



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 487 963 B1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

49

Veröffentlichungstag der Patentschrift: **08.11.95**

51

Int. Cl.<sup>6</sup>: **A63B 49/02**

21

Anmeldenummer: **91119160.9**

22

Anmeldetag: **11.11.91**

Teilanmeldung 95200991.8 eingereicht am  
19/04/95.

54

**Tennisschläger.**

30

Priorität: **26.11.90 DE 4037568**  
**23.05.91 DE 4116901**

43

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**03.06.92 Patentblatt 92/23**

45

Bekanntmachung des Hinweises auf die  
Patenterteilung:  
**08.11.95 Patentblatt 95/45**

84

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

56

Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 299 568**  
**EP-A- 0 317 711**  
**DE-U- 8 715 560**  
**US-A- 2 282 195**

73

Patentinhaber: **S.A. DONNAY INTERNATIONAL**  
**Route Charlemagne 20**  
**B-5660 Couvin (BE)**

72

Erfinder: **Sol, Hugo**  
**Smaragdstraat 39**  
**B-1850 Grimbergen (BE)**  
Erfinder: **Koeckelberg, Isabelle**  
**Rue Mallavée 9**  
**B-6001 Marcinelle (BE)**  
Erfinder: **Meertens, Jacques**  
**Rue Herreuse 14**  
**B-6590 Mimignies (BE)**

74

Vertreter: **Donné, Eddy et al**  
**Bureau M.F.J. Bockstael nv**  
**Arenbergstraat 13**  
**B-2000 Antwerpen (BE)**

**EP 0 487 963 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Tennisschläger nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Bei der Konstruktion von Tennisschlägern wird versucht, die Vibrationen und Deformationen, die während des Schlagens eines Balles auftreten, durch Auswahl der Formen, der Materialien und / oder bestimmter Abmessungen des Schlägers so gering wie möglich zu halten oder diese Vibrationen und Deformationen mittels zusätzlicher in die Struktur des Schlägers integrierter oder daran angebrachter Elemente positiv zu beeinflussen.

Aus EP-A-0 317 711 ist ein Tennisschläger bekannt, wobei der Höhe des Rahmens von den Verbindungsarmen bis zum gegenüberliegenden oberen Ende abnimmt, und die Breite des Rahmens in der Ebene der Besaitung wesentlich konstant ist. Der Griffteil besteht ausschliesslich aus einem Profil um den ein Band gewickelt ist.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, einen Tennisschläger mit bestmöglichen Spieleigenschaften zu schaffen, der einen relativ steifen Kopfteil und relativ flexible Verbindungsarme aufweist, um ein optimales Verhalten bezüglich der Vibrationen in Verbindung mit minimalen Deformationen in der Ebene des Schlägers beim Schlagen eines Balles zu schaffen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Durch diese Merkmale widersteht der Rahmen den beim Schlagen eines Balles in der Ebene des Schlägers auftretenden Deformationen in bestmöglicher Weise und schafft eine wesentliche Verbesserung bei der Umkehr des Balles, da weniger Energie für die Deformation des Kopfteiles verbraucht wird und daher mehr Energie für die Effektivität der Ballumkehr, das heißt des Returns zur Verfügung steht.

Das Vibrationsverhalten des Rahmens eines Tennisschlägers nach dem Schlagen eines Tennisballes ist hauptsächlich durch die zwei niedrigsten Biegungsschwingungen eines völlig freien Schlägers bestimmt. Diese Biegungsschwingungen tauchen typischerweise bei zwei Resonanzfrequenzen auf, von denen die erste bei ungefähr 130 Hz bis 180 Hz und die zweite bei etwa 350 Hz bis 450 Hz liegt.

Entsprechend der erfindungsgemäßen speziellen Gestaltung des Tennisschlägers ist es möglich, die Knotenlinien dieser Biegungsschwingungen so zu verteilen, daß die Vibrationen minimiert, der "sweet-spot"-Bereich, vergleichbar dem geometrischen Zentrum des Kopfteiles bzw. der Besaitung, vergrößert und eine wesentliche Verbesserung der Effektivität der Umkehr des Balles erreicht wird.

Durch die gemäß vorteilhafter Ausführungsformen der Erfindung vorgesehenen lokalen Verbreite-

rungen der Querschnittsfläche des Rahmens im Kopfteil und die sich an diese lokalen Verbreiterungen anschließenden Verringerungen der Querschnittsbreite wird eine optimale und konstante Verteilung der von der Bespannung des Schlägerkopfes herrührenden Beanspruchungen des Kopfteils erreicht, wodurch sich wiederum Verbesserungen der Schlageigenschaften ergeben.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Die Erfindung wird nachfolgend im einzelnen mit Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert; in dieser zeigen:

Figur 1

eine Draufsicht eines Tennisschlägers,

Figur 2

eine Seitenansicht des Schlägers aus Figur 1,

Figur 3

eine schematische Darstellung der Vibrations-schwingung des Schlägers aus den Figuren 1 und 2 von dessen Seite gesehen,

Figur 4

ein Querschnitt des Rahmens des Tennisschlägers im Kopfteil längs Linie I - I in Figur 1,

Figur 5

ein ähnlicher Querschnitt wie in Figur 4, wobei eine Variante dargestellt ist,

Figur 6

eine teilweise Draufsicht mit einem Verstärkungsglied, das zwischen den Verbindungsarmen des Schlägers aus Figur 1 angeordnet ist,

Figur 7

Querschnitte des Verstärkungsgliedes aus Figur 6,

Figur 8

eine Draufsicht des Kopfteiles des Schlägers mit verschiedenen Schnittlinien,

Figur 9

Querschnittsformen entsprechend den Schnittlinien A bis F in Figur 8,

Figur 10

eine Draufsicht einer bevorzugten Ausführungsform eines Schlägers nach der Erfindung,

Figur 11

eine Schnittansicht entsprechend der Linie II-II,

Figur 12

eine Seitenansicht des Schlägers nach Figur 10, die

Figuren 13 bis 23

Querschnittsansichten des Schlägers nach Figur 10 entsprechend den Schnittlinien IV-IV bis XIV-XIV,

Figur 24

eine Draufsicht einer bevorzugten Ausführungsform eines Schlägers mit lokalen Querschnittsverbreiterungen und maßstabgetreuen Querschnittsdarstellungen entsprechend den Schnittlinien.

Der in Draufsicht in Figur 1 dargestellte Tennisschläger enthält üblicherweise drei entlang einer Symmetrie-Längsachse LL aufeinanderfolgend angeordnete Bereiche:

- einen Griffteil 1,
- einen Kopfteil 2, der von einem eine Öffnung 4 umgrenzenden Rahmen 3 mit allgemein ovaler, ebener Form gebildet ist,
- zwei Verbindungsarmen 6, 6', die integral mit dem Rahmen 3 als Verlängerungen davon ausgebildet sind und sich in das Griffteil 1 erstrecken.

Ferner enthält der Schläger ein Jochteil oder Verstärkungsglied 7, das die Verbindungsarme 6, 6' integral verbindet und die Öffnung 4 zum Griffteil 1 hin abgrenzt.

Eine Besaitung 5 ist über die Öffnung 4 gespannt und liegt im allgemeinen in einer Ebene, wobei die einzelnen die Besaitung bildenden Saiten in Richtungen parallel und senkrecht zu der Symmetrie-Längsachse LL verlaufen und in üblicher Weise durch im Rahmen des Kopfteles 2 und im Verstärkungsglied 7 vorgesehene Durchführungen oder Löcher geführt sind.

Der Rahmen 3 weist ein Profil mit dem in Figur 4 gezeigten typischen Querschnitt auf. Dieses Profil ist vorzugsweise als rohrförmiges, dünnwandiges, geschlossenes Profil ausgebildet, dessen Innenraum mit einem Material ausgefüllt sein kann, das praktisch keinen Einfluß auf die mechanischen Eigenschaften des Profiles hat.

Unter Bezugnahme auf die in Figur 4 gezeigten Achsen verläuft die Achse XX in der Ebene und die Achse YY senkrecht zur Ebene der Besaitung. Die Außenkanten des Querschnittes können von einem gleichschenkligen Dreieck umschrieben werden, dessen Basis auf der Besaitungsseite liegt. Das Profil enthält einen nach innen springenden konkaven Abschnitt oder eine Rille 8 auf der XX-Achse und auf der der Öffnung 4 gegenüberliegenden Außenseite, um die Saiten zwischen zwei zur Öffnung 4 des Rahmens 3 führenden Durchführungen aufzunehmen (nicht dargestellt).

Um ohne übermäßige nach innen gerichtete Deformationen den Belastungen durch die Besaitung auf den Rahmen sowohl unter statischen wie auch unter dynamischen Bedingungen zu widerstehen, sind die Wandbereiche 9 des Profiles, die die Rille 8 mit den oberen und unteren, auf der YY-Achse angeordneten und im wesentlichen flachen Kuppenbereichen verbinden, gegen die Ebene der Besaitung in einem Winkel  $\alpha$  zwischen  $25^\circ$  und  $65^\circ$  und vorzugsweise  $45^\circ$  geneigt.

Die Innenseite 12 des Profiles kann im wesentlichen zumindest in ihrem mittleren Bereich gerade sein und ist vorzugsweise in Richtung zur Öffnung 4 hin leicht gekrümmt.

Die Formen und Proportionen des oben beschriebenen typischen Querschnittes variieren in dem Griffteil 1, in den Verbindungsarmen 6, 6' und in den verschiedenen Abschnitten des Kopfteles 2, was im folgenden unter Bezugnahme auf die Figuren 1 und 2 erläutert wird.

Das Kopfteil 2 des Schlägers enthält einen Hauptbereich 13, der an den Enden der Verbindungsarme 6, 6' beginnt und sich bis über den Bereich der maximalen Breite des Kopfteles 2 erstreckt, und einen sich daran anschließenden Endbereich 14, der sich bis zum freien Ende 15 des Kopfteles 2 erstreckt. Im Hauptbereich 13 ist die Höhe H des Rahmens 3, das heißt der Abstand zwischen der oberen und der unteren Kuppe 10 und 11 des Querschnittes senkrecht zur Ebene der Besaitung, oder anders gesagt entlang der YY-Achse in Figur 4, konstant oder wenigstens im wesentlichen konstant. Bei einer ersten Ausführung ist die Höhe im Endbereich 14 des Rahmens identisch zur Höhe H des Hauptbereiches 13 des Rahmens 3, das heißt die Höhe des Rahmens bleibt zwischen dem freien Ende 15 und den Verbindungsarmen konstant.

