



(10) **DE 101 64 226 C5** 2011.04.14

(12)

## Geänderte Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 64 226.1**  
(22) Anmeldetag: **31.12.2001**  
(43) Offenlegungstag: **17.07.2003**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **30.03.2006**  
(45) Veröffentlichungstag  
der geänderten Patentschrift: **14.04.2011**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **C04B 35/80** (2006.01)  
**C04B 35/577** (2006.01)  
**F16D 65/02** (2006.01)  
**F16D 69/02** (2006.01)

Patent nach Einspruchsverfahren beschränkt aufrechterhalten

(73) Patentinhaber:  
**AUDI AG, 85057 Ingolstadt, DE**

(72) Erfinder:  
**Bauer, Moritz, 86153 Augsburg, DE; Burkhart,  
Georg, Dr., 86420 Diedorf, DE; Christ, Martin,  
Dr., 86517 Wehringen, DE; Hüner, Ronald, Dr.,  
86674 Baar, DE; Kienzle, Andreas, Dr., 86672  
Thierhaupten, DE; Winkelmann, Peter, 86672  
Thierhaupten, DE; Zimmermann-Chopin, Rainer,  
Dr., 86679 Ellgau, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

<b>DE</b>	<b>197 11 829</b>	<b>C1</b>
<b>DE</b>	<b>199 39 545</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>197 11 829</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>44 38 456</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>44 38 455</b>	<b>A1</b>
<b>EP</b>	<b>11 24 074</b>	<b>A1</b>
<b>EP</b>	<b>11 24 071</b>	<b>A1</b>
<b>WO</b>	<b>99/41 069</b>	<b>A1</b>

(54) Bezeichnung: **Formkörper aus faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffen, Verfahren zu deren  
Herstellung und seine Verwendung**

(57) Hauptanspruch: Formkörper aus faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffen enthaltend Faserbündel, -kabel oder -stränge von Langfasern, mit mindestens einer zusätzlichen Deckschicht, dadurch gekennzeichnet, dass die Langfaserbündel, -kabel oder -stränge vollständig von einer kurzfaserverstärkten Matrix umhüllt sind, daß die Langfasern einen mittleren Durchmesser von 4 µm bis 12 µm und eine mittlere Länge von mindestens 50 mm, und die Kurzfasern einen mittleren Durchmesser von 4 µm bis 12 µm und eine mittlere Länge von höchstens 40 mm haben, und wobei die Deckschicht aus C/SiC mit einem höheren SiC-Gehalt als die Kernzone besteht.

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft Formkörper aus faserverstärkten keramische Verbundwerkstoffen. Insbesondere betrifft sie auch Bauteile aus faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffen in zentrosymmetrischer Gestalt, insbesondere zylindrische Scheiben, beispielsweise Reibkörper.

**[0002]** Für die Herstellung von tribologisch hochbelasteten Werkstoffen, die beispielsweise für Reibkörper wie Bremsscheiben und Kupplungsscheiben eingesetzt werden, sind kohlenstoffaserverstärkte Verbundwerkstoffe oder Keramiken, insbesondere mit SiC-haltiger Matrix, von besonderem Interesse. Diese Werkstoffe zeichnen sich durch hohe Temperaturbeständigkeit, geringen Verschleiß und gute tribologische Eigenschaften aus.

## Stand der Technik

**[0003]** In der DE 199 39 545 A1 wird vorgeschlagen, zur Erhöhung der Belastbarkeit und Leistungsfähigkeit gegenüber dem Stand der Technik Kupplungsscheiben mit Reibbelägen aus mit Kohlenstoffasern verstärktem Siliciumcarbid (SiC) zu verwenden. Über die genaue Natur des Werkstoffes wird hier keine Aussage gemacht.

**[0004]** Nachteilig bei diesem Werkstoff ist, daß die Herstellung einer dichten SiC-Matrix mit einer Faserverstärkung aus Kohlenstoffasern technisch nur aufwendig zu realisieren ist. Ein technischer Fortschritt bei der Materialsynthese ist dem gegenüber die Infiltration von mit Kohlenstoffasern verstärkten kohlenstoffhaltigen Vorkörpern mit flüssigem Silicium, wobei Verbundwerkstoffe entstehen, die Kohlenstoffasern als Verstärkungsfasern enthalten, und deren Matrix Phasen aus metallischem Silicium und Siliciumcarbid enthält.

**[0005]** Aus der DE 44 38 455 A1 ist bekannt, Reibeinheiten, insbesondere Brems- und Kupplungskörper aus C/C-SiC (mit Kohlenstoffasern verstärkten Werkstoffen, deren Matrix Silicium, Siliciumcarbid und Reste von Kohlenstoff enthält) durch Infiltration von mit Hohlräumen und Ausnehmungen versehenen porösen, mit Kohlenstoffasern verstärkten Kohlenstoffkörpern (C/C-Körpern) mit flüssigem Silicium zu erzeugen. Durch die Ausnehmungen und Hohlräume wird jedoch die Festigkeit des Körpers vermindert. Untersuchungen zeigen, daß selbst massive Scheiben für hohe Scheiben-Rotationsgeschwindigkeiten oder Drehzahlen ungeeignet sind, wie sie beispielsweise bei Kupplungsscheiben auftreten.

**[0006]** Aus der EP 1124074 A1 und der EP 1124071 A1 sind Bremsscheiben aus C/SiC (mit Kohlenstoffasern verstärkte keramische Verbundwerkstoffe, deren Matrix Siliciumcarbid enthält) und

Herstellungsverfahren für diese bekannt, bei denen neben einem mit Kohlenstoff-Kurzfaserbündeln verstärkten Grundmaterial auch Langfasern zur Verstärkung vorgesehen sind. Die Langfasern erstrecken sich um die Form der Bremsscheibe. Hierdurch soll das Rißwachstum gebremst und die Scheibenfestigkeit erhöht werden. Das Matrixmaterial dieser Scheiben ist einheitlich zusammengesetzt, dies führt zu einer homogenen Werkstoffzusammensetzung des Fertigteils.

**[0007]** In der Patentanmeldung DE 10157583.1 werden Reibkörper aus C/SiC mit einer Reibschicht beschrieben, die mit in der Scheibenebene ausgerichteten Langfasern verstärkt sind. Das die Langfasern umgebende C/SiC ist, ebenso wie die Deckschicht, kurzfaserverstärkt. Das Herstellungsverfahren geht von Einlegeteilen aus Langfaserbündeln in eine kurzfaserverstärkte Pressmasse aus. Die Reibschicht weist dabei einen geringeren Anteil an Kohlenstoff-Kurzfasern auf als die Kernzone.

**[0008]** Zur Erzielung hoher Langfasergehalte und einer über das gesamte Bauteil gleichmäßigen Langfaserverteilung sind beide genannten Herstellungsverfahren weniger geeignet. Beides ist aber Voraussetzung für eine weitere Steigerung der Festigkeit gegenüber rotierender Belastung.

## Aufgabenstellung

**[0009]** Aufgabe der Erfindung ist es daher, Formkörper, insbesondere Reibkörper, aus faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffen bereitzustellen, die gegenüber rotierender Beanspruchung, insbesondere bei hohen Drehzahlen, eine höhere Festigkeit aufweisen. Eine weitere Aufgabe ist es, ein technisch einfaches und kostengünstiges Verfahren zur Einbringung der Langfaserverstärkung zu finden. Weiter ist die Aufgabe, eine hinsichtlich der Reib- und Verschleißigenschaften optimierte Deckschicht für diese Reibkörper zur Verfügung zu stellen.

**[0010]** Die Aufgaben waren gelöst durch einen Formkörper gemäß Anspruch 1 und das Verfahren gemäß Anspruch 9.

**[0011]** Die Erfindung betrifft daher Formkörper aus faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffen mit mindestens einer zusätzlichen Deckschicht, wobei die Verbundwerkstoffe Faserbündel, -kabel oder -stränge von Langfasern enthalten, die vollständig von einer kurzfaserverstärkten Matrix umhüllt sind, und wobei die Langfasern einen mittleren Durchmesser von 4 µm bis 12 µm und eine mittlere Länge von mindestens 50 mm, und die Kurz-Fasern einen mittleren Durchmesser von 4 µm bis 12 µm und eine mittlere Länge von höchstens 40 mm haben, und die Deckschicht aus C/SiC mit einem höheren SiC-Gehalt als die Kernzone besteht. Die Verstärkungsfasern, d. h.

die Kurz- und Langfasern, haben dabei unabhängig voneinander einen mittleren Durchmesser von 4 µm bis 12 µm, bevorzugt 5 µm bis 10 µm, und insbesondere 6 µm bis 8 µm. Bevorzugt handelt es sich bei den Verstärkungsfasern um Kohlenstofffasern. Die kurzfaserverstärkte Matrix und die Deckschicht sind jeweils bevorzugt aus C/SiC.

**[0012]** Weiter betrifft die Erfindung Reibkörper in Form von zylindrischen Scheibe oder Kreisringscheiben, die zusätzlich mindestens eine Deckschicht bevorzugt aus einem gleichartigen kurzfaserverstärktem Matrixmaterial mit niedrigerem Fasergehalt umfassen. Die Erfindung betrifft ebenfalls ein Verfahren zur Herstellung von Formkörpern aus faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffen.

**[0013]** Bei diesen keramischen Verbundwerkstoffen handelt es sich bevorzugt um C/SiC-Keramiken, die als Verstärkungsfasern Kohlenstofffasern und als Matrix hauptsächlich Phasen aus Siliciumcarbid und Silicium enthalten.

**[0014]** Bei diesen Formkörpern kann im allgemeinen zwischen einer Kernzone and mindestens einer Deckschicht unterschieden werden, wobei die Deckschicht bezüglich ihrer tribologischen Eigenschaften optimiert ist. Die Deckschicht ist dabei typischerweise als Reibschicht ausgebildet und besitzt einen höheren SiC-Gehalt als die Kernzone. Bevorzugt beträgt der Massenanteil an SiC in der Deck- oder Reibschicht mindestens das 1,1-fache des Massenanteils des SiC in der Kernzone.

**[0015]** Die Kernzone enthält Langfaserbündel, -stränge oder -kabel und durch Kurzfasern oder Kurzfaserbündel verstärktes C/SiC. Bei beiden Fasern handelt es sich üblicherweise um kohlenstoffhaltige Fasern, bevorzugt Kohlenstoff- oder Graphit-Fasern. Bevorzugt liegt die Summe der Massenanteile beider Fasern in der Kernzone im Bereich von 20 bis 90%, der Massenanteil an SiC bei 30 bis 70% und der Massenanteil an Silicium bei 0 bis 30%. Dabei ist der Massenanteil für eine bestimmte Komponente in üblicher Weise definiert als Verhältnis der Masse dieser Komponente zur Masse der Mischung. In der Deckschicht liegt der Massenanteil der Fasern typischerweise bei 0 bis 35%, der Massenanteil an Siliciumcarbid bei 45 bis 100% und der Massenanteil an Silicium bei 0 bis 30%. Der Massenanteil an SiC in der Deckschicht ist bevorzugt um mindestens 10% höher (also mindestens das 1,1-fache) als in der Kernzone, und die Dichte der Deckschicht ist um mindestens 5% höher als die der Kernzone. Es wurde gefunden, daß hierdurch die gewünschten tribologischen Eigenschaften der Deckschicht hervorgerufen werden. Es ist jedoch auch möglich, Kernzone and Deckschicht mit nahezu gleicher Zusammensetzung auszuführen. Dies ist insbesondere dann möglich, wenn die Kernzone bereits einen relativ hohen SiC-Gehalt aufweist.

**[0016]** Für tribologische Anwendungen wie Reibscheiben liegt die Dicke der SiC-reichen Deckschicht oder Reibschicht üblicherweise bei mindestens 0,1 mm, bevorzugt mindestens 0,3 mm und besonders bevorzugt mindestens 1 mm.

**[0017]** Das angepasste Herstellungsverfahren sieht vor, dass im ersten schritt eine Mischung hergestellt wird aus Kohlenstoff-Langfasern, die mit einer Kurzfaserbündelmasse beschichtet worden sind, und Bindemitteln ausgewählt aus Harzen und Pechen, diese Mischungen im zweiten Schritt unter erhöhtem Druck und/oder unter erhöhter Temperatur zur Erzeugung eines Grünlings in einer Form gepresst werden, im dritten Schritt die Carbonisierung und/oder Graphitierung des Grünlings zur Herstellung eines porösen Formkörpers vorgenommen wird, und im vierten Schritt durch Infiltrieren des porösen Formkörpers mit einer Silicium-Schmelze und mindestens partielle Reaktion des Kohlenstoffs zu SiC ein C/SiC-Formkörper gebildet wird, wobei die Langfasern in Vorzugsrichtung gewickelt oder abgelegt werden, und dass eine Deckschicht aufgebracht wird.

**[0018]** Die Reibschicht beziehungsweise deren Vormaterial kann vor dem Aushärten oder vor der Keramisierung (hier vor der Carbonisierung oder vor der Silicierung) auf den Kernkörper aufgebracht werden.

**[0019]** Als Langfasern werden hier solche Fasern bezeichnet, die eine mittlere Länge von mindestens 50 mm, bevorzugt mindestens 75 mm, und insbesondere mindestens 100 mm aufweisen.

**[0020]** Als Kurzfasern werden hier solche Fasern bezeichnet, die eine mittlere Länge von höchstens 40 mm, bevorzugt maximal 20 mm, und insbesondere maximal 10 mm aufweisen.

**[0021]** In dem in den genannten Dokumenten beschriebenen Stand der Technik werden diskrete Lagen aus Langfasern erzeugt, die sich zwischen einer oberen und einer unteren C/SiC-Schicht befinden, wodurch eine Abfolge von langfaserverstärktem und unverstärktem C/SiC in Richtung senkrecht zur Scheibenfläche entsteht. Demgegenüber wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren jedes Faserkabel vollständig mit dem Vorläufer-Material der Matrix, z. B. einer C/SiC-Matrix, umhüllt und übereinander oder nebeneinander abgelegt, oder gewickelt. Hierdurch ergeben sich keine unerwünschte Gradienten des Langfasergehaltes senkrecht oder parallel zur Scheibenfläche.

**[0022]** Das bevorzugte Verfahren zur Herstellung der Formkörper aus faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffen ist die Flüssigsilicierung von C/C-Vorkörpern (im englischen auch als "CFC", carbon fibre-reinforced carbon, bezeichnet) zur Herstellung von C/SiC.

**[0023]** Solche Verfahren zur Herstellung von C/SiC-Verbundkörpern sind beispielsweise aus der DE-A 198 56 721, der DE-C 197 11 829, der DE-C 44 38 455 und der DE-A 197 10 105 bekannt.

**[0024]** Diese Verfahren umfassen im allgemeinen die folgenden Schritte:

1. Herstellen einer Mischung aus kohlenstoffhaltigen Lang- oder Kurzfasern, die gebündelt sein können und/oder mit einer Beschichtung überzogen worden sein können, und Bindemitteln, wie beispielsweise Harz und/oder Pech, sowie gegebenenfalls weiteren Füllmitteln
2. Formgebung and Härtung dieser faserstoffhaltigen Mischungen unter erhöhtem Druck und/oder erhöhter Temperatur zur Erzeugung eines Grünlings
3. Carbonisierung oder Graphitierung des Grünlings zur Herstellung eines porösen Formkörpers, insbesondere eines aus kohlenstofffaserverstärktem Kohlenstoff bestehenden Formkörpers (CFC oder C/C)
4. Infiltrieren des porösen Formkörpers mit einer Silicium-Schmelze und mindestens partielle Reaktion des Kohlenstoffs zu SiC unter Bildung eines C/SiC Formkörpers

**[0025]** Im erfindungsgemäßen Verfahren werden die Langfasern mit einer Kurzfaserbündelmasse beschichtet und in Vorzugsrichtung gewickelt oder abgelegt. Die Kurzfaserbündelmasse ist so gestaltet, daß sich nach deren Silicierung ein kurzfaserverstärktes C/SiC ausbildet, das die Langfasern umhüllt.

**[0026]** Die Langfasern liegen typischerweise als Bündel, Roving, oder Kabel vor. Dabei ist es von Vorteil, wenn die einzelnen Filamente oder auch die Bündel mit carbonisierbarem Material oder Kohlenstoff beschichtet sind. Als Langfasermaterial eignet sich ebenso zu dünnen Streifen geschnittenes Fasergewebe, da hier eine besonders gute Verzahnung zwischen den einzelnen Filamenten stattfindet. Im folgenden sollen derartige Langfasern gemeinsam als Faserstrang bezeichnet werden.

**[0027]** Die Einstellung der bevorzugten Hauptrichtung der Faserstränge in Umfangsrichtung kann auf verschiedene Weise mit unterschiedlichen geometrischen Varianten erfolgen, von denen im Folgenden einige bevorzugte Varianten beschrieben sind. Dabei ist es wesentlich, daß keine Knicke oder Krümmungen mit geringen Krümmungsradius gebildet werden. Bevorzugt beträgt der Krümmungsradius mindestens 5 mm, besonders bevorzugt mindestens 10 mm.

**[0028]** Bevorzugte Ausführungsformen für die Anordnung von Langfasern in den erfindungsgemäßen Formkörpern sind beispielsweise:

- a) die Langfasern bilden eine zur Scheibe konzentrische Spirale
- b) die Langfasern bilden Wellenzüge, wobei deren Maxima und Minima auf konzentrischen Kreisen um den Mittelpunkt einer Kreisscheibe liegen, die den Umriß des Formkörpers wiedergibt,
- c) die Langfasern bilden abwechselnd oder in beliebiger Reihenfolge wechselnd mit unterschiedlichen Radien Wellenzüge wie unter b) beschrieben und Kreise, beide jeweils konzentrisch um den Mittelpunkt der Kreisscheibe
- d) die Langfasern bilden den Umriß eines stilisierten drei-, vier- oder mehrblättrigen Kleeblatts
- e) die Langfasern bilden ein Pentagramm mit abgerundeten Ecken
- f) die Langfasern bilden konzentrische Kreisbahnen mit Epizyklen

**[0029]** Selbstverständlich können auch mehrere dieser Anordnungen in einem Formkörper beispielsweise in verschiedenen Ebenen kombiniert werden. In allen Fällen ist es wesentlich, daß die Langfasern beim Legen der Anordnungen nicht geknickt werden; bevorzugt sind die Krümmungsradien mindestens das fünffache, besonders bevorzugt das zehnfache, und insbesondere das fünfzigfache des Faserdurchmessers der Einzelfasern. Soweit spitze Winkel gebildet werden sollen, ist es bevorzugt, die Langfasern an diesen Stellen zu trennen und im spitzen Winkel miteinander zu verkleben. Ebenso werden die Langfasern, die eine konzentrische Lage bilden, an ihrer Stoßstelle bevorzugt verklebt. Es ist bevorzugt darauf zu achten, daß innerhalb eines Kreissektors mit einem Öffnungswinkel von 5°, bevorzugt innerhalb von 10°, nicht mehrere solcher Stoßstellen oder Klebestellen sind.

**[0030]** Bei der Ausführungsform gemäß a) wird ein Langfaserkabel, das mit Kurzfaserbündelmasse beschichtet ist, um einen entfernbaren Kern aufgewickelt. Dabei ergibt sich eine spiralförmige Ausrichtung der Langfasern in der Scheibenebene. Hierdurch wird eine Scheibe bzw. ein flacher Zylinder gebildet.

**[0031]** In anderen bevorzugten Varianten werden die beschichteten Langfaserstränge in verschiedenen geometrischen Mustern abgelegt oder geflochten, wobei sich als resultierende Ausrichtung eine Vorzugsrichtung in Umfangsrichtung bzw. in konzentrischen Kreisen um den Mittelpunkt des scheibenförmigen Formkörpers ergibt. Typische weitere Beispiele der Faserausrichtung entsprechen den Ausführungsformen b) bis f). Zur Fadenführung der Faserstränge werden dabei typischerweise entfernbare Dome verwendet. Die Höhe des Geleges entspricht im wesentlichen der Dicke der zu fertigenden Scheibe. Zur Erzielung einer höchstmöglichen Festigkeit und Stabilität bei hohen Rotationsgeschwindigkeiten ist es vorteilhaft, möglichst das gesamte Volumen des

Formkörpers mit den beschichteten Fasersträngen zu füllen. Verbleibende Zwickel werden mit der Kurzfasern enthaltenden Masse aufgefüllt. Wichtig für die Anordnungen ist, daß Stoßstellen nicht innerhalb eines engen Winkelbereichs der Scheibe gebildet werden, sondern möglichst gleichmäßig über den Umfang verteilt sind.

**[0032]** Bei allen Varianten ist es auch möglich, die Faserbündel oder Faserstränge zuvor um ihre Längsachse zu verdrehen, wodurch sich eine bessere Verzahnung der Verstärkungsfasern ergibt.

**[0033]** Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich auf einfache Weise auch sehr hohe Volumenanteile an Langfasern in der Kernzone mit über 50% realisieren. Obwohl der Verstärkungseffekt bereits bei einem Volumenanteil von mindestens 20% an Langfasern in der Kernzone deutlich zu bemerken ist, werden gerade für Kupplungsscheiben höchste Anteile von bis zu 90% angestrebt.

**[0034]** Die mit den Langfasergelegten in der beschriebenen Weise gefertigten Formkörper, bevorzugt in der Form von Scheiben, werden zur Herstellung von Grünkörpern thermisch ausgehärtet. Typischerweise geschieht dies in einer beheizten Preßvorrichtung. Sollen auf die Deckflächen der Scheibe Reibschichten aufgebracht werden, so werden diese bevorzugt beim Preßvorgang in Form hierfür geeigneter Kurzfaserbündelmassen oder Massen aus Kohlenstoffmaterial in die Presse eingebracht. Ebenso ist es aber auch möglich, die Masse für die Reibschichten separat zu fertigen and erst später auf den Grünkörper oder den carbonisierten Grünkörper aufzubringen.

**[0035]** Für die Beschichtung der Faserstränge werden bevorzugt faserstoffbündelhaltige Massen oder Kurzfaserbündelmassen verwendet. Sie sind typischerweise aus Kurzfaserbündeln, Bindern und/oder Kohlenstoffmaterial aufgebaut. Bevorzugt bestehen die Kurzfaserbündelmassen nahezu vollständig aus mit kohlenstoffhaltigem Material beschichteten Kurzfasern, besonders bevorzugt aus mit Kohlenstoff beschichteten Kurzfasern.

**[0036]** Kurzfaserbündelmassen werden besonders bevorzugt durch Zerkleinern von mit Kohlenstoff beschichteten Fasermatten, oder -platten hergestellt, die typischerweise durch ein- oder mehrmaliges Carbonisieren und Imprägnieren mit Pechen and/oder Harzen hergestellt wurden.

**[0037]** Die Haftung der Kurzfaserbündelmasse auf den Langfasern wird sichergestellt entweder durch klebrige Binder auf den Langfasern, oder durch klebrige Binder in der Kurzfaserbündelmasse.

**[0038]** Für die Anwendung als Reibscheibe, insbesondere Bremsscheibe oder besonders bevorzugt Kupplungsscheibe werden die Formkörper als Scheiben ausgebildet, die zumindest auf einer der flachen Oberflächen eine tribologisch aktive Deckfläche aufweisen. Je nach Anwendungsprinzip können aber auch die anderen Flächen des Reibkörpers, nämlich die (äußeren und inneren) Mantelflächen, als Reibflächen ausgebildet sein.

**[0039]** Die erfindungsgemäßen faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffe lassen sich mit Vorteil zur Herstellung von Kupplungsscheiben mit hohen Rotationsgeschwindigkeiten verwenden, da sie durch die erfindungsgemäße Verstärkung mit Langfasern bzw. Langfaser-Anordnungen erhöhte Berstdrehzahlen aufweisen.

### Patentansprüche

1. Formkörper aus faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffen enthaltend Faserbündel, -kabel oder -stränge von Langfasern, mit mindestens einer zusätzlichen Deckschicht, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Langfaserbündel, -kabel oder -stränge vollständig von einer kurzfaserverstärkten Matrix umhüllt sind, daß die Langfasern einen mittleren Durchmesser von 4 µm bis 12 µm und eine mittlere Länge von mindestens 50 mm, und die Kurzfasern einen mittleren Durchmesser von 4 µm bis 12 µm und eine mittlere Länge von höchstens 40 mm haben, und wobei die Deckschicht aus C/SiC mit einem höheren SiC-Gehalt als die Kernzone besteht.
2. Formkörper nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Langfasern Kohlenstofffasern und/oder Graphitfasern sind.
3. Formkörper nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kurzfasern Kohlenstofffasern und/oder Graphitfasern sind.
4. Formkörper nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix Siliciumcarbid enthält.
5. Formkörper nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix metallisches Silicium enthält.
6. Formkörper nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Summe der Massenanteile in der Kernzone von Lang- und Kurzfasern im Bereich von 20% bis 90% liegt.
7. Formkörper nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Massenanteil an SiC 30% bis 70% beträgt.

8. Formkörper nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Massenanteil an Silicium bis zu 30% beträgt.

9. Verfahren zur Herstellung von Formkörpern aus faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im ersten Schritt eine Mischung hergestellt wird aus Kohlenstoff-Langfasern mit einem mittleren Durchmesser von 4  $\mu\text{m}$  bis 12  $\mu\text{m}$  und einer mittleren Länge von mindestens 50 mm, die mit einer Kurzfaserbündelmasse enthaltend Kurzfasern mit einem mittleren Durchmesser von 4  $\mu\text{m}$  bis 12  $\mu\text{m}$  und einer mittleren Länge von 40 mm beschichtet worden sind, und Bindemitteln ausgewählt aus Harzen und Pech, diese Mischungen im zweiten Schritt unter erhöhtem Druck und/oder erhöhter Temperatur zur Erzeugung eines Grünlings in einer Form gepresst werden, im dritten Schritt die Carbonisierung und/oder Graphitierung des Grünlings zur Herstellung eines porösen Formkörpers vorgenommen wird, und im vierten Schritt durch Infiltrieren des porösen Formkörpers mit einer Silicium-Schmelze und mindestens partielle Reaktion des Kohlenstoffs zu SiC ein C/SiC-Formkörper gebildet wird, in dem Faserbündel, -kabel oder -stränge von Langfasern enthalten sind, welche vollständig von einer kurzfaserverstärkten Matrix umhüllt sind, wobei die Langfasern in Vorzugsrichtung gewickelt oder abgelegt werden, und dass eine Deckschicht aufgebracht wird.

10. Verwendung von Formkörpern nach Anspruch 1 zur Herstellung von Kupplungs- oder Bremsscheiben.

11. Verwendung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbundwerkstoffe in die Form von zylindrischen Scheiben oder Kreisringscheiben als Kernzone gebracht werden.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen