



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 602 14 241 T2 2007.08.09

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 466 048 B1

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: D07B 1/06 (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: 602 14 241.5

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/EP02/13708

(96) Europäisches Aktenzeichen: 02 792 886.0

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2003/048447

(86) PCT-Anmeldetag: 04.12.2002

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 12.06.2003

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 13.10.2004

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 23.08.2006

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 09.08.2007

(30) Unionspriorität:

0115889 07.12.2001 FR

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR

(73) Patentinhaber:

Société de Technologie Michelin,  
Clermont-Ferrand, FR; Michelin Recherche et  
Technique S.A., Granges-Paccot, CH

(72) Erfinder:

ESNAULT, Philippe, Greenville, SC 29615, US; VO,  
Anh, Le Tu, F-78280 Guyancourt, FR

(74) Vertreter:

BEETZ & PARTNER Patentanwälte, 80538  
München

(54) Bezeichnung: METALLKORD ZUR VERSTÄRKUNG EINER REIFENKARKASSE

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 eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Metallseil zur Verstärkung der Karkassenbewehrung eines Luftreifens, beispielsweise eines Luftreifens für Lastkraftwagen, ein Verbundmaterial, das als Lage einer solchen Karkassenbewehrung verwendbar ist, eine Karkassenbewehrung, die ein solches Material enthält, und einen Luftreifen mit einer solchen Karkassenbewehrung.

**[0002]** Die Verstärkungselemente, die in Verbundmaterialien der Karkassenbewehrungen für Lastkraftwagenreifen verwendet werden, bestehen ganz allgemein aus Metallseilen, die beispielsweise mehrere Lagen von Drähten oder mehrere Litzen enthalten, die mit variablen Schlaglängen schraubenförmig zusammengeflochten sind. Die Drähte besitzen gewöhnlich einen Durchmesser von 0,05 bis 0,40 mm und bestehen beispielsweise aus perlitischem Stahl, dessen Kohlenstoffgehalt im Bereich von 0,35 bis 1,2 % liegt. Die Drähte werden im Kaltziehverfahren hergestellt, wobei sie vorab mit einer dünnen Metallschicht (wie Messing, Zink oder Bronze) überzogen worden sind, um die Kaltverformung und/oder die Haftung an der in dem Verbundmaterial verwendeten Kautschukmischung zu fördern.

**[0003]** Bei einem Lastkraftwagenreifen werden die Seile, die in der Karkassenbewehrung des Reifens enthalten sind, Knickbeanspruchungen ausgesetzt, umso mehr, wenn der Reifen bei einem geringen Innendruck oder in drucklosem Zustand gefahren wird; unter diesen Umständen zeigt sich, dass die Seile stark gebogen werden, so dass sie dazu neigen, zu knicken und sich zu öffnen, so dass sie das bilden, was der Fachmann als "Vogelkäfig" bezeichnet. Die Seile können 558-63.317EPDE-AS/cp dann vorzeitig reißen, wodurch die Haltbarkeitsgrenze des Lastkraftwagenreifens beim Fahren im platten Zustand festgelegt ist.

**[0004]** Um dieses Knicken der Seile der Karkassenbewehrung hinauszuzögern, wurde vorgeschlagen, jedem Seil einen Wendeldraht von vermindertem Durchmesser (gewöhnlich 0,10 bis 0,25 mm) beizufügen, der schraubenförmig um die äußere Oberfläche des Seils gewickelt ist. Dieser Wendeldraht wird im Allgemeinen mit einer sehr kleinen Schlaglänge (beispielsweise 3 bis 5,5 mm) in der gleichen oder in der entgegengesetzten Richtung zur Wicklung der Drähte der äußeren Lage aufgewickelt.

**[0005]** Der Wendeldraht besteht im Allgemeinen aus dem gleichen metallischen Material wie die Drähte des Seils, d. h. aus perlitischem Stahl.

**[0006]** Auch wenn eine solche Metallumschnürung die Kompressionsfestigkeit und die Knickfestigkeit des Seils tatsächlich verbessert, weiß man, dass dadurch an den äußersten Drähten des Seils eine sehr starke Abnutzung durch Reibverschleiß (Fretting) auftritt. Diese Abnutzung durch Reibverschleiß führt zu einer relativen Verminderung der Dauerfestigkeit der Seile im Vergleich mit Seilen, die keinem Reibverschleiß ausgesetzt sind, was zur Verschlechterung der Dauerfestigkeit des Luftreifens, der solche Seile enthält, bei der Fahrt im platten Zustand beiträgt.

**[0007]** Daher wurden in der Vergangenheit Wendeldrähte getestet, deren Art anders ist als die der Seildrähte und die in der Lage sind, die Abnutzung durch Reibverschleiß zu minimieren und gleichzeitig dem Seil eine zufrieden stellende Kompressionsfestigkeit und Knickfestigkeit zu geben.

**[0008]** Die französische Patentschrift FR-A-1 011 211 offenbart ein umschnürtes Metallseil für Luftreifen, das eine zufrieden stellende Beständigkeit gegenüber Knickkräften bei normaler Fahrt haben soll. Das Seil ist mit einer Wendel aus einem natürlichen oder künstlichen textilen Material versehen, die aus einem Draht oder einem Band besteht.

**[0009]** Die französische Patentschrift FR-A-2 551 104 offenbart ein umschnürtes Metallseil für Luftreifen, das dazu vorgesehen ist, die Abnutzung durch Reibverschleiß der Wendel zu vermindern. Das Seil ist vom mehrlagigen Typ und die verwendete Wendel wird aus einem Draht mit abgeflachtem Querschnitt aus einem Kunststoffmaterial oder Kautschukmaterial oder einem Verbundmaterial Metall/Kunststoff oder Metall/Kautschuk gebildet.

**[0010]** Die deutsche Patentschrift DE-A-4 120 554 offenbart ein Metallseil, das mit einer nicht metallischen Wendel versehen ist, die in der Wärme schrumpft, um die Korrosion und die Abnutzung durch Kontakt der Wendel und der äußeren Lage des Seils zu vermindern. Die Wendel kann aus einem Polyamid oder einem Polyester bestehen.

**[0011]** Die südkoreanische Patentschrift KR-B-95/04085 offenbart ein Stahlseil, das mit einer nicht metalli-

schen Wendel versehen ist, die aus einem oder mehreren Seilen gebildet wird. Die Wendel kann aus der Gruppe der textilen oder nicht textilen Polymere gewählt werden, die Nylon®, Polyethylen, Polyurethan, Rayon, Glasfasern, Kohlenstofffasern und ein aromatisches Polyamid mit der Bezeichnung Kevlar® umfasst.

**[0012]** Die europäische Patentschrift EP-A-566 392 offenbart ein Metallseil für Luftreifen, das mit einem Wendeldraht mit abgeflachtem Querschnitt versehen ist, um die Dicke des Seils und der ihn enthaltenden Verstärkungslage zu vermindern und ihnen gleichzeitig bessere mechanische Eigenschaften zu verleihen. Dieser Wendeldraht kann sowohl metallisch sein als auch aus einem Kunststoff realisiert sein, beispielsweise Aramid oder Nylon®, oder auch aus einem Verbundmaterial Metall/Kunststoff.

**[0013]** Die japanische Patentschrift JP-A-94/191 207 offenbart ein Metallseil für die Scheitel Lage eines Luftreifens, der mit einer Wendel versehen ist, die dem Seil eine zufrieden stellende Haftung mit dem Kautschuk geben soll, sowie eine bessere Beständigkeit im Hinblick auf die Lagentrennung. Diese Wendel wird aus einem einzigen Draht, mehreren Drähten oder einem Band gebildet und sie besteht vorzugsweise aus Nylon®, Rayon oder Baumwolle für die Optimierung der oben genannten Haftung oder aus Polyvinylalkohol (PVA) oder einem Polyester.

**[0014]** Der Nachteil dieser Seile, die mit einer textilen Wendel versehen sind, besteht in der relativ kleinen Dauerfestigkeit bei der Fahrt im platten Zustand, die sie dem Luftreifen verleihen, beispielsweise einem Lastkraftwagenreifen, dessen Karkassenbewehrung damit ausgestattet ist, insbesondere im Vergleich mit der Dauerfestigkeit, die mit Seilen erhalten wird, die mit einer Metallwendel versehen sind.

**[0015]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, diesem Nachteil abzuhelfen; sie wird gelöst, da die Anmelderin überraschend festgestellt hat, dass eine textile Wendel aus einem aromatischen thermotropen Polyester oder Polyesteramid sehr signifikant die Kilometerzahl erhöhen kann, die im platten Zustand mit einem Luftreifen gefahren werden kann, der eine solche Wendel enthaltendes Metallseil als Verstärkungselement der Karkassenbewehrung enthält, im Vergleich mit der Kilometerzahl, die unter den gleichen Bedingungen unter Verwendung einer Wendel mit identischer Geometrie erhalten wird, die aus einem Metall oder einem anderen Textil, wie Aramid, besteht, indem dem erfindungsgemäßen Seil eine gegenüber Kompressionskräften und starken Biegekräften bessere mechanische Beständigkeit verliehen wird, die in der Karkassenbewehrung unter der Bedingung der Fahrt im platten Zustand auftreten, ohne dass die Beständigkeit des erfindungsgemäßen Seils gegenüber Abnutzung durch Reibverschleiß im Vergleich mit der Beständigkeit von Seilen, die mit einer Aramidwendel versehen sind, beeinträchtigt wird.

**[0016]** Gemäß der vorliegenden Anmeldung wird unter dem Ausdruck "Metallseil" ein Seil verstanden, bei dem zumindest die äußere Oberfläche, um die die Wendel gewickelt ist, metallischer Natur ist (d. h. bei der die äußere Oberfläche aus Metalldrähten oder Einheiten von Metalldrähten besteht).

**[0017]** Das umwickelte Seil gemäß der Erfindung wird vorteilhaft als Verstärkungselement für eine Karkassenbewehrung eines Lastkraftwagenreifens verwendet.

**[0018]** Bei dem anfänglich eingesetzten Polymer, das für die Herstellung der erfindungsgemäßen Wendel verwendet wird, handelt es sich um beliebige thermotrope aromatische Polyesteramide oder Polyester (d. h. im geschmolzenen Zustand in flüssigkristalliner Form), die im geschmolzenen Zustand verspinnfähig sind.

**[0019]** Der thermotrope Charakter eines Polymers wird bekanntlich durch optische Messung bestimmt, indem die optische Anisotropie des Polymers durch Beobachtung eines Tropfens des Polymers in geschmolzener Phase (d. h. über der Schmelztemperatur des Polymers) zwischen dem Polarisator und Analysator, die linear polarisiertes Licht erzeugen und gekreuzt angeordnet sind, eines optischen Polarisationsmikroskops im Ruhezustand, d. h. in Abwesenheit einer dynamischen Beanspruchung, getestet wird.

**[0020]** Wenn das oben angegebene Präparat optisch anisotrop ist, d. h. dass es das Licht depolarisiert, wenn es zwischen den Polarisator und Analysator gebracht wird, die senkrecht zueinander stehen (es zeigt daher eine Lichttransmission, die ihm eine mehr oder weniger farbige Textur gibt), wird das getestete Polymer als thermotrop bezeichnet.

**[0021]** Wenn das Präparat dagegen umgekehrt unter den gleichen Beobachtungsbedingungen optisch isotrop ist und keinerlei Depolarisationseigenschaften (das Mikroskopfeld bleibt schwarz) hat, dann wird das getestete Polymer als nicht thermotrop erachtet.

**[0022]** Solche thermotropen Polyester oder Polyesteramide, die dem Fachmann bekannt sind, werden als "vollständig aromatisch" bezeichnet und sie wurden in einer Vielzahl von Druckschriften beschrieben.

**[0023]** Beispielsweise können die folgenden Patentschriften angegeben werden: EP-A-91 253, EP-A-205 346, EP-A-267 984, EP-A-508 786, EP-A-737 707, US-A-3 491 180, US-A-4 083 829, US-A-4 161 470, US-A-4 183 895, US-A-4 447 592, US-A-4 734 240, US-A-4 746 694, US-A-5 049 295, US-A-5 110 896, US-A-5 250 654, US-A-5 296 542, JP-A-92/333 616, JP-A-96/260 242.

**[0024]** Vorzugsweise wird ein spezieller thermotroper aromatischer Polyester verwendet, der im Wesentlichen aus wiederkehrenden Einheiten (A) 6-Oxy-2-naphthoyl und (B) 4-Oxybenzoyl besteht, wobei das Molverhältnis A/B im Bereich von 10:90 bis 90:10 und vorzugsweise 20:80 und 30:70 liegt.

**[0025]** Dieser thermotrope aromatische Polyester ist insbesondere von der Firma Hoechst Celanese unter der Bezeichnung "VECTRA" mit einem Molverhältnis A:B von 27:73 im Handel erhältlich und wurde in der Patentschrift US-A-4 161 470 beschrieben.

**[0026]** Er kann auch durch Copolymerisation von p-Hydroxybenzoësäure und 6-Hydroxy-2-naphthoësäure hergestellt werden, wobei diese beiden Säuren gegebenenfalls substituiert sind. Er weist bekanntlich einen hervorragenden Eigenschaftskompromiss in Bezug auf die thermische Beständigkeit, chemische Beständigkeit, leichte Verarbeitung und Eignung zum Spinnen auf, insbesondere wegen eines relativ niedrigen Schmelzpunktes.

**[0027]** Die erfindungsgemäße Wendel kann aus einem einzigen Draht oder mehreren Drähten bestehen, die zur Bildung von Litzen zusammengedreht sind (gewöhnlich als "Kord" oder in angelsächsischer Nomenklatur "plied yarn" bezeichnet), mit der Maßgabe, dass gemäß der vorliegenden Beschreibung der Ausdruck Draht auch bedeuten kann:

- eine Multifilamentfaser, die aus parallel zueinander verlaufende Elementarfilamenten von geringem Durchmesser besteht,
- ein Garn auf der Basis einer Vielzahl von Elementarfilamenten, die verdrillt sind (beispielsweise ein Garn auf der Basis von etwa zehn Elementarfilamenten, die jeweils einen Durchmesser von etwa zehn Mikrometern aufweisen), oder
- ein einzelnes Monofilament.

**[0028]** Unter einem Monofilament wird ein Einzelfilament verstanden, dessen Durchmesser oder Dicke D (d. h. die kleinste Abmessung seines Querschnitts in Querrichtung, wenn es nicht rund ist) mindestens 40 µm beträgt (minimaler Titer 1,7 tex). Diese Definition umfasst daher sowohl Monofilamente von in etwa zylindrischer Form (d. h. mit rundem Querschnitt) als auch längliche Monofilamente von flacher Form oder auch Folienfäden oder Filme mit einer Dicke D.

**[0029]** Nach einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung besteht der Wendeldraht aus einem Monofilament.

**[0030]** Für die allgemeinen Bedingungen für die Herstellung eines solchen Monofilaments durch Spinnen sowie eine mögliche thermische Behandlung nach der Polykondensation (durch die der Polymerisationsgrad des anfänglich eingesetzten Polymers erhöht und so die Festigkeit verbessert werden kann) wird auf die internationales Patentschriften WO-A-92/12018 und WO-A-98/55674 verwiesen.

**[0031]** Im rohen Spinnzustand ("as-spun") hat das Monofilament die Eigenschaft, sich in der Wärme nicht zusammenzuziehen, was durch die Beziehung  $\Delta L \geq 0$  ausgedrückt werden kann, wobei  $\Delta L$  die Längenänderung (in %) nach 2 Minuten bei  $235 \pm 5$  °C unter einer Vorspannung von 0,2 cN/tex ist. Für die Bedingungen bei der Messung der thermischen Längenänderung wird ebenfalls auf die Druckschrift WO-A-98/55 674 verwiesen. Alle nachstehenden mechanischen Eigenschaften werden an Monofilamenten gemessen, die zuvor konditioniert wurden, d. h. vor der Messung (nach dem Trocknen) mindestens 24 Stunden in einer Standardatmosphäre nach Europäischer Norm DIN EN 20139 (Temperatur  $20$  °C  $\pm 2$  °C und Feuchtigkeit  $65\% \pm 2\%$ ) gelagert wurden.

**[0032]** Der Titer der Monofilamente wird an mindestens drei Proben ermittelt, wobei jede Probe eine Länge von 50 m aufweist, durch Wiegen des Monofilaments mit einer solchen Länge. Der Titer wird in tex angegeben (Gewicht in g pro 1.000 m Monofilament – zur Erinnerung: 0,111 tex entspricht 1 Denier).

**[0033]** Die mechanischen Zugeigenschaften (Festigkeit, Anfangsmodul, Bruchdehnung) werden in bekannter Weise mit Hilfe einer Zugmaschine der ZWICK GmbH & Co. (Deutschland) vom Typ 1435 oder 1445 gemessen. Die Monofilamente werden einer Zugbeanspruchung bei einer Anfangslänge von 400 mm mit einer Nominalgeschwindigkeit von 50 mm/min ausgesetzt. Alle angegebenen Ergebnisse stellen Mittelwerte von 10 Messungen dar.

**[0034]** Die Festigkeit (Bruchkraft, dividiert durch den Titer) und der Anfangsmodul werden in cN/tex gemessen (zur Erinnerung: 1 cN/tex = 0,11 g/den). Der Anfangsmodul ist als die Steigung des linearen Teils der Kraft-Dehnungs-Kurve definiert, der sich unmittelbar nach einer Standard-Vorspannung von 0,5 cN/tex ergibt. Die Bruchdehnung wird in Prozent angegeben.

**[0035]** Der Durchmesser D der Monofilamente wird durch Berechnung ausgehend vom Titer der Monofilamente und ihrer Dichte nach der Formel:

$$D = 2 \cdot 10^{1,5} [T_i / \pi \rho]^{0,5}$$

bestimmt,

worin D in  $\mu\text{m}$  angegeben wird,  $T_i$  den Titer (tex) bedeutet und  $\rho$  die Dichte in  $\text{g/cm}^3$  ist.

**[0036]** Im Falle eines Monofilaments mit nicht kreisförmigem Querschnitt, d. h. im Falle eines Monofilaments, das von einem Monofilament von im Wesentlichen zylindrischer Form verschieden ist, wird der Parameter D, der dann der kleinsten Abmessung des Monofilaments in einer Ebene senkrecht zur Achse des Monofilaments entspricht, nicht mehr durch Berechnung, sondern experimentell an einem Querschnitt des Monofilaments im Lichtmikroskop ermittelt, wobei das Monofilament beispielsweise vorab mit einem Harz umhüllt wurde, um die Erzeugung des Schnitts zu erleichtern.

**[0037]** Die in einem erfindungsgemäßen Seil verwendbare Wendel weist vorzugsweise einen Durchmesser oder eine Dicke von 0,08 bis 0,40 mm auf.

**[0038]** Die erfindungsgemäße Wendel hat vorzugsweise einen Titer unter 50 tex und bevorzugt unter 30 tex.

**[0039]** Die Wendel weist ebenfalls vorzugsweise eine Festigkeit über 180 cN/tex, einen Anfangsmodul über 3.500 cN/tex und eine Bruchdehnung über 2,5 % auf.

**[0040]** Es wird darauf hingewiesen, dass dieser hohe Anfangsmodul für das erfindungsgemäße Metallseil eine gute Umhüllungsfunktion gewährleistet, durch die hohe Festigkeit kann die Wendel im Vergleich mit dem Seil einen kleineren Durchmesser haben.

**[0041]** Ebenfalls bevorzugt wird die Wendel des erfindungsgemäßen Seils schraubenförmig mit einer Schlaglänge von 3 bis 5,5 mm über die äußere Oberfläche gewickelt.

**[0042]** Vorteilhaft wird die erfindungsgemäße Wendel für die Haftung der Wendel an der Kautschukmischung, die mit den Seilen fest verbunden werden soll, welche mit der Wendel versehen sind, einer Gummierungsbehandlung unterzogen.

**[0043]** Nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist das Seil vom mehrlagigen Typ.

**[0044]** Das Seil hat eine innere Lage oder zentrale Seele, die aus einem einzigen geraden Draht oder mehreren Drähten mit gleichen oder unterschiedlichen Durchmessern besteht, welche zueinander parallel verlaufen oder mit einer gegebenen Schlaglänge schraubförmig umeinander gewickelt sind, wobei gegebenenfalls zwischen der äußeren und der inneren Lage eine Zwischenlage vorgesehen ist und wobei die erfindungsgemäße Wendel im Hinblick auf die Drähte der äußeren Lage in der gleichen oder in der entgegengesetzten Richtung um die äußere Lage gewickelt ist.

**[0045]** Ein solches mehrlagiges Seil kann beispielsweise der Formel  $(L + M)$  oder  $(L + M + N)$  entsprechen, wobei es aus einer Seele von L Drähten gebildet wird, die von mindestens einer Lage aus M Drähten umgeben ist, die gegebenenfalls selbst von einer äußeren Lage aus N Drähten umgeben ist, wobei L im Allgemeinen im Bereich von 1 bis 4 liegt, M im Bereich von 3 bis 12 und N im Bereich von 8 bis 20. Solche mehrlagigen Seile, die nach bekannten Verseilungsverfahren zusammengefügt sind, wurden in einer Vielzahl von Publikationen beschrieben. Es kann insbesondere auf die folgenden Dokumente verwiesen werden: US-A-3 922 841;

US-A-4 158 946; US-A-4 488 587; EP-A-168 858; EP-A-176 139 oder US-A-4 651 513; EP-A-194 011; EP-A-260 556 oder US-A-4 756 151; EP-A-362 570; EP-A-497 612 oder US-A-5 285 836; EP-A-568 271; EP-A-648 891; EP-A-669 421 oder US-A-5 595 057; EP-A-709 236 oder US-A-5 836 145; EP-A-719 889 oder US-A-5 697 204; EP-A-744 490 oder US-A-5 806 296; EP-A-779 390 oder US-A-5 802 829; EP-A-834 613; WO 98/41682; RD (Research Disclosure) Nr. 34054, August 1992, S. 624-633; RD Nr. 34370, November 1992, S. 857-859.

**[0046]** Nach einer Ausführungsform der Erfindung entsprechen die mehrlagigen Seile einer der genannten Formeln (L + M) oder (L + M + N) mit L = 1, so dass sie also eine Seele aufweisen, die aus einem einzigen "geraden" Draht besteht.

**[0047]** Als nicht einschränkende Beispiele können beispielsweise die folgenden Seile angegeben werden: (1 + 5), (1 + 6), (1 + 5 + 10), (1 + 5 + 11), (1 + 5 + 12), (1 + 6 + 10), (1 + 6 + 11), (1 + 6 + 12), (1 + 7 + 11), (1 + 7 + 12), (1 + 7 + 13).

**[0048]** Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung entsprechen die mehrlagigen Seile einer der Formeln (L + M) oder (L + M + N) mit L größer 1, und sie enthalten dann eine Seele, die aus mehreren parallelen Drähten (d. h. mit unendlicher Schlaglänge) oder mit einer endlichen Schlaglänge schraubenförmig aufgewickelten Drähten besteht.

**[0049]** In dem zuletzt genannten Fall können die Seile der folgenden Formel genannt werden, wobei diese Aufzählung wiederum nicht einschränkend zu verstehen ist:  
Beispielsweise (2 + 7), (3 + 8), (3 + 9) oder (3 + 9 + 12).

**[0050]** Nach einem bevorzugten Beispiel der Erfindung können die umschnürten Seile der folgenden Formel genannt werden:

- (3 + 9) · 0,18 + 0,15 mit der Schlaglänge (in mm): 6,5/12,5/3,5 und den Drehrichtungen: SSZ (Seil mit einer inneren Lage aus 3 Metalldrähten und einer äußeren Lage aus 9 Metalldrähten, um die in umgekehrter Richtung eine Wendel von 0,15 mm Durchmesser mit einer Schlaglänge von 3,5 mm gewickelt ist, wobei die Drähte des Seils jeweils einen Durchmesser von 0,18 mm besitzen; und
- (3 + 9 + 15) · 0,23 + 0,15 mit den Schlaglängen (in mm): 6,5/12,5/18/3,5 und den Drehrichtungen: SSZS (Seil mit einer inneren Lage aus 3 Metalldrähten, einer Zwischenlage mit 9 Metalldrähten und einer äußeren Lage aus 15 Metalldrähten, um die in umgekehrter Richtung die Wendel mit einem Durchmesser von 0,15 mm mit einer Schlaglänge von 3,5 mm gewickelt ist, wobei die Drähte jeweils einen Durchmesser von 0,23 mm besitzen).

**[0051]** Es wird darauf hingewiesen, dass die erfindungsgemäßen Seile nicht nur mehrlagige Seile sein können, sondern auch beliebige zumindest teilweise metallische Seile vom Typ der Litzen (die ebenfalls nach bekannten Verlitzungsverfahren zusammengefügt wurden).

**[0052]** Ein erfindungsgemäßes Verbundmaterial umfasst eine Kautschukmischung, die mit erfindungsgemäß umschnürten Seilen verstärkt ist, wobei das Material als Lage der Karkassenbewehrung eines Luftreifens und vorteilhaft eines Lastkraftwagens verwendet werden kann.

**[0053]** Die Kautschukmischung basiert (d. h. wird gebildet) auf mindestens einem Dienelastomer und enthält neben dem Dienelastomer alle üblichen Bestandteile, wie einen verstärkenden Füllstoff, ein Vernetzungssystem und weitere Additive, die in Kautschukmischungen für Luftreifen verwendbar sind.

**[0054]** Unter einem "Dienelastomer" wird in bekannter Weise ein Elastomer verstanden, das zumindest teilweise (d. h. ein Homopolymer oder ein Copolymer) von Dienmonomeren abgeleitet ist, d. h. Monomeren, die zwei konjugierte oder nicht konjugierte Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen aufweisen.

**[0055]** Ganz allgemein wird hier unter einem "im Wesentlichen ungesättigten" Dienelastomer ein Dienelastomer verstanden, das zumindest teilweise von konjugierten Dienmonomeren mit einem Gehalt an Motiven oder Einheiten mit Dienherkunft (konjugierte Diene) aufweist, der über 15 % (Mol-%) liegt. Daher fallen Dienelastomere wie Butyl-kautschuk oder Copolymeren von Dienen und Alphaolefinen vom Typ EPDM beispielsweise nicht unter die oben angegebene Definition und können insbesondere als "im Wesentlichen gesättigte" Dienelastomere eingestuft werden (Gehalt an Einheiten mit Dienherkunft klein oder sehr klein, immer unter 15 %).

**[0056]** In der Gruppe der im Wesentlichen ungesättigten Dienelastomere werden unter stark ungesättigten

Dienelastomeren insbesondere solche Dienelastomere verstanden, deren Anteil an Einheiten mit Dienherkunft (konjugierte Diene) über 50 % liegt.

**[0057]** Im Hinblick auf diese Definitionen wird das Dienelastomer des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffs vorzugsweise unter den Polybutadienen, Naturkautschuk, synthetischen Polyisoprenen, verschiedenen Butadiencopolymeren, verschiedenen Isopren-copolymeren und den Gemischen dieser Elastomere ausgewählt.