Bei einer zweiten Ausführung nimmt die Höhe H des Rahmens 3 im Endbereich 14 ab, vorzugsweise kontinuierlich von der Höhe H des Hauptbereiches 13 bis zu einer minimalen Höhe Hm am freien Ende 15 des Rahmens 3 auf der Längsachse LL, und zwar um Werte zwischen 50 % und 100 % der Höhe H des Rahmens 3 im Hauptbereich 13.

Gleichzeitig nimmt die Breite W des Rahmens 3 gemessen in der Ebene der Besaitung bzw. längs der XX-Achse in Figur 4 im Endbereich 14 zu, vorzugsweise kontinuierlich von der Breite W des Hauptbereiches 13 zu einer maximalen Breite WM am freien Ende 15 des Rahmens 3, und zwar um Werte zwischen 100 % und 200 % der Breite W im Hauptbereich 13.

Ein Vorteil der zweiten Ausführung besteht darin, daß der Außenumfang des Profiles entlang des gesamten Rahmens 3 konstant ist. Dies erleichtert die Herstellung des Rahmens 3 wesentlich.

Vorzugsweise besteht zwischen der Breite W und der Höhe H des Rahmens 3 im Hauptbereich 13 ein Verhältnis von ungefähr 3 : 5.

Bevorzugt beträgt bei der zweiten Ausführungsform die Länge des Hauptbereiches 13 des Kopfteles 2, gemessen parallel zur Längsachse LL, zwischen  $1/4$  und  $1/3$  der Gesamtlänge des Schlägers.

Durch die spezielle Gestaltung der Querschnitte wird ein Schläger mit hoher Stabilität erhalten, der gleichzeitig ein relativ geringes Gewicht hat. Die charakteristischen Querschnitte schaffen eine große Steifigkeit gegen Verbiegungen innerhalb und außerhalb der Schlägerebene, und die spezielle Geometrie der Querschnitte für das Kopfteil er-

laubt eine beträchtliche Reduzierung der Wanddicke des Querschnittes, was zu der oben erwähnten Gewichtsreduzierung führt. Es ist von Wichtigkeit, daß durch diese Querschnitte auch das Torsions-Trägheitsmoment für eine geringere Masse erhöht werden kann.

Durch die Gewichtsreduzierung ist es möglich, ohne das übliche Gesamtgewicht eines Schlägers zu erhöhen, konzentrierte Massen 25 an dem Rahmen im Bereich der "sweet-spot"-Zone und / oder am freien Ende 24 des Griffteiles hinzuzufügen, wie schematisch in Figur 1 gezeigt ist. Dies führt zu einer Vergrößerung der "sweet-spot"-Zone und zu einer Verbesserung des Schwingungsverhaltens des Schlägers.

Das Griffteil 1 enthält einen aus Verlängerungen der Verbindungsarme 6, 6' gebildeten Kern 16, der die drei wesentlichen mechanischen Steifigkeiten des Griffteiles 1 bestimmt:

- die mechanische Biegesteifigkeit innerhalb der Ebene der Besaitung 5,
- die Steifigkeit gegen Verbiegungen aus der Ebene in der Grundzone des Griffteiles und
- die mechanische Torsionssteifigkeit um die Längsachse LL.

Die Höhe H1 des Kernes 16 des Griffteiles 1 ist im wesentlichen über dessen hauptsächliche Länge konstant und liegt im Bereich zwischen 40 % und 70 % der Höhe H des Rahmens 3 im Hauptbereich 13 des Kopfteiles 2.

Die Höhe H6 des Profiles in den Verbindungsarmen 6, 6' variiert, vorzugsweise ebenfalls kontinuierlich von der Höhe H des Rahmens 3 im Hauptbereich 13 des Kopfteiles 2 zur Höhe H1 des Kernes 16 des Griffteiles 1.

Der Querschnitt des Kernes 16 ist bevorzugt rechteckig, wobei die langen Seiten parallel zur Besaitungsebene verlaufen. Die Höhe des Kernes 16 muß ausreichend klein gehalten sein, da die Steifigkeit gegen Verbiegen aus der Ebene in der Grundzone 26 sehr klein sein muß. In der Übergangszone 27 kann die Höhe des Kernes 16 kontinuierlich zunehmen.

Wie in den Figuren 1 und 2 gezeigt, enthält das Griffteil 1 auch eine Umhüllungsschicht 18 um den Kern 16. Der Zweck der Umhüllungsschicht 18 ist, die maximale Höhe und Dicke des Griffteiles 1 für einen passenden Handgriff zu bestimmen. Das Material der Umhüllungsschicht 18 ist derart, daß die mechanische Steifigkeiten des Griffteiles 1 sich nicht wesentlich von denen unterscheiden, die durch den Kern 16 alleine bestimmt sind. Die Umhüllungsschicht besteht typischerweise aus einem Schaum, der die Unterlage für das den Griff des Schlägers umgebende Lederband bildet.

Obwohl der Kern des Griffteiles als aus integralen Verlängerungen der Verbindungsarme 6, 6' gebildet beschrieben wurde, kann er auch als ge-

trennte Komponente hergestellt und fest mit den Enden der Verbindungsarme verbunden werden.

Als Variante, wie in Figur 5 gezeigt, kann das Profil aus Lagen bzw. Schichten eines Kompositmaterials hergestellt und im Bereich der maximalen Beanspruchung und Deformation, das heißt, im Bereich der äußeren Rille 8, durch zwei einander überlappende Lagen des Blatt- oder Plattenmaterials verstärkt sein. Die einzelne Lage oder Schicht kann 0,75 mm dünn sein, was eine Wanddicke von 1,5 mm im Bereich der äußeren Rille ergibt. Die Überlappungslänge ist typischerweise ungefähr 15 mm.

Die Eigenschaften dieses überlappten Querschnittes führen zu einer Vergrößerung der Steifigkeit in der Ebene und der Torsionssteifigkeit, während die Masse im Vergleich zu der herkömmlicher Querschnitte merklich verringert ist. Zusätzlich hat die am meisten beanspruchte Zone eine größere Dicke und somit einen größeren Widerstand für die Besaitung und beim Auftreffen eines Balles.

Die Figuren 6 und 7 zeigen das zwischen den beiden Verbindungsarmen 6, 6' angeordnete Verstärkungsglied 7.

Dieses Verstärkungsglied 7 ist ebenfalls als hohles geschlossenes Profil mit einem nach innen springenden konkaven Abschnitt oder einer Rille 17 in seiner Außenseite zum Unterbringen der Saiten zwischen aufeinanderfolgenden Durchführungen ausgebildet. Vorzugsweise nimmt die gegen ein Verbiegen in der Ebene wirkende Steifigkeit des Verstärkungsgliedes oder Jochteiles 7 zu dessen Mitte hin leicht ab.

Figur 7 zeigt Querschnitte entsprechend den Linien G und H in Figur 6 mit den beispielsweise, zugehörigen Abmessungen in Millimetern.

Das Verstärkungsglied 7 weist an beiden Außenenden (Schnitt G) einen nahezu kreisförmigen Schnitt und eine zur Mitte des Jochteiles abnehmende Breite W7 zusammen mit einer zunehmenden Querschnittshöhe H7 auf, und zwar in der Weise, daß die Querschnittsumfangslinie konstant bleibt (Schnitt H).

Vorteilhafterweise ist das hohle Profil des Rahmens 3, der Verbindungsarme 6, 6', des Griffteiles 1 und des Verstärkungsgliedes 7 aus kunststoffimprägnierten Materialien, sogenannten "prepregs", hergestellt, deren Mischung Fasern in einem Harz-Grundmaterial enthält, wobei die Fasern bevorzugt Kohlefasern, aber auch Aramid- oder Glasfasern oder ebenso Mischungen aus verschiedenen Arten von Fasern sein können. Das Harz ist vorzugsweise ein Epoxidharz. Das Innere des hohlen Profils kann mit einem die kunststoffimprägnierten Materialien unterstützenden Material ausgefüllt sein, wie beispielsweise einem Schaum. Dieses Material hat jedoch keinen Einfluß auf die mechanischen Eigenschaften der Profile.

Mit solchen Materialien und den typischen Querschnitten kann die Wand des Profils 0,75 mm bis 1,0 mm dünn sein, was sich in einer bemerkenswerten Gewichts- bzw. Massenreduzierung ausdrückt.

Die Figuren 8 und 9 zeigen die Entwicklung der Querschnitte im Hauptbereich 13 und ein Beispiel für die Entwicklung des Querschnittes im Endbereich 14 des Schlägers. Es ist noch anzumerken, daß gemäß einer bereits beschriebenen bevorzugten Ausführungsform der Querschnitt im Endbereich 14 eine konstante Höhe aufweist, wobei sich jedoch die Breite im wesentlichen entsprechend den in den Figuren 8 und 9 gezeigten Querschnitten B bis F ändert.

Figur 9 zeigt die Querschnitte A bis F, die durch die entsprechenden Schnitte in Figur 8 festgelegt sind. Vorzugsweise beträgt die Wanddicke des Profils 0,75 mm, und im Bereich zwischen den Schnitten A und B ist die Wanddicke bevorzugt 1,0 mm.

Die Werte für die Höhe und die Breite in den Schnitten sind Beispiele für eine bevorzugte Ausführung und in mm angegeben.

Durch diese speziellen Querschnitte haben die den Besaitungskräften und den durch das Auftreffen eines Balles bewirkten Kräften entgegenwirkenden Kräfte einen erhöhten Wert zum oberen Ende des Kopfteles des Schlägers hin. Die Höhe der Querschnitte im Endbereich 14 kann derart reduziert werden, daß der Umfang und damit die Masse der einzelnen Querschnittsbereiche im wesentlichen konstant bleiben kann.

Aufgrund der oben beschriebenen Merkmale können die Deformationen des Schläger-Kopfteles 2, die unter den auf das Schlagen eines Balles hin auf die Besaitung ausgeübten Belastungen auftreten, so gering wie möglich gehalten werden, auch wenn der Ball die Besaitung außerhalb des "sweet-spot's", das heißt des Bereiches der Besaitung um das geometrische Zentrum des Kopfteles 2 herum, trifft. Aufgrund dieser verringerten Deformation wird die für die Umkehr oder den Return des Balles zur Verfügung stehende Energie vergrößert.

In herkömmlichen Schlägern tritt die größte Deformation im Endbereich 14 des Kopfteles 2 auf. In dem Schläger gemäß vorliegender Erfindung ist die Deformation im Endbereich 14 wesentlich reduziert, was die für die Umkehr des Balles zur Verfügung stehende Energie erhöht und zudem den Effekt hat, daß der "sweet-spot"-Bereich der Besaitung ausgedehnt wird.

Vorteilhafte und bevorzugte Abmessungen des Schlägers und seiner verschiedenen Teile werden wie folgt angegeben:

- Gesamtlänge: zwischen 675 mm und 695 mm, vorzugsweise ungefähr 682 mm;

- Höhe H1 des Kernes 16 des Griffteles 1: zwischen 11,5 mm und 21 mm, vorzugsweise zwischen 16 mm und 17 mm;
- Höhe H des Rahmens 3 im Hauptbereich 13 des Kopfteles 2: zwischen 26 mm und 35 mm, vorzugsweise 29 mm;
- Breite W des Rahmens im Hauptbereich des Kopfteles: zwischen 15 mm und 21 mm, bevorzugt 18 mm;
- minimale Höhe Hm des Rahmens 3 am freien Ende 15 des Endbereiches 14: in der Ausführungsform mit abnehmender Höhe beträgt dieser Wert 22 mm und in der Ausführungsform mit konstanter Höhe beträgt dieser Wert zwischen 26 mm und 35 mm und vorzugsweise 29 mm;
- maximale Breite WM des Rahmens 3 am freien Ende 15 des Endbereiches 14: ungefähr 25 mm;
- maximale Höhe H7 in der Mitte des Verstärkungsgliedes: ungefähr 12 mm;
- Höhe des Verstärkungsgliedes am Übergang zu den Verbindungsarmen 6, 6': ungefähr 11 mm;
- minimale Breite W7 in der Mitte des Verstärkungsgliedes: ungefähr 10 mm;
- Breite des Verstärkungsgliedes am Übergang zu den Verbindungsarmen 6, 6': ungefähr 11 mm.

Das Schwingungsverhalten und andere Merkmale des Schlägers werden nun in Verbindung mit Figur 3 beschrieben.

Die Schwingungen, die in dem Schläger auf das Schlagen eines Balles hin auftreten, werden im wesentlichen durch zwei Schwingungsmoden eines völlig freien Schlägers bestimmt. Diese Biegeschwingungsmoden hängen mit zwei Resonanzfrequenzen zusammen, die annähernd zwischen 130 Hz bis 180 Hz für den ersten Schwingungsmodus M1 und zwischen 350 Hz und 450 Hz für den zweiten Schwingungsmodus M2 betragen, wie in Figur 3 dargestellt ist. Die Gesamt-Schwingungsamplitude eines Tennisschlägers nach dem Auftreffen eines Balles kann aus Beiträgen der Amplituden der Wellenformen M1 und M2 zusammengesetzt werden, wobei jede mit einem zeitabhängigen Gewichtungsfaktor W1(t) und W2(t) versehen ist:

$$\text{Gesamt-Schwingungsamplitude} = W1(t) \cdot M1 + W2(t) \cdot M2$$

Die relativen Werte der Gewichtungsfaktoren W1 und W2 hängen hauptsächlich von der Stelle ab, an der der Tennisball die Besaitung im Kopfteil des Schlägers trifft.

Jeder Schwingungsmodus hat eine bestimmte Anzahl von Schwingungsknoten, an denen die Schwingungsamplitude Null ist. Der Schwingungs-

modus M1 der niedrigeren Frequenz enthält zwei Knoten 19 und 20 und der Schwingungsmodus M2 der höheren Frequenz weist drei Knoten 21, 22 und 23 auf, wobei all diese Knoten über die Länge des Schlägers verteilt sind.

Die Lage der Schwingungsknoten ist von Bedeutung zur Betrachtung der Energie, die auf den den Schläger haltenden Spieler beim Schlagen eines Balles übertragen wird. Wenn der Ball die Besaitung 5 an einem der Schwingungsknoten trifft, wird der entsprechende Schwingungsmodus praktisch nicht angeregt. In diesem Fall ist der oben bezeichnete Gewichtungsfaktor Null. Andererseits, wenn der Ball den Schläger in einem Abstand von den Schwingungsknoten trifft, wird der entsprechende Schwingungsmodus angeregt. Die Auswirkung des Gewichtungsfaktors nimmt als Funktion des Abstandes des Auftreffpunktes und des betrachteten Schwingungsknotens zu.

Dank der oben beschriebenen Gestaltung des Schläger-Rahmens 3 liegt einer der Schwingungsknoten jeder Schwingungsmode so nah wie möglich am Bereich des "sweet-spot's" des Schlägers, wodurch die Anregung der Schwingungsmoden minimiert wird. Ferner liegt einer der Schwingungsknoten jeder Schwingungsmode im Griffteil, genauer gesagt in dem Bereich des Griffteiles, der von der Hand des Spielers umfaßt wird, wodurch die auf die Hand des Spielers übertragene Schwingungsenergie minimiert wird.

Schließlich ist es möglich, den Vorteil der durch die Erfindung ermöglichten Gewichtsreduzierung des Schlägers dazu auszunützen, eine oder mehrere Massen an dem Schläger an ausgewählten Punkten von Schlägerbereichen anzubringen, um die Lagen der Knoten der zwei fundamentalen Schwingungsmoden zu beeinflussen.

Eine erste Masse 25 kann an dem freien Ende 24 des Griffteiles des Schlägers befestigt werden, um die in dem Griffteil auftretenden Schwingungsknoten zum freien Ende des letzteren hin zu verschieben, so daß diese Knoten im wesentlichen in der Mitte der Hand des Spielers liegen.

Zwei Massen 25 können an dem Rahmen befestigt werden, im wesentlichen auf der querverlaufenden Symmetrieachse des Kopfteiles, um die in dem Kopfteil auftretenden Schwingungsknoten von dessen oberen Ende 15 weg zu verschieben, so daß diese Knoten im wesentlichen im Zentrumsbereich des Kopfteiles liegen, und somit auch in dessen "sweet-spot"-Bereich. Eine zweite Folge dieser an dem Kopfteil angebrachten trägen Massen liegt in der Vergrößerung des "sweet-spot"-Bereiches, wodurch das Schlagen eines Balles in einem vom geometrischen Zentrum des Kopfteiles beabstandeten Punkt zu einer geringeren Anregung der Schwingungsmoden des Schlägers führt. Eine dritte Folge dieser Massen ist eine Vergrößerung

der Torsionsträgheit des Kopfteiles und damit eine Vergrößerung des "sweet-spot"-Bereiches längs der Achse zwischen diesen beiden Massen in der Ebene der Saiten.

Wesentlich für den in Figur 10 dargestellten Tennisschläger gemäß der Erfindung ist die Gestaltung des Kopfteil und Verbindungsarme bildenden Rahmenprofils, das vorzugsweise aus einem Compositmaterial, insbesondere unter Verwendung von Kohlefasermaterial, besteht, das im fertigen Zustand in Form einer die Außenwandung des Profils bildenden Schichtlage einen Füllkörper, insbesondere aus leichtem Festschaum, umgibt.

Wie in Figur 12 zu sehen ist, besitzt der Rahmen ausgehend vom Griffteil eine leicht zunehmende Querschnittshöhe, die ihr Maximum im Bereich des Beginns des Kopfteiles, das heißt etwa in Höhe des zwischen den Verbindungsarmen verlaufenden Verstärkungsglieds erreicht und dann konstant bleibt. Vorzugsweise beträgt diese konstante Querschnittshöhe etwa 28 mm.

Die Schnittdarstellung nach Figur 11 läßt erkennen, daß das sich zwischen den Verbindungsarmen erstreckende Verstärkungsglied eine deutlich geringere Höhe als der Rahmen im Kopfteilbereich besitzt. Diese Höhe beträgt in Mitte des Verstärkungsglieds vorzugsweise etwa 12 mm und nimmt erst im unmittelbaren Übergangsbereich zu den Verbindungsarmen zu.

Alle nachfolgend beschriebenen Querschnitte verlaufen senkrecht zur Schlägerebene und entsprechend den angegebenen Schnittlinien.

Figur 13 zeigt einen Schnitt entsprechend den Schnittlinien IV-IV, die etwa symmetrisch beiderseits der durch die Schnittlinie II-II kenntlich gemachten Kopfteilmitte gelegen sind. Die Querschnittsflächen des Rahmenprofils sind an diesen Schnittstellen zueinander gleich, und vorzugsweise besitzt der Profilrahmen in diesem zwischen den beiden Schnittlinien gelegenen Bereich des Kopfteiles einen gleichbleibenden Querschnitt. Die maximale Querschnittsbreite beträgt dabei vorzugsweise 18 mm.

Figur 14 zeigt einen Querschnitt entsprechend der Linie V-V und Figur 15 eine Querschnittsansicht entsprechend der Linie VI-VI.

Es ist zu erkennen, daß bei gleichbleibender Querschnittshöhe die Querschnittsbreite und insbesondere der Außenumfang des Profilrahmens an der jeweiligen Schnittstelle deutlich zunimmt. Die maximale Querschnittsbreite in Figur 14 beträgt 19,75 mm und in Figur 15 21,5 mm, wobei sich die Querschnittsfläche der Kreisform bei gleichbleibender Querschnittshöhe annähert und damit auch der Querschnittsumfang entsprechend steigt.

Darauf hinzuweisen ist, daß sämtliche Figuren maßstabsgetreu gezeichnet sind, wobei die Figuren 10 bis 12 einem Maßstab 1 : 3 und die Figuren 13

bis 23 einem Maßstab 1,5 : 1 entsprechen und somit erfindungswesentliche Maße direkt diesen Zeichnungen entnommen werden können.

Figur 16 entspricht dem Schnitt entsprechend der Linie VII-VII, und Figur 17 stellt einen Schnitt entsprechend der Schnittlinie VIII-VIII dar, die entsprechend der Schlägerlängsachse verläuft und somit durch die Stelle größten Querschnittes und insbesondere größten Umfangs gelegt ist. Der Außenumfang der Querschnittsfläche besitzt einen atypisch hohen Wert und beträgt bevorzugt etwa 90 mm, ist aber im Vergleich zu allen bekannten Schlägerkonstruktionen stets  $\geq 85$  mm.

Figur 18 entspricht einem Schnitt entsprechend der Linie IX-IX durch das Verstärkungsglied und zeigt, daß dieses Verstärkungsglied etwa kreisförmigen Querschnitt besitzt. Konkret beträgt die Querschnittshöhe 12 mm und die maximale Querschnittsbreite 10 mm.

Figur 19 zeigt einen Schnitt entsprechend der Linie X-X, das heißt einen Schnitt durch den Übergangsbereich zwischen den Verbindungsarmen, dem Verstärkungsglied und dem Kopfteil, wobei in diesem Bereich bereits die maximale Querschnittshöhe des Kopfteils von 28 mm erreicht ist.

Die Figuren 20, 21 und 22 entsprechen den Schnittlinien XI-XI, XII-XII und XIII-XIII und dokumentieren den Verlauf von Querschnittshöhe und Querschnittsbreite zwischen Handgriff und Kopfteil. Die Querschnitte sind im wesentlichen oval, und die Umfangslänge ist durchwegs geringer als die Umfangslänge der Querschnitte des Kopfteils.

Die maximale Breite der Querschnitte der Verbindungsarme nimmt entsprechend den Figuren 2 bis 22 ausgehend vom Kopfteil in Richtung des Griffteils von etwa 16 mm auf 12 mm ab, und die maximale Höhe der Querschnitte nimmt ebenfalls kontinuierlich ab und beträgt an der Schnittstelle XI-XI etwa 26 mm, an der Schnittstelle XII-XII etwa 24 mm und an der Schnittstelle XIII-XIII etwa 22 mm.

Figur 23 zeigt noch einen Schnitt durch den Handgriff.

Durch die Wahl des speziellen Querschnittsverlaufs des Rahmenprofils wird unter Gewährleistung aller geforderten Spieleigenschaften auch ein vergleichsweise geringes Gewicht erzielt, das vorzugsweise im Bereich von 310 g bis 325 g und vorzugsweise bei 316 g liegt. Der statische Steifheitswert des Schlägers gemäß Ra-Test beträgt 70 Hz und die erste Schwingungsfrequenz liegt bei 158,4 Hz. Dies gilt für den bespannten Rahmen, wobei der Schwerpunkt bei 31,8 cm - gemessen vom Handgriffende - gelegen ist. Dies sind Werte einer vorteilhaften und vorzugsweise verwendeten Ausführungsform, aber wesentlich für die Erfindung ist der erläuterte Querschnittsverlauf des Profilrahmens, der in der Zeichnung maßstabsgetreu ange-

geben ist und insbesondere die ungewöhnliche Veränderung der Querschnitts-Umfangslängen im Bereich des Schlägerkopfes und insbesondere im Bereich des freien Schlägerkopfes erkennen läßt.

Aufgrund der Bespannung des Kopfteils eines Tennisschlägers ergeben sich im Kopfteil des Rahmens in der Bespannungsebene Biegemomente, deren Größe an den verschiedenen Stellen des Rahmens unterschiedlich ist. Die Größe der Biegemomente hängt von dem Verhältnis der in Längs- und Querrichtung auftretenden Bespannungskräfte ab.

Um die nachteiligen Auswirkungen dieser in der Bespannungsebene auftretenden Biegemomente zu beseitigen, wird gemäß der Erfindung die in der Bespannungsebene gemessene Breite des Rahmenquerschnitts so verändert, daß sich in allen Bereichen des Kopfteils des Schlägerrahmens eine zumindest im wesentlichen konstante Verteilung der Beanspruchung ergibt.

Bei der in Figur 11 gezeigten Ausführungsform eines Tennisschlägers ist ein Maximum der Breite der Querschnittsfläche gemessen in der Bespannungsebene am oberen Ende des Kopfteils vorgesehen. Diese erhöhte lokale Verbreiterung des Querschnitts des Rahmens nimmt kontinuierlich bis zu dem Bereich der größten Breite des Kopfteils ab. Anschließend bleibt die Breite der Querschnittsfläche konstant.

Figur 24 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform eines Tennisschlägers, bei der im Bereich der größten Breite des Kopfteils 2 eine lokale Vergrößerung 30, 31 der Breite der Querschnittsfläche des Rahmens vorgesehen ist und auch am oberen Ende 15 des Rahmens eine solche Vergrößerung 32 der Querschnittsbreite realisiert ist.

Die entsprechenden Querschnitte A, G, B, C, D, E, F sind maßstabsgetreu gezeichnet.

Wesentlich ist, daß sich der lokale Maximalwert der Querschnittsbreite im Schnitt G-G in Richtung des Schnittes B-B bis auf einen Minimalwert, der dem Wert an der Symmetriestelle A-A entspricht, verringert und dann wieder kontinuierlich größer wird, bis der Maximalwert der Querschnittsbreite am oberen Ende 15 im Schnitt F-F erreicht ist.

## Patentansprüche

1. Tennisschläger mit einem sich im wesentlichen entlang der Längsachse erstreckenden Griffteil, einem durch einen Rahmen mit einer ringförmigen Öffnung bestimmten Kopfteil, einer Besaitung, die an dem Rahmen angebracht und im wesentlichen in einer Ebene kreuzweise über die Öffnung gespannt ist, zwei sich zwischen dem Kopfteil und dem Griffteil erstreckenden Verbindungsarmen und einem

sich zwischen den beiden Verbindungsarmen erstreckenden Verstärkungsglied, dadurch **gekennzeichnet**,

daß das Kopfteil (2) einen Hauptbereich (13), in dem die zur Ebene der Besaitung (5) senkrechte Höhe (H) des Rahmens (3) wenigstens im wesentlichen konstant ist und der sich von den Enden der Verbindungsarme (6, 6') bis hinter den in der Ebene der Besaitung (5) die maximale Breite senkrecht zur Längsachse (LL) aufweisenden Bereich des Kopfteiles (2) des Schlägers erstreckt, und einen sich daran anschließenden Endbereich (14) aufweist, in dem zu dessen oberem Ende (15) hin die Breite (W) des Rahmens (3) in der Ebene der Besaitung (5) zunimmt, und daß das Griffteil (1) einen Kern (16) und eine Umhüllungsschicht (18) umfaßt, die den Kern (16) bedeckt und die maximale Höhe und Breite des Griffteiles (1) festlegt, wobei die mechanische Steifigkeiten des Griffteiles (1), das heißt die Biegesteifigkeit in der Ebene der Besaitung (5), die Biegesteifigkeit in einer dazu senkrechten Ebene und die Torsionssteifigkeit, hauptsächlich durch den Kern (1) bestimmt werden.

2. Tennisschläger nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**,  
dass die Breite (W) des Rahmens (3) im Endbereich (14) ausgehend von der Breite (W) des Rahmens (3) im Hauptbereich (13) bis zu einem Wert zwischen 100% bis 200% am Ende (15) des Kopfteiles (2) zunimmt.

3. Tennisschläger nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**,  
daß die Breite (W) des Rahmens (3) im Hauptbereich (13) zwischen 50 % und 75 % der Höhe (H) des Rahmens (3) beträgt.

4. Tennisschläger nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**,  
daß die Höhe des Rahmens (3) im Endbereich (14) der Höhe (H) des Rahmens (3) im Hauptbereich (13) entspricht oder auf zwischen 50 % und 100 % der Höhe (H) des Rahmens (3) im Hauptbereich (13) abnimmt.

5. Tennisschläger nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**,  
daß die Gesamtlänge des Schlägers, gemessen vom Ende (15) des Kopfteiles (2) bis zum Ende (24) des Griffteiles (1) zwischen 675 mm und 695 mm, insbesondere ungefähr 682 mm, beträgt, wobei die Länge des Hauptabschnittes

des Griffteiles (1) zwischen 1/4 und 1/3 der Gesamtlänge des Schlägers liegt und die minimale Höhe des Kernes (16) des Griffteiles (1) zwischen 11,5 mm und 21 mm beträgt.

6. Tennisschläger nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**,  
daß die Höhe (H) des Rahmens (3) im Hauptbereich (13) zwischen 26 mm und 35 mm und vorzugsweise 29 mm beträgt, daß die Breite (W) des Rahmens (3) im Hauptbereich (13) zwischen 15 mm und 21 mm und vorzugsweise 18 mm, die minimale Höhe (Hm) des Rahmens ungefähr 22 mm und die Höhe (H) des Rahmens (3) im Endbereich (14) zwischen 26 mm und 35 mm und vorzugsweise 29 mm beträgt, während die maximale Breite (WM) des Rahmens (3) im Endbereich (14) bei ungefähr 25 mm liegt.

7. Tennisschläger nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**,  
daß das Verstärkungsglied (7) zwischen den zwei Verbindungsarmen (6, 6') zu seiner Mitte hin eine zunehmende Höhe und eine abnehmende Breite aufweist, und daß die Umfangslänge des Querschnittes des Verstärkungsgliedes (7) unabhängig von der Lage des Querschnittes in Längsrichtung des Verstärkungsgliedes (7) im wesentlichen konstant ist.

8. Tennisschläger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**,  
daß der Rahmen (3) aus einem rohrförmigen, dünnwandigen, geschlossenen Profil besteht, das an seiner der Öffnung (4) gegenüberliegenden Außenseite einen nach innen springenden konkaven Abschnitt (8) und zwei den konkaven Abschnitt (8) mit oberen und unteren Kuppenbereichen (10, 11) verbindende Wandbereiche (9) aufweist, die gegen die Ebene der Besaitung (5) in einem Winkel  $\alpha$  zwischen 25° und 65°, insbesondere um einem Winkel  $\alpha$  von 45° geneigt sind, und daß das Profil im Bereich des äußeren, nach innen springenden, konkaven Abschnittes (8) verstärkt ist, wobei vorzugsweise das Profil aus einem Mischmaterial besteht und die Verstärkung durch zwei überlappende Lagen dieses Mischmaterials gebildet ist.

9. Tennisschläger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**,  
daß der Querschnittsumfang des Rahmens und somit die Masse im Längsverlauf des Rah-



mens zumindest im Endbereich (14) des Kopf-  
teils (2) im wesentlichen konstant sind, und  
daß sich der Querschnittsumfang aufeinander-  
folgender Abschnitte der Verbindungsarme (6,  
6') vom Kopfteil (2) zum Griffteil (1) verkürzt  
und die Überlappungslänge des diese Arme (6,  
6') bildenden Mischmaterials vom Kopfteil (2)  
zum Griffteil (1) zunimmt.

10. Tennisschläger nach einem der vorhergehen-  
den Ansprüche,  
dadurch **gekennzeichnet**,  
daß ein auftreffender Tennisball eine erste Re-  
sonanzfrequenz näherungsweise zwischen 130  
Hz und 180 Hz und eine zweite Resonanzfre-  
quenz näherungsweise zwischen 350 Hz und  
450 Hz anregt,  
daß beide Frequenzen in dem Schläger senk-  
recht zur Schlägerfläche Wellenformen anre-  
gen, wobei die aus der ersten Frequenz resul-  
tierende Wellenform (M1) zwei Knotenlinien  
(bei 19 und 20) und die aus der zweiten Fre-  
quenz resultierende Wellenform (M2) drei Kno-  
tenlinien (bei 21, 22 und 23) mit einer Schwin-  
gungsamplitude von Null aufweist, und  
daß die Abmessungen, Materialien und Ge-  
wichtsverteilungen des Schlägers so gewählt  
sind, daß eine zur ersten Frequenz gehörende  
Knotenlinie (bei 20) im wesentlichen in der  
Mitte des Kopfteles (2) und die andere Kno-  
tenlinie (bei 20) sowie eine zur zweiten Fre-  
quenz gehörende Knotenlinie (bei 23) so nahe  
wie möglich an der von der Hand des Tennis-  
spielers umfaßten Stelle liegen und die verblei-  
benden zwei zur zweiten Frequenz gehörenden  
Knotenlinien (bei 21 und 22) im Bereich des  
Überganges der Verbindungsarme (6, 6')  
zum Kopfteil (2) und im Bereich des Übergan-  
ges vom Hauptbereich (13) des Kopfteles (2)  
zum Endbereich (14) angeordnet sind, wobei  
vorzugsweise die Knotenlinien (bei 20 und 23)  
im Griffteil (1) ungefähr 5 cm von dessen frei-  
en Ende (24) entfernt liegen.
11. Tennisschläger nach Anspruch 1  
dadurch **gekennzeichnet**,  
daß der Umfang der Querschnittsflächen des  
Profilrahmens im Bereich des Kopfteles (2) zu-  
mindest in der oberen, vom Griffteil (1) entfern-  
ten Hälfte des Kopfteles (2) zum freien Rah-  
menende hin zunimmt und vorzugsweise  $\geq 85$   
mm ist, wobei insbesondere der Umfang des  
in der Schlägerlängsachse liegenden Quer-  
schnitts des Profilrahmens etwa 90 mm beträgt  
und annähernd Kreisform besitzt.
12. Tennisschläger nach Anspruch 11,  
dadurch **gekennzeichnet**,

daß der Profilrahmen im Bereich des Kopfteles  
(2) eine konstante, senkrecht zur Schlägerflä-  
che gemessene Querschnittshöhe besitzt und  
daß die dazu senkrecht gemessene Quer-  
schnittsbreite des Profilrahmens ausgehend  
vom Übergangsbereich zwischen Kopfteil (2)  
und Verbindungsarmen (6, 6') bis etwa zum  
letzten Drittel des Kopfteles (2) hin unverändert  
bleibt und dann anschließend kontinuierlich bis  
zu einem Maximalwert zunimmt, der vorzugs-  
weise nur etwas geringer ist als die Quer-  
schnittshöhe des Profilrahmens, wobei bei ei-  
ner Querschnittshöhe des Profilrahmens von  
etwa 28 mm die Querschnittsbreite von etwa  
18 mm auf 25 mm zunimmt und die Quer-  
schnittsfläche von einer etwa ovalen Form zu  
einer etwa kreisförmigen Gestalt übergeht.

13. Tennisschläger nach Anspruch 12,  
dadurch **gekennzeichnet**,  
daß das Verstärkungsglied (7) einen im we-  
sentlichen runden Querschnitt aufweist und die  
Querschnittshöhe dieses Verstärkungsglieds  
etwa ein Drittel der maximalen Querschnittshö-  
he des Rahmens im Kopfteilbereich besitzt.
14. Tennisschläger nach Anspruch 12,  
dadurch **gekennzeichnet**,  
daß die Verbindungsarme (6, 6') einen im we-  
sentlichen ovalen Querschnitt aufweisen, des-  
sen Höhe und Breite in Richtung des Hand-  
griffs (1) kontinuierlich abnehmen.
15. Tennisschläger nach Anspruch 1,  
dadurch **gekennzeichnet**,  
daß die Querschnittsfläche des Rahmens (3) in  
der Ebene der Bespannung des Kopfteles (2)  
lokal verbreiterte Bereiche (30, 31, 32) am obe-  
ren Ende (15) und / oder einander gegenüber-  
liegend im Bereich der größten Breite des  
Kopfteles (2) aufweist.
16. Tennisschläger nach Anspruch 15,  
dadurch **gekennzeichnet**,  
daß eine am oberen Ende (15) des Kopfteles  
(2) vorgesehene lokale Vergrößerung (32) der  
Querschnittsbreite entweder bis zu dem Be-  
reich der größten Breite des Kopfteles abnimmt  
und dann die Querschnittsbreite im wesentli-  
chen konstant bleibt oder etwa über einen Be-  
reich von  $45^\circ$  abnimmt und dann über einen  
weiteren Bereich von  $45^\circ$  wieder zunimmt bis  
zum Erreichen des Maximalwerts von im Be-  
reich der größten Breite des Kopfteles vorgese-  
henen lokalen Querschnittsverbreiterungen (30,  
31).

## Claims

1. Tennis racket with a handle portion, extending substantially along the longitudinal axis, a head portion, defined by a frame with a loop-shaped opening, a string portion which is attached at the frame and is stretched substantially in one plane crosswise over the opening, two connecting arms, extending between the head portion and the handle portion, and a reinforcement member, extending between the two connecting arms,  
**characterized** in that the head portion (2) comprises a main region (13), wherein the height (H) of the frame (3), perpendicular to the plane of the string portion (5), is at least substantially constant, which main region (13) extends from the ends of the connecting arms (6, 6') up to behind the region of the head portion (2) of the racket showing in the plane of the string portion (5) the maximum width perpendicularly to the longitudinal axis (LL) and comprises an end portion (14) connected to it, wherein, towards the upper end (15) thereof, the width (W) of the frame (3) according to the plane of the string portion (5) increases, and that the handle portion (1) comprises a core (16) and a covering layer (18) covering the core (16) and defining the maximum height and width of the handle portion (1), whereby the mechanical stiffnesses of the handle portion (1), this means the bending stiffness in the plane of the string portion (5), the bending stiffness in a plane perpendicular to it and the torsion stiffness, are defined substantially by the core (16).
2. Tennis racket according to claim 1,  
**characterized** in that the width (W) of the frame (3) in the end portion (14), starting from the width (W) of the frame (3) in the main region (13), increases up to a value between 100% up to 200% at the end (15) of the head portion (2).
3. Tennis racket according to one of the previous claims,  
**characterized** in that the width (W) of the frame (3) in the main region (13) amounts to between 50% and 75 % of the height (H) of the frame (3).
4. Tennis racket according to one of the previous claims,  
**characterized** in that the height of the frame (3) in the end portion (14) corresponds to the height (H) of the frame (3) in the main region (13) or is reduced to between 50 % and 100 % of the height (H) of the frame (3) in the main region (13).
5. Tennis racket according to one of the previous claims,  
**characterized** in that the total length of the racket, measured from the end (15) of the head portion (2) up to the end (24) of the handle portion (1) amounts to between 675 mm and 695 mm, especially approximately 682 mm, whereby the length of the main part of the handle portion (1) lies between 1/4 and 1/3 of the total length of the racket and the minimum height of the core (16) of the handle portion (1) amounts to between 11,5 mm and 21 mm.
6. Tennis racket according to one of the previous claims,  
**characterized** in that the height (H) of the frame (3) in the main region (13) amounts to between 26 mm and 35 mm and preferably 29 mm, that the width (W) of the frame (3) in the main region (13) amounts to between 15 mm and 21 mm and preferably 18 mm, the minimum height (Hm) of the frame approximately 22 mm and the height (H) of the frame (3) in the end portion (14) between 26 mm and 35 mm and preferably 29 mm, whereas the maximum width (WM) of the frame (3) in the end portion (14) amounts to approximately 25 mm.
7. Tennis racket according to claim 1,  
**characterized** in that the reinforcement member (7) between the two connecting arms (6, 6') towards its center shows an increasing height and a decreasing width, and that the circumference length of the cross section of the reinforcement member (7), independent from the position of the cross section in longitudinal direction of the reinforcement member (7) is substantially constant.
8. Tennis racket according to one of the previous claims,  
**characterized** in that the frame (3) consists of a pipe-shaped, thin-walled closed profile, having at its outer surface opposite the opening (4) a bent inward, concave section (8) and two wall sections (9), connecting the concave section (8) to upper and lower cone sections (10, 11), which wall sections (9) are inclined in respect to the plane of the string portion (5) with an angle  $\alpha$  between 25° and 65°, especially with an angle  $\alpha$  of 45°, and that the profile in the region of the outer, bent inward, concave section (8) is reinforced, whereby preferably the profile consists of a composite

material and the reinforcement is formed by two overlapping layers of this composite material.

9. Tennis racket according to one of the previous claims,  
**characterized** in that, at least in the end region (14) of the head portion (2), the cross section circumference of the frame and, thus, the mass in the longitudinal course of the frame, are substantially constant, and that the cross section circumference of subsequent sections of the connecting arms (6, 6') becomes shorter from the head portion (2) towards the handle portion (1) and the overlapping length of the composite material, forming these arms (6, 6'), increases from the head portion (2) towards the handle portion (1). 5 10 15
10. Tennis racket according to one of the previous claims,  
**characterized** in that an impacting tennis ball excites a first resonance frequency approximately between 130 Hz and 180 Hz and a second resonance frequency approximately between 350 Hz and 450 Hz, that both frequencies excite wave shapes within the racket perpendicularly to the racket plane, whereby the wave shape (M1) resulting from the first frequency shows two nodal lines (at 19 and 20) and the wave shape (M2) resulting from the second frequency three nodal lines (at 21, 22 and 23) with an oscillation amplitude of zero, and that the dimensions, materials and weight distributions of the racket are chosen such, that a nodal line (at 20) belonging to the first frequency substantially lies in the center of the head portion (2) and the other nodal line (at 20) as well as a nodal line (at 23) belonging to the second frequency lies as near as possible at the place which is gripped by the hand of the tennis player, and that the residual two nodal lines (at 21 and 22) belonging to the second frequency are arranged within the region of the transition of the connecting arms (6, 6') into the head portion (2) and within the region of the transition from the main portion (13) of the head portion (2) into the end portion (14), whereby preferably the nodal lines (at 20 and 23) in the handle portion (1) lie at a distance of approximately 5 cm of the free end (24) thereof. 20 25 30 35 40 45 50
11. Tennis racket according to claim 1,  
**characterized** in that the circumference of the cross section planes of the profile frame in the region of the head portion (2) increases at least in the upper half of the head portion (2), 55

adversed from the handle portion (1), towards the free frame end and preferably is  $\geq 85$  mm, whereby especially the circumference of the cross section of the profile frame, lying within the longitudinal racket axis, amounts to approximately 90 mm and approximately shows the form of a circle.

12. Tennis racket according to claim 11,  
**characterized** in that the profile frame in the region of the head portion (2) possesses a constant cross-sectional height, measured perpendicularly to the racket plane, and that the cross-sectional width of the profile frame, measured perpendicularly to it, from the transitional region between head portion (2) and connecting arms (6, 6') up to approximately the last third of the head portion (2) remains unchanged and subsequently increases continually up to a maximum value which preferably is only slightly smaller than the cross-sectional height of the profile frame, whereby, at a cross-sectional height of the profile frame of approximately 28 mm, the cross-sectional width increases from approximately 18 mm to 25 mm and the cross section transits from an approximately oval shape to an approximately circular shape.
13. Tennis racket according to claim 12,  
**characterized** in that the reinforcement member (7) shows a substantially round cross section and the cross-sectional height of this reinforcement member comprises approximately one third of the maximum cross-sectional height of the frame in the region of the head portion.
14. Tennis racket according to claim 12,  
**characterized** in that the connecting arms (6, 6') show a substantially oval cross section, the height and width of which continually diminish towards the handle (1).
15. Tennis racket according to claim 1,  
**characterized** in that the cross-sectional surface of the frame (3) in the plane of the string portion of the head portion (2) shows locally widened sections (30, 31, 32) at the upper end (15) and/or opposite each other in the region of the maximum width of the head portion (2).
16. Tennis racket according to claim 15,  
**characterized** in that a local enlargement (32) of the cross-sectional width, provided at the upper end (15) of the head portion (2), either diminishes down to the region of the maximum width of the head portion and then the cross-

sectional width remains substantially constant, or diminishes approximately over a section of 45° and subsequently increases again over a further section of 45° until it reaches the maximum value of local widenings of the cross section (30, 31) which are provided in the region of the maximum width of the head portion.

## Revendications

1. Raquette de tennis comprenant un manche s'étendant essentiellement le long de l'axe longitudinal, une tête définie par un cadre comprenant une ouverture annulaire, un cordage disposé contre le cadre et tendu essentiellement dans un plan transversal s'étendant sur l'ouverture, deux bras de liaison s'étendant entre la tête et le manche et un élément de renforcement s'étendant entre les deux bras de liaison, caractérisée en ce que la tête (2) présente une zone principale (13), dans laquelle la hauteur (H) du cadre (3) perpendiculaire au plan du cordage (5) est au moins essentiellement constante et qui s'étend depuis les extrémités des bras de liaison (6, 6') jusque derrière la zone de la tête (2) de la raquette présentant, dans le plan du cordage (5), la largeur maximale perpendiculaire à l'axe longitudinal (LL), ainsi qu'une zone terminale (14) se raccordant à la première citée, dans lequel la largeur (W) du cadre (3) dans le plan du cordage (5) augmente en direction de l'extrémité supérieure (15) de la dernière citée et en ce que, le manche (1) comprend une partie centrale (16) et une couche d'enveloppe (18) qui recouvre la partie centrale (16) et qui fixe la hauteur et la largeur maximales du manche (1), dans laquelle les résistances mécaniques du manche (1) c'est-à-dire la résistance à la flexion dans le plan du cordage (5), la résistance à la flexion dans un plan perpendiculaire à ce dernier, ainsi que la résistance à la torsion, sont déterminées principalement par la partie centrale (1).
2. Raquette de tennis selon la revendication 1, caractérisée en ce que la largeur (W) du cadre (3) augmente dans la zone terminale (14) à partir de la largeur (W) du cadre (3) dans la zone principale (13) jusqu'à une valeur entre 100 % et 200 % à l'extrémité (15) de la tête (2).
3. Raquette de tennis selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que

la largeur W du cadre (3) dans la zone principale (13) représente entre 50 % et 75 % de la hauteur (H) du cadre (3).

4. Raquette de tennis selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la hauteur du cadre (3) dans la zone terminale (14) correspond à la hauteur (H) du cadre (3) dans la zone principale (13) ou diminue jusqu'à une valeur représentant entre 50 % et 100 % de la hauteur (H) du cadre (3) dans la zone principale (13).
5. Raquette de tennis selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la longueur totale de la raquette, mesurée depuis l'extrémité (15) de la tête (2) jusqu'à l'extrémité (24) du manche (1) s'élève entre 675 mm et 695 mm, en particulier à environ 682 mm, dans laquelle la longueur de la section principale du manche (1) se situe entre 1/4 et 1/3 de la longueur totale de la raquette et la hauteur minimale de la partie centrale (16) du manche (1) s'élève entre 11,5 mm et 21 mm.
6. Raquette de tennis selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la hauteur (H) du cadre (3) dans la zone principale (13) s'élève entre 26 mm et 35 mm et de préférence à 29 mm, en ce que la largeur (W) du cadre (3) dans la zone principale (13) s'élève entre 15 mm et 21 mm et de préférence à 18 mm, la hauteur minimale (Hm) du cadre s'élève approximativement à 22 mm et la hauteur (H) du cadre (3) dans la zone terminale (14) s'élève entre 26 mm et 35 mm et de préférence, à 29 mm tandis que la largeur maximale (WM) du cadre (3) dans la zone terminale (14) se situe à environ 25 mm.
7. Raquette de tennis selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'élément de renforcement (7) entre les deux bras de liaison (6, 6') présente, en direction de son milieu, une hauteur croissante et une largeur décroissante, et en ce que la longueur périphérique de la section transversale de l'élément de renforcement (7) est essentiellement constante, indépendamment de la position de la section transversale en direction longitudinale de l'élément de renforcement (7).
8. Raquette de tennis selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que

le cadre (3) est constitué d'un profil fermé tubulaire, à paroi mince qui présente, sur son côté externe opposé à l'ouverture (4), une section concave (8) faisant saillie vers l'intérieur et deux zones de paroi (9) reliant la section concave (8) à des zones de sommet supérieure et inférieure (10, 11), qui sont inclinées par rapport au plan du cordage (5) en formant un angle  $\alpha$  entre  $25^\circ$  et  $65^\circ$ , en particulier en formant un angle  $\alpha$  de  $45^\circ$ , et en ce que le profil est renforcé dans la zone de la section concave externe (8) faisant saillie vers l'intérieur, dans laquelle de préférence le profil est constitué d'un matériau composite et le renforcement est formé par deux couches superposées de ce matériau composite.

9. Raquette de tennis selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que

la périphérie transversale du cadre, partant la masse en direction longitudinale du cadre sont essentiellement constantes au moins dans la zone terminale (14) de la tête (2), et en ce que la périphérie transversale de sections successives des bras de liaison (6, 6') se rétrécit de la tête (2) au manche (1), la longueur de chevauchement du matériau composite formant ces bras (6, 6') augmentant de la tête (2) au manche (1).

10. Raquette de tennis selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que

une balle de tennis incidente génère une première fréquence de résonance approximative de 130 Hz à 180 Hz, et une seconde fréquence de résonance approximative de 350 Hz à 450 Hz,

en ce que les deux fréquences génèrent dans la raquette des formes d'ondes perpendiculaires à la surface de la raquette, la forme d'ondes (M1) résultant de la première fréquence présentant deux lignes nodales (en 19 et 20) et la forme d'ondes (M2) résultant de la seconde fréquence présentant trois lignes nodales (en 21, 22 et 23) dont l'amplitude d'oscillation est égale à zéro, et

en ce que les dimensions, les matières et les distributions de poids de la raquette sont sélectionnées de telle sorte qu'une ligne nodale (en 20) appartenant à la première fréquence se situe essentiellement au milieu de la tête (2) et l'autre ligne nodale (en 20), ainsi qu'une ligne nodale (en 23) appartenant à la seconde fréquence, se situent aussi près que possible de l'endroit saisi par la main du joueur de tennis, et les deux lignes nodales restantes (en 21 et

22) appartenant à la seconde fréquence sont disposées dans la zone de la transition des bras de liaison (6, 6') à la tête (2) et dans la zone de la transition de la zone principale (13) de la tête (2) à la zone terminale (14), dans laquelle de préférence les lignes nodales (en 20 et 23) sont situées dans le manche (1) sont éloignées d'approximativement 5 cm de l'extrémité libre (24) de ce dernier.

11. Raquette de tennis selon la revendication 1, caractérisée en ce que

l'étendue des surfaces transversales du cadre profilé, dans la zone de la tête (2) au moins dans la moitié de la tête (2) éloignée du manche (1), augmente en direction de l'extrémité libre du cadre et est de préférence  $\geq 85$  mm, dans laquelle en particulier l'étendue de la section transversale du cadre profilé situé dans l'axe longitudinal de la raquette s'élève à environ 90 mm et présente une forme approximativement circulaire.

12. Raquette de tennis selon la revendication 11, caractérisée en ce que

le cadre profilé, dans la zone de la tête (2), possède une hauteur transversale constante mesurée perpendiculairement à la surface de la raquette, et en ce que la largeur transversale du cadre profilé, mesurée perpendiculairement à cette dernière, reste inchangée à partir de la zone de transition entre la tête (2) et les bras de liaison (6, 6') jusqu'à approximativement le dernier tiers de la tête (2) et augmente ensuite en continu jusqu'à atteindre une valeur maximale qui n'est de préférence que quelque peu inférieure à la hauteur transversale du cadre profilé dans laquelle lorsque la hauteur transversale du cadre profilé représente environ 28 mm, la largeur transversale augmente d'environ 18 mm à 25 mm et la surface transversale passe d'une forme approximativement ovale à une configuration approximativement circulaire.

13. Raquette de tennis selon la revendication 12, caractérisée en ce que

l'élément de renforcement (7) présente une section transversale essentiellement arrondie et la hauteur transversale de cet élément de renforcement représente environ un tiers de la hauteur transversale maximale du cadre dans la zone de la tête.

14. Raquette de tennis selon la revendication 12, caractérisée en ce que

les bras de liaison (6, 6') présentent une section transversale essentiellement ovale dont la hauteur et la largeur diminuent en continu en

direction du manche (1).

15. Raquette de tennis selon la revendication 1, caractérisée en ce que la surface transversale du cadre (3) dans le plan de la tension de la tête (2) présente des zones (30, 31, 32) à élargissement local à l'extrémité supérieure (15) et/ou mutuellement opposées dans la zone de la largeur maximale de la tête (2). 5 10
16. Raquette de tennis selon la revendication 15, caractérisée en ce que une augmentation locale (32) de la largeur transversale prévue à l'extrémité supérieure (15) de la tête (2), soit diminue jusqu'à la zone de la largeur maximale de la tête et ensuite, reste essentiellement constante, soit diminue approximativement dans une zone de 45° et ensuite, augmente à nouveau dans une zone ultérieure de 45° jusqu'à atteindre la valeur maximale des élargissements transversaux locaux (30, 31) prévus dans la zone de la largeur maximale de la tête. 15 20 25 30 35 40 45 50 55

Fig. 1

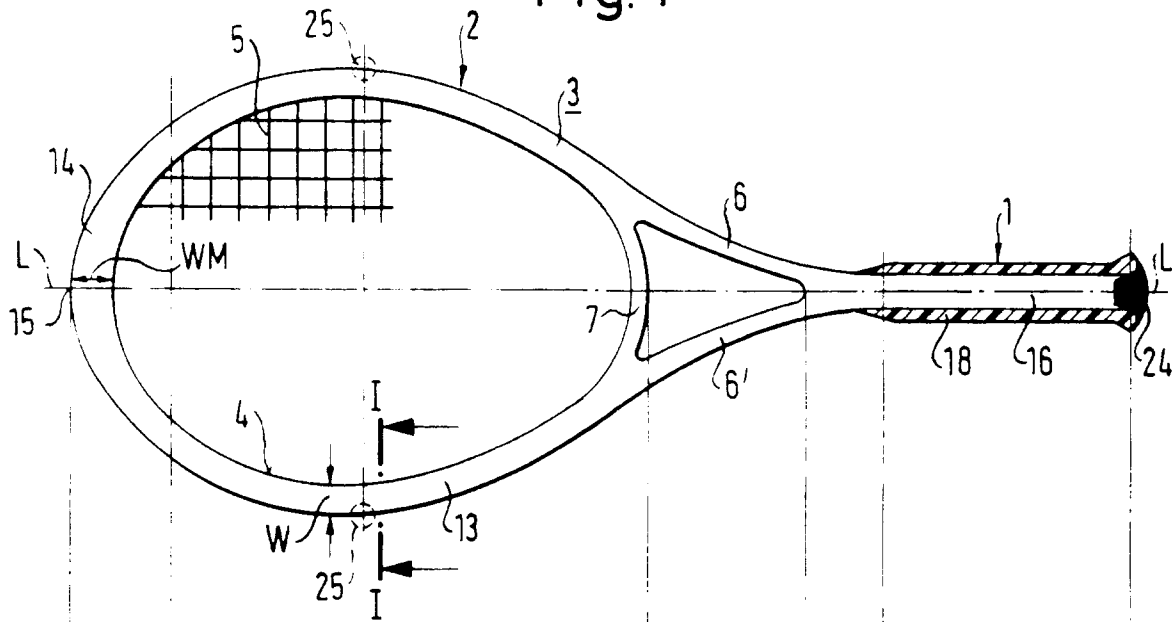


Fig. 2

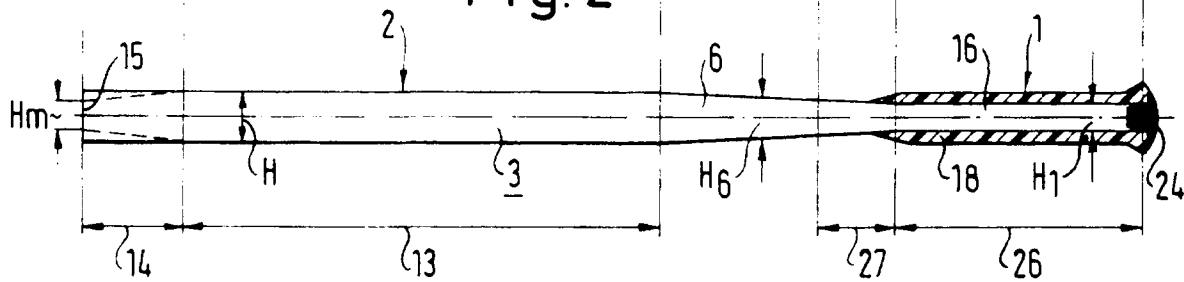
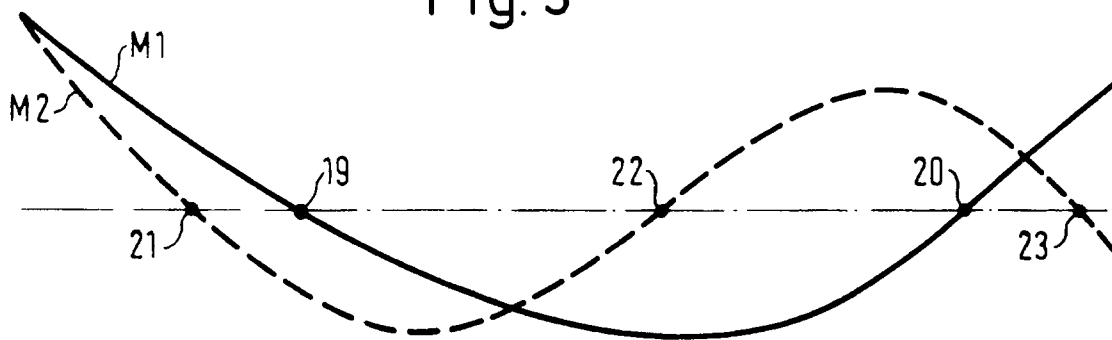


Fig. 3



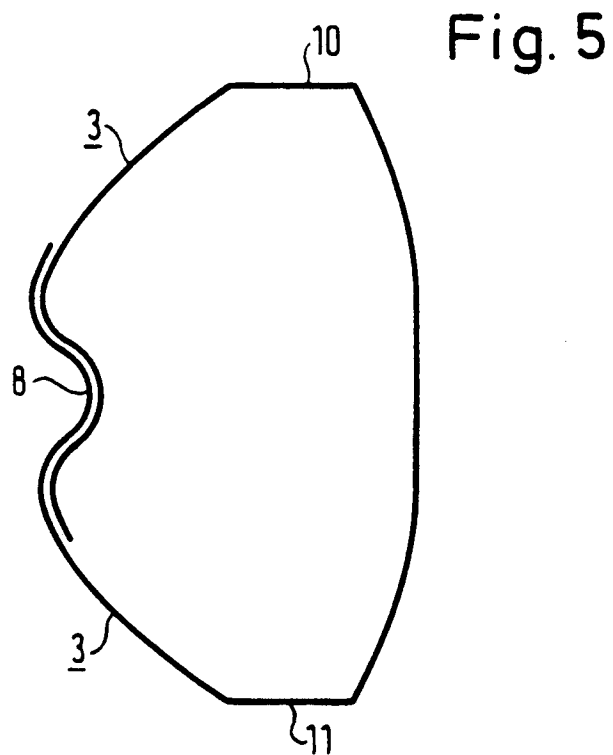
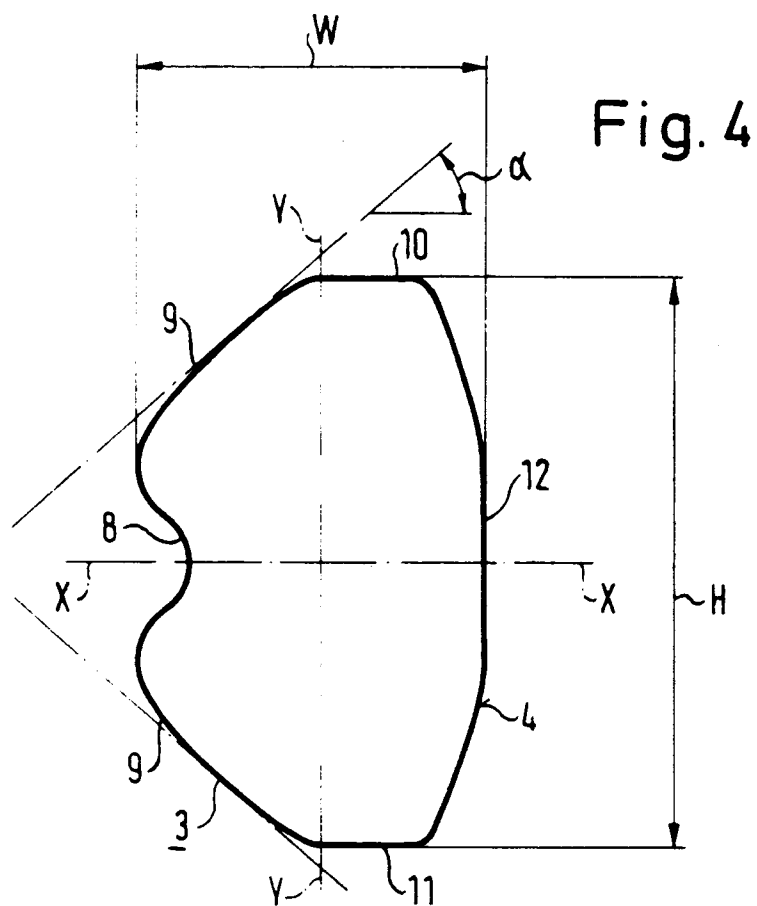




Fig. 6

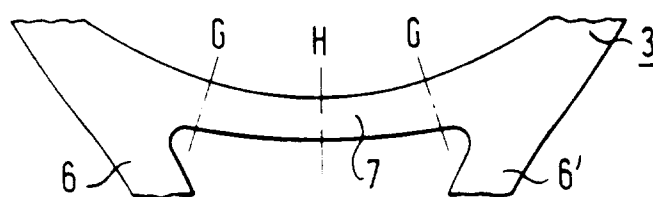


Fig. 7

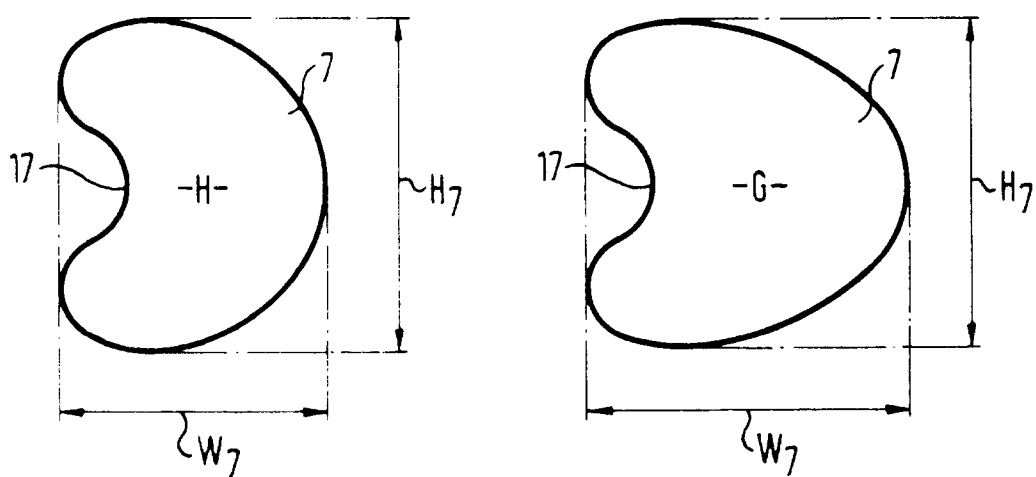


Fig. 8

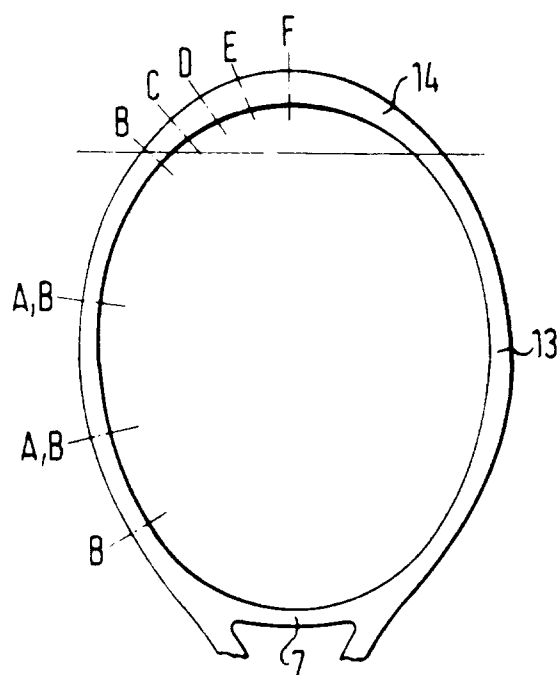
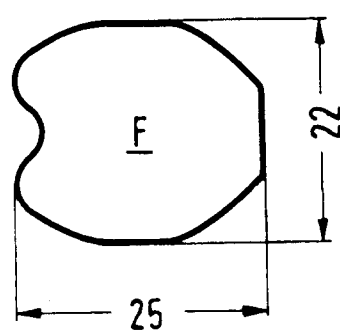
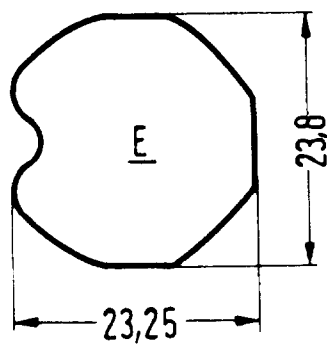
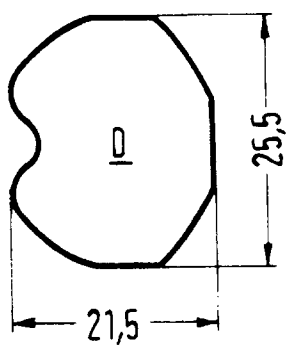
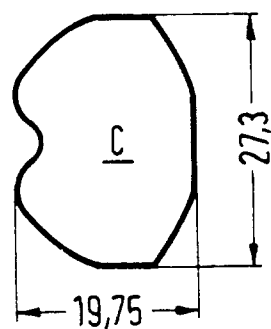
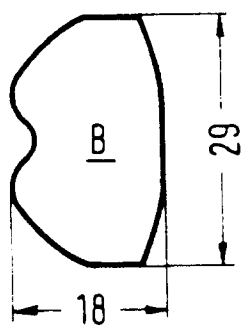
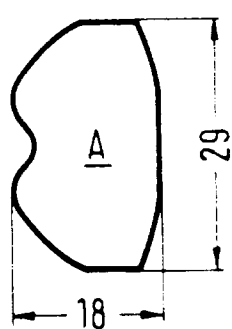
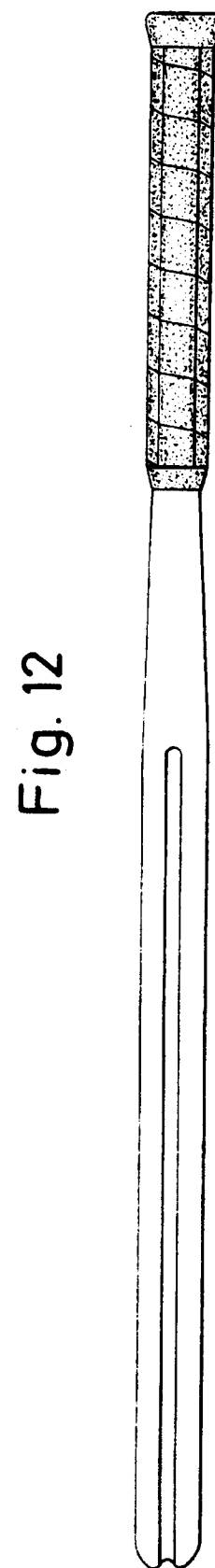
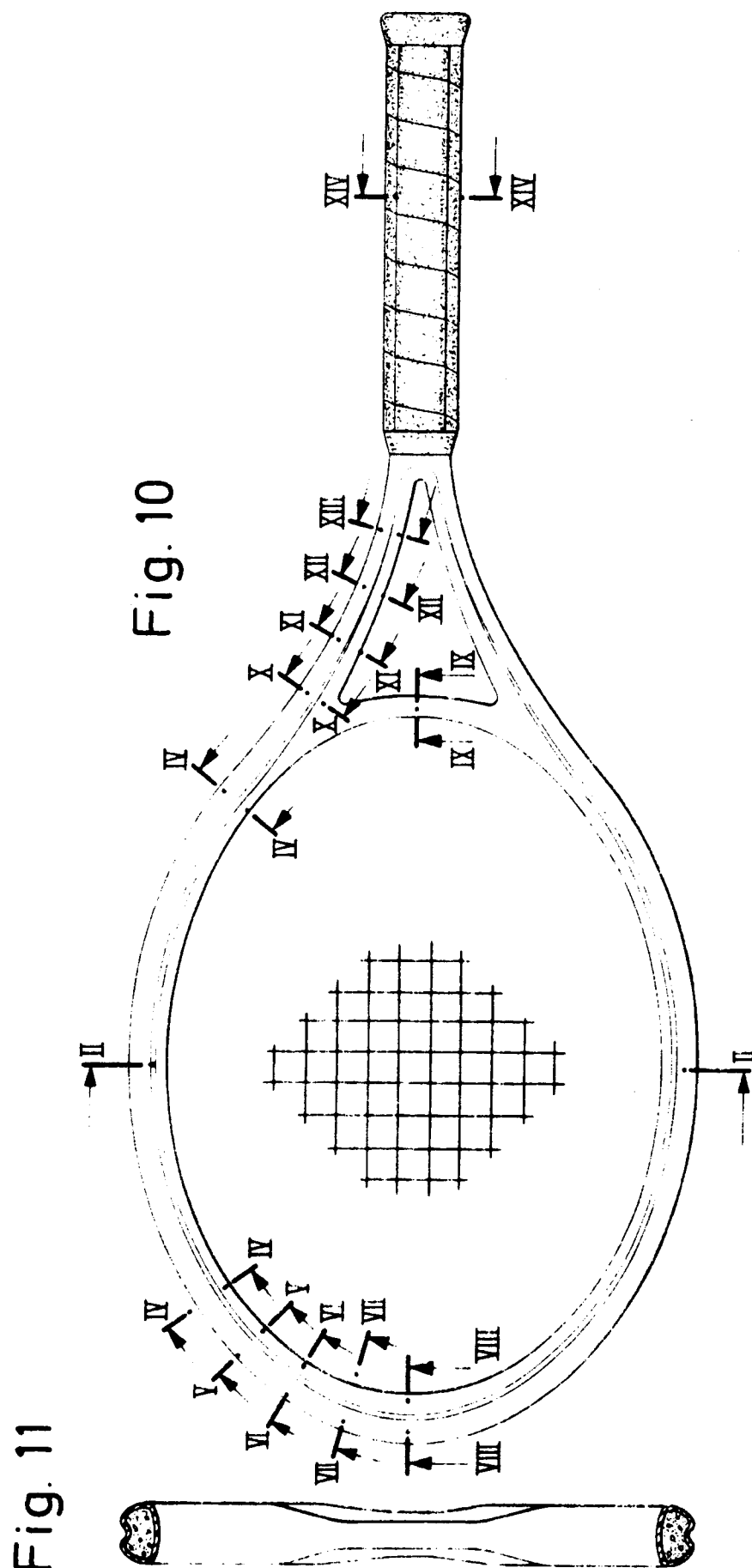


Fig. 9





**M 1:3**

Fig. 13

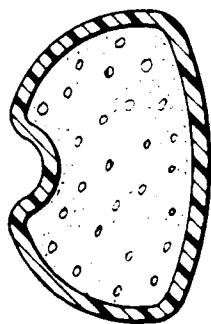


Fig. 14

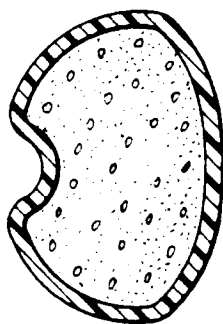


Fig. 15

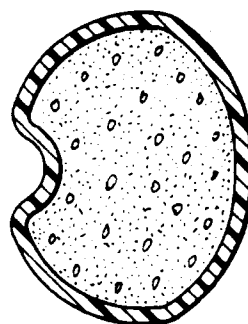


Fig. 16

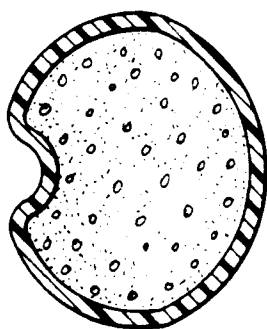


Fig. 17

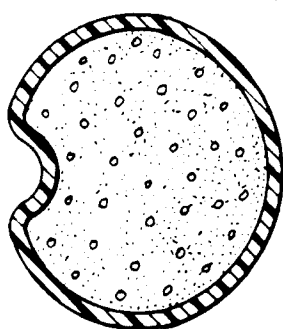


Fig. 18

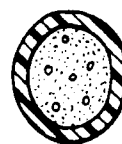


Fig. 19

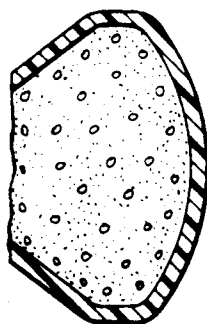


Fig. 20

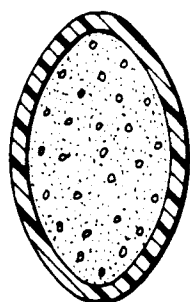


Fig. 21

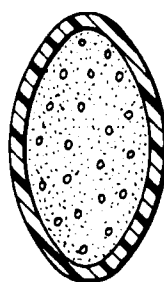


Fig. 22

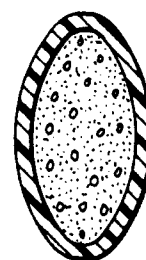
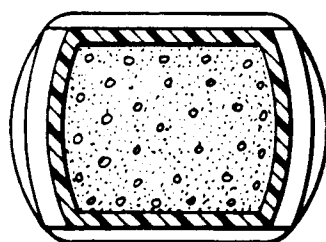


Fig. 23



M 1,5:1

