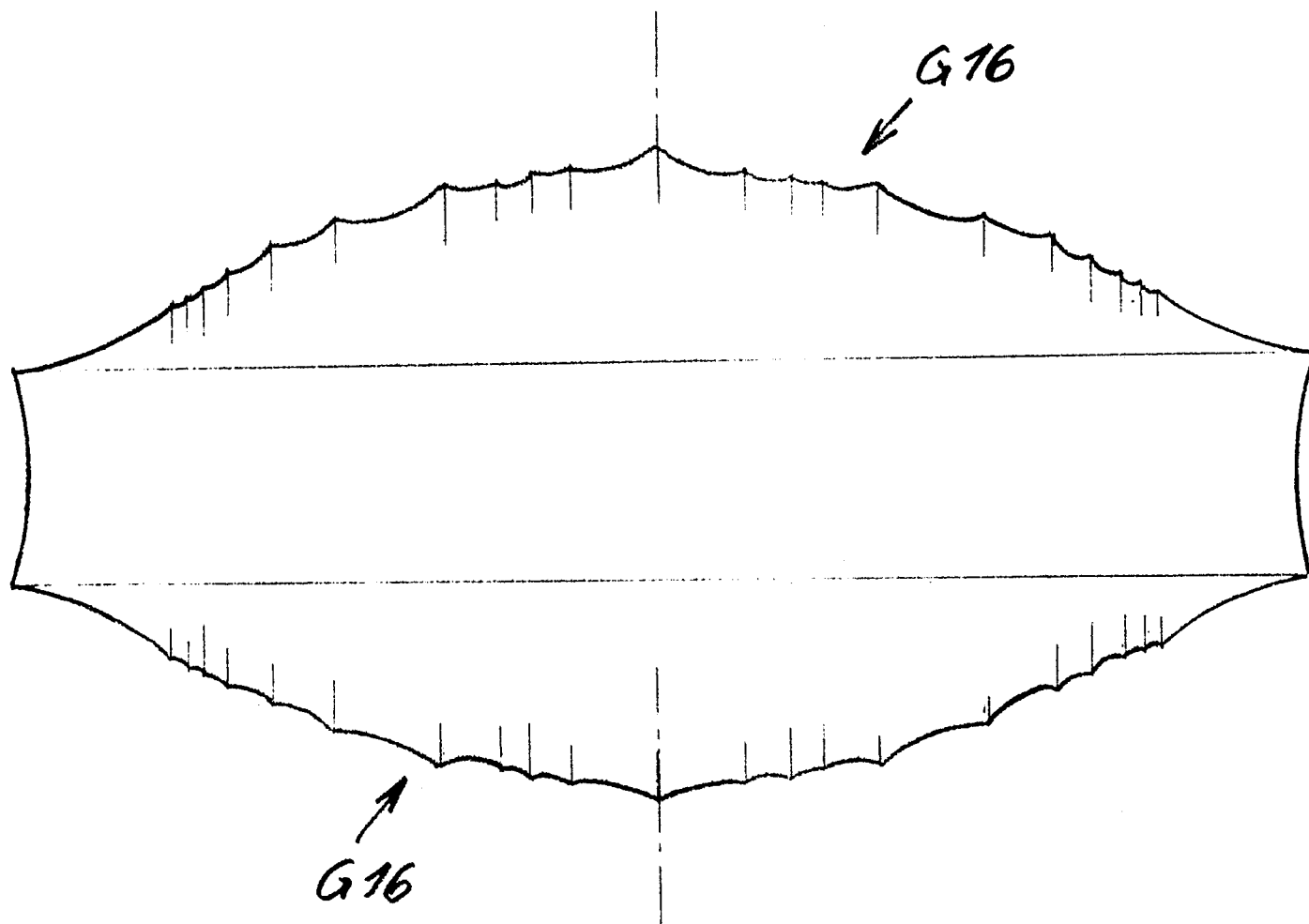


Fig. 16

0137924

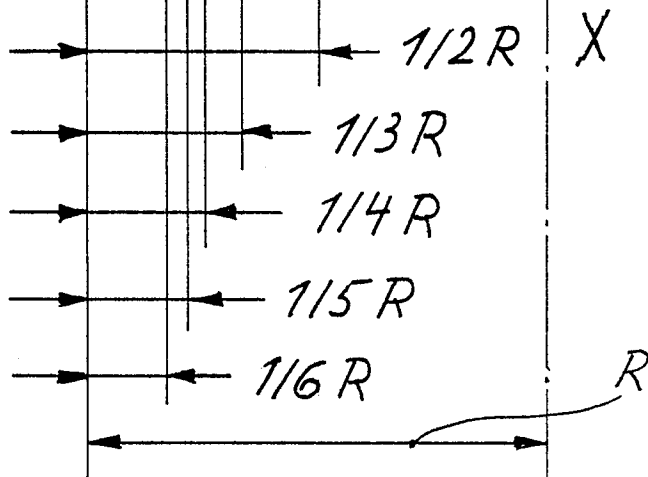
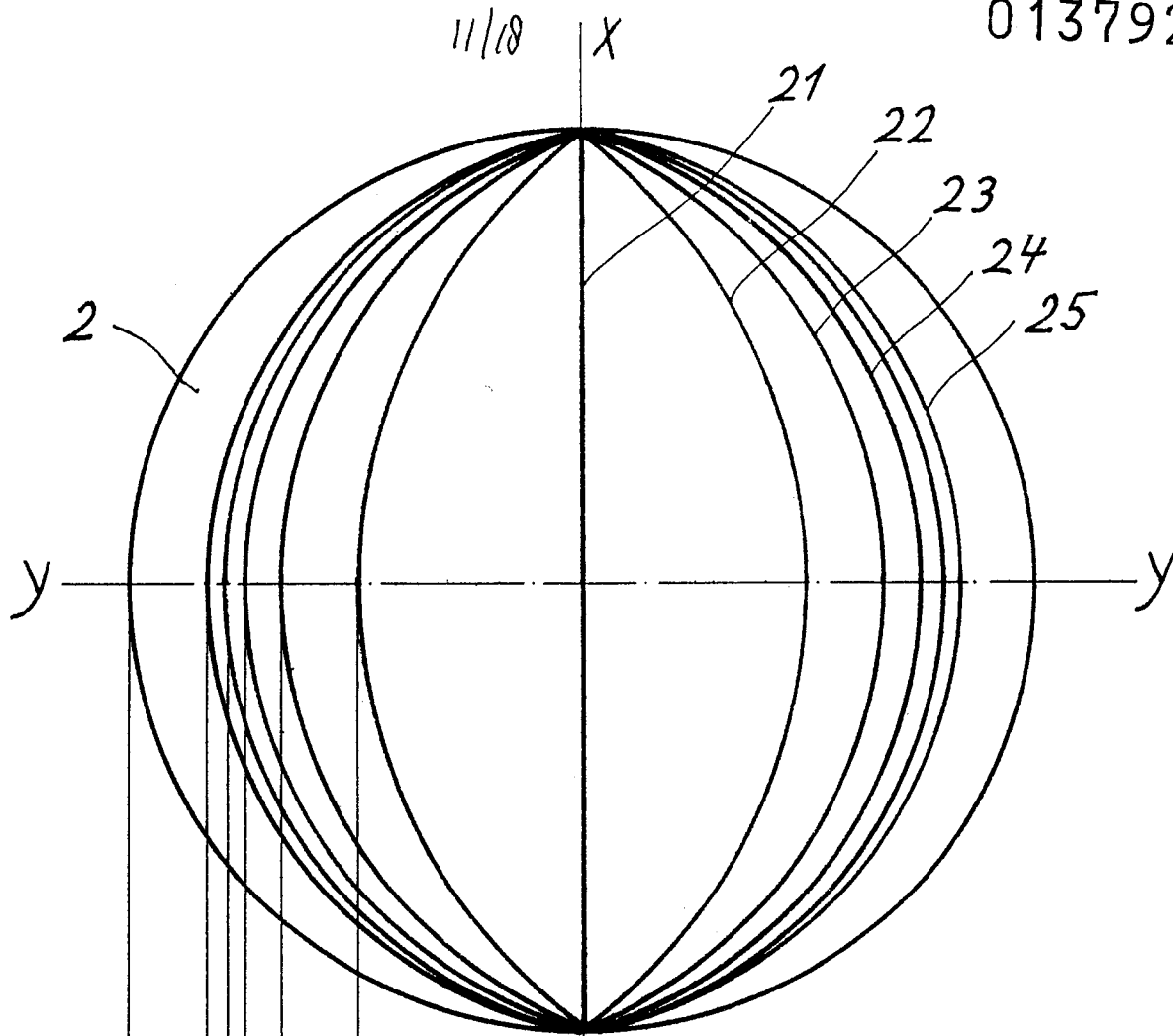


Fig. 18

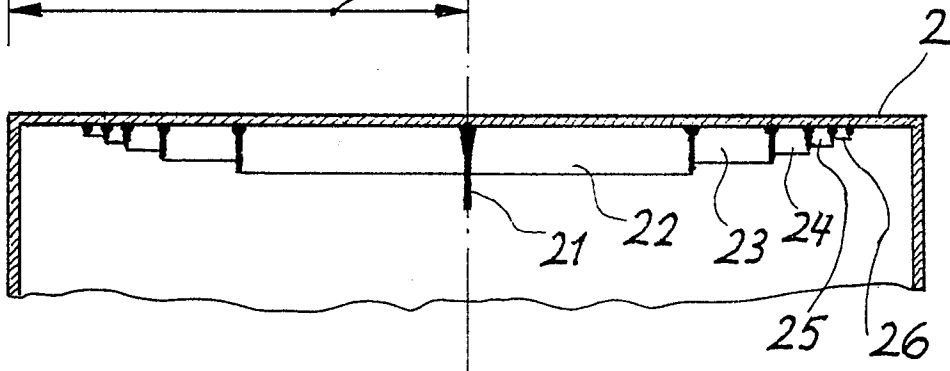


Fig. 19

0137924

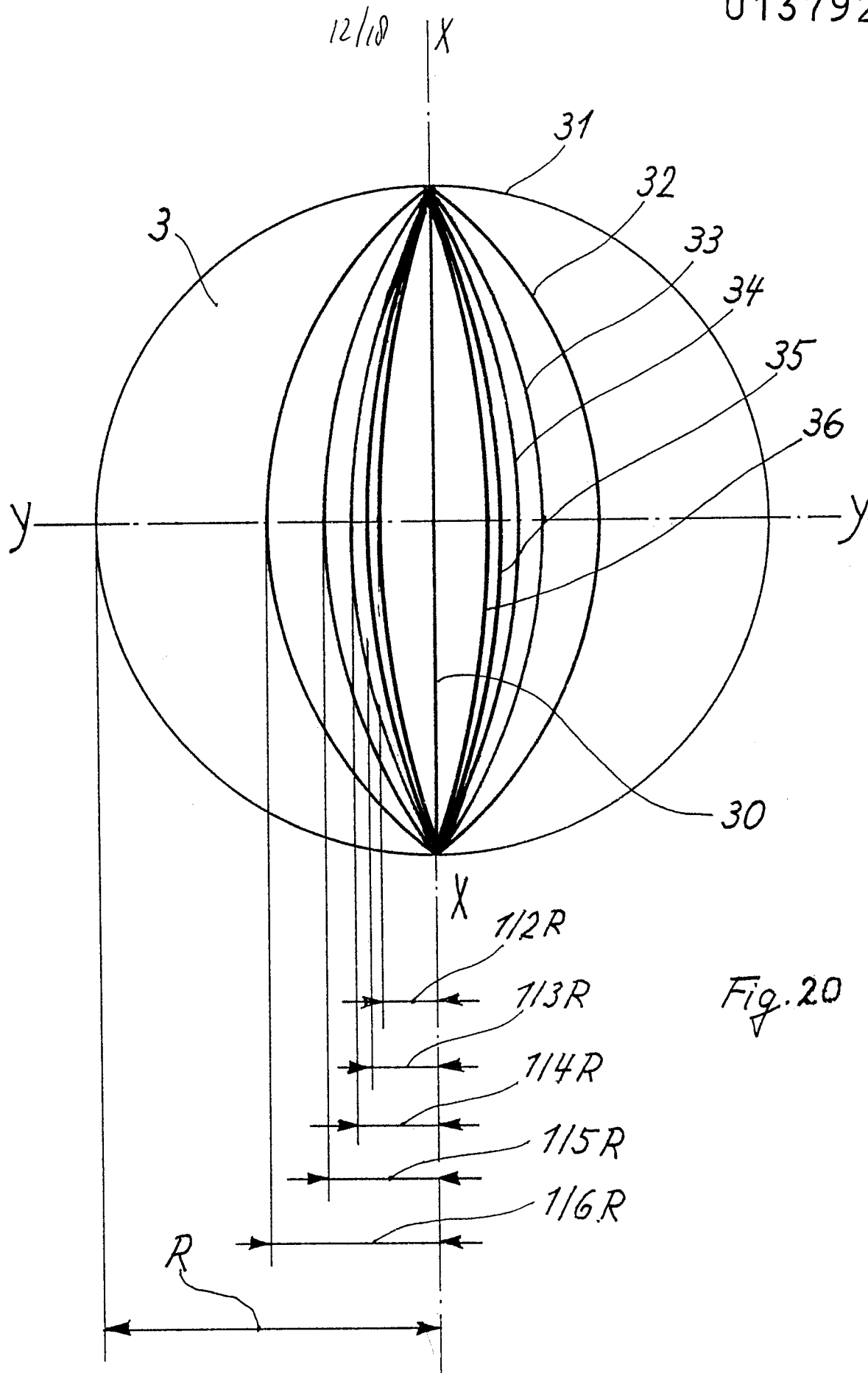


Fig. 20

13/18

0137924

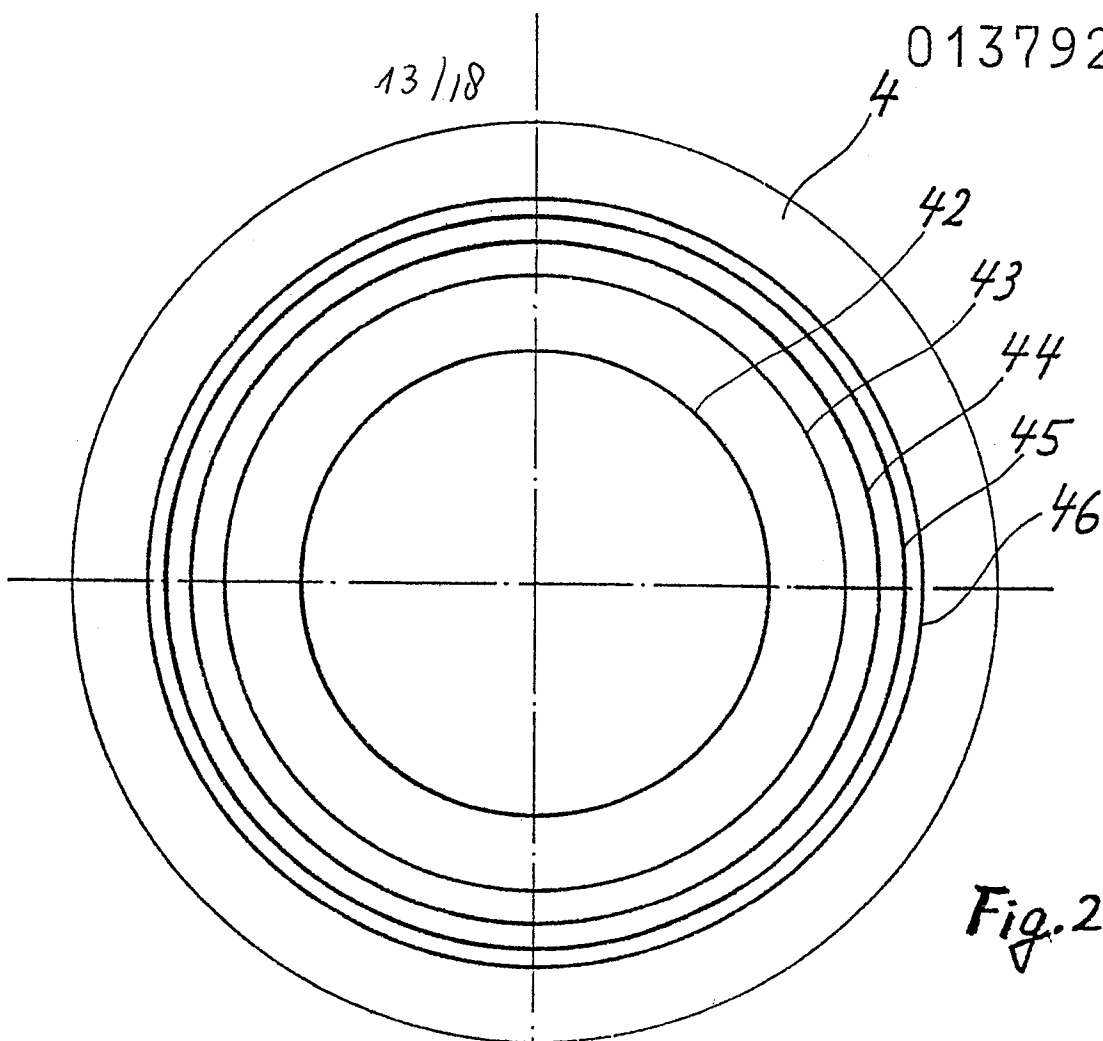


Fig. 21

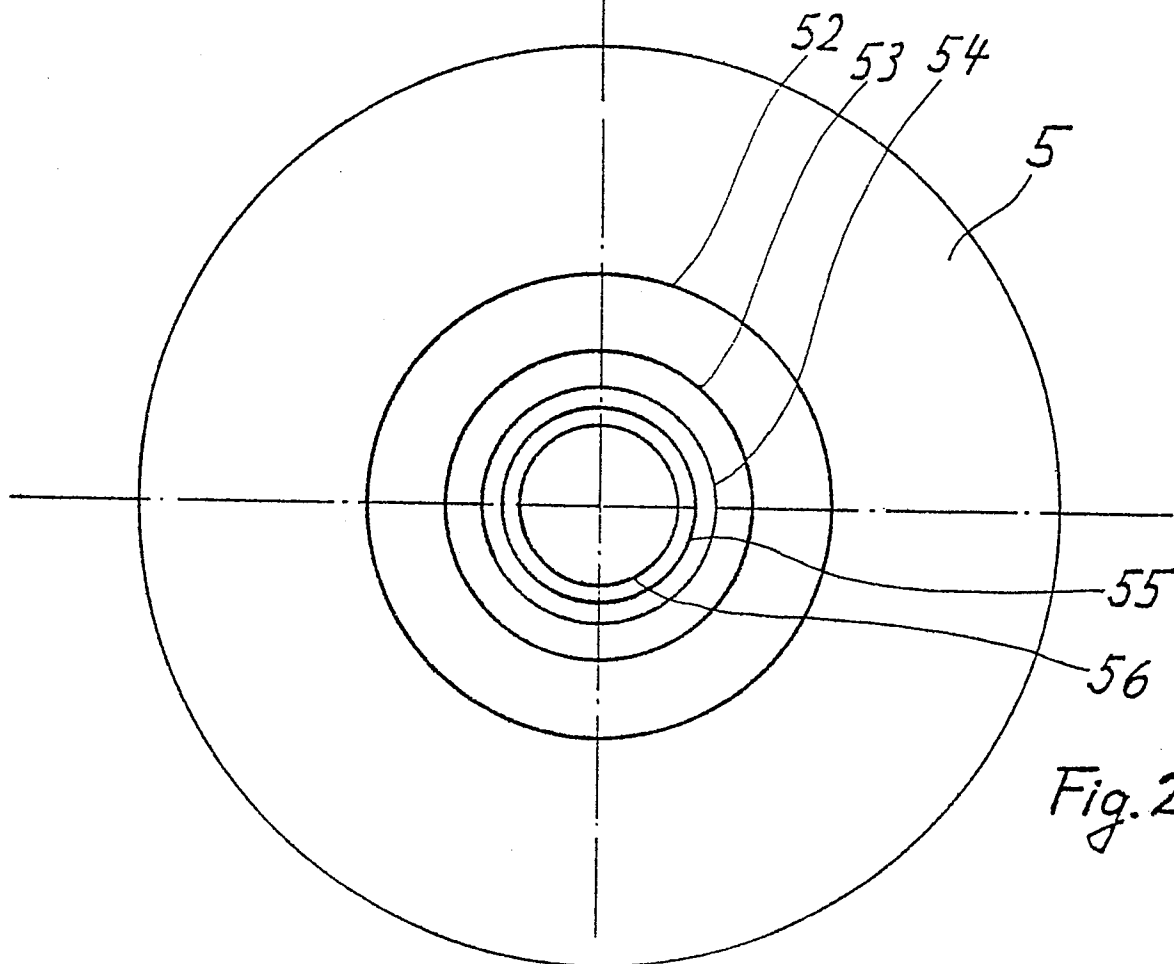
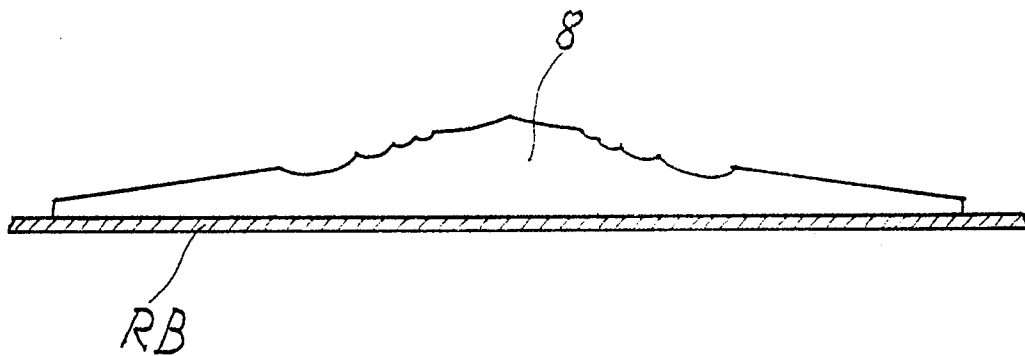
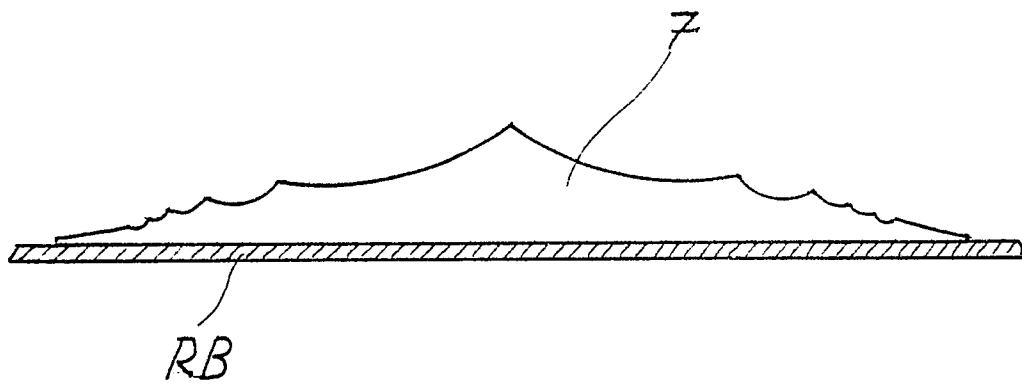
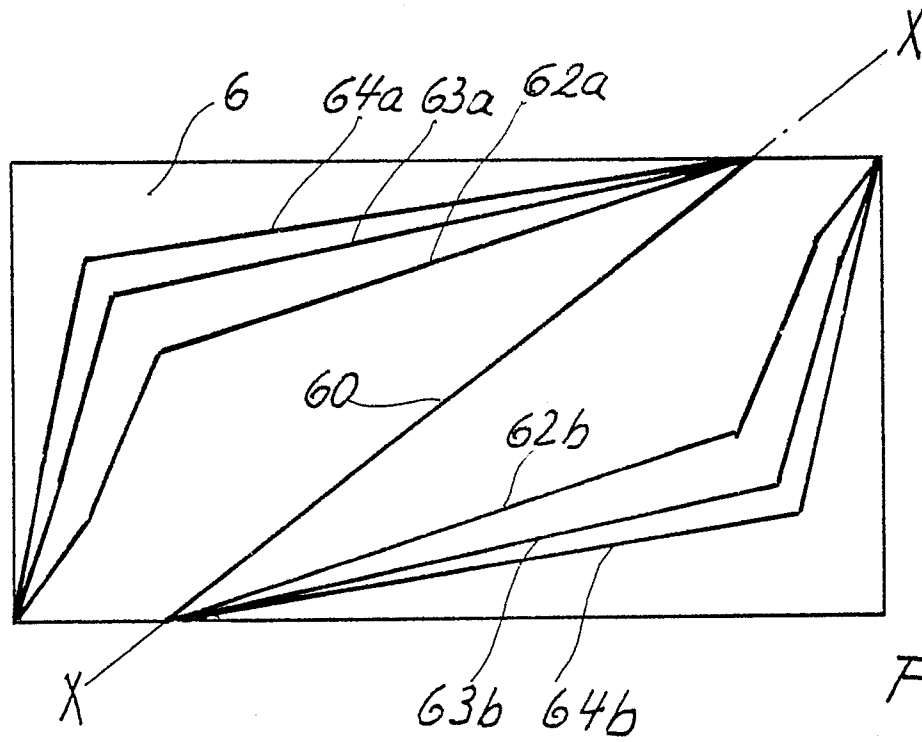


Fig. 22

0137924

14/18



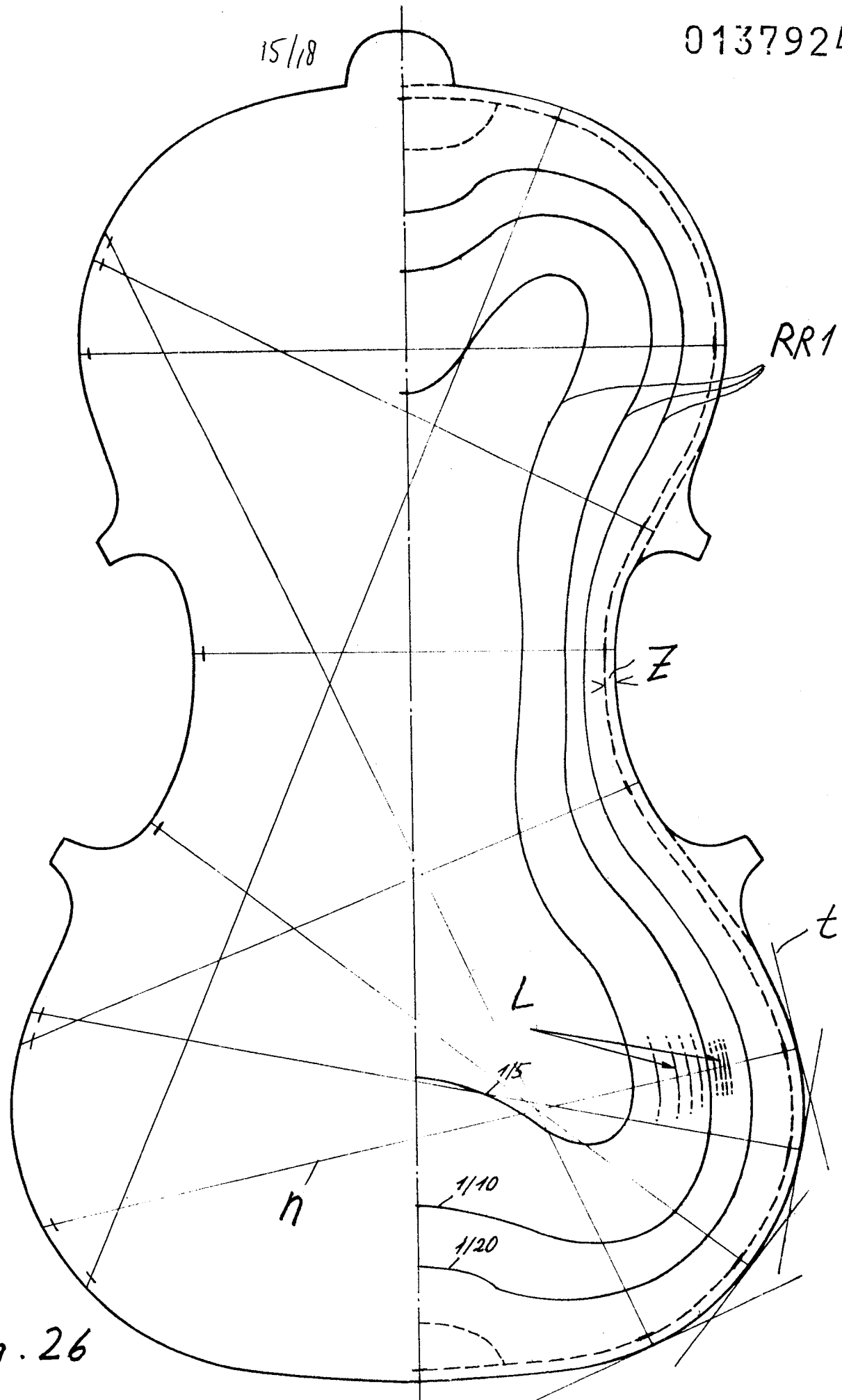


Fig. 26

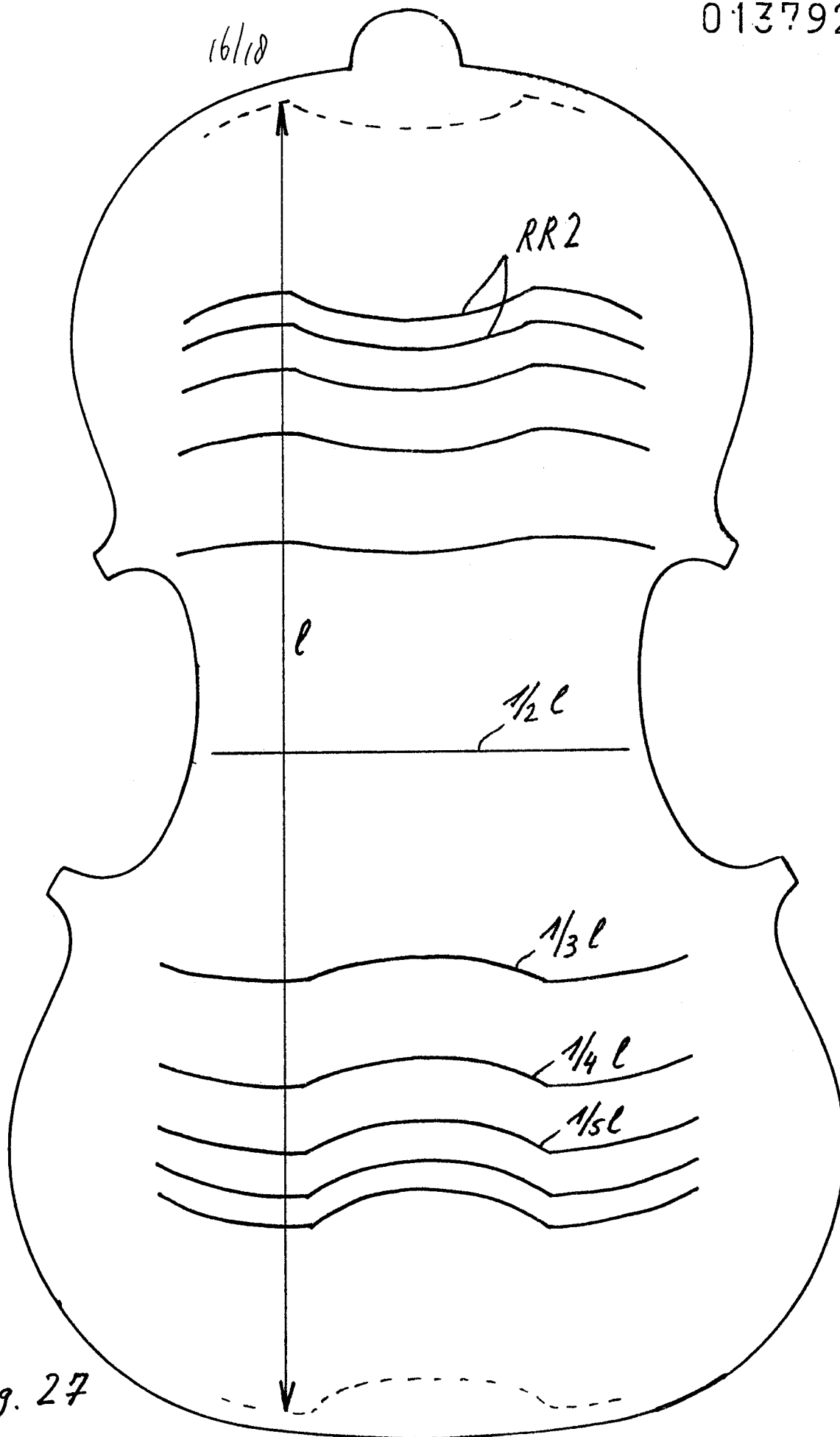


Fig. 27

17/18

0137924

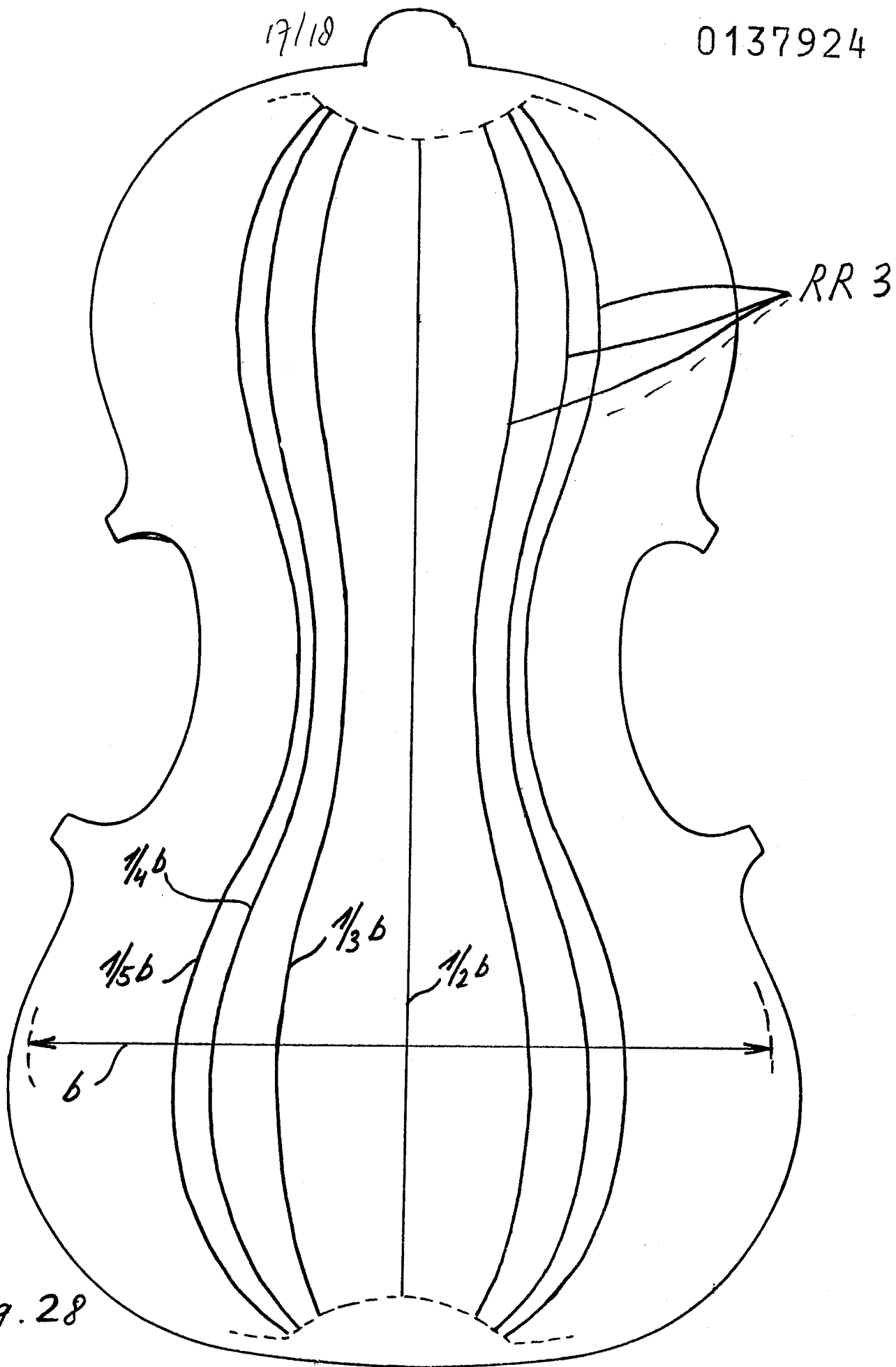


Fig. 28

18/18

0137924

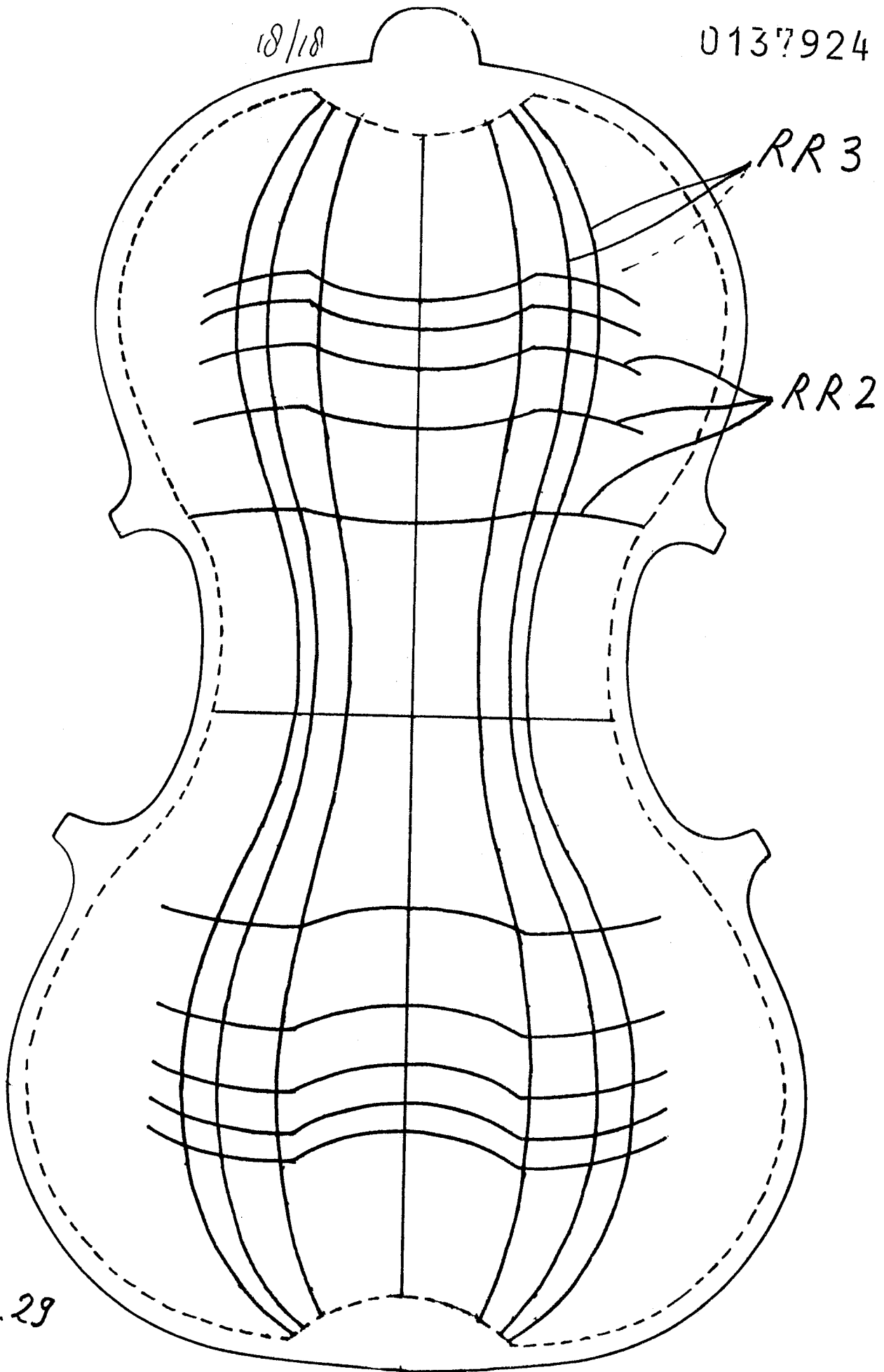


Fig. 29