

WÄRMELEITENDES VERBUNDELEMENT AUF BASIS VON EXPANDIERTEM GRAPHIT

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein wärmeleitendes Verbundelement auf Basis von expandiertem Graphit, ein Verfahren zu dessen Herstellung sowie dessen Verwendung.

- 10 Derartige wärmeleitende Verbundelemente werden beispielsweise als Wärmeleitelemente in Flächenkühlungen und Flächenheizungen, wie beispielsweise in Fußboden-, Wand- und Deckenheizungen, eingesetzt, um die von der Flächenkühlung abgegebene Kälte bzw. die von der Flächenheizung abgegebene Wärme in der Fläche gleichmäßig zu verteilen und an den diese umgebenden Raum abzugeben,
- 15 um so ein angenehmes Raumklima zu erzielen. Dabei umfassen solche Verbundelemente üblicherweise eine Wärmeleitplatte, in welche ein von einem Wärmetransfermedium durchströmbarer Rohrkörper, wie beispielsweise eine Rohrschlange bzw. ein Rohrmäander, eingebettet ist. Alternativ dazu können derartige Wärmeleitplatten auch ohne darin eingebettete Rohrkörper eingesetzt werden, wie
- 20 beispielsweise bei der Betonkernaktivierung, bei welcher Wärmeleitplatten unterhalb einer Betondecke angeordnet sind, in welcher der von dem Wärmetransfermedium durchströmbare Rohrkörper angeordnet ist.

- Um eine gute Wärmeverteilung in der Fläche zu erreichen, enthalten solche Wärmeleitplatten häufig expandierten Graphit. Expandierter Graphit wird durch Expansion von Naturgraphit hergestellt, indem in Graphit zunächst eine interkalierende Verbindung, wie beispielsweise Schwefelsäure, eingelagert wird, bevor der so behandelte Graphit durch Erhitzen um einen Faktor von 200 bis 500 expandiert wird. Graphit besteht bekanntermaßen aus einzelnen Graphenschichten, in denen
- 30 Kohlenstoffatome kovalent miteinander verbunden sind, wohingegen die einzelnen

Schichten nur schwach miteinander verbunden sind. Aufgrund dieses Aufbaus weist Graphit anisotrope Eigenschaften und insbesondere eine anisotrope Wärmeleitfähigkeit auf, wobei die Wärmeleitfähigkeit in der Ebene der Graphenschichten größer ist als in der dazu senkrechten Richtung. Nach der Expansion wird der Graphit wieder verdichtet, aber auf eine geringere Dichte als die Ausgangsdichte, so dass sich die Graphenschichten des Graphits bevorzugt senkrecht zu der Einwirkungsrichtung des Drucks anordnen und sich die einzelnen bei der Expansion gebildeten Graphitaggregate miteinander verhaken, um dadurch ohne den Zusatz von Bindemitteln selbsttragende, flächige Platten herzustellen. Derartige Platten weisen einen hohen Anisotropiegrad bezüglich der Wärmeleitfähigkeit und eine hohe Wärmeleitfähigkeit in der Ebene bzw. Fläche der Platte auf. Zudem weist expandierter Graphit aufgrund seiner hohen Wärmeleitfähigkeit und hohen Porosität eine gewisse Wärmespeicherkapazität auf. Aufgrund ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit in der Ebene und ihrer Wärmespeicherkapazität erreichen solche über einem von einem Wärmetransfermedium durchströmten Rohrkörper, wie Rohrmäander bzw. Rohrschlange, angeordnete Wärmeleitplatten aus expandiertem Graphit selbst über große Flächen hinweg eine gleichmäßige Wärmeverteilung und geben die ihnen von dem Rohrkörper zugeführte Wärme gleichmäßig an den diese umgebenden Raum ab.

Allerdings ist expandierter Graphit vergleichsweise weich, weswegen aus expandiertem Graphit bestehende Wärmeleitplatten materialbedingt eine geringe Festigkeit sowie eine geringe Steifigkeit aufweisen. Diese Platten sind daher, obwohl sie grundsätzlich selbsttragend sind, ohne zusätzliche Versteifungen nicht für die Verwendung im Baubereich geeignet.

Um die Steifigkeit von Wärmeleitplatten aus expandiertem Graphit zu erhöhen, ist es bereits vorgeschlagen worden, dem expandierten Graphit einen oder mehrere organische Füllstoffe zuzusetzen. Aus der DE 10 2009 055 442 A1 ist beispielsweise eine Wärmeleitplatte bekannt, welche ein verfestigtes Gemisch aus Gra-

phitpartikeln und Kunststoffpartikeln enthält, wobei die Graphitpartikel vorzugsweise aus expandiertem Graphit bestehen. Um eine ausreichende Steifigkeit zu erreichen, enthält das Gemisch vorzugsweise 20 bis 50 Gew.-% Kunststoffpartikel, wie beispielsweise Polyvinylchloridpartikel. Aufgrund des hohen Anteils von organischen Füllstoffpartikeln weisen diese Wärmeleitplatten jedoch eine hohe Brandlast auf, so dass diese aus sicherheitstechnischen Gründen unbefriedigend sind.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein plattenförmiges wärmeleitendes Bauelement bereitzustellen, welches eine hervorragende Wärmeleitfähigkeit insbesondere in der Ebene, eine hohe Festigkeit sowie eine hohe Steifigkeit aufweist, so dass dieses als Wärmeleitelement in Flächenkühlungen und Flächenheizungen, wie beispielsweise in Fußboden-, Wand- und Deckenheizungen, eingesetzt werden kann.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch die Bereitstellung eines wärmeleitenden Verbundelements, welches wenigstens einen expandierten Graphit enthaltenden Formkörper sowie wenigstens ein auf wenigstens einer Seite des Formkörpers angeordnetes textiles Flächengebilde umfasst, wobei das wenigstens eine textile Flächengebilde mit dem Formkörper über einen anorganischen Klebstoff verbunden ist.

Diese Lösung basiert auf der überraschenden Erkenntnis, dass durch das Aufkleben eines textilen Flächengebildes auf wenigstens eine Seite eines Formkörpers auf Basis von expandiertem Graphit die Steifigkeit des Formkörpers aus expandiertem Graphit beträchtlich erhöht werden kann, ohne dass dem expandierten Graphit ein versteifendes Material, wie beispielsweise ein organischer Füllstoff, zugesetzt werden muss. Dies beruht darauf, dass aufgrund der niedrigen Elastizität bei gleichzeitig hoher Zugfestigkeit der in dem textilen Flächengebilde enthaltenen Fasern die Biegefestigkeit des Formkörpers erheblich erhöht wird, weil bei der Einwirkung von Biegekräften auf das Verbundelement die Fasern in dem texti-

len Flächengebilde auf Zug beansprucht werden und wegen ihrer niedrigen Elastizität und hohen Zugfestigkeit die Biegekräfte aufnehmen, ohne sich signifikant auszudehnen. Indem so durch das Vorsehen des textilen Flächengebildes auf wenigstens einer Seite des Formkörpers auf Basis von expandiertem Graphit die

5 Steifigkeit des Formkörpers beträchtlich erhöht wird, kann bei dem erfindungsgemäßen wärmeleitenden Verbundelement auf den Zusatz von organischen Füllstoffen, welche wie dargelegt eine hohe Brandlast aufweisen, zu dem expandierten Graphit verzichtet werden. Da ferner zum Verkleben des textilen Flächengebildes mit dem Formkörper aus expandiertem Graphit ein anorganischer Klebstoff eingesetzt

10 wird, welcher keine Brandlast aufweist, wird ein wärmeleitendes Verbundelement erhalten, welches keine Brandlast oder allenfalls eine sehr niedrige Brandlast aufweist. Zudem zeichnet sich das erfindungsgemäße Verbundelement aufgrund des in dem Formkörper enthaltenden expandierten Graphits durch eine hervorragende Wärmeleitfähigkeit insbesondere in der Ebene und aufgrund der

15 vergleichsweise geringen Dichte von expandiertem Graphit durch ein vergleichsweise geringes Gewicht aus. Aufgrund seiner geringen Brandlast, seiner hervorragenden Wärmeleitfähigkeit insbesondere in der Ebene, seiner hohen Festigkeit, seinem geringen Gewicht sowie seiner hohen Steifigkeit eignet sich das erfindungsgemäße Verbundelement unter anderem hervorragend zur Verwendung als

20 Wärmleitelement in Flächenkühlungen und Flächenheizungen, wie beispielsweise in Fußboden-, Wand- und Deckenheizungen.

Unter textilen Flächengebilden werden im Sinne der vorliegenden Erfindung alle Flächengebilde verstanden, welche Fasern enthalten.

25

Wie dargelegt, eignet sich das erfindungsgemäße wärmeleitende Verbundelement insbesondere zur Verwendung in einer Flächenkühlung oder in einer Flächenheizung, wie insbesondere in einer Fußboden-, Wand- oder Deckenheizung. Zu diesem Zweck umfasst das erfindungsgemäße Verbundelement gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung einen von einem Wärme-

30

transfermedium, also Heizmedium oder Kühlmedium, durchströmbaren Rohrkörper, welcher vorzugsweise in den wenigstens einen expandierten Graphit enthaltenden Formkörper eingebettet ist. Dabei kann der Rohrkörper teilweise oder vollständig in den wenigstens einen expandierten Graphit enthaltenden Formkörper eingebettet sein, wobei es jedoch besonders bevorzugt ist, dass der Rohrkörper vollständig und zumindest im Wesentlichen mittig in dem wenigstens einen expandierten Graphit enthaltenden Formkörper eingebettet ist. Wenn das Verbundelement mehrere expandierten Graphit enthaltende Formkörper enthält, wie beispielsweise zwei solche Formkörper, kann der Rohrkörper auch zwischen den beiden Formkörpern eingebettet sein, was aufgrund der hohen Komprimierbarkeit von expandiertem Graphit beispielsweise dadurch erreicht werden kann, dass der Rohrkörper zwischen den beiden expandierten Graphit enthaltenden Formkörpern angeordnet wird und der so hergestellte Aufbau dann verpresst wird, um den in den Formkörpern enthaltenen expandierten Graphit zu verdichten und so gleichzeitig den Rohrkörper in dem expandierten Graphit einzubetten.

Bei dem Rohrkörper kann es sich um jeden in Flächenkühlungen und Flächenheizungen üblicherweise eingesetzten Rohrkörper handeln, wie beispielsweise um einen mäanderförmig oder spiralförmig ausgestalteten Rohrkörper. Unabhängig von der konkreten Ausgestaltung des Rohrkörpers enthält der bzw. einer der den Rohrkörper umgebenden Formkörper zwei Löcher, von denen eines als Eingang für ein Ende des Rohrkörpers und das andere als Ausgang für das andere Ende des Rohrkörpers fungiert.

Um eine gute Wärmeleitung zwischen dem Rohrkörper und dem expandierten Graphit des wenigstens einen Formkörpers zu erreichen, wird es in Weiterbildung des Erfindungsgedankens vorgeschlagen, dass der Rohrkörper aus Kunststoff, Keramik, Graphit oder Metall, wie besonders bevorzugt Kupfer, besteht.

Wie vorstehend dargelegt ist der Rohrkörper rein optional, da das erfindungsgemäße Verbundelement auch ohne darin eingebetteten Rohrkörper zur Raumklimatisierung verwendet werden kann, wie beispielsweise zur Betonkernaktivierung, indem das Verbundelement unterhalb einer Betondecke angeordnet wird, in welcher der von dem Kälte- oder Wärmetransfermedium durchströmbare Rohrkörper angeordnet ist.

Erfindungsgemäß ist der wenigstens eine Formkörper mit dem textilen Flächengebilde über einen anorganischen Klebstoff verbunden, weil anorganische Klebstoffe den Vorteil aufweisen, eine hohe Klebkraft, aber keine Brandlast oder allenfalls eine geringe Brandlast aufzuweisen. Als anorganische Füllstoffe können alle bekannten verwendet werden, wie insbesondere anorganische Klebstoffe, welche aus der Gruppe ausgewählt sind, welche aus Silikaten, kolloidaler Kieselsäure, Phosphaten, Oxiden, Sulfaten, Boraten und beliebigen Mischungen von zwei oder mehr der vorgenannten Klebstoffarten besteht.

Vorzugsweise ist der anorganische Klebstoff zwischen dem Formkörper und dem textilen Flächengebilde in einer Menge von 10 bis 1.000 g/m², besonders bevorzugt von 100 bis 500 g/m² und ganz besonders bevorzugt von 200 bis 300 g/m², wie beispielsweise etwa 250 g/m², vorgesehen.

Besonders gute Ergebnisse werden erhalten, wenn der anorganische Klebstoff ein Geopolymer und/oder Wasserglas ist. Bei Geopolymeren handelt es sich allgemein um silikatbasierte Klebstoffe und bei Wasserglas um aus einer Schmelze erstarrte, amorphe und wasserlösliche Natrium-, Lithium- und Kaliumsilicate, so dass der Begriff Geopolymer Wasserglas umfasst. Wasserglas ist dabei für das Verbundelement der vorliegenden Erfindung besonders bevorzugt, weil sich Wasserglas neben einer hohen Benetzbarkeit auf fast allen Oberflächen auch und insbesondere durch eine hohe Festigkeit, eine hohe Hitzebeständigkeit und eine

schnelle Härtung auszeichnet. Abgesehen davon ist Wasserglas vergleichsweise kostengünstig.

Wie vorstehend dargelegt, wird durch das Aufkleben des wenigstens einen textilen
5 Flächengebildes auf wenigstens eine Seite des wenigstens einen Formkörpers auf
Basis von expandiertem Graphit die Steifigkeit des Formkörpers beträchtlich erhöht. Dieser Effekt wird insbesondere gut erreicht, wenn das wenigstens eine textile Flächengebilde aus der Gruppe ausgewählt ist, welche aus Vliesen, Gele-
10 gen, Geweben, Gewirken, Gestricken, Filzen, Papier, Karton und beliebigen Mischungen von zwei oder mehr der vorgenannten Flächengebildearten besteht.
Wie vorstehend dargelegt wird gemäß der vorliegenden Erfindung unter einem textilen Flächengebilde jedes Flächengebilde verstanden, welches Fasern enthält, also auch Papier und Karton, welche Cellulosefasern enthalten. Gute Ergebnisse werden insbesondere mit Geweben und Vliesen erhalten, weswegen diese gemäß
15 der vorliegenden Erfindung als textiles Flächengebilde besonders bevorzugt sind.

Grundsätzlich kann das in dem erfindungsgemäßen Verbundelement vorgesehene textile Flächengebilde Fasern aus allen dem Fachmann bekannten Materialien enthalten. Gute Ergebnisse werden insbesondere mit textilen Flächengebilden auf
20 Basis von Fasern erhalten, welche aus der Gruppe ausgewählt sind, welche aus Glasfasern, Carbonfasern, Hanffasern, Mineralfasern, zementbeschichteten Mineralfaserstrukturen, Cellulosefasern und beliebigen Mischungen von zwei oder mehr der vorgenannten Faserarten besteht. Dabei sind aufgrund ihrer hervorragenden Zugfestigkeit Glasfasern, Carbonfasern und Mineralfasern besonders
25 bevorzugt, wobei aufgrund ihres vergleichsweise niedrigen Preises Glasfasern ganz besonders bevorzugt sind.

Gemäß einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist das wenigstens eine in dem erfindungsgemäßen Verbundelement
30 enthaltene textile Flächengebilde ein Glasfasergewebe oder ein Glasfaservlies.

Vorzugsweise ist das wenigstens eine in dem erfindungsgemäßen Verbundelement enthaltene textile Flächengebilde aus Fasern aufgebaut, welche eine Länge von 0,1 bis 100 mm, bevorzugt von 1 bis 50 mm und besonders bevorzugt von 5 bis 20 mm aufweisen.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist das wenigstens eine textile Flächengebilde aus Fasern aufgebaut ist, welche einen Durchmesser von 1 bis 100 µm, bevorzugt von 5 bis 50 µm und besonders bevorzugt von 10 bis 15 µm aufweisen.

Um eine ausreichende Erhöhung der Steifigkeit des wenigstens einen in dem erfindungsgemäßen Verbundelement vorgesehenen Formkörpers auf Basis von expandiertem Graphit zu erreichen, wird es in Weiterbildung des Erfindungsgedankens vorgeschlagen, dass das wenigstens eine textile Flächengebilde eine Dicke von 0,1 bis 1,0 mm, bevorzugt von 0,2 bis 0,8 mm und besonders bevorzugt von 0,4 bis 0,6 mm aufweist.

Um als Wärmeleitelement eingesetzt werden zu können, ist der wenigstens eine expandierten Graphit enthaltende Formkörper, welcher die Form des erfindungsgemäßen Verbundelements bestimmt, zumindest im Wesentlichen plattenförmig ausgebildet ist, wobei das wenigstens eine textile Flächengebilde auf der Ober- und/oder Unterseite des plattenförmigen Formkörpers, also auf einer der oder den beiden größten Flächen des Formkörpers, angeordnet ist.

Erfindungsgemäß enthält der wenigstens eine Formkörper des erfindungsgemäßen Verbundelements expandierten Graphit, weil dieser eine gute Wärmeleitfähigkeit insbesondere in der Fläche bzw. Ebene sowie eine gewisse Wärmespeicherkapazität aufweist. Unter expandiertem Graphit wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung Graphit verstanden, welcher gegenüber unbehandeltem Naturgraphit

expandiert ist. Wie vorstehend dargelegt, wird ein solcher expandierter Graphit hergestellt, indem in Graphit zunächst eine interkalierende Verbindung, wie beispielsweise Schwefelsäure, eingelagert wird, bevor der so behandelte Graphit durch Erhitzen beispielsweise um einen Faktor von 200 bis 500 expandiert wird und danach wieder auf eine geringere Dichte als die Ausgangsdichte verdichtet wird, um so ohne den Zusatz von Bindemittel einen selbsttragenden, flächigen Formkörper herzustellen. Mithin handelt es sich bei dem expandiertem Graphit genau genommen um komprimierten, expandierten Graphit. Da jedoch die Dichte des komprimierten, expandierten Graphits geringer als die von Naturgraphit ist, wird dieser Graphit allgemein als expandierter Graphit bezeichnet.

Gute Ergebnisse werden insbesondere erhalten, wenn der wenigstens eine Formkörper expandierten Graphit mit einer Dichte von $0,02$ bis $0,5 \text{ g/cm}^3$, bevorzugt von $0,04$ bis $0,3 \text{ g/cm}^3$ und besonders bevorzugt von $0,05$ bis $0,2 \text{ g/cm}^3$ enthält. Wenn die Dichte des expandierten Graphits zu gering ist, weist dieser keine Eigenfestigkeit auf, so dass der daraus hergestellte Formkörper nicht formstabil ist. Wenn die Dichte des expandierten Graphits hingegen zu groß ist, ist der daraus hergestellte Formkörper nicht komprimierbar.

In Weiterbildung des Erfindungsgedankens wird es vorgeschlagen, dass der wenigstens eine Formkörper expandierten Graphit mit einem Flächengewicht von 100 bis 4.000 g/cm^2 , bevorzugt von 350 bis 3.500 g/cm^2 und besonders bevorzugt von 500 bis 2.000 g/cm^2 enthält.

Gemäß einer ganz besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besteht der wenigstens eine Formkörper aus expandiertem Graphit, d.h. dieser enthält außer expandiertem Graphit keine weiteren Bestandteile, also insbesondere auch keine Bestandteile mit hoher Brandlast, wie organische Füllstoffe.

Vorzugsweise weist der wenigstens eine expandierten Graphit enthaltende Formkörper eine Dicke von 8 bis 80 mm, bevorzugt von 10 bis 50 mm und besonders bevorzugt von 12 bis 25 mm auf.

- 5 Insbesondere, wenn das erfindungsgemäße Verbundelement einen Rohrkörper umfasst, ist es bevorzugt, dass das erfindungsgemäße Verbundelement zwei jeweils expandierten Graphit enthaltende Formkörper und besonders bevorzugt zwei aus expandiertem Graphit bestehende Formkörper aufweist, welche miteinander über einen anorganischen Klebstoff verbunden sind. Aufgrund der hohen
- 10 Komprimierbarkeit von expandiertem Graphit kann durch Anordnen eines von einem Wärmetransfermedium durchströmbaren Rohrkörpers zwischen den beiden Formkörpern und Verpressen des so hergestellten Aufbaus einfach ein Einbetten des Rohrkörpers in den diesen umgebenden expandierten Graphit erreicht werden, wobei der Rohrkörper vorzugsweise mittig, d.h. an der Grenzfläche zwischen
- 15 den beiden Formkörpern, angeordnet ist. Bei dieser Ausführungsform ist es bevorzugt, dass auf der dem Rohrkörper gegenüberliegenden Seite jedes der beiden Formkörper ein textiles Flächengebilde vorgesehen ist, welches mit dem jeweiligen Formkörper über einen anorganischen Füllstoff verbunden ist.
- 20 Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das erfindungsgemäße Verbundelement einen Kantenschutz auf. Das Vorsehen eines solchen Kantenschutzes ist nicht nur bevorzugt, um die Kanten des Verbundelements vor mechanischer Beschädigung zu schützen, sondern insbesondere auch, um das Verbundelement gegenüber dem Eindringen von Feuchtigkeit zu schützen. Bei dessen Verwendung kann sich an dem Verbundelement
- 25 insbesondere bei schnellen und großen Temperaturänderungen Kondenswasser bilden, welches ohne einen solchen Kantenschutz in die Seiten des bzw. der Formkörper eindringen kann und dort zu einem unerwünschten Festigkeitsverlust des expandierten Graphits führen kann.

Als Kantenschutz kann auf wenigstens einer der Kantenseiten des Verbundelements ein textiles Flächengebilde, ein L-förmig ausgestaltetes Bauteil, welches bevorzugt aus Metall oder Kunststoff besteht, ein U-förmig ausgestaltetes Bauteil, welches bevorzugt aus Metall oder Kunststoff besteht, und/oder ein Anstrich vorgesehen sein. Diese Kantenschutzmittel können mit dem bzw. den Formkörper(n) auf jede beliebige Weise verbunden werden und vorzugsweise auf das Verbundelement aufgesteckt oder geklebt sein, wobei in dem letztgenannten Fall als Klebstoff insbesondere ein hydrophobierender Klebstoff eingesetzt wird, um den bzw. die Formkörper vor dem Eindringen von Feuchtigkeit über dessen Kanten zu schützen. Als hydrophobierender Klebstoff kann beispielsweise ein Klebstoff auf Basis von fluorhaltigem Acryl eingesetzt werden. Obwohl ein solcher organischer Klebstoff eine geringfügige Brandlast aufweist, muss dieser als Kantenschutz nur in einer sehr geringen Menge eingesetzt werden, so dass durch dessen Einsatz die Gesamtbrandlast des Verbundelements kaum verändert wird.

Alternativ dazu oder zusätzlich dazu ist es auch möglich, das Verbundelement in einen Rahmen aus Metall und/oder Vlies, insbesondere Glasfaser- oder Carbonfaservlies, einzulegen oder einzukleben. Insbesondere bei der letztgenannten Alternative wird zusätzlich zu dem Kantenschutz auch ein Schallschutz erreicht.

Ferner kann auf eine oder mehrere außen liegende Seiten des Verbundelements und insbesondere auf das wenigstens eine textile Flächengebilde eine Beschichtung aufgebracht werden, um das Verbundelement an die Kundenbedürfnisse anzupassen. Als Beschichtungsmittel kommen hier in erster Linie Farben, Lacke, hydrophobierende Mittel, Brandschutzmittel und dergleichen in Betracht.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen eines wärmeleitenden Verbundelements nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, welches die nachfolgenden Schritte umfasst:

- i) Bereitstellen eines ersten und eines zweiten plattenförmigen Vorformlings, wobei die beiden Vorformlinge jeweils expandierten Graphit enthalten und bevorzugt aus expandiertem Graphit bestehen,
- 5 ii) Anordnen eines von einem Wärmetransfermedium durchströmbaren Rohrkörpers zwischen der Oberseite des ersten Vorformlings und der Unterseite des zweiten Vorformlings,
- iii) Pressen des in dem Schritt ii) erhaltenen Aufbaus, wobei in dem Schritt i) wenigstens ein textiles Flächengebilde auf wenigstens eine der in dem späteren Verbundelement dem Rohrkörper gegenüberliegenden Seiten
- 10 der Vorformlinge aufgebracht wird und/oder nach dem Schritt iii) wenigstens ein textiles Flächengebilde auf die Oberseite und/oder Unterseite des in dem Schritt iii) erhaltenen Ausbaus aufgebracht wird.

Um eine besonders gute Verbindung der Vorformlinge untereinander und mit dem

15 wenigstens einen textilen Flächengebilde zu erreichen, wird es in Weiterbildung des Erfindungsgedankens vorgeschlagen, das erfindungsgemäße Verfahren so auszuführen, dass dieses zusätzlich zu den vorstehend beschriebenen die nachfolgenden Schritte umfasst:

- a) Aufbringen eines anorganischen Klebstoffs auf die Oberseite und die Unterseite des ersten Vorformlings,
- 20 b) Aufbringen eines textilen Flächengebildes auf die mit Klebstoff versehene Oberseite oder Unterseite des ersten Vorformlings und Anordnen eines Rohrkörpers auf der dem textilen Flächengebilde gegenüberliegenden Seite des ersten Vorformlings,
- 25 c) Aufbringen eines anorganischen Klebstoffs auf die Oberseite oder die Unterseite des zweiten Vorformlings,
- d) Aufbringen eines textilen Flächengebildes auf die mit Klebstoff versehene Oberseite oder Unterseite des zweiten Vorformlings,

- e) Anordnen des in dem Schritt d) erhaltenen zweiten Vorformlings mit seiner dem textilen Flächengebilde gegenüberliegenden Seite nach unten auf den Rohrkörper des in dem Schritt b) erhaltenen Aufbaus und
- f) Pressen des in dem Schritt e) erhaltenen Aufbaus.

5

Bei der vorgenannten Ausführungsform wird der anorganische Klebstoff bevorzugt vollflächig auf die entsprechenden Seiten der Vorformlinge aufgebracht. Unter Vorformling wird in diesem Zusammenhang ein Formkörper aus expandiertem Graphit verstanden, wobei der expandierte Graphit eine geringere Dichte als die

10 des expandierten Graphit in dem endgültigen Formkörper aufweist. Der Vorkörper wird durch das Pressen in dem Schritt f) in den endgültigen Formkörper überführt.

Vorzugsweise wird in dem Schritt b) und/oder in dem Schritt c) ein Vorformling eingesetzt, welcher zwei Löcher aufweist, von denen eines als Eingang für ein

15 Ende des Rohrkörpers und das andere als Ausgang für das andere Ende des Rohrkörpers fungiert. Diese Löcher können in den Vorformling auf alle dem Fachmann bekannten Weisen, wie beispielsweise durch Stanzen, eingebracht werden.

Gute Ergebnisse werden insbesondere erhalten, wenn in dem Schritt i) zwei Vorformlinge eingesetzt werden, welche jeweils aus expandiertem Graphit mit einer

20 Dichte zwischen 0,02 und 0,05 g/cm³ bestehen.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird in den Verfahrensschritten a) und c) als anorganischer Klebstoff jeweils Was-

25 serglas eingesetzt.

In Weiterbildung des Erfindungsgedankens wird es vorgeschlagen, in den Verfahrensschritten b) und d) als textiles Flächengebilde jeweils ein Glasfaservlies einzusetzen.

30

In dem Verfahrensschritt f) wird der Aufbau vorzugsweise bei einem Druck von 0,02 bis 5 MPa und bevorzugt von 0,1 bis 1 MPa gepresst.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist die Verwendung des zu-
vor beschriebenen wärmeleitenden Verbundelements in einer Flächenkühlung
oder in einer Flächenheizung und vorzugsweise in einer Fußboden-, Wand- oder
Deckenheizung. Außerdem können die beschriebenen wärmeleitenden Verbund-
elemente für die flächige Kühlung und Heizung von Maschinen und Apparaten
eingesetzt werden, wie beispielsweise Photovoltaik-Zellen, Temperierkammern,
Gehäuse für Leistungselektronik, Batteriezellen, insbesondere Batteriepacks, die
Lithium-Ionen Batteriezellen enthalten, zur Kühlung von medizinischen Anlagen,
wie Computertomographen und Magnetresonanztomographen, zur Klimatisierung
von Kraftfahrzeugen, wie Bussen, Lastkraftwagen und dergleichen, zur Klimatisie-
rung von Schiffen und Flugzeugkabinen, für Temperierbecken in Schwimmbädern
und dergleichen.

Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung rein beispielhaft anhand vorteilhafter
Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die nachfolgende Figur beschrieben,
wobei die

Figur einen schematischen Querschnitt eines Verbundelements gemäß
eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung zeigt.

Das in der Figur gezeigte Verbundelement 10 umfasst zwei Formkörper 12, 12',
welche jeweils aus expandiertem Graphit bestehen, d.h., welche außer expandier-
tem Graphit keine weiteren Bestandteile und insbesondere keine organische Füll-
stoffe enthalten. Dabei sind die beiden Formkörper 12, 12' über einen anorgani-
schen Klebstoff 14 miteinander verbunden, wobei die Klebstoffschicht 14 in der
Figur aus Anschaulichkeitsgründen dicker eingezeichnet ist als sie in Realität ist.
Zudem ist an der Grenzfläche zwischen den beiden Formkörpern 12, 12' ein mä-

anderförmiger Rohrkörper 16 vorgesehen und in die beiden Formkörper 12, 12' eingebettet, wobei von dem Rohrkörper 16 in der Figur insgesamt 6 Windungen 18, 18' gezeigt sind. Der Rohrkörper ist innen hohl ausgestaltet und mithin von einem Wärmetransfermedium durchströmbar. Auf der Oberseite des oberen
5 Formkörpers 12 und auf der Unterseite des unteren Formkörpers 12' ist jeweils ein Glasfaservlies als textiles Flächengebilde 20, 20' vorgesehen, wobei die beiden textilen Flächengebilde 20, 20' mit den jeweiligen Formkörpern 12, 12' jeweils über einen anorganischen Klebstoff 14', 14'' verbunden sind. Dabei sind die Klebstoffschichten 14', 14'' in der Figur wiederum aus Anschaulichkeitsgründen dicker
10 eingezeichnet ist als sie in Realität sind.

Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung anhand eines die Erfindung erläuternden, aber diese nicht einschränkenden Beispiels beschrieben.

15 **Beispiel**

Es wurden zwei plattenförmige Vorformlinge aus expandiertem Graphit bereitgestellt, welche jeweils eine Fläche von $625 \times 625 \text{ mm}^2$, eine Dicke von 15 mm sowie ein Flächengewicht von 1.000 g/m^2 aufwiesen.

20

Auf die Ober- und Unterseite eines ersten der beiden Vorformlinge wurde Wasserglas mit einer Auftragsmenge von 60 g pro Seite als Klebstoff aufgetragen, wobei als Wasserglas ein Handelsprodukt der Firma Merck eingesetzt wurde. Danach wurde auf eine der beiden mit Klebstoff beschichteten Seiten des Vorformlings ein Glasfaservlies mit einem Flächengewicht von 60 g/m^2 und mit einer
25 Dicke von 0,6 mm aus Glasfasern mit einem Durchmesser von $13 \mu\text{m}$ aufgebracht, angedrückt und der Klebstoff trocknen gelassen.

Zudem wurden auf eine der Ober- und Unterseiten des zweiten Vorformlings als
30 Klebstoff das vorgenannte Handelsprodukt mit einer Auftragsmenge von 100 g

aufgetragen und anschließend in diesen Vorformling zwei Löcher gestanzt, welche als Ein- und Ausgang des aufzubringenden Rohrkörpers dienen. Danach wurde auf die mit Klebstoff beschichtete Seite des Vorformlings ein Glasfaservlies mit einem Flächengewicht von 60 g/m^2 und mit einer Dicke von 0,6 mm aus Glasfasern mit einem Durchmesser von $13 \text{ }\mu\text{m}$ aufgebracht, angedrückt und der Klebstoff trocken gelassen.

Anschließend wurde auf die dem Glasfaservlies gegenüberliegende Seite des ersten Vorformlings ein mäanderförmiger Kupferrohrkörper und darauf der Vorformling mit seiner dem Glasfaservlies gegenüberliegende Seite nach unten angeordnet. Dieser Aufbau wurde dann in einer Pressform mit eingelegten Abstandshaltern auf die gewünschte Höhe verpresst. Dabei betrug die Verweildauer 5 bis 10 Sekunden.

Das so hergestellte Verbundelement war steif und wies keine Brandlast auf. Sowohl die einzelnen Bauteile des Verbundelements, also Klebstoff, Graphit und Vlies, als auch das gesamte Verbundelement waren nicht brennbar bzw. entflammbar. Insbesondere brannten Muster des hergestellten Verbundelements mit einem Durchmesser von 45mm und mit einer Höhe von 40 mm bzw. 60 mm nicht, wenn diese bei 800°C in einen Muffelofen wärmebehandelt wurden. Das Verbundelement zeigte keine Durchbiegung bei einer Auflage auf einen Holzrahmen mit einer Stegbreite von 2 cm. Bei einer Belastung des Verbundelements mit 10 kg auf einer Fläche von 70.9 cm^2 in der Mitte der Platte betrug die messbare Durchbiegung nur 2 mm.

Vergleichsbeispiel

Es wurde ein Verbundelement wie in dem Beispiel 1 beschrieben hergestellt, ausgenommen dass anstelle des Wasserglasklebstoffs ein organischer Klebstoff eingesetzt wurde und die Vorformlinge aus einer Mischung aus expandiertem

Graphit und 20 Gew.-% Polyvinylchloridpartikeln als organischer Füllstoff bestanden.

- Muster des so hergestellte Verbundelements mit den in dem Beispiel 1 genannten
- 5 Dimensionen brannten 26 Sekunden mit offenen Flammen, wenn diese bei 800°C in einen Muffelofen wärmebehandelt wurden.

Bezugszeichenliste

5	10	Verbundelement
	12, 12'	Formkörper aus expandiertem Graphit
	14, 14', 14''	Klebstoff/Klebstoffschicht
	16	Mäanderförmiger Rohrkörper
10	18, 18'	Windungen des Rohrkörpers
	20, 20'	Textiles Flächengebilde

Patentansprüche:

- 5 1. Wärmeleitendes Verbundelement (10) insbesondere zur Verwendung in einer Flächenkühlung oder in einer Flächenheizung umfassend wenigstens einen expandierten Graphit enthaltenden Formkörper (12, 12') sowie wenigstens ein auf wenigstens einer Seite des Formkörpers (12, 12') angeordnetes textiles Flächengebilde (20, 20'), wobei das wenigstens eine textile Flächengebilde (20, 20') mit dem Formkörper (12, 12') über einen anorganischen Klebstoff (14', 14'') verbunden ist.
- 10
2. Wärmeleitendes Verbundelement (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
- 15 in dem wenigstens einen expandierten Graphit enthaltenden Formkörper (12, 12') ein von einem Wärmetransfermedium durchströmbarer Rohrkörper (16) eingebettet ist.
3. Wärmeleitendes Verbundelement (10) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
- 20 der Rohrkörper (16) mäanderförmig oder spiralförmig ausgestaltet ist.
4. Wärmeleitendes Verbundelement (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- 25 der wenigstens eine expandierten Graphit enthaltende Formkörper (12, 12') zumindest im Wesentlichen plattenförmig ausgebildet ist und das wenigstens eine textile Flächengebilde (20, 20') auf der Ober- und/oder Unterseite des plattenförmigen Formkörpers (12, 12') angeordnet ist.

5. Wärmeleitendes Verbundelement (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Formkörper (12, 12') expandierten Graphit mit einer
5 Dichte von 0,02 bis 0,5 g/cm³, bevorzugt von 0,04 bis 0,3 g/cm³ und besonders bevorzugt von 0,05 bis 0,2 g/cm³ enthält.
6. Wärmeleitendes Verbundelement (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
10 dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Formkörper (12, 12') expandierten Graphit mit einem Flächengewicht von 100 bis 4.000 g/cm², bevorzugt von 350 bis 3.500 g/cm² und besonders bevorzugt von 500 bis 2.000 g/cm² enthält.
- 15 7. Wärmeleitendes Verbundelement (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
dieses zwei jeweils aus expandiertem Graphit bestehenden Formkörper (12, 12') aufweist, welche miteinander über einen anorganischen Klebstoff
20 (14) verbunden sind.
8. Wärmeleitendes Verbundelement (10) nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
zwischen den beiden Formkörpern (12, 12') ein von einem Wärmetransfermedium durchströmbarer Rohrkörper (16) eingebettet ist.
25
9. Wärmeleitendes Verbundelement (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
30 dieses einen Kantenschutz aufweist.

10. Wärmeleitendes Verbundelement (10) nach Anspruch 9,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , dass
als Kantenschutz auf wenigstens einer der Kantenseiten des Verbundele-
ments (10) ein textiles Flächengebilde, ein L-förmig ausgestaltetes Bauteil
5 bevorzugt aus Metall oder Kunststoff, ein U-förmig ausgestaltetes Bauteil
bevorzugt aus Metall oder Kunststoff oder ein Anstrich vorgesehen ist.
11. Wärmeleitendes Verbundelement (10) nach zumindest einem der vorste-
henden Ansprüche,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , dass
dieses in einen Rahmen aus Metall und/oder Vlies eingelegt oder einge-
klebt ist.
12. Verfahren zum Herstellen eines wärmeleitenden Verbundelements (10)
nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, welches die nachfol-
genden Schritte umfasst:
- i) Bereitstellen eines ersten und eines zweiten plattenförmigen Vor-
formlings (12, 12'), wobei die beiden Vorformlinge (12, 12') jeweils
20 expandierten Graphit enthalten,
 - ii) Anordnen eines von einem Wärmetransfermedium durchströmbaren
Rohrkörpers (16) zwischen der Oberseite des ersten Vorformlings
(12') und der Unterseite des zweiten Vorformlings (12) und
 - iii) Pressen des in dem Schritt ii) erhaltenen Aufbaus,
- 25 wobei in dem Schritt i) wenigstens ein textiles Flächengebilde (20, 20') auf
wenigstens eine der in dem späteren Verbundelement (10) dem Rohrkörper
(16) gegenüberliegenden Seiten der Vorformlinge (12, 12') aufgebracht wird
und/oder nach dem Schritt iii) wenigstens ein textiles Flächengebilde (20,
20') auf die Oberseite und/oder Unterseite des in dem Schritt iii) erhaltenen
30 Aufbaus aufgebracht wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , dass dieses ferner die nach-
folgenden Schritte umfasst:
- 5 a) Aufbringen eines anorganischen Klebstoffs (14, 14'') auf die Obersei-
te und die Unterseite des ersten Vorformlings (12'),
- b) Aufbringen eines textiles Flächengebildes (20') auf die mit Klebstoff
(14, 14'') versehene Oberseite oder Unterseite des ersten Vorform-
lings und Anordnen eines Rohrkörpers (16) auf der dem textilen Flä-
10 chengebilde (20') gegenüberliegenden Seite des ersten Vorformlings
(12'),
- c) Aufbringen eines anorganischen Klebstoffs (14') auf die Oberseite
oder die Unterseite des zweiten Vorformlings (12),
- d) Aufbringen eines textiles Flächengebildes (20) auf die mit Klebstoff
15 (14') versehene Oberseite oder Unterseite des zweiten Vorformlings
(12),
- e) Anordnen des in dem Schritt d) erhaltenen zweiten Vorformlings (12)
mit seiner dem textilen Flächengebilde (20) gegenüberliegenden Sei-
te nach unten auf den Rohrkörper (16) des in dem Schritt b) erhalte-
20 nen Aufbaus und
- f) Pressen des in dem Schritt e) erhaltenen Aufbaus.
14. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 12 oder 13,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , dass
- 25 der Aufbau in dem Schritt f) bei einem Druck von 0,02 bis 5 MPa und be-
vorzugt von 0,1 bis 1 MPa gepresst wird.
15. Verwendung eines wärmeleitenden Verbundelements (10) nach zumindest
einem der Ansprüche 1 bis 11 in einer Flächenkühlung oder in einer Flä-
30 chenheizung und vorzugsweise in einer Fußboden-, Wand- oder Decken-

heizung, für die flächige Kühlung und Heizung von Maschinen und Apparaten, wie beispielsweise Photovoltaik-Zellen, Temperierkammern, Gehäuse für Leistungselektronik, Batteriezellen, insbesondere Batteriepacks, die Lithium-Ionen Batteriezellen enthalten, zur Kühlung von medizinischen Anlagen, wie Computertomographen und Magnetresonanztomographen, zur Klimatisierung von Kraftfahrzeugen, wie Bussen, Lastkraftwagen und dergleichen, zur Klimatisierung von Schiffen und Flugzeugkabinen oder für Temperierbecken in Schwimmbädern.

5

10