**[0058]** Von den Polybutadienen sind insbesondere solche mit einem Gehalt an 1,2-Einheiten von 4 bis 80 % oder solche mit einem cis-1,4-Gehalt über 80 % geeignet. Von den synthetischen Polyisoprenen eignen sich insbesondere die cis-1,4-Polyisoprene, vorzugsweise solche mit einem Gehalt an cis-1,4-Bindungen über 90 %. Unter Copolymeren von Butadien oder Isopren sind insbesondere Copolymeren zu verstehen, die durch Copolymerisation mindestens eines dieser beiden Polymere mit einer oder mehreren vinylaromatischen Verbindungen mit 8 bis 20 Kohlenstoffatomen hergestellt werden. Als vinylaromatische Verbindungen eignen sich beispielsweise Styrol, ortho-, meta-, para-Methylstyrol, das handelsübliche "Vinyl-Toluol"-Gemisch, para-t-Butylstyrol, Methoxystyrole, Chlorstyrole, Vinylmesitylen, Divinylbenzol, Vinylnaphthalin. Die Copolymeren können 99 bis 20 Gew.-% Dieneinheiten und 1 bis 80 Gew.-% vinylaromatische Einheiten enthalten. Von den oben angegebenen Copolymeren von Butadien oder Isopren sind vorzugsweise die Butadien-Styrol-Copolymeren, Isopren-Butadien-Copolymeren, Isopren-Styrol-Copolymeren oder Isopren-Butadien-Styrol-Copolymeren zu nennen.

**[0059]** Zusammenfassend ist also vorzugsweise ein Dienelastomer geeignet, das aus der Gruppe der stark ungesättigten Dienelastomere ausgewählt ist, die aus den Polybutadienen (BR), Naturkautschuk (NR), synthetischen Polyisoprenen (IR), Butadien-Styrol-Copolymeren (SBR), Isopren-Butadien-Copolymeren (BIR), Isopren-Styrol-Copolymeren (SIR), Butadien-Styrol-Isopren-Copolymeren (SBIR) und den Gemischen dieser Elastomere besteht.

**[0060]** Noch bevorzugter ist in einem überwiegenden Anteil (d. h. mehr als 50 Gew.-%) ein Dienelastomer in der Elastomermatrix der erfindungsgemäßen Kautschukmischung enthalten, welches aus Naturkautschuk oder einem synthetischen Polyisopren besteht.

**[0061]** Es können aber nach einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung Verschnitte (Gemische) dieser Polyisoprene mit anderen stark ungesättigten Dienelastomeren und insbesondere mit SBR-Elastomeren oder BR-Elastomeren, wie den oben genannten, verwendet werden.

**[0062]** Die Matrizen der erfindungsgemäßen Kautschukmischungen können natürlich nur ein Dienelastomer oder mehrere Dienelastomere enthalten, wobei dieses in Kombination mit allen Arten von synthetischen Elastomeren, die keine Dienelastomere sind, oder sogar mit Polymeren, die keine Elastomere sind, beispielsweise thermoplastischen Polymeren, verwendet werden kann.

**[0063]** Die Kautschukmischungen der erfindungsgemäßen Verbundmaterialien enthalten auch alle oder einen Teil der gewöhnlich bei der Herstellung von Luftreifen verwendeten Additive, wie beispielsweise verstärkende Füllstoffe, wie Ruß oder Kieselsäure, Alterungsschutzmittel, beispielsweise Antioxidantien, Strecköle, Weichmacher oder Stoffe, die die Verarbeitung der Zusammensetzungen im Rohzustand erleichtern, ein Vernetzungssystem auf der Basis entweder von Schwefel oder Schwefeldonoren und/oder Peroxiddonoren, Vulkanisationsbeschleuniger, Vulkanisationsaktivatoren oder Vulkanisationsverzögerer, Methylenakzeptoren und Methylenodonoren, bekannte Haftvermittlersysteme vom Typ "RFS" (Resorcin-Formaldehyd-Kieselsäure) oder Metallsalze, insbesondere Cobalsalze.

**[0064]** Das erfindungsgemäße Verbundmaterial kann in unterschiedlichen Formen vorliegen, beispielsweise als Lage, Streifen, Band oder Kautschukblock, in dem die Metallverstärkung mit Hilfe von verschiedenen, dem Fachmann bekannten Mitteln eingebracht wurde, beispielsweise Abformen, Kalandrieren oder Strangpressen.

**[0065]** Es wird darauf hingewiesen, dass ein Lastkraftwagenreifen durch das erfindungsgemäße Verbundmaterial insbesondere eine bessere Dauerfestigkeit bei der Fahrt im platten Zustand erhält.

**[0066]** Eine erfindungsgemäße Karkassenbewehrung eines Luftreifens, beispielsweise eines Lastkraftwagenreifens, enthält dieses Verbundmaterial und ein erfindungsgemäßer Luftreifen enthält eine solche Karkassenbewehrung.

**[0067]** Die genannten Merkmale der vorliegenden Erfindung sowie weitere Merkmale gehen aus der folgenden Beschreibung mehrerer Ausführungsbeispiele der Erfindung noch besser hervor, die zur Erläuterung an-

gegeben wurden und nicht einschränkend zu verstehen sind.

#### BESCHREIBUNG DER DURCHGEFÜHRten DAUERFESTIGKEITS-TESTS:

##### I. Zugschwellversuch

**[0068]** Der Zugschwellversuch ist ein dem Fachmann bekannter Ermüdungstest, bei dem das getestete Material in einer rein uniaxialen Dehnung (Dehnung-Dehnung) ermüdet wird, d. h. ohne Kompressionsbeanspruchung. Das Prinzip ist das folgende: Eine Probe des zu testenden Seils, die an beiden Enden von den Spannbacken einer Zugmaschine gehalten wird, wird einer Zug- oder Dehnungsbeanspruchung ausgesetzt, deren Intensität  $\sigma$  sich cyclisch und symmetrisch ( $\sigma_{\text{mittel}} \pm \sigma_a$ ) um einen Mittelwert ( $\sigma_{\text{mittel}}$ ) zwischen zwei Grenzwerten  $\sigma_{\text{min}}$  ( $\sigma_{\text{mittel}} - \sigma_a$ ) und  $\sigma_{\text{max}}$  ( $\sigma_{\text{mittel}} + \sigma_a$ ) um diesen Mittelwert unter einem vorgegebenen Lastverhältnis "R" = ( $\sigma_{\text{min}}/\sigma_{\text{max}}$ ) ändert. Die mittlere Beanspruchung  $\sigma_{\text{mittel}}$  hängt daher mit dem Lastverhältnis und der Amplitude  $\sigma_a$  über die Relation  $\sigma_{\text{mittel}} = \sigma_a(1 + R)/(1 - R)$  zusammen.

**[0069]** In der Praxis wird der Test folgendermaßen durchgeführt.

**[0070]** Man wählt eine erste Spannungsamplitude  $\sigma_a$  (im Allgemeinen im Bereich der Größenordnung 1/4 bis 1/3 der Festigkeit  $R_m$  des Seils) und beginnt den Ermüdungszeit für eine Maximalzahl von 105 Zyklen (Frequenz 30 Hz), wobei ein Lastverhältnis R von 0,1 gewählt wird.

**[0071]** In Abhängigkeit des erhaltenen Ergebnisses (d. h. Reißen oder Nichtreißen des Seils nach maximal  $10^5$  Zyklen) wendet man an einer neuen Probe eine neue Amplitude  $\sigma_a$  (kleiner bzw. größer als die vorhergehende) an, wobei dieser Wert  $\sigma_a$  nach der so genannten "Treppenmethode" (Dixon & Mood; Journal of the American statistical association, 43, 1948, 109-126) variiert wird.

**[0072]** Man führt auf diese Weise insgesamt 17 Iterationen durch, wobei die statistische Behandlung der Versuche, die durch diese Treppenmethode definiert ist, zur Bestimmung einer Haltbarkeitsgrenze (als  $\sigma_d$  bezeichnet) führt, die einer Bruchwahrscheinlichkeit des Seils nach  $10^5$  Ermüdungszyklen von 50 % entspricht.

**[0073]** Für diesen Test wird eine Prüfmaschine zur Ermittlung der Ermüdung im Zugversuch der Firma Schenk (Modell PSA) verwendet. Die zweckmäßige Länge zwischen den beiden Backen ist 10 cm, die Messung wird unter einer geregelten trockenen Atmosphäre durchgeführt (relative Feuchte höchstens 5 %, Temperatur 20 °C).

##### II. Riemenversuch

**[0074]** Der Riemenversuch ist ein bekannter Ermüdungsversuch, der beispielsweise in den Patentanmeldungen EP-A-648 891 oder WO-A-98/41682 beschrieben ist, für den die zu testenden Stahlseile in einen Gegenstand aus Kautschuk eingebracht werden, der vulkanisiert wird. Das Testprinzip ist das folgende: Der Kautschukgegenstand ist ein Endlosriemen, der aus einer Kautschukmischung realisiert ist, die gewöhnlich in der Karkassenbewehrung eines Radialreifens verwendet wird. Die Achse jedes Seils ist in Längsrichtung des Riemens orientiert, die Seile sind von den Oberflächen des Riemens durch eine Gummischicht von etwa 1 mm beabstandet. Wenn der Riemen so angeordnet ist, dass er einen Drehzylinder bildet, bildet das Seil eine schraubenförmige Wicklung mit gleicher Achse wie dieser Zylinder (beispielsweise eine Helix mit einer Schlagslänge von etwa 2,5 mm).

**[0075]** Anschließend wird dieser Riemen den folgenden Beanspruchungen ausgesetzt.

**[0076]** Der Riemen wird so um zwei Rollen in eine Drehbewegung versetzt, dass jeder Elementarbereich jedes Seils einer Spannung, die 12 % der anfänglichen Bruchkraft entspricht, und Zyklen ausgesetzt wird, in denen sich die Krümmung von einem unendlichen Krümmungsradius bis zu einem Krümmungsradius von 40 mm ändert (Riemenscheibe mit einem Durchmesser von 80 mm), und dies während 50 Millionen Zyklen.

**[0077]** Der Test wird in einer geregelten Atmosphäre durchgeführt, wobei die Temperatur und Luftfeuchte in Kontakt mit dem Riemen bei etwa 20 °C und 60 % relativer Luftfeuchtigkeit gehalten werden. Die Dauer der Beanspruchungen an jedem Riemen liegt in der Größenordnung von 3 Wochen. Nach diesen Beanspruchungen werden die Seile durch Schälen aus dem Riemen entnommen, und man misst die verbleibende Bruchkraft der Drähte der ermüdeten Seile.

**[0078]** Außerdem wird ein Riemen hergestellt, der dem oben beschriebenen Riemen entspricht, der in gleicher Weise wie oben geschält wird, jedoch dieses Mal, ohne dass die Seile dem Ermüdungstest unterzogen wurden. Man misst daher die anfängliche Bruchkraft der Drähte der nicht ermüdeten Seile.

**[0079]** Schließlich berechnet man die Abnahme der Bruchkraft nach Ermüdung (als  $\Delta F_m$  bezeichnet und in % ausgedrückt), indem die verbleibende Bruchkraft mit der anfänglichen Bruchkraft verglichen wird.

**[0080]** Die Verschlechterung der Bruchkraft, die so erhalten wird, gibt das Abnutzungsniveau des getesteten Seils durch Reibverschleiß an.

**[0081]** Die Verschlechterung der Bruchkraft  $\Delta F_m$  wird bekanntlich durch die Ermüdung und die Abnutzung der Drähte verursacht, die durch die gemeinsame Einwirkung von Beanspruchungen und Wasser, das aus der Umgebung stammt, verursacht werden, wobei diese Bedingungen mit den Bedingungen vergleichbar sind, denen die Verstärkungsseile in den Reifenkarkassen ausgesetzt sind.

### III. Test zur Fahrt im drucklosen Zustand

**[0082]** Bei einer Temperatur von 20 °C werden Lastkraftwagenreifen auf einer glatten Walze mit einem verminderten Aufpumpdruck und einer gegebenen Geschwindigkeit rollen gelassen, wobei an jedem getesteten Luftreifen die gleiche Last aufgebracht wird, die der Last an einem Luftreifen entspricht, der einen Lastkraftwagen ausstattet.

**[0083]** Genauer werden zwei Testreihen durchgeführt, eine bei einem Aufpumpdruck von 0,5 bar und die andere bei 0,55 bar.

**[0084]** Das Stoppkriterium für diese Versuche ist das Platzen des Luftreifens als Folge einer wesentlichen Zerstörung der Seile seiner Karkassenbewehrung.

### AUSFÜHRUNGSBEISPIELE DER ERFINDUNG:

**[0085]** Es werden verschiedene umschnürte Metallseile verglichen, die jeweils einer gegebenen Formel entsprechen (innere Lage von 3 Drähten und äußere Lage von 9 Drähten):  
(3 + 9) · 0,18 + 0,15 mit den Schlaglängen (in mm): 6,5/12,5/3,5 und den Drehrichtungen: SSZ.

**[0086]** Die Seile unterscheiden sich voneinander lediglich durch die Art des Materials der Wendel, mit der sie versehen sind, und die Anzahl der Elementarfilamente, die die Wendel bilden.

**[0087]** Ein erstes umschnürtes Vergleichsseil ist durch eine Metallwendel gekennzeichnet, die aus einem perlitischen Stahldraht mit einem Durchmesser von 0,15 mm gebildet ist.

**[0088]** Ein zweites umschnürtes Vergleichsseil ist durch eine multifilamentäre textile Wendel gekennzeichnet, die aus einem Spinnfasergarn mit einem Titer von etwa 22 tex gebildet wird, das aus 100 Elementarfilamenten aus Aramid mit der Bezeichnung Kevlar® besteht, wobei jedes Elementarfilament einen Durchmesser von etwa 12 µm besitzt. Die Elementarfilamente sind mit einem Koeffizienten Z100 (Drehung von 100 Umdrehungen/Meter in Z-Richtung) gezwirnt (d. h. gemeinsam gedreht) und in bekannter Weise gummiert.

**[0089]** Ein drittes umschnürtes Vergleichsseil unterscheidet sich von dem vorhergehenden lediglich dadurch, dass seine Elementarfilamente mit einem Koeffizienten Z300 (Drehung von 300 Umdrehungen/Meter in Z-Richtung) gezwirnt sind.

**[0090]** Ein erfindungsgemäßes umwickeltes Seil ist durch eine textile Wendel gekennzeichnet, die aus einem einzigen Monofilament mit einem Titer von 25 tex gebildet ist (dieses Monofilament weist einen Durchmesser von 0,15 mm auf), das aus einem thermotropen aromatischen Polyester besteht.

**[0091]** Dieser Polyester ist von der Firma HOECHST CELANESE unter der Bezeichnung "VECTRA" im Handel erhältlich.

**[0092]** Für die Bedingungen der Herstellung dieses Monofilaments wird auf die internationalen Patentschriften WO-A-92/12018 und WO-A-98/55674 verwiesen, wobei die Herstellung im Wesentlichen in einem Spinnen des genannten Polyesters "VECTRA" im geschmolzenen Zustand und einer nachfolgenden thermischen Be-

handlung nach der Polykondensation besteht.

**[0093]** Dieses Monofilament wird in gleicher Weise wie die Aramidwendel des zweiten und dritten Vergleichsseils gummiert.

**[0094]** In der nachstehenden Tabelle 1 sind die mechanischen Eigenschaften des Drahts der verwendeten Wendel für jedes umwickelte Vergleichsseil und das erfindungsgemäße Seil angegeben.

**[0095]** Hinsichtlich des Drahts der Metallwendel des ersten Vergleichsseils werden die dynamometrischen Messungen, wie die Bruchkraft Fm (maximale Last in N), Bruchdehnung At (Gesamtdehnung in %) oder der Anfangsmodul (cN/tex), im Zugversuch nach der Norm ISO 6892 von 1984 durchgeführt.

Tabelle 1:

|                                 | Wendeldraht                  |                               |                               |                               |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                                 | für das erste Vergleichsseil | für das zweite Vergleichsseil | für das dritte Vergleichsseil | für das erfindungsgemäße Seil |
| Dichte des Materials der Wendel | 7,8                          | 1,44                          | 1,44                          | 1,4                           |
| Titer (tex)                     | 129                          | 22,3                          | 22,4                          | 25,1                          |
| Bruchkraft, N                   | 47 (Fm)                      | 33,2 (FR)                     | 32,8 (FR)                     | 53,7 (FR)                     |
| Te (Festigkeit, cN/tex)         | 36                           | 149                           | 146                           | 213                           |
| Bruchdehnung, %                 | 2,1 (At)                     | 2,05 (AR)                     | 2,09 (AR)                     | 3,01 (AR)                     |
| Kraft unter 0,5 % (N)           | 17                           | 7,8                           | 7,8                           | 6                             |
| Anfangsmodul (cN/tex)           | 2630 (bei 5%)                | 7000 (bei 0,5 %)              | 6780 (bei 0,5 %)              | 4780 (bei 0,5 %)              |

**[0096]** Es wird darauf hingewiesen, dass die erfindungsgemäße Wendel aus einem aromatischen thermotropen Polyester eine Festigkeit aufweist, die deutlich größer ist als die Festigkeit einer Wendel aus Stahl oder aus Aramid.

**[0097]** Die nachstehende Tabelle 2 zeigt die Eigenschaften der Vergleichsseile und des erfindungsgemäßen Seils, die mit den in Tabelle 1 aufgeführten Wendeldrähten jeweils erhalten wurden.

Tabelle 2:

|                        | Feinheit<br>(g/m) | Schlaglänge<br>innere Lage<br>(mm) | Schlaglänge<br>äußere Lage<br>(mm) | Schlaglänge<br>Wendel<br>(mm) | Bruchkraft<br>Fm (N) | Bruchdehnung<br>At (%) |
|------------------------|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|----------------------|------------------------|
| erstes Vergleichsseil  | 2,293             | 6,26                               | 12,5                               | 3,5                           | 780,5                | 1,88                   |
| zweites Vergleichsseil | 2,275             | 6,17                               | 12,82                              | 3,5                           | 812,50               | 2,49                   |
| drittes Vergleichsseil | 2,295             | 6,3                                | 13,05                              | 3,5                           | 808,7                | 2,47                   |
| erfindungsgemäßes Seil | 2,292             | 6,15                               | 12,62                              | 3,5                           | 802,2                | 2,48                   |

**[0098]** Die Messungen der Bruchkraft Fm und der Bruchdehnung At an den umwickelten Seilen wurden im Zugversuch gemäß der Norm ISO 6892 von 1984 durchgeführt.

**[0099]** Die Tabelle 2 zeigt, dass die Wendel aus einem thermotropen aromatischen Polyester dem erfindungsgemäßes Seil eine Bruchkraft und eine Bruchdehnung verleiht, die besser sind als die, die mit einer Stahlwendel (erstes Vergleichsseil) erhalten werden, was von einem geringeren Kontaktdruck herröhrt, wenn das Seil unter Spannung gesetzt wird. Daraus kann im Vergleich mit dem ersten Vergleichsseil eine Verbesserung der Eigenschaften des erfindungsgemäßes Seils im Hinblick auf die Zugfestigkeit und die Ermüdung abgeleitet werden.

**[0100]** Aus der Tabelle 2 geht auch hervor, dass die erfindungsgemäßes Wendel dem Seil, das es enthält, eine Bruchkraft und eine Bruchdehnung verleiht, die praktisch analog zu denen sind, die mit einer Aramidwendel erhalten werden (zweites und drittes Vergleichsseil).

**[0101]** Es wurden ferner mit diesen Vergleichsseilen und dem erfindungsgemäßes Seil drei Dauerfestigkeits- tests durchgeführt (für die Beschreibung dieser Tests siehe oben).

**[0102]** Ein erstes Dauerfestigkeitstest besteht darin, die Haltbarkeitsgrenze  $\sigma_D$  (MPa) im Zugschwellversuch für jedes genannte Seil zu messen.

**[0103]** Ein zweiter Dauerfestigkeitstest besteht darin, die Abriebschädigung (in %) durch Reibverschleiß an jedem Seil mit einem Riemenversuch zu ermitteln. Genauer wird die Abriebschädigung an jedem Seil der inneren Lage, jeden Drahts der äußeren Lage und der Gesamtheit der Drähte des Seils gemessen.

**[0104]** Ein dritter Dauerfestigkeitstest besteht darin, die Kilometerzahl zu ermitteln, die bei der Fahrt im platten Zustand von Vergleichslastkraftwagenreifen und erfindungsgemäßes Lastkraftwagenreifen gefahren wird, welche die umschnürten Vergleichsseile bzw. das erfindungsgemäßes umschnürte Seil in ihren Karkassenbewehrungen enthalten. Eine Referenzzahl von 100 wird einer Kilometerzahl zugeordnet, die von einem ersten Vergleichsreifen gefahren wird, der die ersten Vergleichsseile enthält, deren Wendel aus Stahl besteht, wobei Ergebnisse mit besser als 100 eingestuft werden, die eine Kilometerzahl bei der Fahrt im platten Zustand angeben, die besser ist als bei diesem ersten Vergleichsreifen, und umgekehrt bei Ergebnissen, die unter 100 liegen.

**[0105]** Die nachfolgende Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse für jeden Dauerfestigkeitstest.

Tabelle 3:

| Haltbarkeitsgrenze $\sigma_D$ (MPa) | Verschlechterung der Bruchkraft $\Delta F_m$ (%) |             |               | Kilometerzahl bei der Fahrt im platten Zustand |     |
|-------------------------------------|--|-------------|---------------|--|-----|
|                                     | innere Lage                                      | äußere Lage | gesamtes Seil |  |     |
| erstes Vergleichsseil               | 700  | 13,2        | 14,5          | 14,2   | 100 |
| zweites Vergleichsseil              | 735  | 8,5         | 11,3          | 10,8   | 85  |
| drittes Vergleichsseil              | 727  | 9,5         | 9,9           | 9,8  | 60  |
| erfindungsgemäßes Seil              | 744  | 8,6         | 10,6          | 10,1   | 222 |

**[0106]** Die Tabelle 3 zeigt, dass die Wendel aus einem thermotropen aromatischen Polyester dem erfindungsgemäßigen Seil eine Dauerfestigkeit bei der Fahrt im platten Zustand verleiht, die im Vergleich mit der Festigkeit, die mit einer Wendel aus Stahl oder Aramid erhalten wird, sehr deutlich besser ist. Die mit einer erfindungsgemäßigen Wendel erhaltene Kilometerzahl ist im Vergleich mit der Kilometerzahl, die mit einer Stahlwendel erhalten wird, mehr als 120 % gesteigert und im Vergleich mit der Kilometerzahl, die mit einer Aramidwendel erhalten wird, mehr als 160 % besser.

**[0107]** Die Tabelle 3 zeigt auch, dass die Wendel aus einem thermotropen aromatischen Polyester dem erfindungsgemäßigen Seil eine Ermüdungsfestigkeit verleiht, die besser ist als bei einer Stahlwendel (Haltbarkeitsgrenze im Zugschwellversuch um mehr als 40 MPa größer) oder mit einer Aramidwendel (Haltbarkeitsgrenze im Zugschwellversuch etwa 10 MPa besser).

**[0108]** Die Tabelle 3 zeigt ferner, dass die Wendel aus einem thermotropen aromatischen Polyester dem erfindungsgemäßigen Seil eine Beständigkeit der Drähte des Seils gegenüber Abrieb durch Reibverschleiß der Drähte des Seils verleiht, die im Vergleich mit der Festigkeit, die mit einer Stahlwendel erhalten wird, deutlich besser ist und die praktisch analog zu der Festigkeit ist, die mit einer Aramidwendel erhalten wird.

**[0109]** Diese Ergebnisse werden durch eine Untersuchung des erfindungsgemäßigen Seils nach dem Ermüdungstest im Querschnitt bestätigt, wodurch für die Drähte der äußeren Lage des Seils eine praktisch nicht vorhandene Abnutzung verifiziert werden kann.

### Patentansprüche

1. Metallseil, das für die Verstärkung einer Karkassenbewehrung eines Luftreifens verwendbar ist, beispielsweise eines Lastkraftwagenreifens, wobei das Seil eine textile Wendel enthält, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wendel aus einem thermotropen aromatischen Polyester oder einem thermotropen aromatischen Polyesteramid besteht.
2. Seil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wendel aus einem Monofilament besteht.
3. Seil nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Wendel eine Festigkeit über 180 cN/tex besitzt.
4. Seil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Wendel einen Anfangsmodul über 3.500 cN/tex aufweist.
5. Seil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wendel einen Durchmesser oder eine Dicke von 0,08 bis 0,40 mm besitzt.
6. Seil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wendel eine Bruchdehnung über 2,5 % hat.

7. Seil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wendel mit einer Schlaglänge von 3 bis 5, 5 mm über die äußere Lage gewickelt ist.
8. Seil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es vom mehrlagigen Typ ist.
9. Seil nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Seil der Formel  $(L + M)$  oder  $(L + M + N)$  entspricht, wobei es aus einer inneren Lage von  $L$  Drähten gebildet wird, die von mindestens einer Lage von  $M$  Drähten umgeben ist, die gegebenenfalls von einer äußeren Lage von  $N$  Drähten umgeben ist, wobei  $L$  im Bereich von 1 bis 4,  $M$  im Bereich von 3 bis 12 und  $N$  im Bereich von 8 bis 20 liegt.
10. Seil nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die innere Lage aus einem einzigen geraden Draht besteht, so dass das Seil der Formel  $(1 + M)$  oder  $(1 + M + N)$  entspricht.
11. Seil nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die innere Lage aus mehreren zueinander parallelen Drähten oder schraubenförmig mit einer endlichen Schlaglänge aufgewickelten Drähten besteht.
12. Verwendung eines Seils nach einem der vorhergehenden Ansprüche für die Verstärkung einer Karkassenbewehrung eines Luftreifens, beispielsweise eines Lastkraftwagenreifens.
13. Verbundmaterial, das als Karkassenbewehrungslage eines Luftreifens, wie eines Lastkraftwagenreifens, verwendbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Material eine Kautschukmischung umfasst, die mit Seilen nach einem der Ansprüche 1 bis 11 verstärkt ist.
14. Verbundmaterial nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Kautschukmischung auf mindestens einem Dienelastomer basiert, das unter den Polybutadienen, Naturkautschuk, synthetischen Polyisoprenen, Butadien-Styrol-Copolymeren, Isopren-Butadien-Copolymeren, Isopren-Styrol-Copolymeren, Butadien-Styrol-Isopren-Copolymeren und Gemischen dieser Elastomere ausgewählt ist.
15. Karkassenbewehrung eines Luftreifens, beispielsweise eines Lastkraftwagenreifens, dadurch gekennzeichnet, dass sie ein Verbundmaterial nach Anspruch 13 oder 14 enthält.
16. Luftreifen, beispielsweise Lastkraftwagenreifen, dadurch gekennzeichnet, dass er eine Karkassenbewehrung nach Anspruch 15 enthält.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen